

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

### **ESTUDIO DEL PROCESO DE HORNEADO CON MICROONDAS Y SU EFECTO SOBRE LA TEXTURA INSTRUMENTAL DEL FRUTO DE CUATRO VARIEDADES DE MANZANA (*Pyrus malus* L.)**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**ELSA TATIANA PAREDES PARDO**  
**taty1paredes@yahoo.es**

**DIRECTORA: ING. NELLY LARA**  
**nlara@interactive.net.ec**

**CODIRECTORA: ING. NEYDA ESPÍN**  
**neyda.espin@epn.edu.ec**

**Quito, agosto 2012**

© Escuela Politécnica Nacional (2012)  
Reservados todos los derechos de reproducción

## **DECLARACIÓN**

Yo, Elsa Tatiana Paredes Pardo, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Elsa Tatiana Paredes Pardo

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Elsa Tatiana Paredes Pardo, bajo mi supervisión.

---

Ing. Nelly Lara  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

Ing. Neyda Espín  
**CODIRECTOR DE PROYECTO**

## **AUSPICIO**

La presente investigación contó con el auspicio financiero del proyecto Fortalecimiento del Departamento de Nutrición y Calidad, número 2100527033, que se ejecutó en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su infinito amor y por permitirme alcanzar tan preciada meta.

A mi madre por ser mi cómplice y apoyarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi padre por brindarme todo su cariño y enseñarme que querer es poder.

A mi abuelita por su incondicional apoyo y amor.

A mi hermano por demostrarme que siempre se puede ser mejor.

A la Ingeniera Nelly Lara por su apoyo, por sus consejos, por la confianza brindada durante todo este tiempo y por la dirección de la presente investigación.

A la Ingeniera Neyda Espín por su orientación y ayuda en el desarrollo de este proyecto.

Al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Santa Catalina y su Directora, Doctora Gioconda García, por permitirme el uso de las instalaciones durante mi proyecto de titulación.

Al personal de los departamentos de Nutrición y Calidad y de Suelos y Aguas, en especial a la Ing. Elena Villacrés y Dr. Fabián Moscoso por su oportuna ayuda.

A los tesisistas y pasantes del Departamento de Nutrición, en especial a Wilo, Lucy y Edu por darme una manito en la realización de este proyecto.

A mis amigos y amigas de toda la vida que nunca me dejaron caer.

Y por último y no menos importante, quiero agradecer a una persona muy especial, Cristian gracias por todo lo que has hecho por mí; realizar este proyecto fue muy difícil, pero sin tu apoyo habría sido imposible. Gracias por tu comprensión, por tu compañía y simplemente por ser como eres.

**GRACIAS A TODOS**

*A mi hija Valentina, el angelito que me regalo la vida, la luz que ilumina mi camino, mi triunfo, mi verdad y mi mayor felicidad.*

*A mis padres y a mi abuelita, los seres que me enseñaron a llorar, a reír y sobre todo a luchar.*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>xvi</b>
<b>ABREVIATURAS</b>	<b>xix</b>
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>1</b>
1.1 La manzana	1
1.1.1 Origen	1
1.1.2 Clasificación taxonómica	1
1.1.3 Características morfológicas	2
1.1.4 Requerimientos del cultivo	4
1.1.4.1 Altitud	4
1.1.4.2 Clima	4
1.1.4.3 Suelo	4
1.1.5 Tipos de manzana	5
1.1.6 Variedades	5
1.1.6.1 Emilia	7
1.1.6.2 Jon-a-gold	8
1.1.6.3 Granny smith	9
1.1.6.4 Royal gala	9
1.1.7 Composición química y propiedades alimenticias de la manzana	10
1.1.7.1 Ácido ascórbico	11
1.1.7.2 Ácidos orgánicos	12
1.1.7.3 Azúcares	12
1.1.7.4 Sustancias pépticas	12
1.1.7.5 Enzimas	13
1.1.7.6 Características organolépticas	13
1.1.7.7 Empleo terapéutico	13
1.1.8 Producción y consumo en Ecuador	14
1.2 Procesamiento de alimentos con microondas	14
1.2.1 Calentamiento mediante microondas	16
1.2.1.1 Propiedades dieléctricas de los alimentos	16
1.2.1.2 Mecanismo del calentamiento de los alimentos con microondas	17
1.2.2 Componentes de los hornos microondas	18
1.2.2.1 Fuente de energía	19
1.2.2.2 Magnetron, tubo de potencia o tubo al vacío	19
1.2.2.3 Guía de ondas o sección de transmisión	20
1.2.2.4 Agitador o aplicador de calentamiento	20
1.2.2.5 Cavidad del horno	20
1.2.3 Aplicaciones del horno microondas	20
1.3 Mediciones de textura en los alimentos	22
1.3.1 Definición de textura	22

1.3.2	Importancia de los factores de calidad del alimento	22
1.3.3	Definición de textura en los alimentos	23
1.3.3.1	Importancia de la textura en los alimentos	24
1.3.3.2	Proceso de percepción de textura del alimento	24
1.3.4	Medición instrumental de la textura	25
1.3.5	Métodos de ensayo para medición de textura	27
1.3.5.1	Experimentos de compresión	27
1.3.5.2	Experimentos de flexión y doblamiento	28
1.3.5.3	Experimentos de cizalla o corte	28
1.3.5.4	Experimentos de penetración	29
1.3.5.5	Experimentos de punción	29
1.3.6	Análisis del perfil de textura (TPA - Texture Profile Analysis)	30
1.3.6.1	Fracturabilidad	32
1.3.6.2	Dureza	33
1.3.6.3	Cohesividad	33
1.3.6.4	Elasticidad	33
1.3.6.5	Gomosidad	34
1.3.6.6	Fuerza adhesiva	34
1.3.6.7	Adhesividad	35
1.3.6.8	Masticabilidad	35
1.3.7	Efecto del procesado sobre la textura de frutas y hortalizas	36
<b>2</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>37</b>
2.1	Materiales	37
2.1.1	Materia prima	37
2.1.2	Equipos	38
2.2	Caracterización física, química, funcional y nutricional de la materia prima	38
2.2.1	Determinación de los índices de madurez óptimos para horneado de manzanas en microondas	38
2.2.1.1	Sólidos Solubles (° Brix)	39
2.2.1.2	pH y acidez titulable	39
2.2.1.3	Humedad	39
2.2.1.4	Determinación de presencia de almidón	40
2.2.1.5	Textura instrumental de la fruta cruda	40
2.2.2	Caracterización química, funcional y nutricional de la fruta cruda	41
2.2.2.1	Ácido ascórbico	42
2.2.2.2	Pectina	42
2.2.2.3	Polifenoles	42
2.2.2.4	Poder antioxidante	43
2.2.2.5	Flavonoides	43
2.2.2.6	Antocianinas	43
2.2.2.7	Carotenoides	43
2.2.2.8	Análisis proximal y de minerales totales	44
2.2.2.9	Peroxidasa	44
2.2.2.10	Polifenoloxidasas	45

2.3	Proceso de horneado con microondas	45
2.3.1	Pruebas preliminares	45
2.3.2	Proceso de horneado con microondas	45
2.3.3	Hipótesis	48
2.3.4	Diseño experimental	48
	2.3.4.1 Factores en estudio	48
	2.3.4.2 Tratamientos	49
	2.3.4.3 Análisis estadístico	49
2.4	Selección de tratamientos del horneado con microondas	51
2.4.1	Sólidos solubles, pH, acidez titulable y humedad	51
2.4.2	Líquido eliminado	51
2.4.3	Textura instrumental de la fruta horneada	52
2.5	Caracterización del producto final	53
2.5.1	Caracterización química, funcional y nutricional	53
2.5.2	Análisis sensorial de aceptabilidad	53
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>55</b>
3.1	Caracterización física, química, funcional y nutricional del fruto fresco de cuatro variedades de manzana	55
3.1.1	Determinación de los índices de madurez óptimos para horneado de manzana en microondas	55
	3.1.1.1 Sólidos solubles (° Brix)	55
	3.1.1.2 pH y acidez titulable	55
	3.1.1.3 Humedad	57
	3.1.1.4 Presencia de almidón	57
	3.1.1.5 Pectina	58
3.1.2	Caracterización química, funcional y nutricional de la fruta cruda	59
	3.1.2.1 Ácido ascórbico	59
	3.1.2.2 Polifenoles, flavonoides, antocianinas, carotenoides y poder antioxidante	60
	3.1.2.3 Análisis proximal	62
	3.1.2.4 Análisis de minerales totales	63
	3.1.2.5 Actividad enzimática	64
3.1.3	Caracterización física de la fruta cruda	66
3.2	Proceso de horneado con microondas y su efecto sobre la fruta de cuatro variedades de manzana	73
3.2.1	Pruebas preliminares	73
3.2.2	Pruebas experimentales y sus respectivos análisis estadísticos	74
3.3	Selección de tratamientos del horneado con microondas	92
3.4	Caracterización del producto final	93
3.4.1	Pectina	94
3.4.2	Ácido ascórbico	95

3.4.3	Polifenoles	97
3.4.4	Flavonoides	98
3.4.5	Antocianinas	100
3.4.6	Carotenoides	101
3.4.7	Poder antioxidante	103
3.4.8	Análisis proximal	105
3.4.9	Análisis de minerales totales	106
3.4.10	Actividad enzimática	108
3.4.11	Análisis sensorial de aceptabilidad	111
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>115</b>
4.1	Conclusiones	115
4.2	Recomendaciones	117
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>119</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>137</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>PÁGINA</b>
<b>Tabla 1.1:</b>	Clasificación taxonómica de la manzana	2
<b>Tabla 1.2:</b>	Características de las principales variedades de manzana cultivadas en Ecuador	6
<b>Tabla 1.3:</b>	Composición química y nutricional por cada 100 g de pulpa de manzana	10
<b>Tabla 2.1:</b>	Tratamientos resultantes de la combinación de los factores en estudio AxB	49
<b>Tabla 2.2:</b>	ADEVA del horneado con microondas	50
<b>Tabla 2.3:</b>	ADEVA del horneado con microondas de las variedades Emilia y Jon-a	50
<b>Tabla 3.1:</b>	Determinación de sólidos solubles en manzana fresca	55
<b>Tabla 3.2:</b>	Determinación de pH en manzanas frescas	56
<b>Tabla 3.3:</b>	Determinación de Acidez en manzanas frescas	56
<b>Tabla 3.4:</b>	Determinación de humedad en manzana fresca	57
<b>Tabla 3.5:</b>	Determinación de la cantidad de almidón presente en manzana fresca	58
<b>Tabla 3.6:</b>	Determinación de la cantidad de pectina presente en manzana fresca	59
<b>Tabla 3.7:</b>	Contenido de Ácido ascórbico en manzana fresca de cuatro variedades	59
<b>Tabla 3.8:</b>	Contenido de compuestos antioxidantes en manzana fresca de cuatro variedades	60
<b>Tabla 3.9:</b>	Análisis proximal de cuatro variedades de manzana fresca	63
<b>Tabla 3.10:</b>	Contenido de minerales muestras frescas de cuatro variedades de manzana	64
<b>Tabla 3.11:</b>	Actividad de la enzima peroxidasa y polifenoloxidasas en muestras frescas de cuatro variedades de manzana	65
<b>Tabla 3.12:</b>	Resultados obtenidos del horneado con microondas de tres	73

variedades de manzana a diferentes tiempos

<b>Tabla 3.13:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de fracturabilidad del diseño experimental planteado	77
<b>Tabla 3.14:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de dureza 1 y dureza 2 de las variedades Emilia y Jon-a	79
<b>Tabla 3.15:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de fuerza adhesiva y adhesividad de las variedades Emilia y Jon-a	81
<b>Tabla 3.16:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de cohesividad de las variedades Emilia y Jon-a	83
<b>Tabla 3.17:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de elasticidad de las variedades Emilia y Jon-a	84
<b>Tabla 3.18:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de gomosidad y masticabilidad de las variedades Emilia y Jon-a	87
<b>Tabla 3.19:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los valores de sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) del diseño experimental planteado	88
<b>Tabla 3.20:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los valores de pH del diseño experimental planteado	89
<b>Tabla 3.21:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para la Acidez (% ácido málico) del diseño experimental planteado	90
<b>Tabla 3.22:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para la humedad (%) del diseño experimental planteado	91
<b>Tabla 3.23:</b>	Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para la cantidad de líquido eliminado (g) del diseño experimental planteado	92
<b>Tabla 3.24:</b>	Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de aumento con respecto a muestras crudas del porcentaje de	94

pectina de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

<b>Tabla 3.25:</b>	Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de ácido ascórbico de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	96
<b>Tabla 3.26:</b>	Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de polifenoles de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	97
<b>Tabla 3.27:</b>	Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de flavonoides de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	99
<b>Tabla 3.28:</b>	Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de antocianinas de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	100
<b>Tabla 3.29:</b>	Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de carotenoides de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	102
<b>Tabla 3.30:</b>	Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del poder antioxidante de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	103
<b>Tabla 3.31:</b>	Resultados del análisis proximal de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	105
<b>Tabla 3.32:</b>	Resultados del análisis de minerales totales de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	107
<b>Tabla 3.33:</b>	Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de inactivación con respecto a muestras crudas de la actividad peroxidasa de las muestras de manzana horneada de los	108

tratamientos seleccionados

<b>Tabla 3.34:</b>	Resultados promedios y porcentaje de inactivación con respecto a muestras crudas de la actividad polifenoloxidasa de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados	110
<b>Tabla 3.35:</b>	Sumatoria de los resultados de las pruebas de ordenamiento de las muestras de manzana horneada en microondas de los tratamientos seleccionados	111
<b>Tabla 3.36:</b>	Comparación entre las combinaciones posibles de las sumatorias de los valores de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas	111
<b>Tabla 3.37:</b>	Valores de probabilidad, resultados de la prueba de Duncan de la prueba hedónica de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>PÁGINA</b>
<b>Figura 1.1:</b> Hojas y frutos del manzano	3
<b>Figura 1.2:</b> Partes del fruto del manzano	3
<b>Figura 1.3:</b> Movimiento de un dipolo en un campo eléctrico	18
<b>Figura 1.4:</b> Componentes del horno microondas	19
<b>Figura 1.5:</b> Curva generalizada del Análisis de Perfil de Textura (TPA)	31
<b>Figura 1.6:</b> Curva del Análisis de Perfil de Textura (TPA) para manzana	32
<b>Figura 2.1:</b> Manzanas a) Emilia b) Jon-a c) Royal gala d) Granny smith	37
<b>Figura 2.2:</b> Mediciones de textura en manzana cruda en el Texturómetro TA-XT2i	41
<b>Figura 2.3:</b> Proceso de horneado de manzana en microondas	46
<b>Figura 2.4:</b> Esquema del proceso de horneado de manzana en microondas	47
<b>Figura 2.5:</b> Mediciones de textura en manzana horneada en el texturómetro TA-XT2i	52
<b>Figura 3.1:</b> Fracturabilidad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	66
<b>Figura 3.2:</b> Dureza 1 obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	67
<b>Figura 3.3:</b> Dureza 2 obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	68
<b>Figura 3.4:</b> Fuerza adhesiva obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	68
<b>Figura 3.5:</b> Adhesividad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	69
<b>Figura 3.6:</b> Cohesividad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	70
<b>Figura 3.7:</b> Elasticidad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	71

<b>Figura 3.8:</b>	Gomosidad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	72
<b>Figura 3.9:</b>	Masticabilidad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades	72
<b>Figura 3.10:</b>	Variación de la fracturabilidad de manzana de cuatro variedades horneada en microondas en función del tiempo	76
<b>Figura 3.11:</b>	Variación de la dureza 1 de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo	78
<b>Figura 3.12:</b>	Variación de la dureza 2 de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo	79
<b>Figura 3.13:</b>	Variación de la fuerza adhesiva de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo	80
<b>Figura 3.14:</b>	Variación de la adhesividad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo	81
<b>Figura 3.15:</b>	Variación de la cohesividad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo	82
<b>Figura 3.16:</b>	Variación de la elasticidad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo	84
<b>Figura 3.17:</b>	Variación de la gomosidad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo	85
<b>Figura 3.18:</b>	Variación de la masticabilidad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo	86
<b>Figura 3.19:</b>	Comparación de los valores de sumatoria total de las calificaciones sensoriales de ordenamiento frente a los valores de fracturabilidad de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas	113
<b>Figura 3.20:</b>	Comparación de los valores promedio de las calificaciones de la prueba hedónica frente a los valores de fracturabilidad de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas	113

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>PÁGINA</b>
<b>ANEXO I</b> Índices de madurez de manzana apta para horneado con microondas	138
<b>ANEXO II</b> Determinación de presencia de almidón	139
<b>ANEXO III</b> Curva típica del ensayo análisis de perfil de textura	141
<b>ANEXO IV</b> Condiciones de operación y calibración del texturómetro TA-XT2i	142
<b>ANEXO V</b> Determinación de textura en manzana con el equipo TA-XT2i	147
<b>ANEXO VI</b> Determinación del contenido de ácido ascórbico	150
<b>ANEXO VII</b> Determinación del contenido de pectina	154
<b>ANEXO VIII</b> Determinación del contenido de polifenoles	156
<b>ANEXO IX</b> Determinación del poder antioxidante	159
<b>ANEXO X</b> Determinación del contenido de flavonoides	163
<b>ANEXO XI</b> Determinación del contenido de antocianinas	166
<b>ANEXO XII</b> Determinación del contenido de carotenoides	169
<b>ANEXO XIII</b> Determinación de minerales	172
<b>ANEXO XIV</b> Determinación de la actividad peroxidasa	175
<b>ANEXO XV</b> Determinación de la actividad polifenoloxidasa	178

<b>ANEXO XVI</b>	181
Determinación sensorial de aceptabilidad	
<b>ANEXO XVII</b>	183
Datos obtenidos de la determinación de presencia de almidón mediante el test de yodo en tres lotes de manzana de cuatro variedades	
<b>ANEXO XVIII</b>	185
Fotografías tomadas utilizadas para la valoración de la presencia de almidón en tres lotes de manzana de cuatro variedades	
<b>ANEXO XIX</b>	187
Determinaciones de los parámetros de textura en muestras de manzana cruda de cuatro variedades mediante el ensayo TPA realizado en el texturómetro TA-XT2i	
<b>ANEXO XX</b>	199
Gráficos del perfil de textura obtenidos en el texturómetro TA-XT2i para muestras de manzana cruda de cuatro variedades	
<b>ANEXO XXI</b>	203
Determinaciones de los parámetros de textura en muestras de manzana horneada en microondas de cuatro variedades mediante el ensayo TPA realizado en el texturómetro TA-XT2i	
<b>ANEXO XXII</b>	234
Gráficos del perfil de textura obtenidos en el texturómetro TA-XT2i para muestras de manzana horneada en microondas de dos variedades	
<b>ANEXO XXIII</b>	240
Valores promedios, porcentajes de reducción y análisis de varianza para el parámetro fracturabilidad obtenido del análisis de textura TPA en manzana horneada en microondas variedades Emilia y Jon-a	
<b>ANEXO XXIV</b>	241
Porcentajes de reducción y análisis de varianza de los parámetros dureza 1 y dureza 2 obtenidos del análisis de textura TPA en manzana horneada en microondas variedades Emilia y Jon-a	
<b>ANEXO XXV</b>	242
Porcentajes de reducción y análisis de varianza de los parámetros fuerza adhesiva y adhesividad obtenidos del análisis de textura TPA en manzana horneada en microondas variedades Emilia y Jon-a	
<b>ANEXO XXVI</b>	243
Porcentajes de aumento y análisis de varianza de la cohesividad obtenida del análisis de textura TPA en manzana horneada en microondas variedades Emilia y Jon-a	

<b>ANEXO XXVII</b>	244
Análisis de varianza de la elasticidad obtenida del análisis de textura TPA en manzana horneada en microondas variedades Emilia y Jon-a	
<b>ANEXO XXVIII</b>	245
Porcentajes de reducción y análisis de varianza de los parámetros gomosidad y masticabilidad obtenidos del análisis de textura TPA en manzana horneada en microondas variedades Emilia y Jon-a	
<b>ANEXO XXIX</b>	246
Valores promedios y análisis de varianza para los parámetros sólidos solubles, pH, líquido eliminado, porcentaje de humedad y acidez de los tratamientos de manzana horneada en microondas. Variedades Emilia, Jon-a, Royal gala y Granny smith	
<b>ANEXO XXX</b>	249
Análisis de varianza de las variables pectina, ácido ascórbico, polifenoles, flavonoides, antocianinas, carotenoides, poder antioxidante, actividad peroxidasa y actividad polifenoloxidasa de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas	
<b>ANEXO XXXI</b>	252
Resultados totales de la prueba sensorial de ordenamiento para muestras de manzana horneada en microondas de acuerdo a cada panelista	
<b>ANEXO XXXII</b>	254
Resultados obtenidos de cada panelista y análisis de varianza de la prueba hedónica de 5 puntos de aceptabilidad de muestras de manzana horneadas en microondas	

## RESUMEN

El presente proyecto se realizó con el objetivo de estudiar el efecto del horneado con microondas sobre la textura de la manzana medida con el texturómetro TA-XT2i, con la finalidad de obtener valores de textura aptos para una consistencia de un producto tipo puré.

Se utilizaron cuatro variedades de manzana, dos importadas (Royal gala y Granny smith) y dos nacionales (Emilia y Jon-a). Mediante pruebas preliminares se establecieron los tiempos de horneado más adecuados, los factores en estudio y variables de medición del proceso de horneado en microondas.

Se trabajó con lotes de materia prima que cumplían con los parámetros establecidos como índices de madurez aptos para consumo directo y con niveles de tiempo de horneado en microondas de 2, 3 y 4 minutos.

En las frutas crudas, previo al horneado, se midió la calidad nutricional y funcional y se realizó el análisis del perfil de textura (TPA).

Para los tratamientos de manzana de las cuatro variedades en estudio, horneada con microondas durante 2, 3 y 4 minutos; se realizaron análisis del perfil de textura que permitieron obtener los mejores tratamientos principalmente con base en los menores valores de fracturabilidad.

Para los tratamientos seleccionados se realizaron caracterizaciones químicas, funcionales, nutricionales, enzimáticas y sensoriales para comprobar la calidad del producto final.

Se observó que las muestras crudas de las variedades nacionales Emilia y Jon-a, poseen mejores características de calidad, con valores de vitamina C correspondientes a 178,40 y 170,98 expresados en mg por cada 100 g de materia seca y valores de poder reductor iguales a 114,48 y 145,46 expresados en mg de BHA por cada 100 g materia seca; respectivamente.

Se comprobó que el horneado de manzana en microondas produce elevada pérdida de fracturabilidad; a mayor tiempo de horneado mayor disminución de este parámetro. Los tratamientos con mejor respuesta a este factor, se consideran aquellos cuyos valores disminuyen más frente a los valores obtenidos en las muestras frescas, y corresponden a la variedad Jon-a horneada durante 4 minutos, con un valor de 37,40 g\* y a la variedad Emilia horneada durante 4 minutos, con un valor de 29,52 g\*.

Se seleccionaron los mejores tratamientos con base en los menores valores de fracturabilidad, mayor contenido de sólidos solubles, mayor acidez, menor humedad y mayor cantidad de líquido eliminado. Los tratamientos resultantes fueron los correspondientes a las variedades Jon-a y Emilia horneadas durante 4 minutos. Se incluyeron los tratamientos de las variedades Royal gala y Granny smith horneadas durante 4 minutos, para determinar la influencia del horneado con microondas sobre la calidad de estas variedades.

En los tratamientos seleccionados de manzana horneada los tratamientos de las variedades Jon-a y Emilia obtuvieron mejores resultados en parámetros nutricionales como porcentaje de pectina (0,56% y 0,48% respectivamente) y contenido de ácido ascórbico (28,45 y 45,80 expresados en mg por cada 100 g de materia seca, respectivamente)

El análisis sensorial de aceptabilidad de manzana horneada en microondas demostró que los panelistas tuvieron predilección por los tratamientos de las variedades Jon-a y Emilia.

## INTRODUCCIÓN

La manzana, *Pyrus malus* L., es una especie de fruta dulce, cuyo consumo es muy difundido alrededor del mundo por su valor alimenticio y la variedad de productos que se pueden realizar a partir de la misma (Seipel *et al.*, 2009; INFOAGRO, 2003; Cerda *et al.*, 1999).

La manzana posee características importantes desde el punto de vista dietético y funcional. Es reconocida por ser un alimento estimulante de la función intestinal debido a su elevado contenido de pectina, fibra y ácido málico; además se considera antioxidante debido a que posee gran cantidad de flavonoides. Ciertas investigaciones han indicado que las manzanas contienen niveles elevados de compuestos biológicamente activos que pueden ayudar a proporcionar protección al cáncer (Seipel *et al.*, 2009; INFOAGRO, 2003).

La manzana es una fruta ampliamente consumida, según la FAO, 2007, en el Ecuador el consumo per cápita en el año 2007 se ubicaba en 4,72 kg/habitante/año.

Según el Consejo Provincial de la provincia de Tungurahua, la producción de manzanas desde el año 2002, sigue una tendencia creciente (Consejo Provincial de Tungurahua, 2010). En el país, 937,84 ha corresponden al área cultivada de manzana (MAGAP-SIGAGRO, 2010; INEC, 2008).

La producción nacional de manzana no satisface la demanda en el Ecuador; razón por la cual para el año 2010, se importó 50 618,56 TM.(Banco Central del Ecuador, 2010). Las principales variedades de manzana cultivadas en el país son Emilia y Jon-a, especies conocidas como “especiales para el horneado” y usadas para la elaboración de postres (INPC y MCPC, 2010).

Diferentes procesos térmicos son utilizados para la obtención de alimentos inocuos para el consumo humano; con efectos positivos como la inactivación de enzimas, la destrucción de la carga microbiana y destrucción de componentes

antinutricionales; y con aspectos negativos como, la degradación de algunos componentes como las vitaminas (Escalante, 2009). En la actualidad, las nuevas tecnologías, como el tratamiento con microondas, buscan atenuar los efectos negativos del tratamiento térmico convencional (Lemmens *et al.*, 2008; Picouet *et al.*, 2009).

El tratamiento térmico por medio de microondas se conoce desde 1940, pero su utilización a nivel doméstico se dió a partir de los años 60. Las ventajas de esta técnica en comparación con tratamientos tradicionales son velocidad, limpieza, ausencia de contacto con superficies calientes, reducción de costos y menor pérdida de la calidad nutricional; además, debido a la importancia mínima de los coeficientes de calor, se pueden calentar trozos de alimento más grandes en menor tiempo (Richardson, 2005).

El objeto del horneado de la manzana en microondas, en cuanto a las propiedades físicas, es la modificación de la textura para obtener características atractivas dirigidas hacia consumidores con regímenes especiales como niños pequeños, adultos mayores y personas con trastornos que requieran consumir dietas blandas.

De acuerdo con la proyección poblacional para el 2010, efectuada por el INEC, el segmento total de adultos mayores de 64 años corresponde al 6,30% y el segmento total de niños de 1 a 9 años equivale al 18% (INEC, 2003). En total estos dos segmentos representan el 25% de la población ecuatoriana. De la proyección del INEC, las personas con regímenes especiales en el Ecuador, suman aproximadamente la cuarta parte de la población nacional y a ellos, estaría orientada la manzana horneada en microondas.

La tendencia actual de consumo de alimentos con calidad funcional (bio-componentes) y la necesidad de desarrollar productos atractivos para personas con regímenes especiales, justifica el estudio de las características físicas y funcionales de productos sometidos a nuevas tecnologías térmicas para obtener alimentos con textura blanda.

El desarrollo de un producto atractivo para segmentos de mercado con regímenes especiales y personas que deseen cambiar ocasionalmente sus hábitos de consumo, mediante el uso de variedades producidas a nivel nacional, permite revalorizar el uso de la manzana producida en el Ecuador y brinda a los productores una alternativa innovadora de valor agregado que favorece a la comercialización de la manzana nacional y con ello mejoran sus réditos económicos.

Los resultados obtenidos con el presente proyecto son importantes para la investigación y desarrollo de procesos y productos alimenticios, además para generar información acerca del cambio de la textura instrumental de manzana luego de someterla a tratamientos en horno microondas y las diferencias de los diversos parámetros de textura presentados en los tratamientos de cuatro diferentes variedades.

El presente trabajo se realizó en el marco del Contrato de Formación Profesional, firmado entre el Estudiante de Preparación Técnica de Tesis y la Dirección de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, para la ejecución de la actividad “Estudio del proceso de horneado con microondas y su efecto sobre la calidad física y funcional del fruto de tres variedades de manzana (*Pyrus malus* L.)”. Actividad que se ejecutó en el Departamento de Nutrición y Calidad, como parte del proyecto “Fortalecimiento del Departamento de Nutrición y Calidad”, Código 2100527033.

## ABREVIATURAS

ADEVA = Análisis de Varianza

AOAC = Association of Official Analytical Chemist

BHA = Butil-hidroxianisol

EESC = Estación Experimental Santa Catalina

g\* = Gramos fuerza

GAE = Equivalentes de Ácido Gálico

INIAP = Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias

LSAIA = Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos

msnm = Metros sobre el nivel del mar

PLANHOFA = Planta Hortifrutícola Ambato

SD = Desviación Estándar

TPA = Texture Profile Analysis (Análisis del Perfil de Textura)

U/mL = Unidades de actividad enzimática por Mililitro

# 1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 LA MANZANA

### 1.1.1 ORIGEN

El cultivo y consumo de la manzana es ampliamente difundido y a pesar de que su origen exacto se desconoce, está presente en la mayor parte de zonas templadas del mundo. El manzano descende de las especies silvestres *Malus primela* y *Malus sylvestris*, procedentes de las regiones montañosas de Asia media. Se encuentra en estado natural en los bosques bajos de Asia y Europa (Valpiana, 1997; Iglesias *et al*, 2001; INFOAFRO, 2003).

Se dice que la manzana fue introducida en América tras la colonización. Ecuador fue uno de los países que cultivó el manzano a raíz de la colonia y hasta la época de los 90, constituyó el cultivo frutal más destacado para la región central (INIAP, 1992, Pérez *et al*, 2001).

Por su facilidad de adaptación, su valor alimenticio y sus cualidades fitoterapéuticas, en el mundo se cultivan cerca de 2 000 especies de manzana (Seipel *et al.*, 2009).

Los países que registran una mayor producción de manzana son China, Estados Unidos, Turquía, Irán, Italia, Francia, Polonia y Chile (FAO, 2005).

### 1.1.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

La clasificación taxonómica de la manzana se presenta en la Tabla 1.1.

Las variedades de manzana existentes son producto de cruzamientos y adaptación al medio a través del tiempo (De la Fuente y Blázquez, 2009).

**Tabla 1.1.** Clasificación taxonómica de la manzana

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Espermatophyta
<b>Subdivisión</b>	Angiospermae
<b>Clase</b>	Dicotyledoneae
<b>Orden</b>	Rosales
<b>Familia</b>	Rosaceae
<b>Subfamilia</b>	Pomoidea
<b>Género</b>	Pyrus
<b>Especie</b>	<i>Pyrus malus</i> L.
<b>Nombre científico</b>	<i>Malus sylvestris</i> Miller (o <i>Malus communis</i> ) <i>Pyrus malus</i> L.

Fuente: Valpiana, 1997; Pacheco, 1978 citado en Bayas, 1989

### 1.1.3 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

El manzano es un árbol perenne, de altura comprendida entre 4 y 10 m, aspecto variable con producción normal de aproximadamente 40 años, aunque su ciclo de vida es de alrededor de 80 años (INFOAGRO, 2003; Valpiana, 1997).

Posee una raíz superficial, ramificada de 3 a 8 m de longitud. El tallo es recto, con corteza grisácea cubierta de lenticelas. Las ramas son gruesas y se insertan en el tallo en ángulo abierto, presentan un color marrón rojizo o violáceo. La copa es ancha, regular y esférica, con brotes rojizos cubiertos de pelusilla, con frecuencia los brotes jóvenes terminan en espina; las yemas también están cubiertas de pelusilla. Las hojas son ovales, terminadas en punta, dentadas, de color verde oscuro en el haz y más claras en el envés; poseen peciolo corto, con 4 a 8 nervios alternados. Las flores son grandes, rosadas o blancas, hermafroditas, con pedúnculo corto y anteras amarillas; se agrupan en corimbo entre 3 y 8 unidades. El fruto, se denomina pomo y es globoso, se desarrolla en el receptáculo floral, posee pedúnculo corto y dos semillas por carpelo de color marrón oscuro (Valpiana, 1997; Ramírez y Cepeda, 1993 citado por Escalante, 2009).

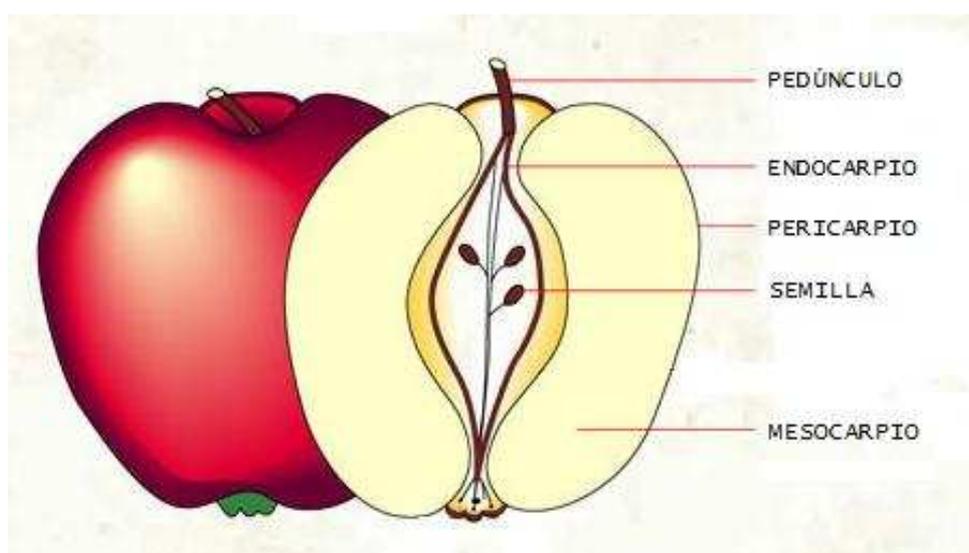
En la Figura 1.1 se observan las hojas y el fruto del manzano.



**Figura 1.1.** Hojas y frutos del manzano

Fuente: Bolsa de Comercio de Mendoza, 2000

La parte más utilizada en la alimentación y medicina es la fruta, normalmente su consumo es directo aunque existen variedades recomendadas para la fabricación de postres como mermeladas o bien para cocerlas al horno (Valpiana, 1997). Las partes comestibles del fruto son el epicarpio y el mesocarpio (INFOAGRO, 2003), y se muestran en la Figura 1.2.



**Figura 1.2** Partes del fruto del manzano

Fuente: García, 2003

## **1.1.4 REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO**

### **1.1.4.1 Altitud**

Las zonas donde el manzano tiene su mayor producción se encuentran situadas entre los 2 500 y 3 200 msnm, correspondientes a la zona climática equinoccial templada. En el Ecuador, esta zona se localiza en la parte central, pero el cultivo de manzana se concentra en las provincias de Tungurahua, Chimborazo y Azuay (INIAP, 1992; Soria y León, 1992 citado por Bayas y Ruíz, 1999; INEC, 2008).

### **1.1.4.2 Clima**

El manzano es una especie frutal poco exigente en cuanto al clima, sus niveles de tolerancia varían según la variedad, pero debido a su procedencia de zonas frías resiste temperaturas inferiores a -10 °C (Valpiana, 1997; Álvarez, 1983). A pesar de la resistencia del manzano, para lograr producciones elevadas, es importante conocer sus necesidades de frío, insolación, humedad y el efecto de las heladas sobre la floración (Álvarez, 1983; Auda, 1977 citado por Guerrero y Silva, 1992).

En Ecuador, se logra un comportamiento adecuado del manzano con una temperatura entre 12 ° y 17 °C, lo cual permite una acumulación de 400 a 600 horas frío. Este clima, predominante en la zona central del país permite la presencia de períodos lluviosos favorables para el desarrollo vegetativo y la fructificación; y períodos secos que permitan la caída de las hojas (INIAP, 1992). Requiere, también, de 700 a 1 000 mm de precipitación anual (INIAP, 1997).

### **1.1.4.3 Suelo**

Debido a que el aparato radical del manzano es superficial, crece en una gran variedad de suelos excepto aquellos extremadamente calcáreos, húmedos o áridos (Valpiana, 1997).

Para el cultivo, se prefiere suelos francos, franco – arenosos o silíceo – arcillosos profundos, ricos en materia orgánica, pH comprendido entre 5,8 y 7,5 y buen drenaje. Es importante que el terreno posea una inclinación del 5% o 10% para evitar daños por heladas (INIAP, 1992; INIAP, 1997).

### 1.1.5 TIPOS DE MANZANA

Según la comercialización existen los siguientes tipos de manzana:

- *Manzanas de mesa*: El consumo de estas frutas es directo, generalmente son dulces, ligeramente aciduladas y aromáticas (Pereira *et al*, 2001; Valpiana, 1997).
- *Manzanas para cocer*: Poseen sabor ácido acentuado, son altamente aromáticas y se usan generalmente para realizar mermeladas y purés (Valpiana, 1997).
- *Manzanas de sidra*: Su difusión en América del Sur es baja, mientras en EEUU y Europa son altamente consumidas. Son frutos pequeños de sabor amargo o ácido, no aptas para consumo en fresco y con elevado contenido de taninos y polifenoles (Lizar *et al*, 2008; Valpiana, 1997; De la Fuente y Blázquez, 2009).

### 1.1.6 VARIEDADES

Las variedades de manzana producidas en el mundo son innumerables. El cultivo de cada variedad depende del mercado al que vaya destinado aunque la mayoría se utilizan para el consumo directo (INFOAGRO, 2003; Valpiana, 1997).

El consumidor elige la variedad según el uso, pero, las manzanas utilizadas para cocer son más ácidas, característica que permite el ablandamiento de la pulpa por la acción del calor (Ravel, 1970).

**Tabla 1.2.** Características de las principales variedades de manzana cultivadas en Ecuador

<b>NOMBRE DE LA VARIEDAD</b>	<b>REQUERIMIENTO DE HORAS-FRÍO</b>	<b>ÉPOCA DE COSECHA</b>	<b>DESARROLLO DEL ÁRBOL</b>	<b>RESISTENCIA A LA MANIPULACIÓN</b>	<b>COLOR DE LA CORTEZA</b>
Gravenstein	600	Diciembre – Enero	Vigor medio	Baja	Amarillo con estrias rojas
Emilia	700	Febrero – Mayo	Muy vigoroso	Baja	Amarilla y rojo en lugares insolados
Royal Gala	650	Marzo – Abril	Vigoroso	Buena	Amarillo con estrias rojizas
Rome Beauty	700	Febrero – Marzo	Vigoroso	Buena	Amarillo y rojo estriados
Winter Banana	600	Enero – Febrero	Vigoroso	Buena	Amarillo brillante con puntos rojos
Jon-a-gold	700	Abril – Mayo	Vigoroso	Media	Rojo estriado en fondo amarillo
Golden Delicious	800	Abril – Mayo	Vigor medio	Baja	Amarillo intenso
Belgolden	800	Abril – Mayo	Vigor medio	Buena	Amarillo verdoso brillante
Granny Smith	850	Mayo – Junio	Vigoroso	Muy buena	Verde intenso y puntos blancos
Starking Delicious	800	Abril – Mayo	Muy vigoroso	Buena	Rojo estriado brillante
Red Delicious	650	Abril – Mayo	Muy vigoroso	Muy buena	Rojo intenso con puntos amarillos
Anna	300	Mayo – Junio	Poco vigoroso	Buena	Rojo con fondo verde
Alaska	600	Mayo – Junio	Vigoroso	Media	Verde amarillento
Slor	500	Mayo – Junio	Vigo medio	Media	Amarillo con pocos lugares rojos

**Fuentes:** INIAP, 1997; INIAP, 1992; INFOAGRO, 2003; Valpiana, 1997; Bolsa de Comercio de Mendoza, 2000; Maya Sotirova, 2011; Primary industries NSW, 2009

Los fruticultores de la zona central del Ecuador se dedican a producir variedades tempranas y tardías cuyos picos de producción están entre los meses de diciembre y junio (INIAP, 1992). Los cultivos de manzana por lo general, se encuentran entre 2 500 y 3 200 msnm (INIAP, 1992; INIAP, 1997). En la Tabla 1.2 se presentan las variedades que se cultivan en Ecuador y algunas de sus características.

#### **1.1.6.1 Emilia**

En el año 1932, el señor Emilio Terán, introdujo al cantón Píllaro una variedad llamada Reineta de Reinetas o Reineta roja del Canadá. En honor a Emilio Terán a esta variedad se le conoce en Ecuador como Emilia (Sánchez y Viteri, 1981 citado por Guerrero y Silva, 1992). Constituye la variedad más difundida y cultivada en el país. (Bonilla, 1987 citado por Bayas y Ruíz, 1999).

Es originaria de Europa Central. El árbol es mediano, muy vigoroso y productivo, tiende a florecer en octubre y los frutos se cosechan desde febrero hasta mayo (Bonilla, 1987 citado por Bayas y Ruíz, 1999; Mertz, 1982 citado por Bayas, 1989).

Los frutos son grandes, esféricos, achatados en los polos y de forma regular. Su peso puede variar entre 140 g y 200 g aunque existen frutos de mayor tamaño. La corteza es lisa, con una capa rojiza sobre fondo amarillo. Su pulpa es amarilla, de sabor intenso y equilibrado en dulzor y acidez, crocante, de alta jugosidad y muy aromática (Guerra *et al.*, 2010; Marcelo *et al.*, 2001; Saltos, 1993 citado por Salazar, 2010).

Es resistente al transporte pero durante el almacenamiento es vulnerable a enfermedades y a pérdidas de calidad sobre todo porque la pulpa se vuelve harinosa (INCAP, 1982 citado por Bayas, 1989; Saltos, 1973 citado por Chamorro, 2001; Guerra *et al.*, 2010). Es utilizada para consumo en fresco, para asarlas o como ingrediente adicional en repostería (Marcelo *et al.*, 2001; Valpiana, 1997).

A nivel mundial, el cultivo de esta variedad ha disminuido debido a la difícil comercialización y distribución, mala presentación, escasa demanda, problemas de plagas y enfermedades y cambios climáticos que reducen el rendimiento de los árboles. En este tema, Ecuador no es la excepción, es por ello que solo las plantaciones tradicionales se mantienen en producción (Pérez y Perdomo, 2006; Guayanlema, 2009; INPC y MCPC, 2010).

#### **1.1.6.2 Jon-a-gold**

Esta variedad posee dos formas de escritura Jonagold o Jon-a-gold, pero en Ecuador se conoce, simplemente, como Jon-a. Es originaria de Geneva, Estados Unidos, producto del cruzamiento genético de las variedades Jonathan y Golden Delicious y establecida como variedad en 1953. En la actualidad, Bélgica es el mayor productor de esta variedad (Red Agraria, 2005; FOMESA, 2008; INTA, 2001).

El árbol es mediano y vigoroso, entra a la etapa productiva rápidamente y su copa se ensancha conforme esta etapa avanza. Los frutos se cosechan en abril y mayo (FOMESA, 2008; INIAP, 1992). Los frutos son medianos, redondos, cónicos y de forma regular. Su peso promedio es 160 g. La corteza posee lenticelas poco resaltadas, la cara expuesta al sol es roja y la otra cara es amarilla cuando madura. Su pulpa es blanca o crema, tiene alto contenido de azúcares y acidez media, es jugosa, medianamente aromática, crujiente y firme (Red Agraria, 2005; FOMESA, 2008; INTA, 2001).

Tiene una resistencia media al transporte y la manipulación, puede conservarse en atmósferas controladas hasta un periodo de 9 meses (Red Agraria, 2005; FOMESA, 2008). Se usa para consumo en fresco y aplicaciones culinarias (Produce Oasis, 2006). En Jon-a-gold, es importante conocer que el color de la corteza es un factor fundamental para la calidad, una menor coloración roja es un indicativo de envejecimiento del árbol o sobreproducción en él. La disminución de color influye sobre el valor comercial de la fruta (FOMESA, 2008).

### **1.1.6.3 Granny smith**

En el año 1868, en Australia una anciana llamada Mary Ann Smith produjo por primera vez esta variedad. En honor a su creadora se dio el nombre a esta variedad (Produce Oasis, 2006; Valpiana, 1997). Es una especie muy usada en el hemisferio sur, su árbol es vigoroso aunque sensible al oídio, productivo y su fructificación es precoz. Los frutos se cosechan entre mayo y junio (Álvarez, 1983; Valpiana, 1997; INIAP, 1992).

Los frutos son medianos, oblongos y de forma regular. Su peso promedio es 150 g. La corteza es lisa y cerosa de color verde claro brillante que en ocasiones presenta unos puntos blanquecinos. Su pulpa es blanca, suave, muy ácida, crujiente y jugosa; es poco aromática (Álvarez, 1983; Valpiana, 1997; Botanical on line, 2005; Produce Oasis, 2006).

Es muy resistente al transporte, la manipulación y el almacenamiento en frigorífico y atmósferas controladas. Esta variedad se usa, predominantemente, para consumo en fresco aunque también se la utiliza para realizar pasteles (Álvarez, 1983; Produce Oasis, 2006; Valpiana, 1997). La variedad Granny smith ha tenido gran difusión. Australia, Sudáfrica, Chile y Argentina dominan el cultivo de esta variedad (Valpiana, 1997; Botanical on line, 2005; Álvarez, 1983)

### **1.1.6.4 Royal gala**

En el año 1934, en Greytown, Nueva Zelanda; H.J. Kidd realizó un cruzamiento genético entre las variedades Kidd's Orange y Golden Delicious producto del cual nació la variedad Gala que se comercializó a partir de los años 60 (Biotropic, 2007; Cruz, 2005). Gala nació de la necesidad de reunir apariencia y productividad de las variedades norteamericanas y tanto, sabor como, aroma de las variedades inglesas, en una variedad adaptable a Nueva Zelanda (Cruz, 2005). La variedad Royal gala es una mutación de la variedad Gala, su coloración es más intensa y su tamaño más pequeño (Biotropic, 2007). Su árbol es vigoroso, productivo, entra

rápidamente en producción y necesita aclareo químico. Los frutos se cosechan en marzo y abril (INTA, 2001; INIAP, 1992).

Los frutos son pequeños o medianos, alargados, redondos y de forma regular. La corteza es verde y amarilla con estrías de color rojo. Su pulpa blanca, jugosa, dulce, crujiente, firme y de aroma suave (Red agraria, 2005; Iglesias, 2010). Es resistente al transporte y la manipulación; en atmósferas controladas puede durar hasta un periodo de 6 meses (Red agraria, 2005).

Se usa para consumo en fresco y como ingrediente de algunas ensaladas (Produce Oasis, 2006). Es importante destacar que Royal gala es una de las variedades más consumidas en el mundo debido a su adaptabilidad, rendimiento y preferencias de los consumidores (Emden, 2001).

### 1.1.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PROPIEDADES ALIMENTICIAS DE LA MANZANA

La manzana es una fruta apetecida y recomendada desde el punto de vista medicinal y nutricional debido principalmente a que es apta para dietas infantiles y de enfermos. Las manzanas, a más de su valor nutricional, poseen compuestos antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades cardiovasculares e influyen en el desarrollo normal de las funciones metabólicas (Ravel, 1970; Seipel *et al.*, 2009). La variedad y el tratamiento postcosecha de las frutas influyen directamente sobre la cantidad de los elementos nutricionales (Ravel, 1970). A pesar de este factor, los rangos y valores promedio de la composición química y nutricional de la manzana se puede resumir en la Tabla 1.3.

**Tabla 1.3.** Composición química y nutricional por cada 100 g de pulpa de manzana

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Agua	80 – 92 g	Niacina	0,091 – 0,200 mg
Cenizas	0,3 g	Ácido pantoténico	0,06 – 0,10 mg
Carbohidratos	12 – 15 g	Ácido fólico	0,03 mg

**Tabla 1.3.** Composición química y nutricional por cada 100 g de pulpa de manzana.  
**Continuación...**

Componente	Cantidad	Componente	Cantidad
Lípidos	0,17 – 0,60 g	Calcio	6 – 7 mg
Proteínas	0,1 – 0,3 g	Fósforo	10 – 11 mg
Fibra	1 – 2,3 g	Hierro	0,12 – 0,30 mg
Ácido málico	0,6 g	Yodo	0,066 mg
Ácido cítrico	0 – 30 g	Sodio	1 – 15 mg
Ácido oxálico	1,5 g	Potasio	107 – 116 mg
Pectina	0,4 g	Magnesio	5 – 6 mg
Vitamina A	0,03 mg	Cloro	4 mg
Vitamina C	5 – 17 mg	Azufre	4 – 5 mg
Vitamina E	0,003 mg	Cobre	0,1 mg
Vitamina B1	0,017 – 0,040 mg	Manganeso	0,07 – 0,11 mg
Vitamina B2	0,03 mg	Zinc	0,04 – 0,07 mg
Vitamina B6	0,020 – 0,041 mg	<i>Contenido calórico</i>	50 kcal

Fuentes: Ravel, 1970; Escalante, 2009; Bolsa de Comercio de Mendoza, 2000; INN CZ, 1998 citado por Herrera, 2007; Álvarez, 1983

### 1.1.7.1 Ácido ascórbico

La vitamina C o ácido ascórbico es un importante elemento en el proceso de respiración celular, ayuda en el proceso de protección contra agentes patógenos, es indispensable en la elaboración de tejidos conjuntivos, favorece el mantenimiento de la estructura de los tejidos, además, al unirse con el oxígeno previene a las células de daño por oxidación (Ravel, 1970; Hernández Milacatl, 2003 citado por Escalante, 2009).

La vitamina C en las manzanas es variable según la variedad y la manipulación de la fruta, puede oscilar entre valores extremadamente bajos como 60 ppm hasta 589 ppm en variedades silvestres (Ravel, 1970; Bolsa de Comercio de Mendoza, 2000). El contenido de ácido ascórbico aumenta si el fruto está expuesto a la luz solar. El mayor contenido de esta vitamina se encuentra en la cáscara y disminuye conforme avanza hacia el centro. Los procesos industriales

generalmente destruyen la vitamina C (Ravel, 1970). A pesar de las ventajas, el ácido ascórbico se pierde fácilmente por oxidación, temperaturas elevadas, procesamiento y almacenamiento de los alimentos (Hernández Milacatl, 2003 citado por Escalante, 2009).

#### **1.1.7.2 Ácidos orgánicos**

El ácido málico en forma libre es el más abundante en la manzana, también posee cítrico, oxálico y láctico en menores cantidades. Los ácidos orgánicos se encargan de proveer acidez y sabor a la fruta, actúan como compuestos antioxidantes, neutralizan la acidez en la sangre y poseen acción bactericida (Ravel, 1970; Seipel *et al.*, 2009).

#### **1.1.7.3 Azúcares**

Se encargan de brindar el valor energético a la fruta. Los principales azúcares que se encuentran en la manzana son levulosa, dextrosa, sacarosa y sorbitol. Conforme avanza el proceso de maduración el contenido de azúcares aumenta debido a que el almidón presente se transforma en dextrosa y levulosa. Un rango medio de azúcares es 12% a 17% (Ravel, 1970; Bolsa de Comercio de Mendoza, 2000).

#### **1.1.7.4 Sustancias pépticas**

La manzana es rica en sustancias pépticas que cimentan las células vegetales, pueden presentarse como propectina, pectina y ácido péptico en su mayor parte en frutos verdes, maduros y sobre madurados (pasados), respectivamente (Ravel, 1970; Álvarez, 1983). La pectina es una sustancia hipocolesterolemiantes cuya característica más importante es la capacidad de formar geles (Álvarez, 1983; Untiveros, 2003).

#### **1.1.7.5 Enzimas**

Las manzanas poseen principalmente enzimas oxidasas encargadas de la transformación e hidrólisis de los hidratos de carbono, aceites esenciales y proteínas. La peroxidasa y la polifenoloxidasas junto con los fenoles y en presencia de oxígeno son las responsables del oscurecimiento de la pulpa de la manzana después de un corte o magulladura; estas reacciones son indeseables ya que disminuyen la calidad del producto (Ravel, 1970; Seipel *et al.*, 2009; Herrera, 2007).

#### **1.1.7.6 Características organolépticas**

Las manzanas cuando alcanzan su estado de madurez fisiológica denotan aroma, el mismo que está compuesto por ésteres amílicos de los ácidos fórmico, acético y caproico y por alcohol etílico y acetaldehído (Ravel, 1970; Álvarez, 1983).

El sabor de la manzana es producto de la combinación de ésteres, compuestos aromáticos, ácidos, azúcares, entre otros (Ravel, 1970).

#### **1.1.7.7 Empleo terapéutico**

La manzana tiene muchas cualidades por las cuales es utilizada como alimento dietético y purgante sobre todo por su contenido de sales orgánicas de potasio, pectina que provee azúcares simples, y fibra, además ayuda a regular el contenido de azúcar y colesterol (Ravel, 1970; Seipel *et al.*, 2009).

El ácido málico y la pectina mantienen el equilibrio de los coloides celulares. Estos compuestos y la vitamina C proveen inmunidad al cuerpo contra agentes tóxicos. Poseen también compuestos fitoquímicos como los fenoles y los flavonoides que actúan como antioxidantes y previenen enfermedades cardiovasculares e hipertensión (Ravel, 1970; Seipel *et al.*, 2009; Álvarez, 1983). Su contenido

calórico es bajo y posee un gran porcentaje de agua por lo que su consumo es recomendado a cualquier edad por sus características hidratantes (Ravel, 1970; Álvarez, 1983).

En un estudio efectuado en la Universidad de Michigan, se reporta que masticar un cuarto de manzana dura, da mejores resultados que el uso de pastas dentales y productos para las enfermedades bucales. Este resultado se presentó en el 80% de participantes de la investigación (Álvarez, 1983).

### **1.1.8 PRODUCCIÓN Y CONSUMO EN ECUADOR**

La producción de manzanas a nivel nacional ha declinado desde la década de los 90, debido principalmente, al deficiente manejo de controles fitosanitarios, podas y fertilización (Guayanlema, 2009; INPC, 2010). No obstante, según el Consejo Provincial de la provincia de Tungurahua, 2010, la producción de manzanas desde el año 2002, sigue una tendencia creciente.

En el país, el área cultivada de manzana es 937,84 ha, de las cuales el 88% se concentra en Tungurahua y el resto en Chimborazo y Azuay (MAGAP-SIGAGRO, 2010; INEC, 2008). La producción nacional de manzana no satisface la demanda en el Ecuador; razón por la cual se importa principalmente desde Chile (Banco Central del Ecuador, 2010).

Los agricultores de las provincias productoras de manzanas cultivan, principalmente, las variedades tradicionales Emilia y Jon-a. Su producción la dedican en un 5% para autoconsumo y en un 95% para la venta (INEC, 2008).

## **1.2 PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS CON MICROONDAS**

En la actualidad la tecnología microondas representa un método de procesado térmico muy utilizado en el hogar y en la industria (Richardson, 2005). En los

procesos tradicionales, la energía se transfiere a los alimentos por conducción y convección, en cambio en los hornos microondas, la energía es entregada a nivel molecular en forma de radiaciones electromagnéticas no ionizantes que transmiten el calor rápidamente (Romano *et al.*, 2005; Singh y Heldman, 2009).

La base de esta tecnología es la interacción directa del alimento con las microondas (Singh y Heldman, 2009).

La invención de la fuente de microondas se dio en 1921 por Hill; más tarde, Randall y Boot crearon magnetrones continuos como fuente microondas para los radares británicos utilizados durante la II Guerra Mundial. Estos magnetrones fueron comprados en Estados Unidos por la empresa Raytheon Co. Dicha empresa y el ingeniero eléctrico Spencer presentaron en 1942 una patente del magnetron mejorado. En 1945, Spencer notó que esta tecnología producía el calentamiento de ciertas sustancias, razón por la cual, describió un horno microondas cerrado y en ese mismo año solicitó una nueva patente denominada "Método de tratamiento de productos alimentarios". En 1946, la Raytheon sacó al mercado un horno denominado Randarage que fue el origen de la tecnología que actualmente se utiliza a nivel doméstico, y partir de los años 60, las ventas de hornos microondas domésticos se dispararon alrededor de todo el mundo. Se estima que 225 millones de microondas se venden anualmente como artículos del hogar (Richardson, 2005; Ohlsson y Bengtsson, 2001).

Las aplicaciones industriales de esta técnica comenzaron en 1930 al notar que la velocidad de transmisión de la energía dependía directamente de la frecuencia utilizada, pero fue en 1952 cuando Spencer creó la patente de una cinta transportadora que empezó a ser utilizada en 1962 (Richardson, 2005).

Los números relativos a las personas que compran hornos microondas son importantes en tanto que son los clientes potenciales de alimentos que requieren calentamiento en microondas, razón por la cual las industrias alimentarias innovan sus productos para que sean utilizados mediante esta tecnología (Ohlsson y Bengtsson, 2001).

### **1.2.1 CALENTAMIENTO MEDIANTE MICROONDAS**

Las ondas electromagnéticas que se clasifican como microondas poseen una frecuencia comprendida entre 300 MHz y 300 GHz. Sus usos pueden variar entre radares, equipos de navegación, equipos de comunicación, equipos médicos y, obviamente, equipos de la industria alimentaria. Para aplicación en alimentos se usan dos tipos de frecuencia:  $2\,450 \pm 50$  MHz para uso casero y  $915 \pm 25$  MHz para uso industrial (Singh y Heldman, 2009; Sahin y Gülüm, 2009; Richardson, 2005). Las regulaciones para este tipo de tecnología se llevan a cabo por los gobiernos de cada país con base en los reglamentos establecidos por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (Richardson, 2005).

Las microondas tienen características similares a las ondas de frecuencia visible, estas se reflejan en objetos metálicos y absorben en un alimento; y en el caso de materiales termoplásticos o vidrio permiten el paso de las microondas sin ninguna absorción. En los alimentos, el único cambio reportado que se produce es el calentamiento (Singh y Heldman, 2009, Sahin y Gülüm, 2009)

#### **1.2.1.1 Propiedades dieléctricas de los alimentos**

El calentamiento de los alimentos se da por las propiedades eléctricas, específicamente la constante dieléctrica relativa adimensional ( $\epsilon'$ ) y la pérdida dieléctrica relativa e imaginaria ( $\epsilon''$ ) que definen la conversión de las microondas en calor con respecto al espacio libre. El valor de  $\epsilon'$ , representa la capacidad de un alimento para almacenar energía eléctrica mientras que  $\epsilon''$  representa la capacidad del alimento para disiparla y convertirla en calor; además, determina la absorción de las microondas por parte del alimento (Singh y Heldman, 2009; Sahin y Gülüm, 2009; Ohlsson y Bengtsson, 2001).

Las propiedades dieléctricas de un producto expresan su capacidad aislante; por lo general, los alimentos son malos aislantes, razón por la cual absorben la energía y producen un calentamiento rápido (Singh y Heldman, 2009). Dichas

propiedades dependen del contenido de humedad, temperatura y composición química y la determinación de sus valores se utiliza para evaluar la calidad y frescura de muchos alimentos (Sahin y Gülüm, 2009).

### **1.2.1.2 Mecanismo del calentamiento de los alimentos con microondas**

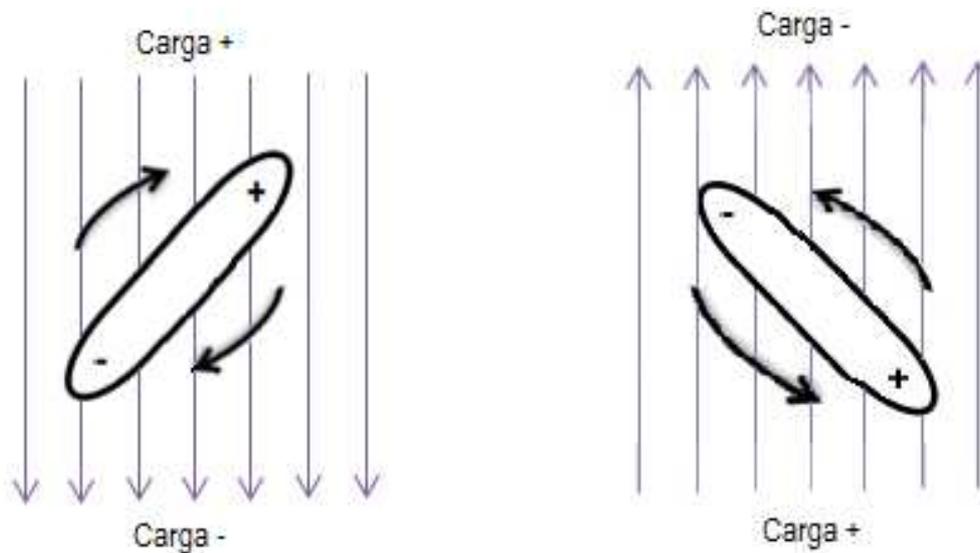
La absorción de las ondas electromagnéticas en un material dieléctrico da como resultado, el aumento de la temperatura por medio de los procesos de polarización o interacción iónica y rotación dipolar (Singh y Heldman, 2009; Sahin y Gülüm, 2009). La polarización, conducción o interacción iónica, se da cuando se aplica un campo eléctrico a un elemento con alguna concentración de iones, dichos iones se aceleran, colisionan con las partículas adyacentes y convierten la energía cinética en energía térmica (Singh y Heldman, 2009, Sahin y Gülüm, 2009).

Los alimentos poseen moléculas dipolares orientadas aleatoriamente pero cuando son sometidas a un campo electromagnético, experimentan una fuerza rotacional y se orientan de acuerdo a la polaridad del campo, este proceso se llama rotación dipolar. En campos con frecuencias de microondas, la polaridad cambia millones de veces por segundo, lo que produce que las partículas no puedan cambiar su dirección, provoquen mayores colisiones entre moléculas, rozamiento de los dipolos con el medio circundante y generación de energía térmica. (Singh y Heldman, 2009; Sahin y Gülüm, 2009; Ohlsson y Bengtsson, 2001).

En la Figura 1.3 se observa el movimiento de los dipolos en un campo electromagnético.

Los dipolos más fuertes son los del agua, razón por la cual alimentos con elevadas cantidades de agua se calientan con mayor facilidad (Singh y Heldman, 2009). Pero hay que tener en cuenta si el agua presente reacciona con carbohidratos, proteínas, grasas, entre otros, y en que concentración, debido a que ese tipo de uniones fuertes disminuye la velocidad de calentamiento en

microondas (Sahin y Gülüm, 2009; Richardson, 2005).



**Figura 1.3.** Movimiento de un dipolo en un campo eléctrico

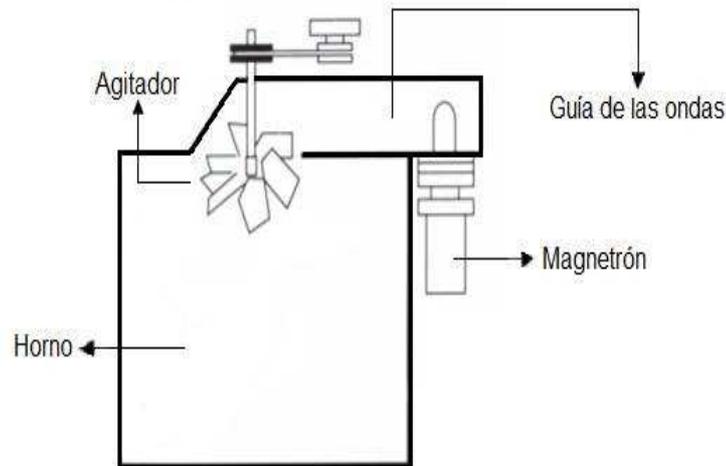
Fuente: Singh y Heldman, 2009

La penetración de las ondas electromagnéticas depende directamente del alimento, su tamaño y geometría, a mayor tamaño del producto se necesita mayor longitud de onda para compensar la velocidad del movimiento de los dipolos y por ende la conversión térmica en el alimento (Singh y Heldman, 2009, Campañone y Zaritzky, 2004).

La velocidad de calentamiento es proporcional a la potencia producida en el horno microondas, en algunos hornos se pueden alcanzar altas velocidades de aumento de temperatura que muchas veces evitan reacciones bioquímicas favorables para el alimento; es por ello que los hornos poseen controles de la potencia de salida que reducen los efectos negativos del calentamiento rápido y que se determinan según la masa del alimento (Singh y Heldman, 2009).

## 1.2.2 COMPONENTES DE LOS HORNOS MICROONDAS

Los hornos microondas comerciales constan de las partes esquematizadas en la Figura 1.4.



**Figura 1.4.** Componentes del horno microondas  
Fuente: Singh y Heldman, 2009

El montaje de un horno microondas consiste en un tubo magnetrón acoplado a una cavidad, normalmente rectangular, por medio de un conductor de ondas, encargado de producir ondas electromagnéticas capaces de calentar materiales homogéneos y no homogéneos (Richardson, 2005).

#### 1.2.2.1 Fuente de energía

Es una parte cuya función es extraer la energía eléctrica y transformarla en energía de alto voltaje útil para el magnetrón (Singh y Heldman, 2009).

#### 1.2.2.2 Magnetron, tubo de potencia o tubo al vacío

Es un oscilador que convierte la energía de alto voltaje en ondas electromagnéticas radiantes de alta frecuencia cuya inversión de polaridad es alta (Singh y Heldman, 2009).

Está compuesto por un cátodo central que emite electrones de potencial altamente negativo, rodeado de un ánodo que forma cavidades que se acoplan a un conductor de microondas (Richardson, 2005).

### **1.2.2.3 Guía de ondas o sección de transmisión**

Es la parte encargada de irradiar las ondas producidas por el magnetrón a la cavidad del horno. Su longitud depende del tamaño del horno microondas y de su finalidad, además en este lugar no existen pérdidas de energía (Singh y Heldman, 2009).

Por lo general, son conductores huecos de formas rectangulares y circulares (Richardson, 2005).

### **1.2.2.4 Agitador o aplicador de calentamiento**

Es un distribuidor con forma de ventilador cuya función es disipar y crear turbulencia de las ondas electromagnéticas en toda la cavidad del horno, aptas para calentar inclusive materiales no homogéneos como los alimentos (Singh y Heldman, 2009).

### **1.2.2.5 Cavidad del horno**

Es el lugar en el cual se coloca el alimento, sus paredes son metálicas para que las microondas disipadas por el agitador al ser reflejadas en todas las direcciones, sean captadas por el alimento y se produzca un calentamiento más uniforme (Singh y Heldman, 2009). Las puertas del horno generalmente son herméticas para que el calentamiento producido en el alimento no se transmita al exterior (Singh y Heldman, 2009; Ohlsson y Bengtsson, 2001).

## **1.2.3 APLICACIONES DEL HORNO MICROONDAS**

El calentamiento en hornos microondas posee algunas ventajas frente al calentamiento tradicional, una de ellas es la variedad de productos que se pueden

procesar (Singh y Heldman, 2009). En la actualidad, los consumidores han cambiado sus estilos de vida y prefieren alimentos listos para comer o de cocimiento rápido, por esta razón la utilización de microondas ha aumentado en los últimos años (Campañone y Zaritzky, 2004).

Otras ventajas de esta tecnología pueden ser, la distribución uniforme del calor a través del producto y ahorro de espacio ya que por lo general son equipos pequeños (Megahey *et al.*, 2005).

Las principales aplicaciones de los hornos microondas son:

- *Descongelación o atemperación* (Singh y Heldman, 2009; Richardson, 2005): Se define como el tratamiento térmico de alimentos congelados. El calentamiento de los alimentos congelados se ve influenciado por las propiedades dieléctricas del hielo, este posee un coeficiente de pérdida dieléctrica bajo que se traduce en una velocidad lenta de aumento de temperatura, pero cuando se transforma en agua, los coeficientes dieléctricos aumentan y se debe controlar la descongelación para evitar el calentamiento del producto. La ventaja de la utilización de microondas frente a los procesos tradicionales de descongelación es la disminución de la posibilidad de crecimiento microbiano porque se reduce la cantidad de agua escurrida.
- *Secado o deshidratación* (Richardson, 2005): La utilización de microondas para esta operación unitaria favorece la disminución del deterioro sensorial y nutricional resultante de la reducción del tiempo durante el proceso; además no existen elevadas gradientes de humedad porque es un secado homogéneo.
- *Pasteurización y esterilización* (Richardson, 2005; Ohlsson y Bengtsson, 2001): La utilización de microondas además de generar energía térmica produce procesos no térmicos, ambos influyentes sobre las reacciones químicas del material celular vivo. La inactivación y destrucción de microorganismos por ondas electromagnéticas es más alta, de mayor calidad y en un periodo de tiempo considerablemente menor.

- *Calentamiento, cocción y horneado* (Richardson, 2005, Megahey *et al.*, 2005): Son los procesos realizados con microondas más utilizados a nivel industrial y de hogar. Los microondas por lo general aceleran el proceso de horneado y cocción y utilizan como fuente principal de energía a la totalidad de las ondas electromagnéticas; de esta manera aumenta la presión de vapor, se elimina rápidamente el agua superficial, se gelatiniza el almidón y se coagulan las proteínas necesarias para cocer el alimento.

### **1.3 MEDICIONES DE TEXTURA EN LOS ALIMENTOS**

#### **1.3.1 DEFINICIÓN DE TEXTURA**

Textura significa tejido en latín es por ello que hasta 1960 se definió a este factor de calidad como estructura, sensación y apariencia de los tejidos (Rosenthal, 2001).

Se puede definir como la constitución, estructura o esencia además de la disposición o manera de unión de partículas o constituyentes pequeños, su interrelación y la calidad estructural en un cuerpo o sustancia; se puede definir también como la externalización de los macro y micro elementos de una estructura determinada (Bourne, 2002; Corey, 1970; Rosenthal, 2001).

En 1992, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés) definió la textura como: “Todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto, perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, si es apropiado, visuales y auditivos” (Rosenthal, 2001).

#### **1.3.2 IMPORTANCIA DE LOS FACTORES DE CALIDAD DEL ALIMENTO**

En los alimentos existen cinco cualidades para definir su calidad: (Bourne, 2002; FAO y OMS, 2003):

- *Apariencia:* Es la primera impresión que recibe el consumidor. Sus principales subcomponentes son color, forma, tamaño, brillo y cualquier característica basada en las propiedades ópticas.
- *Sabor:* Comprende sabor, olor como respuestas a los estímulos químicos de los receptores de la cavidad oral y nasal.
- *Textura:* Se define como la respuesta de los sentidos a estímulos físicos resultantes del contacto entre el alimento y algunas partes del cuerpo.
- *Características nutricionales:* Comprende el contenido de agua, carbohidratos, proteínas, lípidos, fibra, minerales, vitaminas dentro de un mismo alimento y el aporte que hacen a la dieta de una persona.
- *Seguridad:* El consumo de determinado alimento no debe poner en riesgo la salud de una persona.

### **1.3.3 DEFINICIÓN DE TEXTURA EN LOS ALIMENTOS**

Es un importante factor de calidad de un alimento y puede definirse como las cualidades sensoriales interpretadas como valores personales sobre las características físicas derivadas de la estructura de determinado producto. Dentro de la textura de un alimento no se toman en cuenta las características ópticas, eléctricas, magnéticas y térmicas (Ibarz *et al.*, 2000; Sahin y Gülüm, 2009; Jowitt, 1979; Bourne, 2002). Textura no es un simple parámetro, es un conjunto de propiedades. En frutas, la textura depende de la variedad, estado de madurez y método de procesamiento. (Bourne, 2002).

Al referirse a las manzanas, la textura es variable por la diferencia de la composición y estructura interna e incluso por la división celular, la complejidad de la pectina y otros componentes de la pared celular (Sahin y Gülüm, 2009; Mochizuki, 2001).

### 1.3.3.1 Importancia de la textura en los alimentos

La textura juega un papel fundamental sobre la calidad y aceptabilidad de un alimento. Según el tipo de producto puede ser valorado de distinta manera ya sea por firmeza, fibrosidades, dureza, jugosidad, crocancia, entre otros. Por su importancia puede dividirse en tres grupos (AMETEK, 2005; Bourne, 2002; FAO y OMS, 2003):

- *Crítica:* Incluyen los alimentos en los cuales la textura es el factor más importante sobre la evaluación de calidad como por ejemplo los snacks.
- *Importante:* Incluyen alimentos en los que la textura es importante pero no realiza una contribución dominante sobre la calidad del producto. La calidad de estos alimentos se juzga por la textura, sabor y apariencia como por ejemplo productos lácteos, frutas, caramelos y pan.
- *Menor:* Incluye alimentos cuya textura es poco o nada importante sobre la calidad del producto como por ejemplo bebidas o sopas.

### 1.3.3.2 Proceso de percepción de textura del alimento

La percepción de la textura puede ser descrita como un proceso cíclico que empieza con impulsos visuales de color, tamaño, forma y estructura antes de la interacción física con el alimento. Luego a través de herramientas táctiles se consigue ampliar aún más el conocimiento de la textura; toda la información es transmitida hacia el cerebro donde se interpreta (Rosenthal, 2001; Wittig, 2001).

La percepción inicia en la boca mediante masticaciones a velocidad de deformación baja, lo cual conlleva a tener las sensaciones de homogeneidad del producto. A medida que aumenta la velocidad de deformación y con el movimiento de la lengua se puede apreciar la fluidez así como la elasticidad, el comportamiento viscoso y también una textura granulosa. Los receptores bucales

pueden discriminar partículas de 25  $\mu\text{m}$  de diámetro (Rosenthal, 2001; Wittig, 2001).

Al iniciar las masticaciones, la estructura del alimento se rompe, fractura, desgarrar o amasa y se detectan características como dureza, fragilidad, plasticidad, crocancia y esponjosidad. Con las siguientes masticaciones, cuando el alimento se transforma en papilla se aprecian características inherentes al alimento como suavidad, aspereza, pulverulencia, terrosidad, pastosidad, cremosidad, acuosidad y adhesividad. El proceso de masticación se dificulta si la textura del alimento es compleja debido a que es necesario un buen control de la musculatura que interviene en dicho proceso (Rosenthal, 2001; Wittig, 2001).

La forma de ruptura del alimento es un proceso dinámico que tiene lugar en un período de tiempo y depende del grado de lubricación y estructura del alimento; la lubricación depende de la cantidad de saliva segregada, la humedad y grasa contenidas en el producto. Los cambios en el alimento se dan hasta alcanzar un umbral en el que las partículas tienen una reducción de tamaño de dos o tres órdenes de su magnitud y luego es ingerido (Rosenthal, 2001; Bourne, 2002).

Luego de ingerir el producto, existe una impresión masticatoria residual que incluye factores como fusión en el paladar, untosidad, gomosidad y sensaciones fibrosas. La evaluación del producto, es un proceso cíclico que incluye la percepción fisiológica del estímulo, la elaboración y la comunicación verbal de la sensación; que produce una retroalimentación antes de consumir una siguiente ración de alimento (Rosenthal, 2001; Costell, 2002). Para algunos ingenieros, la boca es considerada como un reactor químico capaz de romper, mojar, degradar enzimáticamente, presurizar, calentar o enfriar un alimento y que además produce un sistema complejo de retroalimentación (Steffe, 1996).

#### **1.3.4 MEDICIÓN INSTRUMENTAL DE LA TEXTURA**

Por ser una característica muy importante sobre la calidad de un producto, la

textura y su medición se convierten en parámetros fundamentales de control de determinados productos. La textura constituye un factor de difícil medición debido a que la repetición de datos es muy difícil, pero puede evaluarse de manera sensorial e instrumental (Sahin y Gülüm, 2009; Costell, 2002).

Las técnicas actuales de medición instrumental de la textura buscan (Sahin y Gülüm, 2009; AMETEK, 2005):

- Imitar los movimientos de los dientes y la lengua con el paladar
- Obtener datos representativos
- Utilizar los datos obtenidos como índices de calidad de ciertos productos

Es importante mencionar que la textura nace de una combinación de aspectos mecánicos, geométricos y superficiales que dependen a su vez de la composición química del alimento, es por esto que, la única forma de medirla completamente es mediante la evaluación sensorial, debido a que es un elemento que incluye factores físicos y psicológicos (Rosenthal, 2001; Costell, 2002).

A pesar de ello, las técnicas actuales de medición instrumental son más baratas y ocupan una menor cantidad de tiempo, consecuentemente son más utilizadas a nivel industrial (Sahin y Gülüm, 2009). Las técnicas instrumentales se dividen en tres grupos y son:

- *Ensayos empíricos:* Se desarrollan por experimentación y observación, son simples de realizar, miden una sola característica física de manera arbitraria y por tanto no se pueden utilizar de modo predictivo, además se pueden usar para determinados tipos de productos (Bourne, 2002; Rosenthal, 2001; AMETEK, 2005).
- *Ensayos imitativos:* Pueden medir en ocasiones completamente los parámetros de textura debido a que intentan simular las condiciones a las que

el alimento está sometido en la boca. Los texturómetros son ejemplos de estos ensayos (Rosenthal, 2001; AMETEK, 2005).

- *Ensayos fundamentales:* Se encargan de medir propiedades físicas innatas bien definidas, como por ejemplo: la viscosidad. Se siguen de manera rigurosa y se expresan en unidades científicas (Rosenthal, 2001; AMETEK, 2005).

Las mediciones instrumentales ideales de la textura deben derivarse del conocimiento generado por los ensayos previamente descritos (AMETEK, 2005; Bourne, 2002). A escala industrial, se utiliza el texturómetro TAX-T2i debido a que es el implemento que reúne las características previamente descritas y es versátil, cómodo, pequeño y a largo plazo, representa una inversión menor que panelistas sensoriales entrenados (Castro y De Hombre, 2007).

A nivel industrial y de laboratorio, se realizan estudios que incluyen aspectos fisiológicos con el propósito de desarrollar tecnologías de medición instrumental que interpreten el comportamiento humano frente al consumo de un alimento (Rosenthal, 2001).

### **1.3.5 MÉTODOS DE ENSAYO PARA MEDICIÓN DE TEXTURA**

#### **1.3.5.1 Experimentos de compresión**

Son también llamados experimentos de deformación y se encargan de medir la fuerza necesaria para comprimir un alimento a una distancia estándar y velocidad constante, a la vez que determinan las propiedades de resistencia y deformación de algunos materiales. Los experimentos de compresión pueden ser en una sola dirección o globales según la forma en que son comprimidos (Sahin y Gülüm, 2009; Ibarz *et al.*, 2000; Rosenthal, 2001).

Los resultados con frecuencia son usados como parámetro de calidad y descripción sensorial es blandura o firmeza (Sahin y Gülüm, 2009; Bourne, 2002).

Por lo tanto, cuando un alimento es tratado en microondas, lo primero que se altera es la textura y se convierte en un problema si el objetivo es mantener la firmeza del producto (Sahin y Gülüm, 2009).

Sin embargo, la modificación de la textura de dura a blanda es una ventaja si el propósito es conseguir un producto suave o del tipo puré (Sahin y Gülüm, 2009).

### **1.3.5.2 Experimentos de flexión y doblamiento**

Son ensayos encargados de medir la fuerza necesaria para flexionar un alimento hasta conseguir su ruptura. La fuerza requerida dependerá del grado de dureza y dimensiones del producto. Por lo tanto, los experimentos de flexión tienen la desventaja de que no producen un esfuerzo uniforme en toda la geometría del producto, lo que complica la preparación de la muestra (Sahin y Gülüm, 2009; Rosenthal, 2001; Castro y De Hombre, 2007).

Sirve para determinar la crocancia de un producto y en ocasiones se usa para determinar la fuerza de fractura de alimentos quebradizos (Sahin y Gülüm, 2009; Castro y De Hombre, 2007).

### **1.3.5.3 Experimentos de cizalla o corte**

Usados para alimentos sólidos; utilizan dos conjuntos de cuchillas en forma de rejilla separadas por una distancia determinada, que giran una dentro de la otra. Para alimentos que fluyen se utilizan placas rotantes en vez del conjunto de cuchillas. Los ensayos de cizalla determinan la fuerza máxima de corte o cizallamiento de un alimento (Sahin y Gülüm, 2009; Rosenthal, 2001).

Estos experimentos son utilizados para determinar los estados de madurez y la firmeza de algunas hortalizas y frutas al relacionar la fuerza de corte con el tiempo (Sahin y Gülüm, 2009).

#### **1.3.5.4 Experimentos de penetración**

Son ensayos dirigidos a medir la distancia en que una aguja, sonda o cono penetra en un alimento en un periodo de tiempo conocido. La distancia de penetración depende del ángulo que forma con la superficie del alimento (Sahin y Gülüm, 2009; Ibarz *et al.*, 2000; Castro y De Hombre, 2007; Bourne, 2002).

Los resultados se obtienen a partir del producto de la altura de penetración y se interpretan como la resistencia de un alimento. Estos ensayos generalmente se utilizan con alimentos en forma de gel, grasas y chocolates (Ibarz *et al.*, 2000; Castro y De Hombre, 2007).

#### **1.3.5.5 Experimentos de punción**

Se encargan de medir la fuerza requerida para empujar una sonda dentro de un alimento y medir su dureza o firmeza (Sahin y Gülüm, 2009; Bourne, 2002).

Este test puede ser caracterizado por la fuerza que aplica el implemento de medición, la penetración de la sonda en el alimento que causa una deformación irreversible y la profundidad de penetración que generalmente es constante (Bourne, 2002).

La fuerza de punción es proporcional al área de la sonda. Los instrumentos para este tipo de ensayos son aquellos que poseen altos umbrales de fuerza (Sahin y Gülüm, 2009; Bourne, 2002).

Los instrumentos que se utilizan para los experimentos de punción, dibujan automáticamente curvas de fuerza contra distancia o fuerza contra tiempo, desde que la sonda entra en contacto con el alimento hasta que se desprende completamente de él (Bourne, 2002). Es ampliamente utilizado debido a que es fácil y rápido de realizar y puede ser empleado para diferentes tipos de alimentos, excepto aquellos con alta fuerza de fractura (Bourne, 2002; Sahin y Gülüm, 2009).

En los experimentos de punción, para obtener datos representativos de la muestra hay que considerar los siguientes factores (Bourne, 2002):

- La naturaleza del producto, un alimento suave posee menor fuerza de punción
- La muestra debe tener por lo menos 3 veces el diámetro de la sonda
- La distancia de penetración y su efecto depende de cada alimento.
- La velocidad de punción de la sonda debe ser apta para que el instrumento pueda graficar

#### **1.3.6 ANÁLISIS DEL PERFIL DE TEXTURA (TPA - TEXTURE PROFILE ANALYSIS)**

Es un ensayo imitativo que busca establecer valores estándar de los diversos atributos de textura de ciertos alimentos y también para caracterizar las propiedades mecánicas y la consistencia de alimentos texturizados (Rosenthal, 2001; Ibarz *et al.*, 2000; Instron, 2004).

El TPA, trata de acercarse a los resultados derivados de la sensación humana con respecto al alimento (Steffe, 1996).

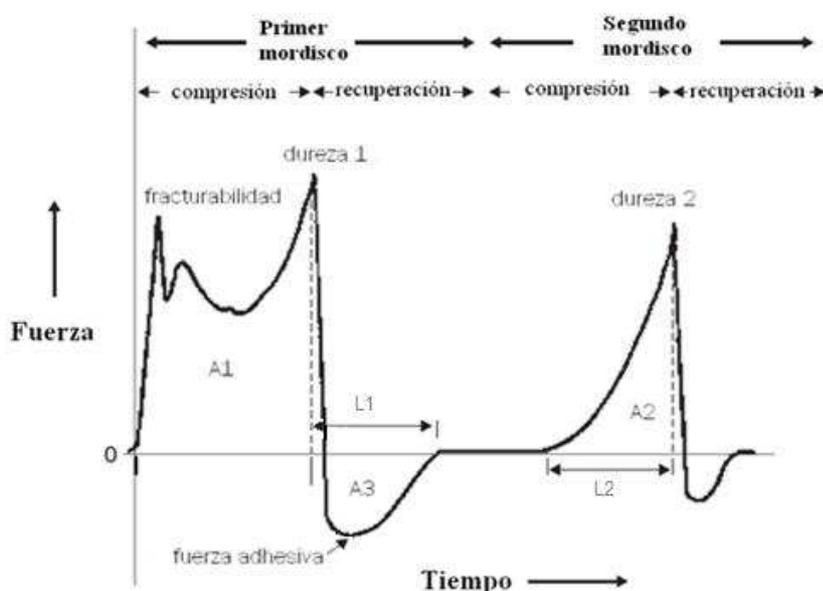
En el año 1963, la General Foods propuso la idea del perfil de textura; utilizó nueve panelistas entrenados para definir los principales parámetros de textura que influyen sobre la aceptación de un alimento y establecer patrones para su medición (Rosenthal, 2001).

De forma instrumental, estos patrones sensoriales se han tratado de interpretar mediante un equipo basado en los experimentos de doble compresión cuyos movimientos se asemejaban a los de la mandíbula humana (Rosenthal, 2001; Castro y De Hombre, 2007; Steffe, 1996).

Durante los ensayos de experimentación, se usó alimentos de 1 cm de altura comprimidos al 80% de dicha altura mediante placas paralelas, una fija y una móvil, en un ciclo de dos mordidas. Se mostró el esfuerzo de la placa móvil, la relajación del producto, la resistencia a la deformación, la pegajosidad, etc.; de esta forma se creó una curva en función del tiempo que correlaciona la textura sensorial con funciones matemáticas de los picos de fuerza y las áreas bajo la curva (Rosenthal, 2001; Sahin y Gülüm, 2009; Steffe, 1996).

En la actualidad, el análisis del perfil de textura, se utiliza para medir la calidad de frutas y hortalizas ya que se pueden determinar factores como fracturabilidad, dureza, fuerza adhesiva, adhesividad, elasticidad, gomosidad, cohesividad y masticabilidad (Castro y De Hombre, 2007; Mochizuki, 2001).

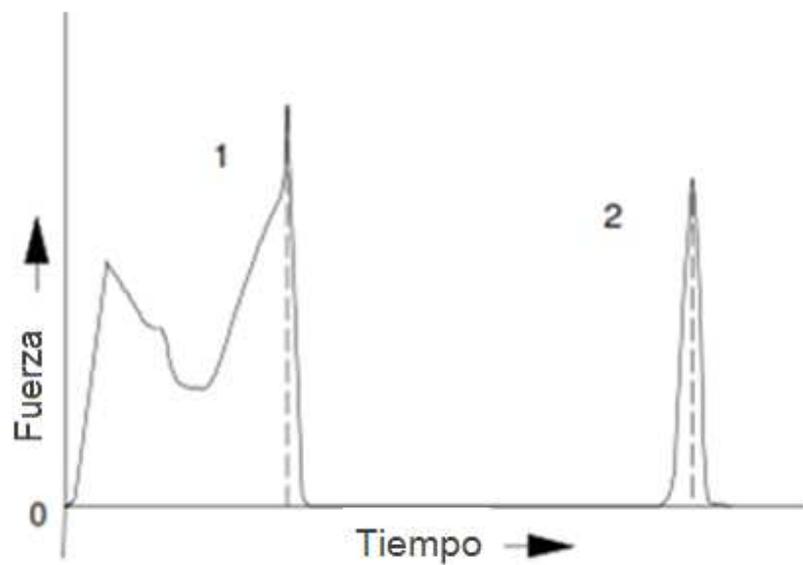
En la Figura 1.5 se puede observar una curva generalizada del TPA, con algunos de los parámetros analizados.



**Figura 1.5.** Curva generalizada del Análisis de Perfil de Textura (TPA)

Fuente: AMETEK, 2005; Mochizuki, 2001

En la Figura 1.6 se observa una curva TPA para pulpa de manzana, obtenida por Bourne, 1978 y publicada por Steffe, 1996, este último menciona que esta curva puede variar según la muestra y los métodos de preparación de la misma.



**Figura 1.6.** Curva del Análisis de Perfil de Textura (TPA) para manzana  
Fuente: Steffe, 1996

De la curva generalizada del Análisis del Perfil de Textura, se derivan los siguientes parámetros:

### 1.3.6.1 Fracturabilidad

Es la fuerza necesaria para romper o fracturar un producto en pedazos pequeños, durante el primer mordisco. Los productos con elevada fracturabilidad tienen alto grado de dureza y baja cohesividad (Sahin y Gülüm, 2009, Rosenthal, 2001, Perpetua, 2008).

También se puede definir, como el esfuerzo máximo que un alimento podrá soportar antes de que se rompa. Un ejemplo muy notable de un alimento con elevada fracturabilidad son las galletas. Con la fracturabilidad se puede describir si un alimento es blando, crujiente o frágil (AMETEK, 2005; Perpetua, 2008; Rosenthal, 2001; Steffe, 1996).

En la curva TPA, es la primera fuerza significativa en el área positiva de la primera compresión (Rosenthal, 2001).

### 1.3.6.2 Dureza

Es la fuerza necesaria para deformar un alimento sólido entre los molares, o un alimento semisólido entre la lengua y el paladar. Se puede definir también como la resistencia a la rotura o energía requerida para propagar una fractura en un área rota (Rosenthal, 2001; AMETEK, 2005).

En la curva, la dureza corresponde a la fuerza máxima durante determinado ciclo de compresión (AMETEK, 2005; Perpetua, 2008). Los términos populares de la dureza son suave, firme o duro (Steffe, 1996).

### 1.3.6.3 Cohesividad

Es el grado de deformación o la extensión de una muestra mientras es comprimida entre los molares antes de que se rompa. Un alimento con alta cohesividad son las pasas (Perpetua, 2008; AMETEK, 2005).

En el TPA, es la relación entre el área positiva del segundo mordisco con el área positiva del primer mordisco, cuyo resultado representa el grado de viscoelasticidad de un producto (Sahin y Gülüm, 2009; AMETEK, 2005). Su fórmula está reportada en Rosenthal, 2001 y se observa en la Ecuación 1.

$$Cohesividad = \frac{A2}{A1} \quad [1]$$

### 1.3.6.4 Elasticidad

Se define como el grado en que un alimento se recupera o retorna a su tamaño original cuando se retira la fuerza durante el tiempo entre el primer y el segundo mordisco. Un alimento con alta elasticidad tiene una textura gomosa (por ejemplo los marshmallows) mientras que a menor elasticidad tiende a ser un alimento

quebradizo (Rosenthal, 2001, Sahin y Gülüm, 2009, Perpetua, 2008, AMETEK, 2005).

En la curva, es la razón de variación entre la longitud del comienzo de la segunda compresión con el final de la primera compresión (AMETEK, 2005).

Su representación matemática se encuentra reportada en AMETEK, 2005 y se muestra en la Ecuación 2.

$$Elasticidad = \frac{L2}{L1} \quad [2]$$

#### 1.3.6.5 Gomosidad

Es la energía necesaria para desintegrar un alimento semisólido de manera que esté listo para ser ingerido. La gomosidad se evalúa por la cantidad de movimiento de la lengua con el paladar requerido para desintegrar el alimento en la boca (Sahin y Gülüm, 2009, Perpetua, 2008; AMETEK, 2005). Los alimentos con alta gomosidad poseen bajo grado de dureza (Perpetua, 2008). En la curva TPA, la gomosidad se obtiene a partir del producto entre la dureza y la cohesividad (AMETEK, 2005; Sahin y Gülüm, 2009).

La representaciones matemática de este parámetro se encuentra reportada en AMETEK, 2005. Su fórmula se observa en la Ecuación 3.

$$Gomosidad = Dureza \times \frac{A2}{A1} \quad [3]$$

#### 1.3.6.6 Fuerza adhesiva

Es la máxima fuerza necesaria para retirar con la lengua un alimento que se ha quedado pegado a los dientes al terminar un mordisco. Un ejemplo con alta fuerza

adhesiva son los caramelos masticables (AMETEK, 2005). Instrumentalmente, se mide como la fuerza que se produce al retirar la sonda luego de comprimir el alimento. En la curva TPA es el pico de fuerza que se produce en la zona negativa (AMETEK, 2005; Ibarz *et al.*, 2000).

#### 1.3.6.7 Adhesividad

Está ligada con la fuerza adhesiva, pero representa el trabajo que se tiene que realizar para retirar un alimento completamente de la superficie de los dientes, con la ayuda de la lengua (AMETEK, 2005; Rosenthal, 2001).

En la curva TPA, la adhesividad representa el área negativa de la fuerza durante el primer mordisco y se define cuando el nivel de dicha fuerza cae a cero (AMETEK, 2005; Rosenthal, 2001; Sahin y Gülüm, 2009).

#### 1.3.6.8 Masticabilidad

Se define como la energía requerida para masticar un alimento sólido, a una velocidad constante, hasta una consistencia apta para ser ingerido (Sahin y Gülüm, 2009; Rosenthal, 2001; Perpetua, 2008; AMETEK, 2005).

La masticabilidad depende de la elasticidad y solo es comparable si se usan muestras de un mismo alto (AMETEK, 2005). En el TPA es el producto de la dureza, la cohesividad y la elasticidad (Rosenthal, 2001).

Las representaciones matemáticas de este parámetro de textura se encuentran reportadas en Rosenthal, 2001 y AMETEK, 2005. Su fórmula se muestra en la Ecuación 4.

$$Masticabilidad = Dureza \times \frac{A2}{A1} \times \frac{L2}{L1} \quad [4]$$

### **1.3.7 EFECTO DEL PROCESADO SOBRE LA TEXTURA DE FRUTAS Y HORTALIZAS**

Los diversos métodos de procesamiento de los alimentos, incluyen cambios en la pared celular y por ende en la textura. La importancia de los cambios de la textura dependen de las variaciones de cada parámetro por efecto del proceso utilizado, que a su vez, en función al grado de modificación pueden ser considerados como índices de deterioro del producto (Rosenthal, 2001; Castro y De Hombre, 2007).

Un alimento procesado pierde turgencia, razón por la cual existe una menor resistencia al mordisco y una textura blanda o pastosa, en consecuencia a las interacciones químicas de los componentes celulares del producto frente al calor o al frío (Rosenthal, 2001).

La evaluación de la textura de un alimento procesado depende de la descripción de las propiedades sensoriales de cada alimento y su medición instrumental permite controlar las variables durante cada proceso (AMETEK, 2005; Rosenthal, 2001; Castro y De Hombre, 2007).

El procesamiento con microondas puede reducir a la tercera parte el tiempo de ablandamiento de ciertos productos y también reduce la pegajosidad, por lo cual es recomendado en ciertos alimentos industrializados (Rosenthal, 2001).

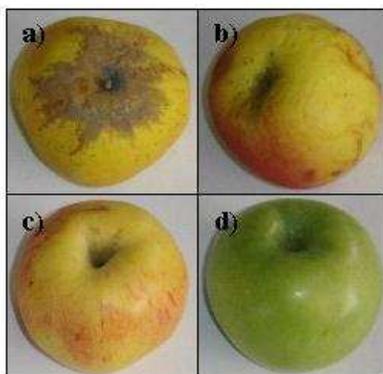
## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 MATERIALES

#### 2.1.1 MATERIA PRIMA

Durante la experimentación se utilizaron cuatro variedades de manzana (*Pyrus malus* L.), Emilia, Jon-a, Royal gala y Granny smith, como se muestran en la Figura 2.1. Fueron entregadas en el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina, del INIAP, por el personal de la Planta Hortifrutícola Ambato C.A. (PLANHOFA), quienes a su vez adquirieron, las variedades Emilia y Jon-a de la asociación de agricultores de la provincia de Tungurahua, y las variedades Royal gala y Granny smith del mercado local de Ambato.

Se utilizaron 300 unidades de manzana por variedad, para lo cual debido a los períodos de disponibilidad de estos materiales, se receptaron dos lotes de la variedad Jon-a en el mes de mayo; dos lotes de la variedad Emilia en el mes de junio y cuatro lotes de las variedades Royal gala y Granny smith entre los meses de julio y agosto del 2011. Con la finalidad de formar un tercer lote de materia prima, se escogió al azar la tercera parte del primer lote y se la mezcló con la tercera parte del segundo lote.



**Figura 2.1.** a) Manzana Emilia b) Manzana Jon-a c) Manzana Royal gala d) Manzana Granny smith

### 2.1.2 EQUIPOS

- *Horno microondas:* Para el procesamiento de las muestras de manzana, se utilizó el horno Panasonic Modelo: NN-SA968, Potencia máxima 1200 W.

Durante la fase experimental se evitó el uso del horno en la cocción o calentamiento de otros alimentos para evitar el cambio en las características del producto final.

- *Texturómetro TA-XT2i:* Se utilizó para las mediciones de textura de las muestras de manzana fresca y horneada. Este equipo es empleado a nivel de laboratorio e industrial para medir la textura y a partir de ella la calidad de ciertos alimentos. En ocasiones es utilizado para estudiar las características de empaques, productos farmacológicos y de belleza. Para su uso, se acopla a sondas, puentes, agujas, cuchillas, entre otros dispositivos según el producto analizado.

## 2.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, FUNCIONAL Y NUTRICIONAL DE LA MATERIA PRIMA

### 2.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE MADUREZ ÓPTIMOS PARA HORNEO DE MANZANA EN MICROONDAS

De cada lote de manzana adquirida, se tomó una muestra de 25 unidades, se procesó las muestras de acuerdo a los métodos descritos más adelante para los análisis planteados, se verificó que los índices o parámetros analizados estuvieran dentro de los rangos de madurez comercial y en ese estado fisiológico de la fruta, se prosiguió con los tratamientos de horneado de manzana en microondas.

Los parámetros analizados y los rangos dentro de los cuales debían estar los lotes de fruta en madurez comercial se detallan en el Anexo I.

### **2.2.1.1 Sólidos Solubles (° Brix)**

Los sólidos solubles totales se determinaron con un brixómetro digital con un rango de 0-53 °Brix, marca Atago. Para preparar la muestra de jugo de manzana, se troceó las frutas y se obtuvo el jugo en un extractor Omega, modelo J8001.

Se colocó 0,3 ml de jugo de manzana sobre el prisma del brixómetro y se tomó la lectura del valor de sólidos solubles en ° Brix.

### **2.2.1.2 pH y acidez titulable**

Para la determinación de pH y acidez titulable, un peso determinado de muestra fue diluido en un volumen conocido de agua destilada.

Para la determinación de pH, se utilizó el potenciómetro marca OAKTON, serie 510, de electrodo estándar. Se procedió de acuerdo al método de la AOAC 981.12, para lo cual, se calibró el equipo de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

En un vaso de precipitación, se colocó una alícuota de 20 ml del extracto y se mantuvo en agitación constante. Se introdujo el electrodo del potenciómetro, previamente lavado con agua destilada, luego de un minuto aproximadamente se realizó la medición. La acidez se determinó mediante titulación con NaOH, 0,1N y se expresó en porcentaje de ácido málico, según el método AOAC 942.15.

### **2.2.1.3 Humedad**

La determinación de humedad se realizó con muestras de fruta rallada. Se secó en una estufa a 105 °C durante 16 horas, de acuerdo con el método AOAC 925.45, adaptado en el Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP.

#### **2.2.1.4 Determinación de presencia de almidón**

Para determinar la presencia de almidón, se utilizó la metodología detallada en el Anexo II descrita por la OECD, 1998.

De manera aleatoria, se tomó una muestra de diez frutas. Las frutas no presentaban daños físicos que podrían haber afectado el proceso de maduración.

Luego, se cortó y trató con una solución de yodo a cada una de las frutas y se observó, se tomó fotografías y se registró el cambio de coloración en valores numéricos mediante la escala de color presentada en el Anexo II.

#### **2.2.1.5 Textura instrumental de la fruta cruda**

La textura instrumental de la fruta cruda se determinó con el equipo analizador de textura TA-XT2i y el ensayo denominado perfil de textura, el cual incluye la medición de diversos componentes como se muestra en el Anexo III. Se utilizó una sonda cilíndrica P/5, de acero inoxidable y una celda de carga de 5 kg. Los parámetros para el funcionamiento del equipo y la macro para el procesamiento de datos son presentados en los Anexos IV y V, conjuntamente con el manual de uso del equipo analizador de textura y la calibración de sonda mediante el software Texture Expert. La macro es un conjunto de comandos que se requieren fijar en el software utilizado por el texturómetro, para interpretar los movimientos del equipo y transformarlos a resultados cuantificados.

Se realizaron tres repeticiones por cada variedad, tres mediciones por cada repetición y se verificó que el coeficiente de variación entre los resultados de los parámetros de textura primarios de cada repetición, sea menor del 10%.

Para cada ensayo, se cortó una manzana hasta obtener una muestra de 30 mm de altura, como se muestra en la Figura 2.2. La sonda P/5, penetró en cada muestra una altura de 15 mm, en dos ocasiones, a una velocidad de 1 mm/s.



**Figura 2.2.** Mediciones de textura en manzana cruda en el Texturómetro TA-XT2i

En este caso, los resultados del ensayo de perfil de textura no se utilizaron como indicativos de índice de madurez debido a la falta de rangos referenciales de madurez, generados en el equipo TA-XT2i.

## **2.2.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FUNCIONAL Y NUTRICIONAL DE LA FRUTA CRUDA**

Para caracterizar la fruta cruda, se liofilizaron 20 unidades de manzana por lote. La liofilización se realizó durante 8 días. A continuación se redujo el tamaño de las muestras liofilizadas con un mortero y se procedió a moler en un molino marca Proctor Silex, Fresh Grind™, modelo E160B.

Se guardó las muestras molidas hasta su uso a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en fundas Ziploc y empaques de polipropileno para evitar cambios en los productos que podrían alterar los resultados.

Se utilizaron muestras liofilizadas para los parámetros descritos a continuación, excepto para el contenido de pectina en el cual se usó muestras de manzana fresca.

### **2.2.2.1 Ácido ascórbico**

El contenido de vitamina C o ácido ascórbico se determinó por espectrofotometría, con el método modificado de Huang *et al.*, 2006 y descrito en el Anexo VI.

La metodología se basa en la reacción del ácido ascórbico con el reactivo 2,6 dicloroindofenol, frente al ácido metafosfórico y con el empleo de una curva de calibración de L-acido ascórbico.

### **2.2.2.2 Pectina**

La cantidad de pectina presente en las muestras evaluadas, se determinó mediante el método descrito en Untiveros, 2003; y detallado en el Anexo VII. La pectina presente en una muestra tratada con hidróxido de sodio al reaccionar con ácido acético y cloruro de calcio precipita como pectato de calcio que puede ser separado y secado a 70 °C.

Este factor es determinante para comprobar el estado de madurez de la fruta; es por ello que, se realizó este procedimiento para aceptar cada lote de manzana previo al horneado en microondas. Los rangos encontrados para madurez comercial se encuentran en el Anexo I.

### **2.2.2.3 Polifenoles**

Los polifenoles se determinaron por espectrofotometría mediante el método adaptado por el Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos (LSAIA) del INIAP y descrito en el Anexo VIII.

La metodología se basó en la extracción de los polifenoles de la muestra con metanol al 70%, la reacción de los polifenoles extraídos con el reactivo Folin &

Ciocalteu's en presencia de una solución de carbonato de calcio al 20%. Para la cuantificación se empleó una curva de calibración de ácido gálico.

#### **2.2.2.4 Poder antioxidante**

El poder antioxidante se determinó por espectrofotometría por el método descrito en Huang *et al.*, 2006 y detallado en el Anexo IX. El agente sintético, Butilhidroxianisol, fue usado como referencia para la cuantificación del poder antioxidante de los extractos de cada muestra. Antes de la cuantificación colorimétrica UV-VIS, se adicionó cloruro férrico.

#### **2.2.2.5 Flavonoides**

El contenido de flavonoides se determinó espectrofotométricamente de acuerdo con el método de Huang *et al.*, 2006, y descrito en el Anexo X. El contenido de flavonoides fue cuantificado acorde al método del cloruro de aluminio y calculado con base en la quercetina (C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>).

#### **2.2.2.6 Antocianinas**

El contenido de antocianinas se determinó por espectrofotometría de acuerdo con la metodología de Huang *et al.*, 2006, presentada en el Anexo XI. Para la cuantificación se preparó un extracto con metanol acidificado (1% HCl) y se calculó con base en el cloruro de cianidina-3-O-glucoside (C<sub>21</sub>H<sub>21</sub>ClO<sub>11</sub>).

#### **2.2.2.7 Carotenoides**

El contenido de carotenoides se determinó por el método de Rodríguez *et al.*, 2004, adaptado por el Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en

Alimentos (LSAIA) del INIAP y presentado en el Anexo XII. Para la cuantificación de los carotenoides totales, se trató a cada muestra con acetona y éter de petróleo y se midió con base en el coeficiente de extinción molar del  $\beta$ - caroteno en éter de petróleo.

#### **2.2.2.8 Análisis proximal y de minerales totales**

Los análisis proximales y los análisis de minerales totales se basaron en los métodos estandarizados del Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos (LSAIA) del INIAP. Las muestras para el análisis proximal y de minerales totales, fueron secadas a 70 °C por tres días y a 35 °C por dos días adicionales. Posteriormente, se molieron en un molino marca Proctor Silex, Fresh Grind™, modelo E160B.

Para la composición proximal se determinó humedad por el método AOAC 925.45, cenizas por el método AOAC 900.02 (44.1.05), extracto etéreo por el método AOAC 920.39, fibra cruda por el método AOAC 962.09, proteína por el método AOAC 955.04 (2.403) y extracto libre de nitrógeno a partir de la resta de 100 menos los porcentajes de los compuestos anteriormente descritos. Para los análisis de minerales totales se usaron los métodos adaptados por el LSAIA y descritos en el Anexo XIII.

#### **2.2.2.9 Peroxidasa**

La actividad de la peroxidasa se determinó por espectrofotometría, de acuerdo con el método de Silva, 1984 (Avallone *et al.*, 2001) y adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP. El procedimiento está detallado en el Anexo XIV. Para la cuantificación de la actividad de la enzima peroxidasa, se preparó un extracto por muestra, al cual se le adicionó guayacol al 0,5% y peróxido de hidrógeno al 0,08%. Por colorimetría a 470 nm se determinó la absorbancia de cada muestra en función del tiempo.

#### **2.2.2.10 Polifenoloxidasas**

La actividad de la polifenoloxidasas se determinó por espectrofotometría, de acuerdo con el método de Potig & Joslyn, 1948 (Avallone *et al.*, 2001) y adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP. Se detalla en el Anexo XV.

Para la cuantificación de la actividad enzimática de la polifenoloxidasas, se preparó un extracto por muestra, al cual se le adicionó catecol 0,1 M. En espectrofotómetro UV-VIS a 425 nm, se obtuvo la curva de absorbancia versus tiempo.

### **2.3 PROCESO DE HORNEADO CON MICROONDAS**

#### **2.3.1 PRUEBAS PRELIMINARES**

Se realizaron pruebas preliminares al hornear por triplicado muestras de tres de las cuatro variedades planteadas para este estudio.

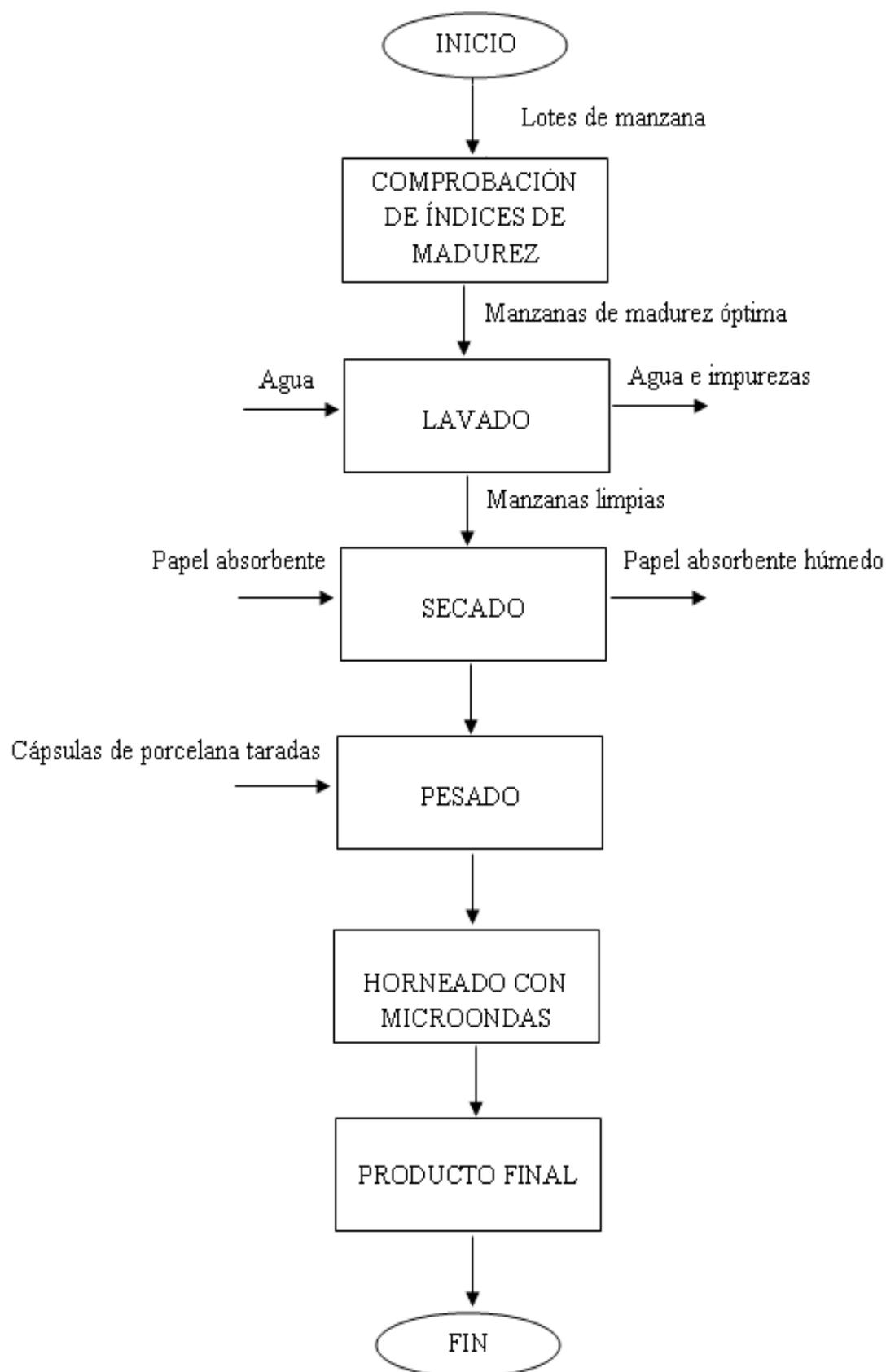
Manzanas enteras de un peso aproximado de 160 g fueron horneadas con microondas, a una potencia de 1200 W, por tiempos comprendidos desde 30 segundos hasta 6 minutos, con intervalos de 30 segundos entre tiempos.

Luego del ensayo, las manzanas fueron enfriadas y cortadas en mitades, de forma cualitativa se evaluó la facilidad de hacer puré con una cuchara.

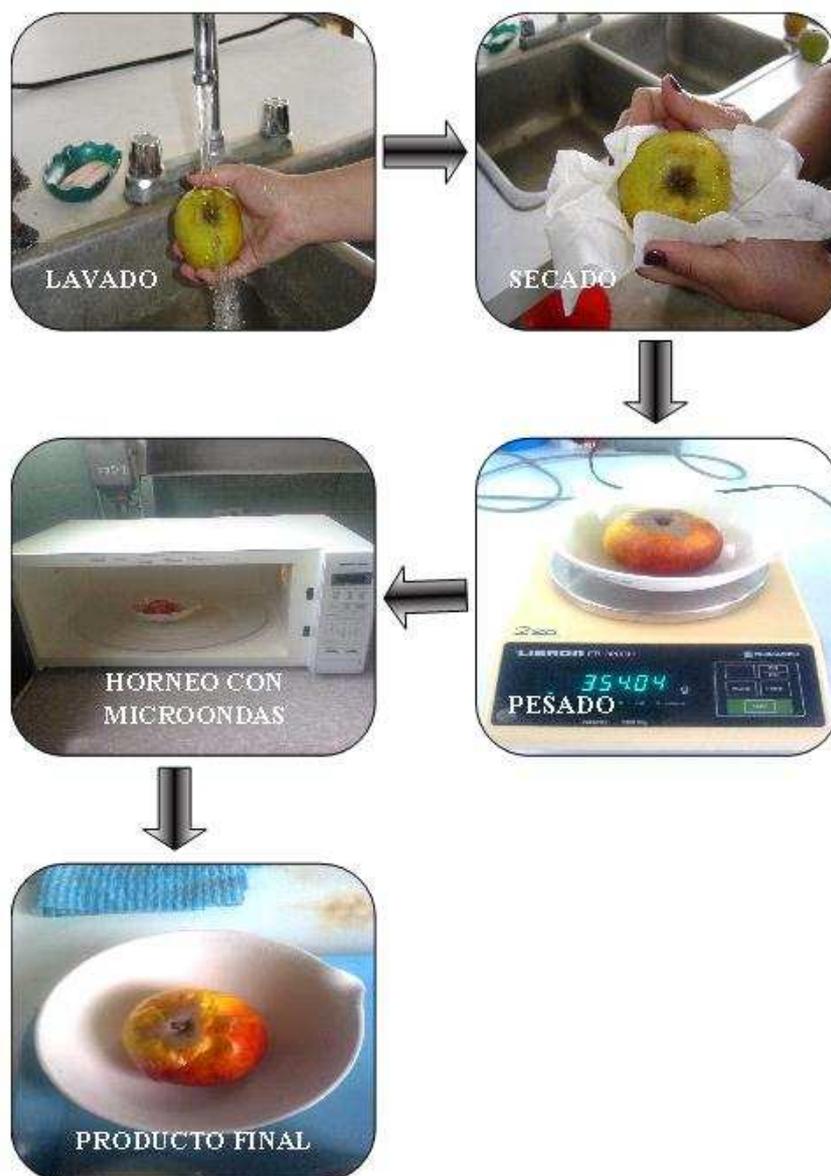
Con base en las pruebas preliminares se decidió plantear los tiempos de 2, 3 y 4 minutos como niveles de estudio para las pruebas experimentales.

#### **2.3.2 PROCESO DE HORNEADO CON MICROONDAS**

El desarrollo del proceso de horneado, se puede apreciar en las Figuras 2.3 y 2.4.



**Figura 2.3.** Proceso de horneado de manzana en microondas



**Figura 2.4.** Esquema del proceso de horneado de manzana en microondas

Las muestras fueron manzanas enteras con cáscara, con un peso comprendido entre 150 g y 200 g. Para la experimentación con manzanas de la variedad Granny smith, se utilizó fruta de un peso comprendido entre 130 g y 140 g.

Luego de verificar los índices de madurez de cada lote y los pesos correspondientes, se tomó al azar las muestras para continuar con el horneado. Para ello, cada unidad fue lavada y secada con papel absorbente. Posteriormente, fue colocada en una cápsula de porcelana previamente tarada por una hora a 105 °C y pesada.

A continuación, la cápsula con la fruta fue colocada en el centro de la placa giratoria del horno microondas. En el panel del horno se fijó, tanto el nivel 10 de potencia, equivalente a 1200 W, como los tiempos de 2, 3 y 4 minutos para cada muestra de las cuatro variedades de manzana. El trabajo se realizó por triplicado y el horneado fue de una manzana a la vez.

### **2.3.3 HIPÓTESIS**

Ho: No existe diferenciación de textura entre manzana de procedencia nacional e importada por efecto del horneado con microondas.

### **2.3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial AxB de 16 tratamientos con 3 repeticiones para un total de 48 pruebas experimentales.

#### **2.3.4.1 Factores en estudio**

Los factores en estudio se describen a continuación:

Factor A: Tiempo de horneado (minutos)

$a_0$ : 0

$a_1$ : 2

$a_2$ : 3

$a_3$ : 4

Factor B: Variedades de manzana

$b_0$ : Royal gala

$b_1$ : Granny smith

$b_2$ : Emilia

$b_3$ : Jon-a

### 2.3.4.2 Tratamientos

Se obtuvieron 16 tratamientos, resultantes de las combinaciones de los factores en estudio (AxB) con 4 niveles el factor A y 4 niveles el factor B, como se muestra en la Tabla 2.1. Cada tratamiento fue evaluado mediante tres repeticiones.

**Tabla 2.1.** Tratamientos resultantes de la combinación de los factores en estudio AxB

Nº	Tratamientos	Descripción
1	$a_0b_0$	Tiempo 0 minutos, Variedad Royal gala
2	$a_0b_1$	Tiempo 0 minutos, Variedad Granny smith
3	$a_0b_2$	Tiempo 0 minutos, Variedad Emilia
4	$a_0b_3$	Tiempo 0 minutos, Variedad Jon-a
5	$a_1b_0$	Tiempo 2 minutos, Variedad Royal gala
6	$a_1b_1$	Tiempo 2 minutos, Variedad Granny smith
7	$a_1b_2$	Tiempo 2 minutos, Variedad Emilia
8	$a_1b_3$	Tiempo 2 minutos, Variedad Jon-a
9	$a_2b_0$	Tiempo 3 minutos, Variedad Royal gala
10	$a_2b_1$	Tiempo 3 minutos, Variedad Granny smith
11	$a_2b_2$	Tiempo 3 minutos, Variedad Emilia
12	$a_2b_3$	Tiempo 3 minutos, Variedad Jon-a
13	$a_3b_0$	Tiempo 4 minutos, Variedad Royal gala
14	$a_3b_1$	Tiempo 4 minutos, Variedad Granny smith
15	$a_3b_2$	Tiempo 4 minutos, Variedad Emilia
16	$a_3b_3$	Tiempo 4 minutos, Variedad Jon-a

### 2.3.4.3 Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de regresión para la variable de textura para obtener curvas

de horneado en función del tiempo y las variedades de manzana. Para las variables de fracturabilidad, sólidos solubles, pH, líquido eliminado, porcentaje de humedad y acidez para todas las variedades en estudio (Jon-a, Emilia, Royal gala y Granny smith), se utilizó el análisis de varianza (ADEVA) que se muestra a continuación en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** ADEVA del horneado con microondas

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	47
Factor A (Tiempo)	3
Factor B (Variedad)	3
Interacción Tiempo-Variedad	9
Error experimental	32

Para las variables de textura: dureza 1, dureza 2, fuerza adhesiva, adhesividad, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad, se eliminaron 2 factores en estudio que son las variedades Royal gala y Granny smith. Para estos parámetros se aplicó el análisis de varianza (ADEVA) que se muestra en la Tabla 2.3.

**Tabla 2.3.** ADEVA del horneado con microondas de las variedades Emilia y Jon-a

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	23
Factor A (Tiempo)	3
Factor B (Variedad)	1
Interacción Tiempo-Variedad	3
Error experimental	16

Se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple de Tukey con un nivel de confianza del 95%, de las variables físicas, químicas, funcionales y enzimáticas de las diferentes muestras. Adicionalmente se realizó el análisis de varianza para las repeticiones de cada tratamiento a fin de garantizar la representatividad de los resultados. Se utilizó el software Statgraphics centurión.

## **2.4 SELECCIÓN DE TRATAMIENTOS DEL HORNEADO CON MICROONDAS**

A partir del análisis de varianza y la prueba de Tukey, se establecieron los tratamientos que generaron una mejor respuesta en cuanto a:

- Mayor contenido de sólidos solubles (°Brix).
- Menor fuerza de Fracturabilidad dentro de los ensayos de perfil de textura.
- Mayor pérdida de humedad.
- pH intermedio entre los valores máximo y mínimo de las frutas crudas y horneadas y mayor pH frente al tiempo de horneado.
- Mayor contenido de ácido málico expresado como porcentaje de acidez.
- Mayor cantidad de líquido eliminado frente al tiempo y menor cantidad de líquido eliminado frente a la variedad.

### **2.4.1 SÓLIDOS SOLUBLES, pH, ACIDEZ TITULABLE Y HUMEDAD**

Los análisis de sólidos solubles, pH y acidez titulable y humedad, se realizaron de acuerdo a los métodos descritos en los numerales 2.2.1.1, 2.2.1.2 y 2.2.1.3, respectivamente y detallados en los anexos correspondientes.

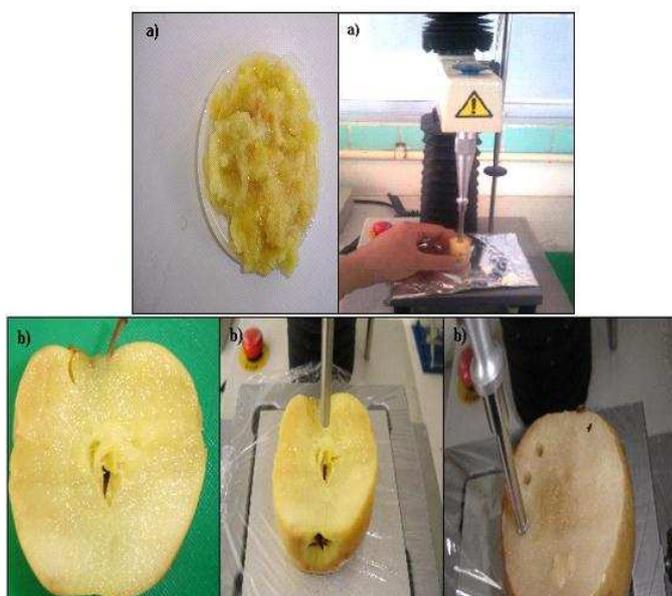
### **2.4.2 LÍQUIDO ELIMINADO**

La cantidad de líquido eliminado se determinó por diferencia de pesos de la cápsula de porcelana antes y después del proceso de horneado. Para determinar el peso de la cápsula después de horneado, el producto final se enfrió por 2 horas, se retiró la manzana y se pesó la cápsula.

### 2.4.3 TEXTURA INSTRUMENTAL DE LA FRUTA HORNEADA

Para determinar los parámetros de textura en la manzana horneada, también se ejecutó el ensayo de perfil de textura en el equipo analizador de textura TA-XT2i, con la misma sonda cilíndrica P/5 y la celda de carga de 5 kg. Por tratamiento de cada repetición, se ejecutaron de tres a cinco ensayos de perfil de textura, de tal manera que el coeficiente de variación entre mediciones de un mismo componente del perfil de textura no exceda el 15%.

Sin embargo, para los tratamientos con los cuales no se alcanzó textura blanda no fue posible considerar coeficientes de variación menores al 15% entre los parámetros primarios de textura entre las mediciones realizadas para cada repetición.



**Figura 2.5.** Mediciones de textura en manzana horneada en el texturómetro TA-XT2i  
a) Tratamientos de textura blanda b) Tratamientos de textura dura

Para los ensayos de los tratamientos con textura blanda, las muestras se colocaron en recipientes cilíndricos de 30 mm de altura y 20 mm de diámetro, como se muestra en la Figura 2.5. Para los tratamientos de textura dura, se procedió igual que para los tratamientos de la fruta cruda. El manejo en cada ensayo fue el mismo que los tratamientos de la materia prima, y se encuentra

descrito en el numeral 2.2.1.5 y sus correspondientes anexos. Para la selección de los mejores tratamientos de horneado con base en el ensayo perfil de textura del equipo TA-XT2, se utilizó, únicamente, la fracturabilidad, debido a la enorme variabilidad del resto de componentes de este ensayo en los tratamientos de textura no blanda, no uniforme o no apta para puré.

## **2.5 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL**

### **2.5.1 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FUNCIONAL Y NUTRICIONAL**

Luego del horneado en microondas, las muestras de los tratamientos seleccionados fueron cortadas, se eliminaron las semillas y se trocearon. Se guardó en fundas Ziploc y en empaques de polipropileno a  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su uso. Para realizar los análisis de ácido ascórbico, pectina, polifenoles, poder antioxidante, flavonoides, antocianinas, carotenoides, peroxidasa y polifenoloxidasa, se descongeló la muestra a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  por una noche.

Para los análisis proximal y de minerales totales se procedió, al igual que en las muestras frescas, a secar a  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  por tres días y  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  por dos días adicionales. Posteriormente se molió en un molino marca Proctor Silex, Fresh Grind<sup>TM</sup>, modelo E160B.

Los análisis para la caracterización del producto final se encuentran descritos y detallados en el numeral 2.2.2, sus respectivos acápite y sus correspondientes anexos.

### **2.5.2 ANÁLISIS SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD**

Para el análisis sensorial de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas, se utilizó 30 panelistas de diferente sexo y edad. El formato de las hojas entregadas a cada panelista se encuentra en el Anexo XVI.

Se aplicaron dos tipos de pruebas de análisis sensorial. Una prueba de ordenamiento destinada a determinar la preferencia de los panelistas hacia las muestras de puré de manzana entregadas con base en la apariencia y textura y una prueba hedónica de 5 puntos destinada a determinar la aceptabilidad general de dichas muestras de puré de manzana.

La prueba de ordenamiento se basó en colocar un valor de 1 a; el número 1 correspondía a muestra menos aceptable y el número 4 a la muestra más aceptable. El análisis de esta prueba se realizó a partir de la metodología detallada en Watts *et al*, 1992; basada en el uso de una tabla de diferencias críticas absolutas, que determina, según el número de muestras y panelistas, el valor de diferencia mínimo para un par de muestras, cuyas sumatorias de valores asignados por los panelistas, sean estadísticamente diferentes entre sí con un nivel de significancia del 5%.

En cuanto al análisis de la prueba hedónica, se utilizó un análisis de varianza y una prueba de múltiples rangos de Duncan para establecer el mejor tratamiento de manzana horneada (Watts *et al*, 1992).

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, FUNCIONAL Y NUTRICIONAL DEL FRUTO FRESCO DE CUATRO VARIEDADES DE MANZANA

##### 3.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS ÍNDICES DE MADUREZ ÓPTIMOS PARA HORNEO DE MANZANA EN MICROONDAS

###### 3.1.1.1 Sólidos solubles (° Brix)

Los resultados de la cantidad de sólidos solubles totales de los tres lotes de las todas las variedades utilizadas se presentan en la Tabla 3.1. Se aprecia que la cantidad de sólidos solubles se encuentra en el rango establecido en el Anexo I. En la Tabla 3.1, se evidencia que los valores correspondientes a la variedad Emilia son los mayores. De acuerdo a Dolz, 2008, este parámetro puede variar entre 10 ° y 23,6 °Brix y según datos de la FAO, 2000, los sólidos solubles en manzana deben ser al menos 10 °Brix para cumplir con la calidad gustativa.

**Tabla 3.1.** Determinación de sólidos solubles en manzana fresca

PARÁMETRO	LOTE	VARIEDAD			
		Jon-a	Emilia	Royal gala	Granny smith
Sólidos solubles (° Brix)	Lote 1	13,8 ± 0,1	15,0 ± 1,5	12,3 ± 0,4	11,8 ± 0,3
	Lote 2	12,2 ± 0,1	15,0 ± 0,1	13,6 ± 0,1	12,3 ± 0,2
	Lote 3	13,0 ± 0,9	15,0 ± 0,9	13,0 ± 0,7	12,0 ± 0,4
Promedio n = 3					

###### 3.1.1.2 pH y acidez titulable

Los resultados de pH y acidez para los lotes de manzanas de las cuatro variedades estudiadas se presentan en la Tabla 3.2 y 3.3. Los valores de pH y el

porcentaje de ácido málico se encuentran dentro de los rangos determinados en el Anexo I.

**Tabla 3.2.** Determinación de pH en manzanas frescas

		VARIEDAD			
PARÁMETRO	LOTE	Jon-a	Emilia	Royal gala	Granny smith
pH	Lote 1	3,36 ± 0,12	3,43 ± 0,04	3,88 ± 0,02	3,23 ± 0,01
	Lote 2	3,38 ± 0,14	3,94 ± 0,29	3,52 ± 0,33	3,14 ± 0,04
	Lote 3	3,37 ± 0,12	3,68 ± 0,34	3,70 ± 0,29	3,18 ± 0,06
Promedio n = 3					

En la Tabla 3.2 se muestra que los valores de pH para todas las variedades son similares entre sí. Los valores de pH de Granny smith son los más bajos y según Ramírez y Pacheco, 2011; esta característica coadyuva al control del desarrollo microbiano y por ende, a una mayor duración después de la cosecha.

Los valores obtenidos en todas las variedades son similares a los valores de pH reportados en Seipel *et al.*, 2009.

**Tabla 3.3.** Determinación de acidez en manzanas frescas

		VARIEDAD			
PARÁMETRO	LOTE	Jon-a	Emilia	Royal Gala	Granny smith
Acidez (% ácido málico)	Lote 1	0,37 ± 0,01	0,29 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,44 ± 0,03
	Lote 2	0,40 ± 0,02	0,34 ± 0,02	0,21 ± 0,00	0,44 ± 0,02
	Lote 3	0,38 ± 0,02	0,32 ± 0,03	0,21 ± 0,01	0,44 ± 0,02
Promedio n = 3					

Según Seipel *et al.*, 2009, valores bajos de pH derivan en valores elevados de acidez. Esta aseveración concuerda con los datos presentados en la Tabla 3.3 y demuestran que los valores de acidez de la variedad Granny smith son los mayores respecto a los valores de las demás variedades. El porcentaje de ácido

málico según los reportes de Lees, 1969 y Seipel *et al.*, 2009 puede variar entre 0,20% hasta 1,84%. Los resultados presentados en la Tabla 3.3 se ajustan al rango establecido por estos autores.

### 3.1.1.3 Humedad

Los resultados del porcentaje de humedad de los tres lotes de las variedades de manzana utilizadas durante la experimentación se presentan en la Tabla 3.4. Los valores obtenidos para el porcentaje de humedad se encuentran dentro del rango establecido en el Anexo I. En la Tabla 3.4, se muestra que el mayor porcentaje de humedad presenta la variedad Royal gala y el menor la variedad Emilia.

**Tabla 3.4.** Determinación de humedad en manzana fresca

PARÁMETRO	LOTE	VARIEDAD			
		Jon-a	Emilia	Royal gala	Granny smith
Humedad (%)	Lote 1	83,50 ± 0,22	83,05 ± 0,65	88,23 ± 0,30	84,65 ± 0,71
	Lote 2	83,53 ± 0,12	82,67 ± 0,24	87,57 ± 0,27	84,92 ± 0,51
	Lote 3	83,51 ± 0,16	82,86 ± 0,48	87,90 ± 0,44	84,79 ± 0,57
Promedio n = 3					

Según Álvarez, 1983, el porcentaje de humedad en manzana varía en el rango de 80% hasta 92% y de acuerdo a Arnaldos, 2008, este parámetro es un indicador de senescencia de los frutos, razón por la cual, valores fuera del rango mencionado indican un marcado deterioro de la calidad del producto. Los valores obtenidos durante la experimentación se ajustan a las bibliografías mencionadas.

### 3.1.1.4 Presencia de almidón

Los resultados de la cantidad de almidón presente en tres lotes de manzana de cuatro variedades se muestran en la Tabla 3.5. Los datos totales de los resultados

obtenidos en el test de yodo para los tres lotes de las cuatro variedades analizadas, se presentan en el Anexo XVII y las fotografías utilizadas para la valoración se presentan en el Anexo XVIII.

Se puede apreciar que la cantidad de almidón se encuentra dentro del rango establecido en el Anexo I. Se observa también que los mayores valores corresponden a la variedad Emilia y los menores corresponden a la variedad Granny smith.

**Tabla 3.5.** Determinación de la cantidad de almidón presente en manzana fresca

PARÁMETRO	LOTE	VARIEDAD			
		Jon-a	Emilia	Royal gala	Granny smith
Cantidad de almidón	Lote 1	4,5 ± 0,5	4,8 ± 0,2	4,5 ± 0,5	4,2 ± 0,4
	Lote 2	4,2 ± 0,5	4,8 ± 0,2	4,0 ± 0,6	4,1 ± 0,4
	Lote 3	4,2 ± 0,4	4,7 ± 0,2	4,1 ± 0,3	4,1 ± 0,3
Promedio n = 10					

Según el Régimen de la OCDE, 1998, los valores bajos de cantidad de almidón representan un estado mayor de madurez y de acuerdo con Feippe, 2002, los valores que están entorno a 4 y 5 son los más adecuados para consumo directo.

### 3.1.1.5 Pectina

Los resultados del porcentaje de pectina de tres lotes correspondientes a cuatro variedades de manzana se presentan en la Tabla 3.6. El contenido de pectina de las frutas estudiadas está dentro del rango establecido en el Anexo I. En la Tabla 3.6 se puede apreciar que el mayor contenido de pectina posee la variedad Jon-a y el menor porcentaje pertenece a la variedad Royal gala.

Este parámetro es un importante índice de madurez ya que a medida que la fruta madura, el contenido de pectina aumenta, producto del incremento de la actividad

enzimática (Mangas *et al.*, 2002). El rango de pectina adecuado para manzana fresca es 0,20% a 1,84% (Lees, 1969 y Álvarez, 1983).

**Tabla 3.6.** Determinación de la cantidad de pectina presente en manzana fresca

PARÁMETRO	LOTE	VARIEDAD			
		Jon-a	Emilia	Royal gala	Granny smith
Pectina (% pectato de calcio)	Lote 1	0,45 ± 0,03	0,36 ± 0,02	0,26 ± 0,00	0,36 ± 0,01
	Lote 2	0,45 ± 0,02	0,36 ± 0,1	0,26 ± 0,01	0,37 ± 0,02
	Lote 3	0,45 ± 0,02	0,36 ± 0,1	0,26 ± 0,00	0,36 ± 0,02
Promedio n = 3					

### 3.1.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FUNCIONAL Y NUTRICIONAL DE LA FRUTA CRUDA

#### 3.1.2.1 Ácido ascórbico

Los resultados del contenido de ácido ascórbico o vitamina C de las cuatro variedades de manzana estudiadas se presentan en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7.** Contenido de Ácido ascórbico en manzana fresca de cuatro variedades

VARIEDAD	ÁCIDO ASCÓRBICO (mg/100 g de materia seca)
Jon-a	170,98 ± 16,45
Emilia	178,40 ± 19,20
Royal gala	66,29 ± 6,34
Granny smith	93,68 ± 1,78
Promedio n = 3	

La vitamina C es un importante antioxidante con funciones fundamentales en el cuerpo humano. En manzanas, el contenido de ácido ascórbico depende de la variedad (Rasanu *et al.*, 2005).

Diversos autores reportan valores del contenido de ácido ascórbico en manzanas, pero a partir de la información obtenida de Rasanu *et al.*, 2005 y Silveira *et al.*, 2007, en variedades comerciales, se puede establecer en un rango de vitamina C de 1,5 hasta 250 mg/100 g de materia seca.

En la Tabla 3.7 se puede observar que la variedad Emilia posee el mayor contenido de ácido ascórbico, seguida por la variedad Jon-a. Al considerar que estudios realizados por Esch *et al.*, 2010 y organismos como la USDA, 2011 establecen que una cantidad adecuada de vitamina C en manzana es 25 a 100 mg, se puede concluir que estas variedades nacionales poseen altos niveles de ácido ascórbico.

Las variedades Royal gala y Granny smith tienen valores semejantes a los establecidos en la bibliografía anteriormente mencionada.

### 3.1.2.2 Polifenoles, flavonoides, antocianinas, carotenoides y poder antioxidante

Según Kuskoski *et al.*, 2005 y Pineda *et al.*, 1999, las frutas poseen compuestos antioxidantes beneficiosos para el cuerpo que pueden ser cuantificados al determinar las cantidades de polifenoles, flavonoides, antocianinas y carotenoides.

**Tabla 3.8.** Contenido de compuestos antioxidantes en manzana fresca de cuatro variedades

VARIEDAD	COMPUESTOS ANTIOXIDANTES*				
	Polifenoles mg GAE / g	Flavonoides mg quercetina / 100g	Antocianinas mg cloruro cianidina / 100 g	Carotenoides µg / g	Poder antioxidante mg BHA / 100 g
<b>Jon-a</b>	23,28 ± 0,27	153,21 ± 4,85	35,24 ± 1,12	1,22 ± 0,04	114,48 ± 0,97
<b>Emilia</b>	23,00 ± 0,38	223,59 ± 2,26	38,62 ± 0,91	1,04 ± 0,12 b	145,46 ± 2,11
<b>Royal gala</b>	12,69 ± 0,36	129,25 ± 2,36	31,03 ± 1,20	0,90 ± 0,06	61,88 ± 1,29
<b>Granny smith</b>	9,90 ± 0,49	151,99 ± 2,00	32,15 ± 0,13	1,14 ± 0,04	88,19 ± 1,92
Promedio n = 3					

\* Los datos se reportan en base seca

Bajo este contexto, en la Tabla 3.8 se muestran los resultados de los compuestos antioxidantes encontrados en manzana fresca de cuatro variedades.

Desde el punto de vista de calidad nutricional, los polifenoles junto a los flavonoides y las antocianinas son los compuestos con mayor actividad antioxidante en los alimentos. Muchos estudios en manzanas, demuestran que la cantidad de estos compuestos difieren de acuerdo a la variedad, el estado de madurez e incluso las condiciones ambientales a las que estuvo sometido el fruto antes de la cosecha (Kunradi *et al.*, 2009; Silveira *et al.*, 2007).

Según Silveira *et al.*, 2007, los polifenoles, ejercen un importante papel sobre la calidad de las manzanas, principalmente porque intervienen en los procesos de control de microorganismos e influyen sobre sus características de sabor.

De acuerdo a Leontowicz *et al.*, 2003 y Georgé *et al.*, 2005; el valor mínimo de polifenoles que debe poseer una manzana, independientemente de su cultivar es 3 mg GAE/g y según las investigaciones de Podsędek *et al.*, 2000 e Imeh y Khokhar, 2002, indican que el valor máximo puede llegar a ser 31 mg GAE/g.

En la Tabla 3.8 se puede observar que las variedades Jon-a y Emilia poseen valores similares de polifenoles y corresponden a las cantidades más altas. La variedad Granny smith posee la menor cantidad sobre este parámetro, a pesar de ello, todas las variedades estudiadas se encuentran dentro del rango establecido por la bibliografía mencionada anteriormente.

De acuerdo a investigaciones reportadas en Ochoa y Ayala, 2004, los flavonoides, son compuestos con una capacidad antioxidante 20 veces mayor que la vitamina C y 50 veces mayor que la vitamina E. En las manzanas pueden estar presentes en un amplio rango, desde 18 mg hasta 225 mg de quercetina por cada 100 g de materia seca (Leontowicz *et al.*, 2003; Ochoa y Ayala, 2004).

Según se observa en la Tabla 3.8, la mayor cantidad de flavonoides corresponde a la variedad Emilia, esta cantidad concuerda con el dato reportado en García *et*

*al.*, 2004, para manzana Reineta. De todos modos, todas las variedades se encuentran dentro del rango adecuado para manzanas descrito en la bibliografía.

Según Silveira *et al.*, 2007 y Ochoa y Ayala, 2004, las antocianinas son pigmentos que se relacionan con el color y por ende, con la atractividad de la fruta y también con la calidad nutricional, debido a que son compuestos benéficos que ofrecen al cuerpo humano, una protección contra la oxidación mejor que la vitamina C.

Los resultados de antocianinas para las cuatro variedades son similares, aunque el contenido en la variedad Emilia es ligeramente mayor. De acuerdo a Kunradi *et al.*, 2009, el contenido promedio de antocianinas en manzanas es 30 mg de cianidina/100 g de materia seca. Los resultados de esta investigación concuerdan con la bibliografía consultada.

Según Meléndez *et al.*, 2004, los carotenoides son pigmentos, generalmente amarillos o anaranjados que poseen alta capacidad antioxidante y aportan gran calidad nutricional debido a que son precursores de la vitamina A.

De acuerdo a Reyes *et al.*, 2011 y la USDA, 2008, el contenido de carotenoides en manzanas varía entre 0,9 y 3  $\mu\text{g/g}$ . En la Tabla 3.8 se muestra que todas las variedades poseen similar contenido de carotenoides y varían alrededor de 1  $\mu\text{g/g}$ . En la Tabla 3.8 se observa también que la mayor capacidad antioxidante la tiene la variedad Emilia y la menor la variedad Royal gala. No se dispone de bibliografía para comparar estos resultados, pero se considera que la capacidad antioxidante está asociada a la cantidad de compuestos anteriormente discutidos.

### **3.1.2.3 Análisis proximal**

La Tabla 3.9 muestra los resultados del análisis proximal para las cuatro variedades de manzana estudiadas. El contenido de extracto etéreo es bajo para la variedad Jon-a, las demás variedades poseen resultados similares. De acuerdo a Escalante, 2009 y la Bolsa de Comercio de Mendoza, 2000, el extracto etéreo

en manzana varía entre 1,1% y 3,75%. El resultado de la variedad Jon-a (0,6%) se puede deducir como un menor contenido de grasa. Sucede de igual manera con el porcentaje de proteína, pero de acuerdo a Álvarez, 1983 y la Bolsa de Comercio de Mendoza este parámetro para manzana fresca puede ser 0,5% hasta 1,9% y los resultados obtenidos se encuentran dentro de este rango.

**Tabla 3.9.** Análisis proximal de cuatro variedades de manzana fresca

VARIEDAD	PARÁMETROS*				
	Cenizas %	Extracto etéreo %	Proteína %	Fibra %	Extracto libre de nitrógeno %
Jon-a	2,02 ± 0,00	0,60 ± 0,00	1,58 ± 0,01	6,29 ± 0,01	89,79 ± 0,01
Emilia	2,09 ± 0,00	1,61 ± 0,00	2,01 ± 0,02	7,00 ± 0,00	87,74 ± 0,01
Royal gala	1,64 ± 0,00	1,95 ± 0,01	2,28 ± 0,01	6,59 ± 0,01	87,15 ± 0,01
Granny smith	1,73 ± 0,00	1,88 ± 0,02	2,38 ± 0,00	7,92 ± 0,00	85,73 ± 0,01
Promedio n = 2					

\* Los datos se reportan en base seca

Los resultados del contenido de fibra de las muestras estudiadas con similares y se encuentran en un rango de 6,29% a 7,92%. De acuerdo a Herrera, 2007, Espín, 2008 y Neira, 2008, el porcentaje de fibra en manzana varía entre 6% y 13%, y con este contenido es una de las frutas con mejor aporte de fibra.

Los resultados del extracto libre de nitrógeno, son similares para todas las muestras pero demuestran mayor contenido para la variedad Jon-a, lo que quiere decir, que posee mayor cantidad de hidratos de carbono. Según Ravel, 1970 y Escalante, 2009, para manzana, el rango adecuado de carbohidratos es 70% a 96%. Las cuatro variedades estudiadas tienen valores acordes a la bibliografía.

#### 3.1.2.4 Análisis de minerales totales

La Tabla 3.10, muestra el contenido de macro y micro minerales encontrados en las muestras frescas de las cuatro variedades de manzana estudiadas.

**Tabla 3.10.** Contenido de minerales muestras frescas de cuatro variedades de manzana

MINERALES*	UNIDADES	VARIEDADES			
		Jon-a	Emilia	Royal gala	Granny smith
<b>Ca</b>	%	0,02 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,07 ± 0,02	0,04 ± 0,02
<b>P</b>	%	0,07 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,09 ± 0,00	0,08 ± 0,00
<b>Mg</b>	%	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,00
<b>K</b>	%	0,79 ± 0,01	0,65 ± 0,01	0,94 ± 0,02	1,00 ± 0,02
<b>Na</b>	%	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00	0,02 ± 0,00
<b>Cu</b>	ppm	2,00± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00
<b>Fe</b>	ppm	32,00 ± 0,00	36,00 ± 0,00	23,00 ± 0,00	26,00 ± 0,00
<b>Mn</b>	ppm	2,00 ± 0,00	6,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00
<b>Zn</b>	ppm	3,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	6,00± 0,00
Promedio n = 2					

\* Los datos se reportan en base seca

Según se observa en la Tabla 3.10, el mineral presente en mayor contenido en las cuatro variedades de manzana es el potasio con rango entre 0,65% a 1,00% y de acuerdo a Neira, 2008 el promedio para este mineral es 0,80% y el consumo de una manzana aporta el 35% de la necesidad diaria de potasio. El resto de macroelementos tienen proporciones similares dentro de las muestras de manzana y poseen valores acordes a Álvarez, 1983 y Neira, 2008.

Entre los microelementos sobresale el contenido de hierro, entre todas las variedades con un rango de 23 a 36 ppm. Escalante, 2009, y la Bolsa de Comercio de Mendoza establecen un rango de 8 a 18 ppm de hierro, los resultados de este estudio demuestran un mayor contenido de hierro en las muestras. Los demás microelementos tienen similares proporciones dentro de las muestras.

### 3.1.2.5 Actividad enzimática

La Tabla 3.11, muestra la actividad de la enzima peroxidasa (PDO) y la polifenoloxidasas (PFO) en muestras frescas de cuatro variedades de manzana.

**Tabla 3.11.** Actividad de la enzima peroxidasa y polifenoloxidasas en muestras frescas de cuatro variedades de manzana

<b>VARIEDAD</b>	<b>ACTIVIDAD PEROXIDASA (U/ml)</b>	<b>ACTIVIDAD POLIFENOLOXIDASA (U/ml)</b>
Jon-a	0,67 ± 0,29	48,53 ± 0,22
Emilia	1,28 ± 0,10	101,80 ± 2,42
Royal gala	3,67 ± 0,44	68,00 ± 11,83
Granny smith	1,56 ± 0,59	29,78 ± 6,47
Promedio n = 3		

De acuerdo a la FAO, 2004, las frutas poseen sustancias como carotenoides, antocianinas, clorofilas y compuestos fenólicos responsables de su color característico y ciertas operaciones como el pelado, el corte e incluso los golpes provocan la reacción de la peroxidasa y sobre todo de la polifenoloxidasas, enzimas que oxidan los compuestos fenólicos incoloros y dan como resultado pigmentos marrones que implican un deterioro de color.

A pesar de que la acción de estas enzimas de pardeamiento está ligada al contenido de compuestos fenólicos, investigaciones realizadas por Podsędek *et al.*, 2000, demuestran que no necesariamente existe correlación entre la actividad de estas enzimas con la cantidad de elementos fenólicos.

Como se observa en la Tabla 3.11, la mayor actividad peroxidasa posee la variedad Royal gala y la menor la variedad Jon-a.

De acuerdo a Mikani *et al.*, 2011 y Avallone *et al.*, 2001, la manzana es una de las frutas con mayor actividad peroxidasa con valores mínimos de 0,5 a 1,0 U/ml. Los resultados para las cuatro variedades son mayores a los expresados en las anteriores bibliografías. La mayor actividad polifenoloxidasas posee la variedad Emilia y la menor la variedad Granny smith.

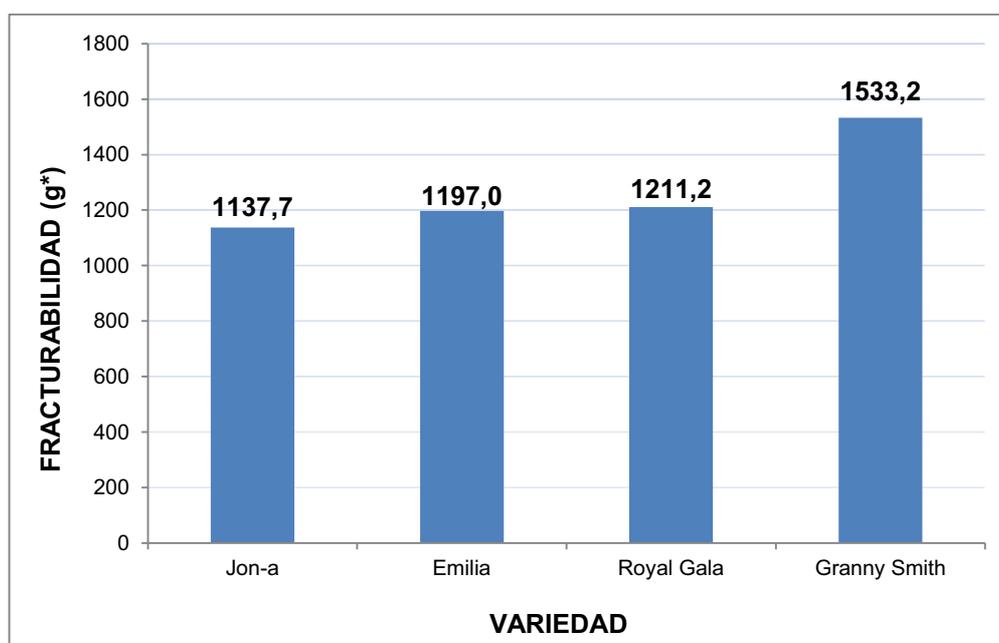
De acuerdo a Rocha *et al.*, 1998 y Herrera, 2007, la actividad PPO en manzana fresca puede variar entre 40 y 200 U/ml y depende de la variedad y el tipo de almacenamiento.

Los resultados presentados en la Tabla 3.11 demuestran que la variedad Granny smith posee menor actividad polifenoloxidasas que la presentada en la bibliografía, esto puede dar como resultado un menor deterioro de color, pero según Silveira, 2007 puede responder también a un menor contenido de polifenoles, lo que concuerda con los datos presentados en la Tabla 3.8.

Las demás variedades poseen actividades enzimáticas acordes a la bibliografía.

### 3.1.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA FRUTA CRUDA

Los datos de las determinaciones de los parámetros de textura en muestras de manzana cruda mediante el ensayo análisis del perfil de textura (TPA) con la sonda P/5 (texturómetro TA-XT2i) se presentan en el Anexo XIX. Para cada repetición, se procuró mantener el coeficiente de variación de los parámetros primarios en un porcentaje menor al 16% con la finalidad de obtener resultados representativos por muestra. En el Anexo XX se muestran ejemplos de los gráficos obtenidos en las muestras frescas de cada variedad.



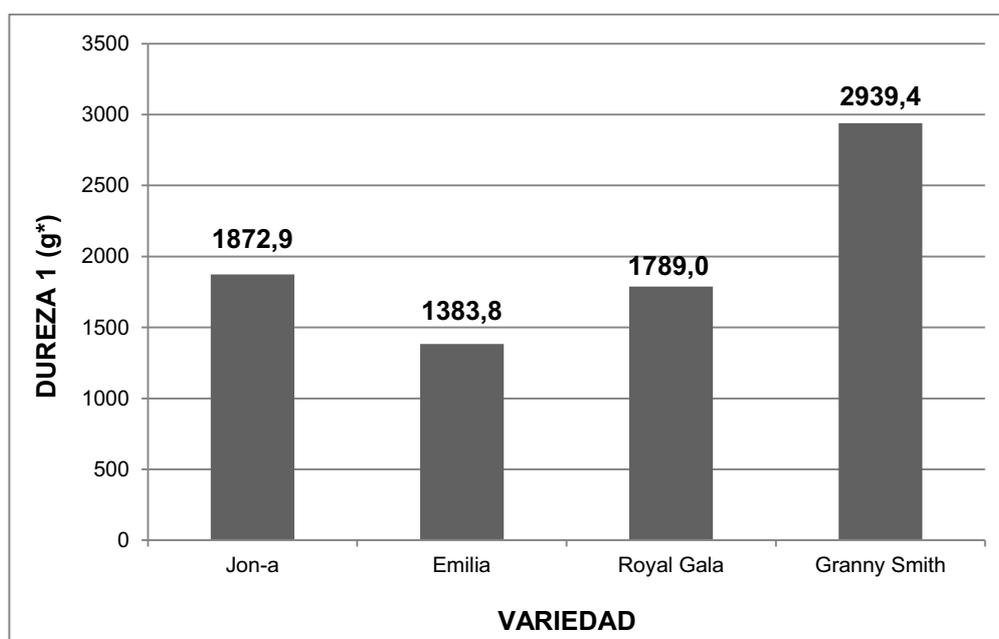
**Figura 3.1.** Fracturabilidad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades

Para cada parámetro de textura se muestran figuras descriptivas de los resultados promedios de las tres repeticiones realizadas para cada variedad.

Durante los ensayos del análisis del perfil de textura se observó que al aplicar una fuerza a las muestras de manzana fresca, estas primero se deforman antes de romperse, y una vez que la sonda ingresaba a las muestras, la fuerza se incrementaba de manera constante.

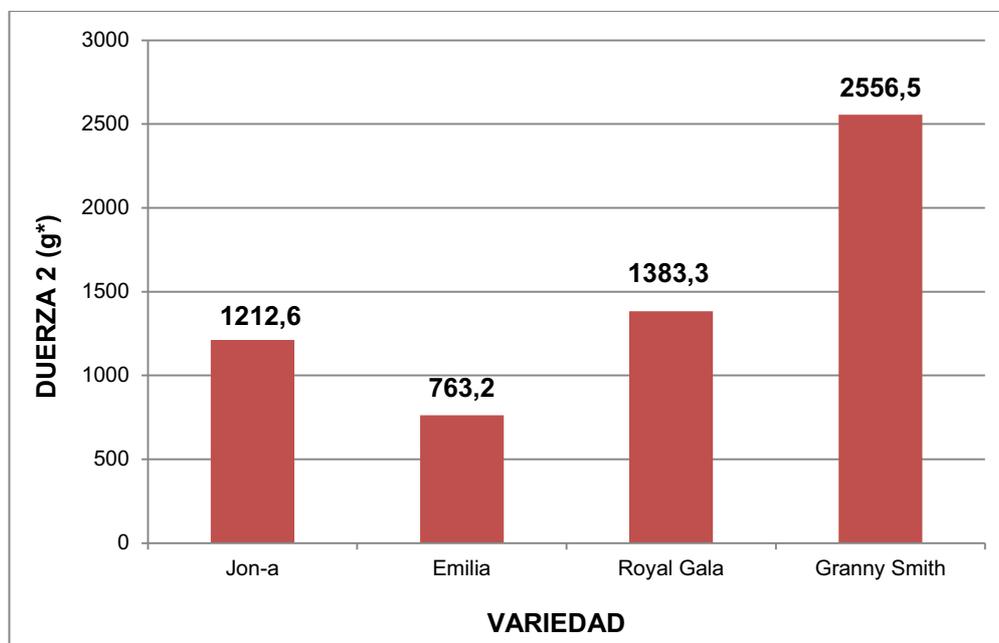
La fuerza necesaria para romper a la fruta después de la deformación es la fracturabilidad. En la Figura 3.1 se observa que la variedad Granny smith, con un valor de 1533,2 g\*, posee mayor resistencia a la ruptura. Las demás variedades poseen valores similares. De acuerdo a Bourles *et al.*, 2009, la variedad Royal gala es más resistente que Granny smith, pero es importante recalcar que este parámetro es muy variable y es directamente proporcional al estado de madurez.

De acuerdo a investigaciones de Royer *et al.*, 2003, la fracturabilidad en manzana fresca varía entre 1150 y 1600 g\*, los resultados obtenidos durante este estudio concuerdan con esta bibliografía.

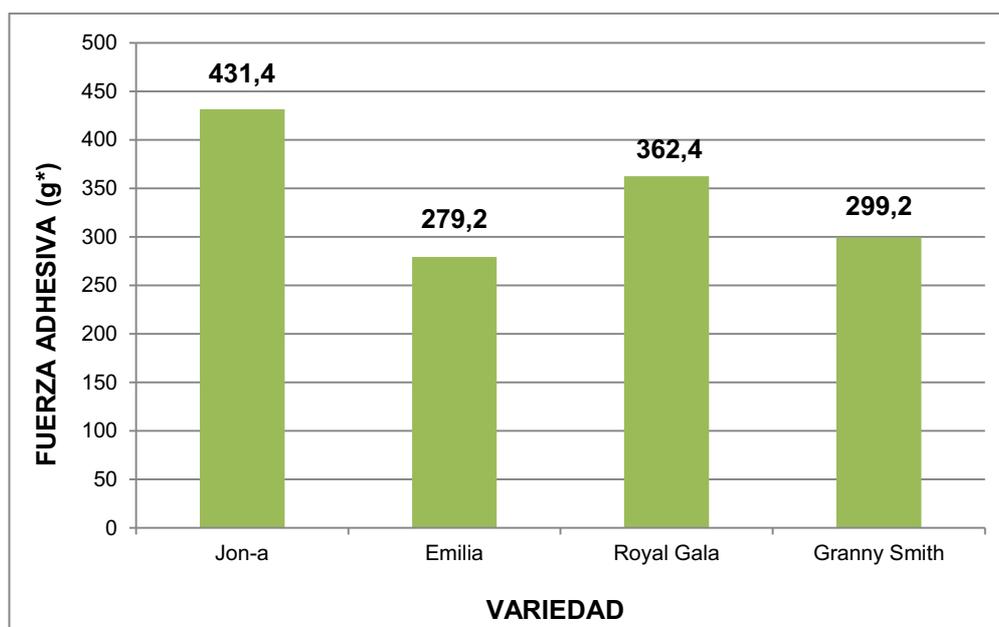


**Figura 3.2.** Dureza 1 obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades

En las Figuras 3.2 y 3.3 se observa que los valores de dureza medidos durante el primero y el segundo ciclo de compresión o masticación (dureza 1 y dureza 2), son mayores para la variedad Granny smith y menores para la variedad Emilia.



**Figura 3.3.** Dureza 2 obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades

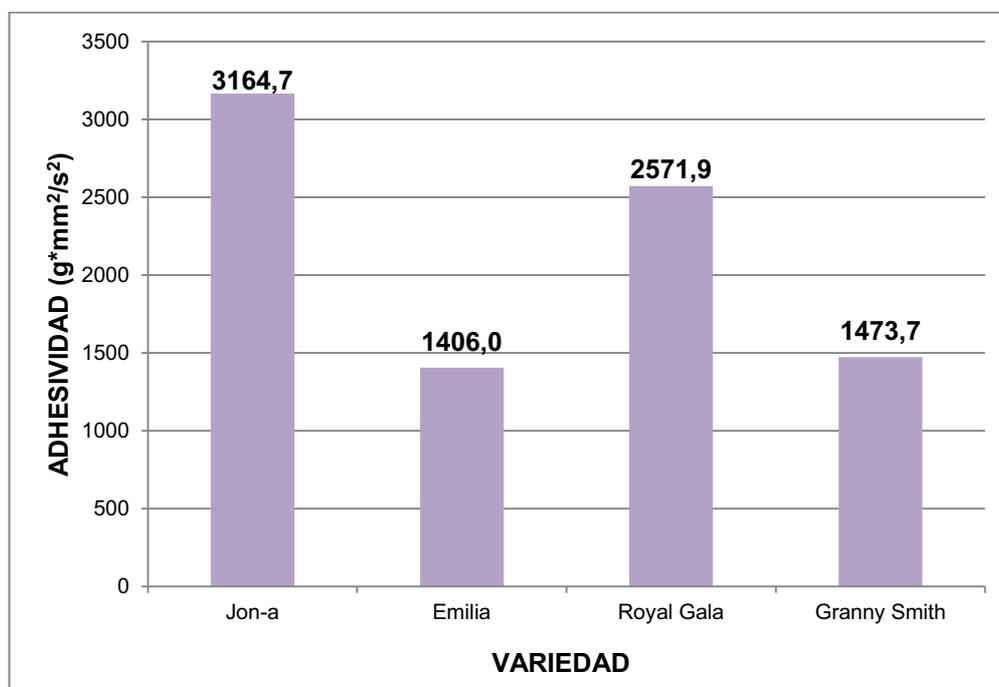


**Figura 3.4.** Fuerza adhesiva obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades

Estos parámetros indican la facilidad que posee una muestra en propagar una fractura después del ciclo de mordida, por ende la variedad Emilia se rompe con mayor facilidad. Según se muestra en las Figuras 3.2 y 3.3, para todas la variedades estudiadas, los valores de la dureza durante la segunda compresión son menores que los de la primera compresión, esto indica una degradación irreversible de los tejidos en la manzana durante la primera compresión. Este tipo de observaciones se muestran también en Bourles *et al.*, 2009.

La fuerza adhesiva y la adhesividad son consideradas como los parámetros que indican la tendencia de un alimento a pegarse a los dientes.

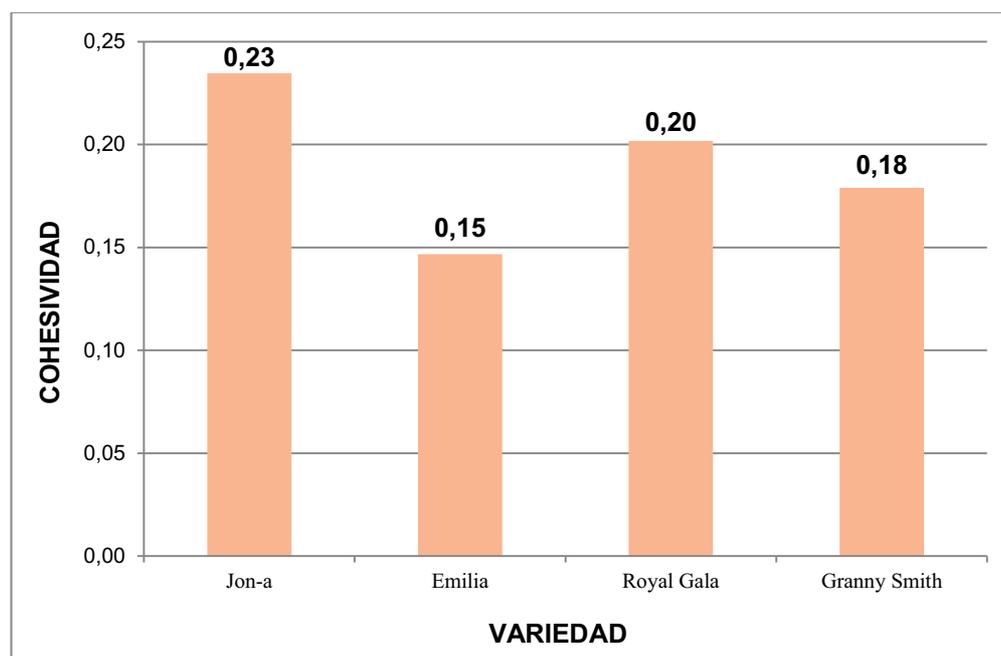
En las Figuras 3.4 y 3.5, se muestra que estos parámetros son mayores para la variedad Jon-a y menores para la variedad Emilia, esto permite suponer que durante la compresión los tejidos de la manzana Jon-a, comparados con las demás variedades en estudio, dejan mayor cantidad de residuos de las sustancias pertenecientes a la pared celular; dichas sustancias son pegajosas y se requerirá mayor fuerza y trabajo para retirarlas de los dientes (Harker y Hallett, 1992).



**Figura 3.5.** Adhesividad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades

De acuerdo a Bourles *et al.*, 2009, la cohesividad en las frutas demuestra el grado de destrucción de los tejidos celulares luego del primer ciclo de compresión. Para este parámetro, los valores más cercanos a 0 indican que la mayor cantidad de paredes celulares fueron rotas durante la primera compresión.

En la Figura 3.6 se muestra que los valores más bajos de cohesividad, son los de la variedad Emilia y los valores más altos pertenecen a la variedad Jon-a. Con estos resultados, se puede suponer que la fuerza aplicada durante el primer ciclo de compresión, romperá la mayor parte de paredes celulares de los tejidos de variedad Emilia. Según Mochizuki, 2001 y Bourles *et al.*, 2009, estos valores para manzana fresca pueden extenderse en un rango de 0,01 hasta 0,63. Los resultados de todas las variedades indican un marcado deterioro de los tejidos celulares durante la primera compresión.



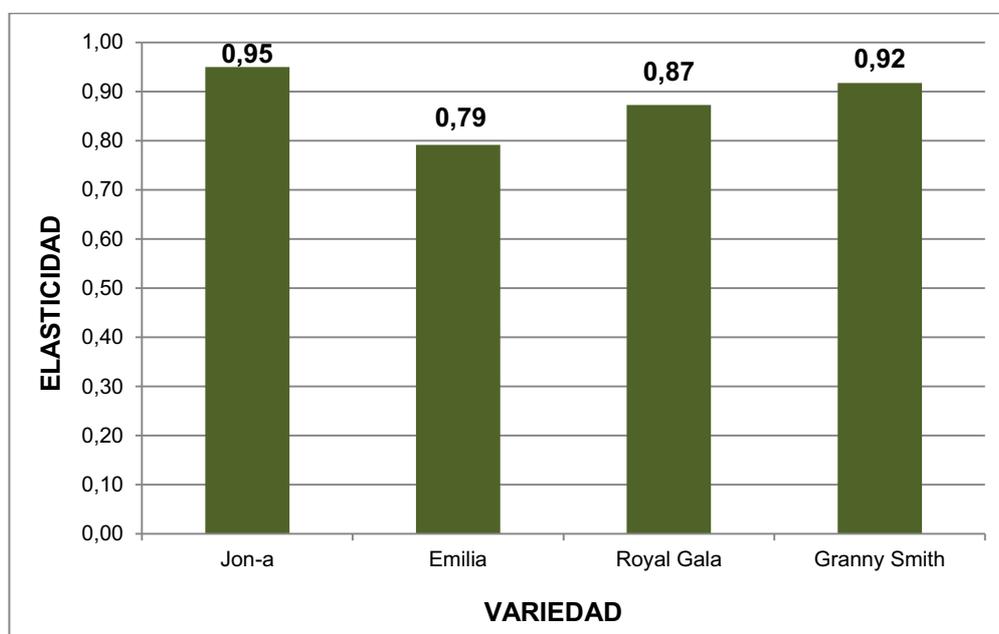
**Figura 3.6.** Cohesividad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades

La elasticidad es considerada como el parámetro que define la recuperación de un alimento a su tamaño original en el período de tiempo entre la primera y la segunda compresión. Los valores más altos indican mayor recuperación del alimento, las frutas y los vegetales poseen altos coeficientes de elasticidad. En

manzanas un coeficiente alto de elasticidad indica mayor resistencia frente a la masticación (Dobrzański *et al.*, 2006).

En la Figura 3.7 se puede observar que el mayor coeficiente de elasticidad posee la variedad Jon-a y el menor la variedad Emilia, aunque los resultados entre todas las variedades son similares.

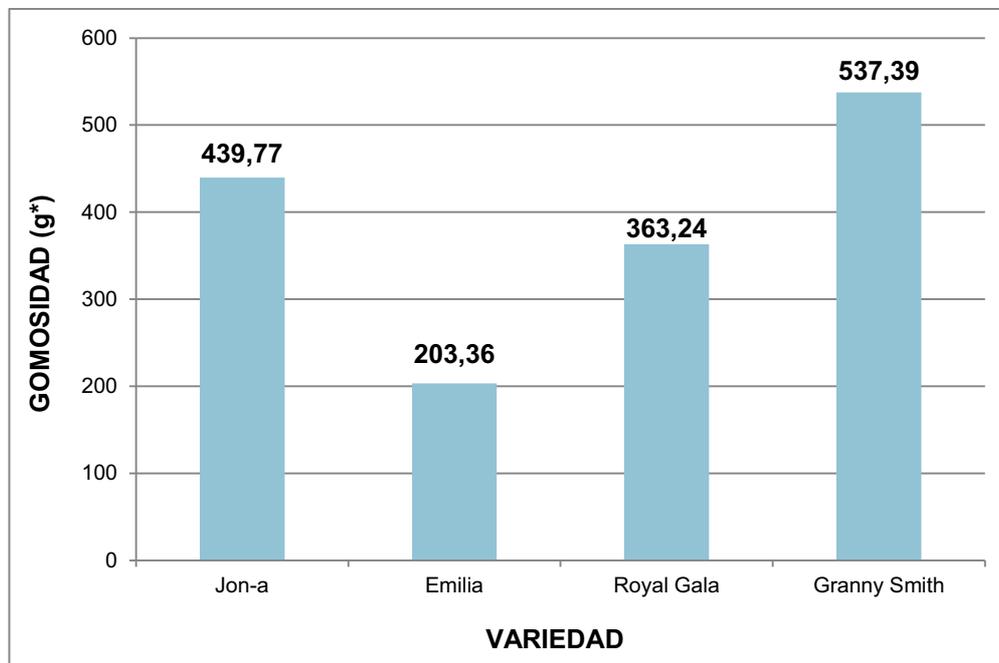
De acuerdo a Bourles *et al.*, 2009, los valores de elasticidad para diferentes cultivares varían entre 0,90 y 0,93. Los resultados obtenidos en esta investigación son equivalentes a los reportados en esta última bibliografía.



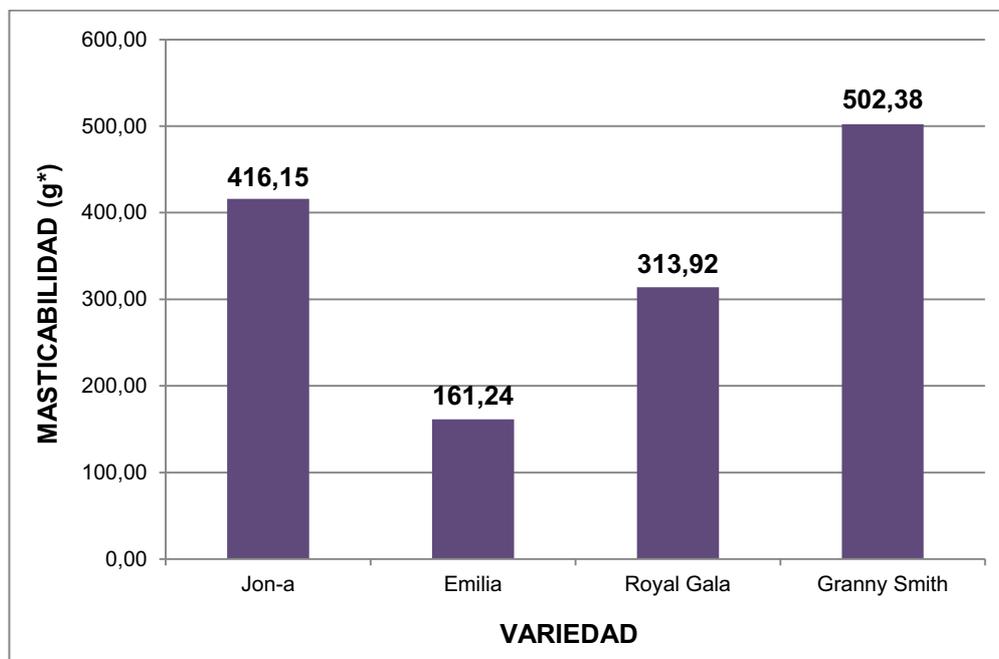
**Figura 3.7.** Elasticidad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades

La gomosidad y la masticabilidad son los parámetros que indican la energía necesaria para desintegrar un alimento de manera que esté listo para ser ingerido. De acuerdo a Bourles *et al.*, 2009, los valores más bajos para estos parámetros, indican si un hay pérdida de adherencia entre las paredes celulares luego de la compresión, es decir, si un alimento es “suave”. Según se observa en las Figuras 3.8 y 3.9, la variedad Emilia posee menor gomosidad y masticabilidad frente a los mayores valores presentados en la variedad Granny smith, estos

resultados demuestran que la manzana Granny smith es la más “firme” entre todas las variedades estudiadas.



**Figura 3.8.** Gomosidad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades



**Figura 3.9.** Masticabilidad obtenida a partir del ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i, en manzana fresca de cuatro variedades

La gomosidad y la masticabilidad son los parámetros que indican la energía necesaria para desintegrar un alimento de manera que esté listo para ser ingerido. De acuerdo a Bourles *et al.*, 2009, los valores más bajos para estos parámetros, indican si un hay pérdida de adherencia entre las paredes celulares luego de la compresión, es decir, si un alimento es “suave”. Según se observa en las Figuras 3.8 y 3.9, la variedad Emilia posee menor gomosidad y masticabilidad frente a los mayores valores presentados en la variedad Granny smith, estos resultados demuestran que la manzana Granny smith es la más “firme” entre todas las variedades estudiadas.

### 3.2 PROCESO DE HORNEADO CON MICROONDAS Y SU EFECTO SOBRE LA FRUTA DE CUATRO VARIEDADES DE MANZANA

#### 3.2.1 PRUEBAS PRELIMINARES

Los resultados obtenidos con base en la textura, en forma cualitativa por facilidad de hacer puré con una cuchara de las variedades Jon-a, Royal gala y Granny smith; se muestran en la Tabla 3.12.

**Tabla 3.12.** Resultados obtenidos del horneado con microondas de tres variedades de manzana a diferentes tiempos

TIEMPO DE HORNEO	RESULTADO POR VARIEDAD		
	Jon-a	Royal gala	Granny smith
0,5 min	Fruta sin cambio de textura	Fruta sin cambio de textura	Fruta sin cambio de textura
1,0 min	Fruta con textura ligeramente suave	Fruta sin cambio de textura	Fruta sin cambio de textura
1,5 min	Fruta con textura ligeramente suave	Fruta sin cambio de textura	Fruta sin cambio de textura
2,0 min	Fruta con textura suave	Fruta deformada pero con textura dura	Fruta sin cambio de textura
2,5 min	Fruta con textura suave	Fruta deformada pero con textura dura	Fruta deformada pero con textura dura
3,0 min	Fruta con textura suave	Fruta con textura ligeramente suave	Fruta con textura ligeramente suave

**Tabla 3.12.** Resultados obtenidos del horneado con microondas de tres variedades de manzana a diferentes tiempos. **Continuación...**

TIEMPO DE HORNEO	RESULTADO POR VARIEDAD		
	Jon-a	Royal gala	Granny smith
3,5 min	Fruta con textura suave	Fruta con textura ligeramente suave	Fruta con textura ligeramente suave
4,0 min	Fruta con textura suave	Fruta con textura ligeramente suave	Fruta con textura ligeramente suave
4,5 min	Fruta deformada, con textura suave pero con pérdidas considerables de líquido y pulpa.	Fruta con textura ligeramente suave	Fruta con textura ligeramente suave
5,0 min	Fruta deformada, con textura suave pero con pérdidas considerables de líquido y pulpa.	Fruta deformada, con textura poco suave y pérdidas considerables de líquido y pulpa.	Fruta con textura ligeramente suave
5,5 min	Fruta deformada, con textura suave y partes quemadas.	Fruta deformada, con textura poco suave y pérdidas considerables de líquido y pulpa.	Fruta deformada, con textura poco suave y pérdidas considerables de líquido y pulpa.
6,0 min	Fruta deformada, con textura suave y partes quemadas.	Fruta deformada, con textura poco suave, pérdidas considerables de líquido y pulpa y partes quemadas.	Fruta deformada, con textura poco suave, pérdidas considerables de líquido y pulpa y partes quemadas.

Para establecer el tiempo de horneado de manzana con microondas, se realizaron pruebas con las variedades Jon-a, Royal gala y Granny smith. El horneado de la variedad Emilia no pudo llevarse a cabo ya que la temporalidad de cosecha y por ende su disponibilidad en el mercado, estaba fuera del tiempo establecido para las pruebas preliminares. Con base en estos resultados se decidió realizar las pruebas experimentales del horneado en microondas a: 2, 3 y 4 minutos; debido a que tiempos menores a 2 minutos no generan cambios de textura considerables y tiempos mayores a 4 minutos generaban deformación de la fruta y pérdida de líquido y pulpa, desagradables a la vista de cualquier consumidor.

### 3.2.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES Y SUS RESPECTIVOS ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los datos de las determinaciones de los parámetros de textura en muestras de manzana horneada (2, 3 y 4 minutos) de las cuatro variedades en estudio

mediante el ensayo TPA en el texturómetro TA-XT2i se presentan en el Anexo XXI, allí se observa que para los tratamientos de las variedades Jon-a y Emilia se consiguió mantener un coeficiente de variación de los parámetros primarios menor a 17.

En las muestras de las variedades Royal gala y Granny smith, la textura era tan irregular que el único parámetro que se logró mantener con un coeficiente de variación menor a 15 fue la fracturabilidad, para los demás parámetros los coeficientes llegaban a valores de 70, por lo cual se desestimó la representatividad de estos valores texturales en manzana horneada en microondas para variedades importadas.

En el Anexo XXII se muestran ejemplos de los gráficos obtenidos en las muestras horneadas a 2, 3 y 4 min para las variedades Jon-a y Emilia.

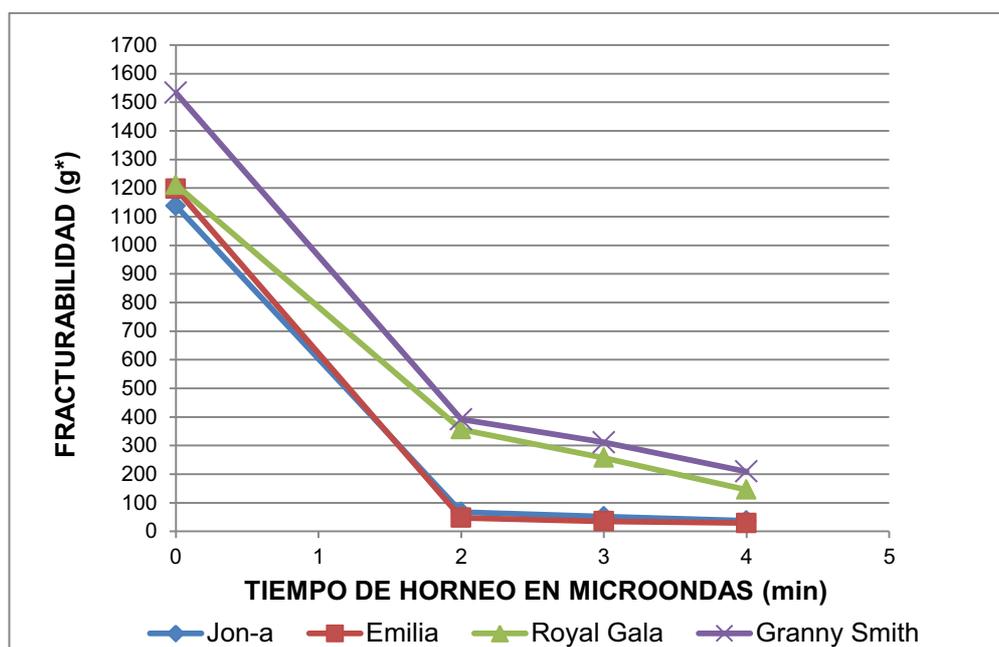
**Fracturabilidad:** Como se mencionó anteriormente, este es el único parámetro de textura que se ha analizado para las cuatro variedades en estudio.

En el Anexo XXIII, se presentan los resultados promedios y la desviación estándar de la fracturabilidad de las tres repeticiones para cada tratamiento de las cuatro variedades en estudio; se presentan también los porcentajes de reducción de este parámetro, obtenidos a partir de los promedios de los diferentes tratamientos de cada variedad presentados en el Anexo XXIII, con respecto a los valores promedios de las muestras crudas presentados en la Figura 3.1; y por último se muestra el análisis de varianza de esta variable.

En la Figura 3.10, se presentan las curvas obtenidas para cada variedad a partir de los promedios de este parámetro en función del tiempo.

En la Tabla 3.13, se presentan los valores de probabilidad de significación para los factores en estudio y la comparación entre niveles de cada factor mediante la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de fracturabilidad de las variedades Jon-a, Emilia, Royal gala y Granny smith.

La fracturabilidad es un parámetro que indica la fuerza necesaria para deshacer en pedazos pequeños un alimento; mientras menor sea la fracturabilidad, menor esfuerzo tendrá que hacer un consumidor para ingerir determinado producto (AMETEK, 2005). Bajo este contexto y al considerar que el producto está dirigido a consumidores con regímenes especiales de alimentación (niños y ancianos), se debe observar los tratamientos cuyos valores medios reporten bajas fuerzas de fracturabilidad.



**Figura 3.10.** Variación de la fracturabilidad de manzana de cuatro variedades horneada en microondas en función del tiempo

Al analizar este parámetro se observa que los valores de fracturabilidad para todas las variedades disminuyen conforme se aumenta el tiempo de horneado. En la Figura 3.10 se observa que con el tratamiento de 4 minutos de la variedad Emilia se obtiene la menor fracturabilidad (29,32 g\*) y su porcentaje de reducción de la fracturabilidad comparado con las muestras frescas es 97,42%, seguido por el tratamiento de 4 minutos de la variedad Jon-a cuya fracturabilidad es 37,40 g\* y su porcentaje de reducción corresponde a 96,71%.

Las variedades nacionales Jon-a y Emilia poseen una misma tendencia de descenso de la fracturabilidad. Las variedades Royal gala y Granny smith

presentan menor descenso de este parámetro lo que hace suponer una elevada tolerancia a tratamientos que involucren calor.

**Tabla 3.13.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los valores de fracturabilidad del diseño experimental planteado

Factores	Niveles	FRACTURABILIDAD	
		Probabilidad	Fracturabilidad (g*)*
A: Tiempo de horneado (min)	0	0,0000	1269,76 a
	2		215,92 b
	3		164,18 bc
	4		105,39 c
B: Variedad	Jon-a	0,0000	323,85 o
	Emilia		327,39 o
	Royal		492,59 n
	Granny		611,42 m

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

En la Tabla 3.13 se observa que el tiempo de horneado y la variedad tienen significancia estadística sobre los valores de fracturabilidad. El mejor tratamiento en cuanto al tiempo de horneado es 4 minutos. En cuanto a las variedades, Jon-a y Emilia generan valores bajos y estadísticamente iguales de fracturabilidad después de un tratamiento en microondas.

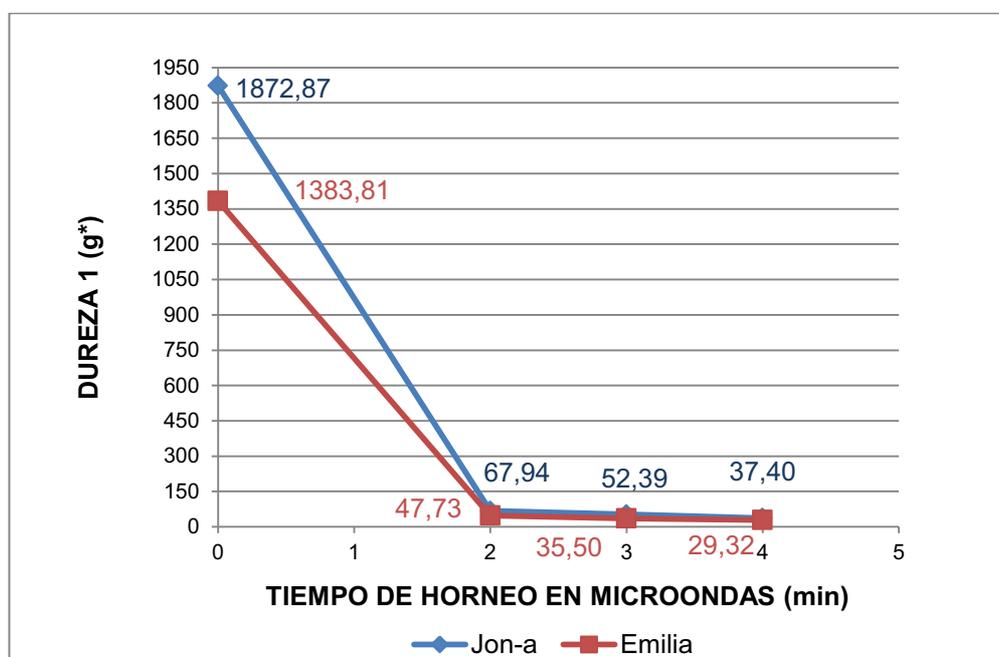
**Dureza 1 y Dureza 2:** En las Figuras 3.11 y 3.12 se presentan los resultados promedios de las tres repeticiones de dureza 1 y dureza 2 respectivamente, de las variedades Jon-a y Emilia en función del tiempo.

Los resultados de la probabilidad de significación y la comparación de niveles mediante la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de dureza 1 y dureza 2 de las variedades Emilia y Jon-a se presentan en la Tabla 3.14.

En el Anexo XXIV, se presentan los porcentajes de disminución de cada una de las durezas derivados de los valores promedios presentados en la Figura 3.11 y 3.12 con respecto a los valores promedios de las durezas determinadas en las

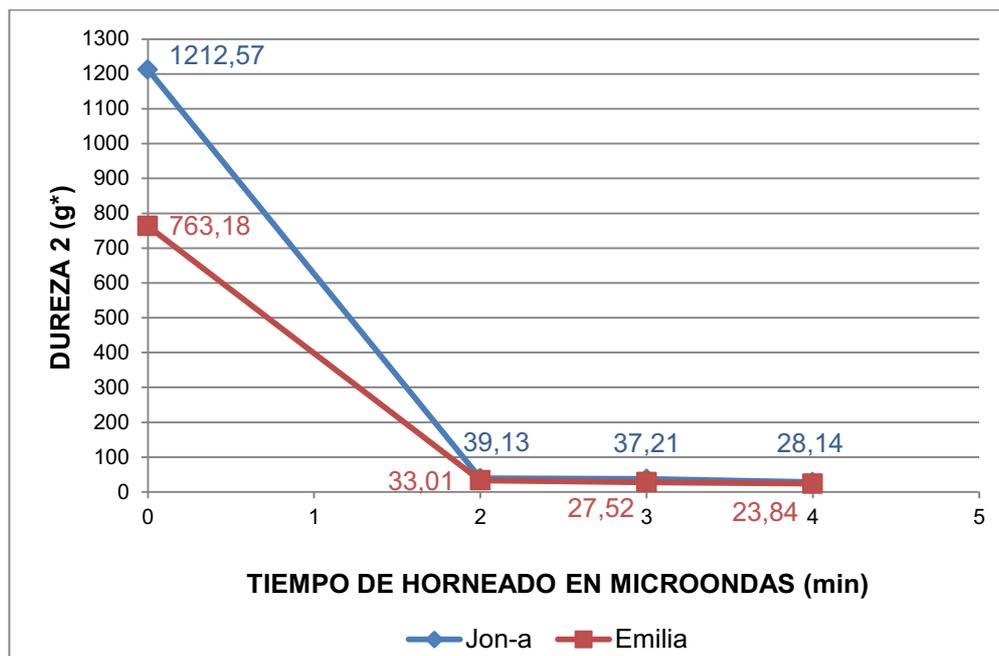
muestras crudas y observados en las Figuras 3.2 (dureza 1) y 3.3 (dureza 2) y el análisis de varianza de estos parámetros.

Como se observa, los valores de dureza durante la primera y la segunda compresión (dureza 1 y dureza 2) disminuyen conforme se aumenta el tiempo de horneado. El descenso de dureza para las dos variedades es importante desde el primer tratamiento con microondas (2 minutos). El mejor tratamiento para estos parámetros resulta en los menores valores de dureza (1 y 2). En la Tabla 3.14, donde se observa que el tiempo de horneo y la variedad tienen significancia estadística sobre los valores de dureza 1 y dureza 2.



**Figura 3.11.** Variación de la dureza 1 de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo

De acuerdo a la información presentada en las Figuras 3.11 y 3.12, el tratamiento de menor dureza 1 (29,32 g\*) y dureza 2 (23,84 g\*), corresponde al horneo a 4 minutos de la variedad Emilia, esta información se complementa con los datos presentados en la Tabla 3.14, en donde se observa claramente que los menores valores se obtienen con dicho tratamiento. Sin embargo, según la prueba de Tukey los tiempos de horneo (2, 3 y 4 minutos) no influyen sobre la dureza de la manzana horneada ya que no existe diferencia estadísticamente significativa.



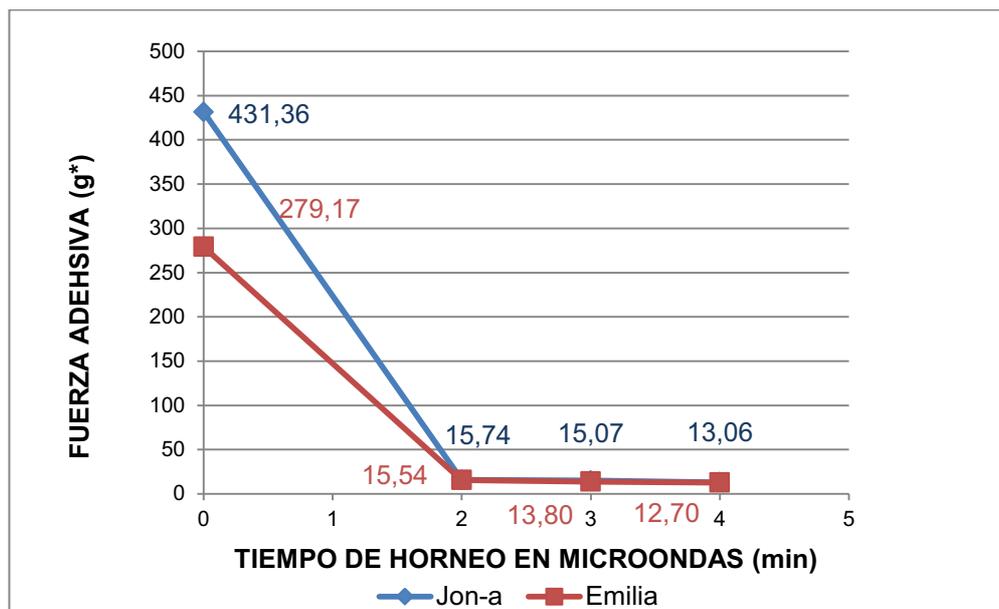
**Figura 3.12.** Variación de la dureza 2 de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo

**Tabla 3.14.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de dureza 1 y dureza 2 de las variedades Emilia y Jon-a

Factores	Niveles	DUREZA 1		DUREZA 2	
		Probabilidad	Dureza 1 (g*)*	Probabilidad	Dureza 2 (g*)*
A: Tiempo de horneo (min)	0	0,0000	1 628,34 a	0,0000	987,872 a
	2		57,84 b		36,07 b
	3		43,94 b		32,37 b
	4		33,36 b		26,00 b
B: Variedad	Jon-a	0,0279	507,65 e	0,0254	211,89 n
	Emilia		374,09 f		329,26 n

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

**Fuerza adhesiva y adhesividad:** En las Figuras 3.13 y 3.14 se presentan los resultados promedios de las tres repeticiones de fuerza adhesiva y adhesividad respectivamente, de las variedades Jon-a y Emilia en función del tiempo. Los resultados de la probabilidad de significación y la comparación de niveles mediante la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de fuerza adhesiva y adhesividad de las variedades Emilia y Jon-a se presentan en la Tabla 3.15.

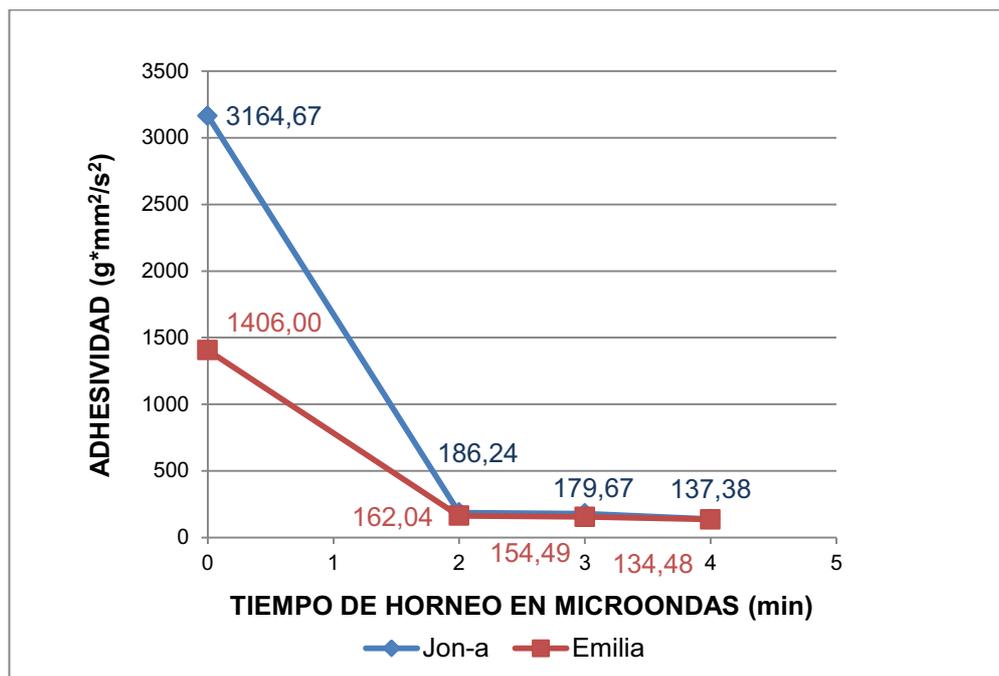


**Figura 3.13.** Variación de la fuerza adhesiva de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo

En el Anexo XXV, se presentan los porcentajes de disminución la fuerza adhesiva y la adhesividad derivados de los valores promedios observados en las Figuras 3.13 y 3.14 con respecto a los valores promedios de las determinaciones en las muestras crudas, observados en las Figuras 3.4 (fuerza adhesiva) y 3.5 (adhesividad). Se muestran también los análisis de varianza de estos parámetros.

Se puede observar que los valores de la fuerza adhesiva y la adhesividad disminuyen conforme aumenta el tiempo de horneado, al igual que las demás variables de textura primarias. El descenso de estos dos parámetros es importante desde el primer tratamiento con microondas (2 minutos), porque superan el 90% de reducción. Estas características de disminución de adhesividad y fuerza adhesiva se pueden considerar adecuadas para los tratamientos de manzana horneada, ya que se busca un alimento tipo puré pero que posea la particularidad de no pegarse a las piezas dentales.

Como se observa en la Tabla 3.15, el tiempo de horneado y la variedad tienen significancia estadística sobre los valores de fuerza adhesiva y adhesividad; pero, los tiempos de horneado 2, 3 y 4 minutos no tienen diferencias significativas entre sí y, por lo tanto, no son influyentes sobre estos parámetros.



**Figura 3.14.** Variación de la adhesividad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo

**Tabla 3.15.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de fuerza adhesiva y adhesividad de las variedades Emilia y Jon-a

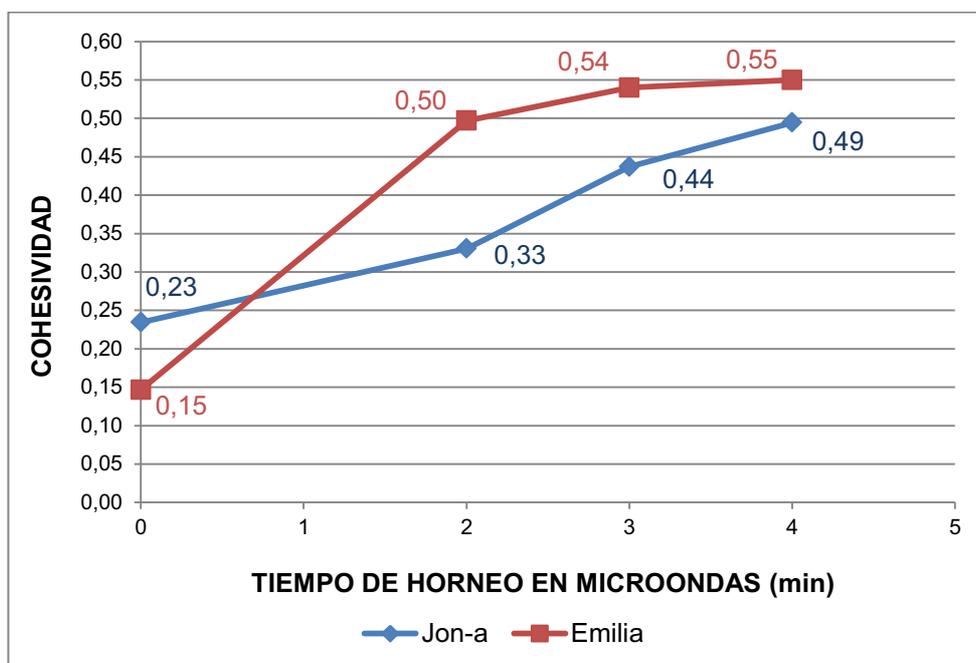
Factores	Niveles	FUERZA ADHESIVA		ADHESIVIDAD	
		Probabilidad	Fuerza adhesiva (g*)*	Probabilidad	Adhesividad (g*mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )*
A: Tiempo de horneo (min)	0	0,0000	355,26 a	0,0000	2285,33 a
	2		15,65 b		174,15 b
	3		14,43 b		167,08 b
	4		12,88 b		135,93 b
B: Variedad	Jon-a	0,0352	118,81 e	0,0259	916,99 m
	Emilia		80,30 f		464,25 n

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

A partir de la información presentada en las Figuras 3.13 y 3.14, el tratamiento de menor fuerza adhesiva (12,70 g\*) y adhesividad (134,48g\*mm<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>), corresponde al horneo a 4 minutos de la variedad Emilia. Esta información también se refleja en los análisis estadísticos presentados en la Tabla 3.15.

**Cohesividad:** En la Figura 3.15 se presentan los resultados promedios de las tres repeticiones de cohesividad, de las variedades Jon-a y Emilia en función del tiempo. Los resultados de la probabilidad de significación y la comparación de niveles mediante la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de cohesividad de las variedades Emilia y Jon-a se presentan en la Tabla 3.16.

En el Anexo XXVI, se presentan los porcentajes de aumento de este parámetro, derivados de los valores promedios de cada tratamiento observados en la Figura 3.15 con respecto a los valores promedios de cohesividad de las muestras crudas observados en la Figura 3.6., además, se presenta el análisis de varianza de este parámetro.



**Figura 3.15.** Variación de la cohesividad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo

Como se observa en la Figura 3.15., la cohesividad es el primer parámetro de la textura que aumenta conforme se incrementa el tiempo de horneado; esto se debe a que la cohesividad representa a la destrucción de los tejidos celulares por algún agente externo como la masticación o en este caso el tratamiento térmico, a mayor cohesividad se infiere una textura más suave. Para las dos variedades el incremento es importante, sin embargo para la variedad Emilia se muestra una

tendencia de ascenso mucho mayor desde el primer tratamiento en microondas (2 minutos).

Para la cohesividad, los mejores tratamientos se obtuvieron a partir de los mayores valores de cohesividad, como se observa en la Tabla 3.16, entre los tratamientos de horneado en microondas de tiempo 2, 3 y 4 minutos no existe diferencia estadísticamente significativa.

De los resultados de la prueba de Tukey se infiere que si se cambia el tiempo de horneado en microondas tampoco cambiará la cohesividad. De igual manera sucede con la variedad; lo que quiere decir que al utilizar cualquier variedad se obtendrá el mismo resultado; sin embargo a partir de la información presentada en Figura 3.15, el tratamiento a 4 minutos de la variedad Emilia presenta mayor cohesividad (0,55).

**Tabla 3.16.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de cohesividad de las variedades Emilia y Jon-a

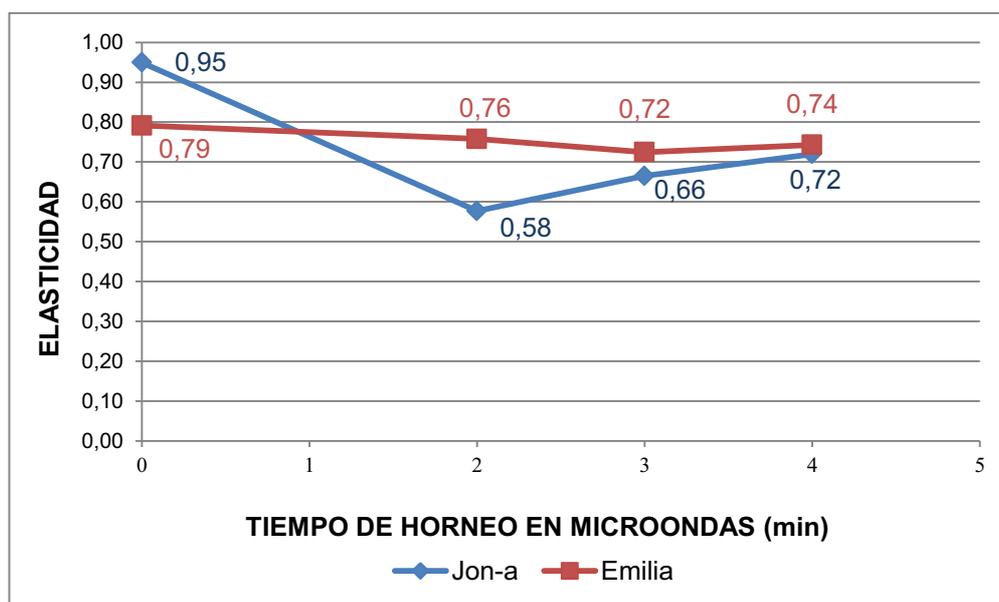
		COHESIVIDAD	
Factores	Niveles	Probabilidad	Cohesividad*
A: Tiempo de horneado (min)	0	0,0000	0,19 b
	2		0,41 a
	3		0,49 a
	4		0,52 a
B: Variedad	Jon-a	0,0978	0,40
	Emilia		

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

NOTA: En el factor sin diferencia significativa se muestra el valor promedio

**Elasticidad:** En la Figura 3.16 se presentan los resultados promedios de las tres repeticiones de elasticidad, de las variedades Jon-a y Emilia en función del tiempo. Los resultados de la probabilidad de significación y la comparación de niveles mediante la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de cohesividad de las variedades Emilia y Jon-a se presentan en la Tabla 3.17. En el Anexo XXVII, se presenta el análisis de varianza de este parámetro.

Como se observa, la elasticidad, posee una tendencia de descenso comparada con las mediciones de las muestras frescas; sin embargo, al comparar los tratamientos en microondas de la variedad Jon-a, la elasticidad en el primer tratamiento (2 minutos) llega a su valor más bajo y luego se incrementa conforme se aumenta el tiempo de horneado. En la variedad Emilia este hecho aparece en el segundo tratamiento (3 minutos). La elasticidad, de acuerdo a datos reportados por Bourles *et al.*, 2009, luego de un tratamiento térmico disminuye o se mantiene.



**Figura 3.16.** Variación de la elasticidad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo

**Tabla 3.17.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de elasticidad de las variedades Emilia y Jon-a

Factores	Niveles	ELASTICIDAD	
		Probabilidad	Elasticidad*
A: Tiempo de horneo (min)	0	0,0394	0,87 a
	2		0,67 b
	3		0,70 ab
	4		0,73 ab
B: Variedad	Jon-a	0,6285	0,74
	Emilia		

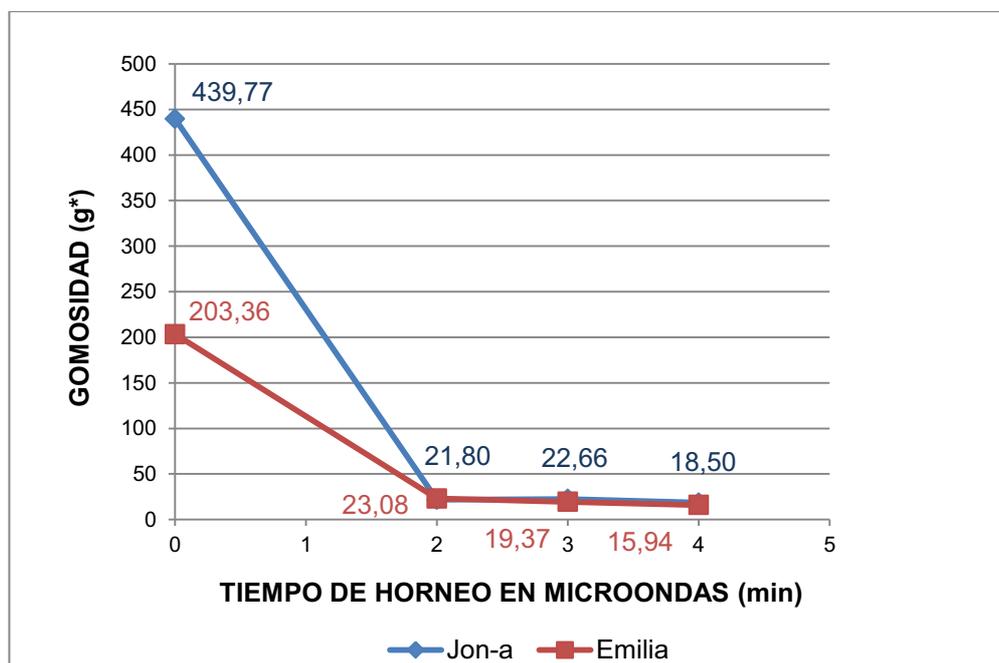
\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

NOTA: En el factor sin diferencia significativa se muestra el valor promedio

En la Tabla 3.17, se evidencia que, el tiempo de horneado tiene significancia estadística sobre la elasticidad; la variedad no influye sobre este parámetro. A partir de esta información, se puede deducir que si se modifica el tiempo la elasticidad cambia, pero si se cambia la variedad, el resultado es el mismo. Los valores promedio del tiempo muestran que los mejores tratamientos, es decir la menor elasticidad se obtiene a los 2 minutos de horneado.

**Gomosidad y masticabilidad:** En las Figuras 3.17 y 3.18 se presentan los resultados promedios de las tres repeticiones de la gomosidad y masticabilidad respectivamente, de las variedades Jon-a y Emilia en función del tiempo.

Los resultados de la probabilidad de significación y la comparación de niveles mediante la prueba Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de gomosidad y masticabilidad de las variedades Emilia y Jon-a se presentan en la Tabla 3.18.

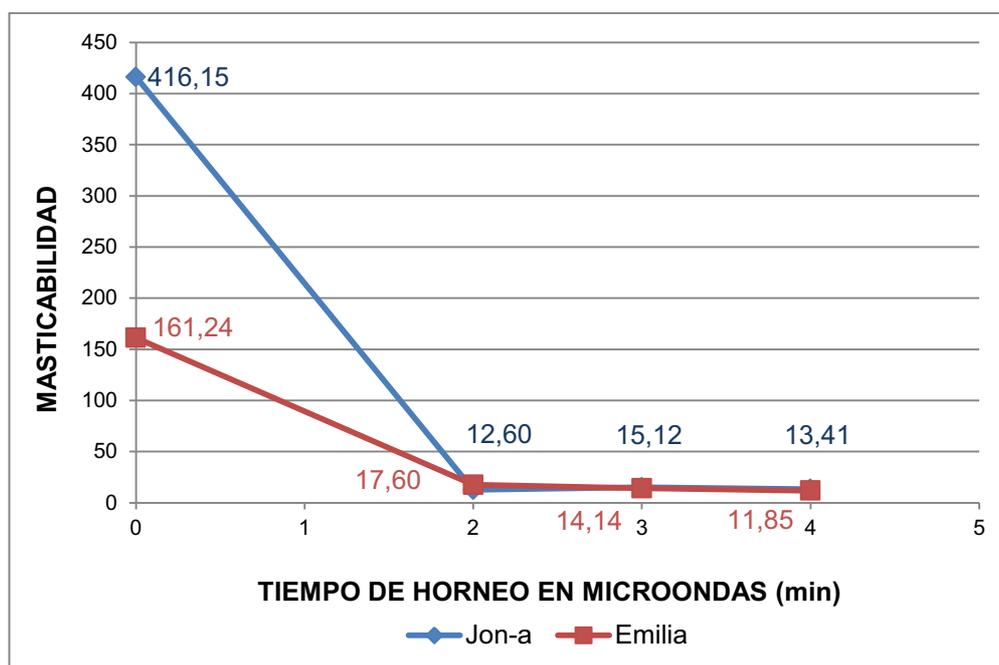


**Figura 3.17.** Variación de la gomosidad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo

En el Anexo XXVIII, se presentan los porcentajes de disminución de cada uno de estos parámetros derivados de los valores promedios de cada tratamiento, observados en las Figuras 3.17 y 3.18 con respecto a los valores promedios de

gomosidad y masticabilidad observados en las Figuras 3.8 y 3.9 respectivamente. Se muestran también los análisis de varianza de estos parámetros.

Se puede observar que los valores de gomosidad y masticabilidad disminuyen conforme se aumenta el tiempo de horneado, excepto para la masticabilidad de la variedad Jon-a en la que el menor valor se obtiene en el primer tratamiento (2 minutos).



**Figura 3.18.** Variación de la masticabilidad de manzana variedades Jon-a y Emilia horneada en microondas en función del tiempo

El descenso de estos dos parámetros es importante desde el primer tratamiento con microondas además son fundamentales debido a que constituyen la fuerza y el trabajo necesarios para desintegrar el alimento antes de ser ingerido; la reducción de hasta el 94% de estos valores supone un cambio dramático en la textura del alimento.

Como se observa en la Tabla 3.18, el tiempo de horneado y la variedad tienen significancia estadística sobre los valores de gomosidad y masticabilidad; sin embargo entre los tiempos de horneado 2, 3 y 4 minutos no existen diferencias significativas y por lo tanto, no son influyentes sobre los valores de estos

parámetros, entonces se concluye que si se hornea 2 o 4 minutos se obtendrán los mismos resultados.

**Tabla 3.18.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para los valores de gomosidad y masticabilidad de las variedades Emilia y Jon-a

Factores	Niveles	GOMOSIDAD		MASTICABILIDAD	
		Probabilidad	Gomosidad*	Probabilidad	Masticabilidad*
A: Tiempo de horneo (min)	0	0,0000	321,56 a	0,0000	288,70 a
	2		22,44 b		15,11 b
	3		21,02 b		14,63 b
	4		17,22 b		12,63 b
B: Variedad	Jon-a	0,0323	125,68 a	0,0373	114,32 m
	Emilia		65,44 b		51,21 n

\* Los datos que tiene diferente letra en la columna de media son las que tienen entre sí diferencia significativa

Los mejores tratamientos son aquellos que presenten menores valores de gomosidad y masticabilidad, a partir de la información presentada en las Figuras 3.17 y 3.18, y complementada con los datos de la Tabla 3.18, se observa que el tratamiento de menor gomosidad (15,94 g\*) y masticabilidad (11,85), corresponde al horneo a 4 minutos de la variedad Emilia.

Para los parámetros de textura explicados anteriormente, excepto para la elasticidad y la fracturabilidad, a partir de sus resultados mediante la prueba de Tukey, se observa que al hornear en microondas, sin importar el tiempo (2, 3 y 4 minutos) se obtienen los mismos resultados. Esto se da ya que las variedades Jon-a y Emilia se convierten en puré desde el primer tratamiento. Sin embargo, el tratamiento de la variedad Emilia horneada durante 4 minutos brinda mejores características de textura que los demás tratamientos. En el Anexo XXIX, se presentan los valores promedios, la desviación estándar y los análisis de varianza de parámetros de calidad definidos dentro de las pruebas experimentales.

**Sólidos solubles:** En la Tabla 3.19, se muestra la probabilidad obtenida con el análisis de varianza y los resultados de la comparación de múltiples rangos de Tukey para la cantidad de ° Brix de todas las variedades en estudio.

**Tabla 3.19.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los valores de sólidos solubles ( $^{\circ}$  Brix) del diseño experimental planteado

		<b>SÓLIDOS SOLUBLES (<math>^{\circ}</math> Brix)</b>	
<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Sólidos solubles*</b>
A: Tiempo de horneado (min)	0	0,0000	13,25 d
	2		16,44 c
	3		17,92 b
	4		21,01 a
B: Variedad	Jon-a	0,0000	18,96 m
	Emilia		18,47 m
	Royal		15,13 n
	Granny		16,07 o

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

De acuerdo a la FAO, 1993, el contenido de sólidos solubles, interviene en la calidad de las frutas y hortalizas procesadas. Un mayor contenido de sólidos solubles representa un alimento más dulce, por ende se busca los tratamientos que generen valores altos medidos en  $^{\circ}$  Brix. De acuerdo a Rojas *et al.*, 2005, la temperatura de procesamiento influye en el contenido de los sólidos solubles. En la Tabla 3.19 se observa que el tiempo de horneado y la variedad tienen significancia estadística sobre los valores de sólidos solubles. El mejor tratamiento en cuanto al tiempo de horneado es 4 minutos y para las variedades Jon-a y Emilia, que generan valores estadísticamente iguales.

**pH:** En la Tabla 3.20, se muestra la probabilidad obtenida con el análisis de varianza y los resultados de la comparación de múltiples rangos de Tukey para los valores de pH de las variedades Jon-a, Emilia, Royal gala y Granny smith.

El pH es un parámetro que indica la acidez, pero no está ligado con la calidad sensorial de un producto ni tampoco con los porcentajes de ácidos predominantes en un alimento. Los valores altos de pH, luego de un proceso térmico, influyen en la estabilidad de las proteínas y en la formación de complejos benéficos con

ciertos minerales (Binaghi *et al.*, 2007). Bajo este contexto el mejor tratamiento en horneado microondas es aquel con mayores valores de pH. Los valores bajos de pH ayudan al control del crecimiento microbiano (Ramírez y Pacheco, 2011).

**Tabla 3.20.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para los valores de pH del diseño experimental planteado

Factores	Niveles	pH	
		Probabilidad	pH*
A: Tiempo de horneado(min)	0	0,0232	3,48 b
	2		3,61 ab
	3		3,58 ab
	4		3,64 a
B: Variedad	Jon-a	0,0000	3,50 n
	Emilia		3,63 n
	Royal		3,90 m
	Granny		3,28 o

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

A partir de las aseveraciones anteriores, para la variedad se decidió establecer como mejores tratamientos, aquellos que presenten valores medios, con la finalidad de que compartan los beneficios del control microbiológico y la disponibilidad mineral del producto final.

Los mejores tratamientos, en cuanto al tiempo de horneado en microondas corresponde a 4 minutos y en cuanto a las variedades, Jon-a y Emilia debido a que generan valores estadísticamente iguales.

**Acidez:** En la Tabla 3.21, se muestra la probabilidad obtenida con el análisis de varianza y los resultados de la comparación de múltiples rangos de Tukey para los porcentajes de acidez de todas las variedades en estudio.

La acidez en manzanas se define como la cantidad de ácido málico presente en cada fruta; este ácido tiene las propiedades de intervenir en el control

microbiológico, evitar el oscurecimiento enzimático y realzar los sabores. Además es un potente antioxidante benéfico para las funciones del cuerpo (Curiel, 2004). Bajo estos argumentos, los mejores tratamientos son aquellos que resulten en valores altos de ácido málico.

**Tabla 3.21.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para la acidez (% ácido málico) del diseño experimental planteado

Factores	Niveles	% ACIDEZ	
		Probabilidad	Acidez*
A: Tiempo de horneo (min)	0	0,0000	0,34 d
	2		0,38 c
	3		0,41 b
	4		0,47 a
B: Variedad	Jon-a	0,0000	0,43 n
	Emilia		0,37 o
	Royal		0,26 p
	Granny Smith		0,54 m

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

En la Tabla 3.21 se observa que el tiempo de horneo y la variedad tienen significancia estadística sobre los valores de acidez (% ácido málico); por lo que se infiere que si se cambia el tiempo de horneo o la variedad también lo harán los valores de acidez.

El mejor tratamiento en cuanto al tiempo de horneo es 4 minutos y la variedad que genera un mayor resultado de acidez es Granny smith, seguida por Jon-a.

**Humedad:** En la Tabla 3.22, se muestra la probabilidad obtenida con el análisis de varianza y los resultados de la comparación de múltiples rangos de Tukey para los porcentajes de humedad de las variedades Jon-a, Emilia, Royal gala y Granny smith. La humedad es un aspecto fundamental en la conservación de los alimentos, mayores contenidos de humedad significan mayor riesgo de contaminación microbiológica. El producto que se desea obtener debe tener la

aparición de puré y porcentajes bajos de humedad contribuyen a este fin (Cubero, 2010). Los valores bajos de humedad influyen también en la homogeneidad del producto. Por las afirmaciones descritas con anterioridad, los mejores tratamientos son aquellos que reporten valores bajos de humedad.

**Tabla 3.22.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para la humedad (%) del diseño experimental planteado

Factores	Niveles	HUMEDAD (%)	
		Probabilidad	Humedad*
A: Tiempo de horneado (min)	0	0,0000	84,77 a
	2		82,57 b
	3		80,60 c
	4		77,80 d
B: Variedad	Jon-a	0,0000	79,37 o
	Emilia		78,57 o
	Royal		85,76 m
	Granny Smith		82,04 n

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

En la Tabla 3.22 se observa que tanto el tiempo de horneado como la variedad de manzana utilizada poseen significancia estadística y por lo tanto, influyen sobre el porcentaje de humedad del producto final. Los mejores tratamientos, en cuanto al tiempo de horneado en microondas corresponde a 4 minutos y en cuanto a las variedades, Jon-a y Emilia debido a que generan valores bajos y estadísticamente iguales.

**Líquido eliminado:** En la Tabla 3.23, se muestra la probabilidad obtenida con el análisis de varianza y los resultados de la comparación de con la prueba de Tukey para los porcentajes de la cantidad de líquido eliminado de todas las variedades.

La manzana es una fruta con elevado contenido de agua y compuestos soluble en ella, por lo tanto, al someter a una fruta a tratamiento térmico, ésta perderá gran cantidad de estos componentes.

**Tabla 3.23.** Valores de probabilidad y resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para la cantidad de líquido eliminado (g) del diseño experimental planteado

		<b>LÍQUIDO ELIMINADO</b>	
<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Líquido eliminado*</b>
A: Tiempo (min)	0	0,0000	0,00 d
	2		3,00 c
	3		5,20 b
	4		8,55 a
B: Variedad	Jon-a	0,0000	1,37 o
	Emilia		4,17 n
	Royal		6,24 m
	Granny		4,98 mn

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

La pérdida de líquido influirá sobre el porcentaje de humedad pero también intervendrá en la calidad del producto final. Por estos motivos, se decidió que los tratamientos con mejor respuesta a esta variable son aquellos que presenten mayor cantidad de líquido eliminado en cuanto al tiempo de horneado ya que de cierta forma el tratamiento térmico se correlaciona con la pérdida de humedad, y menor cantidad de líquido eliminado en cuanto a la variedad ya que del cultivar depende la calidad del producto final. Como se observa en la Tabla 3.23, tanto el tiempo de horneado en microondas, como la variedad de manzana tienen significancia estadística sobre los resultados de líquido eliminado. El mejor tratamiento es el correspondiente a la variedad Jon-a horneada durante 4 minutos. De acuerdo a la Tabla 3.23, la variedad Emilia también brinda valores bajos de líquido eliminado.

### **3.3 SELECCIÓN DE TRATAMIENTOS DEL HORNEADO CON MICROONDAS**

Es importante mencionar que para la selección de los mejores tratamientos de

horneo de manzana en microondas, se tomó a la fracturabilidad como el factor más importante e influyente debido a que es el parámetro de textura que definirá la apariencia del producto final.

Después de evaluar la tendencia de la curva de fracturabilidad y con base a los resultados del análisis estadístico de los parámetros de calidad se establece que los mejores tratamientos son los correspondientes a 4 minutos de horneado de las variedades nacionales Emilia y Jon-a.

Con la finalidad de caracterizar las variedades importadas luego de someterlas a tratamientos térmicos con microondas se agregó como muestras de control a las variedades Royal gala y Granny smith horneadas a 4 minutos.

De aquí en adelante para facilidad de discusión de resultados, los tratamientos tendrán los siguientes nombres  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ; donde:

- $T_0$ : Variedad Jon-a, tiempo de horneado 4 minutos.
- $T_1$ : Variedad Emilia, tiempo de horneado 4 minutos.
- $T_2$ : Variedad Royal gala, tiempo de horneado 4 minutos.
- $T_3$ : Variedad Granny smith, tiempo de horneado 4 minutos.

### **3.4 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO FINAL**

Previa a la discusión de los resultados de los análisis de químicos, funcionales y enzimáticos de las muestras de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas es importante mencionar que se hicieron pruebas en muestras al azar de cada tratamiento para controlar los valores de temperatura de los tratamientos a 4 minutos a la salida del microondas. Se observó que los valores de temperatura variaban entre 85 ° y 95 °C.

Para las variables de pectina, ácido ascórbico, polifenoles, flavonoides, antocianinas, carotenoides, poder antioxidante, actividad peroxidasa y actividad polifenoloxidasas de los tratamientos seleccionados se realizaron análisis de varianza con finalidad comparativa de las muestras. Dichos ANOVAS se muestran en el Anexo XXX.

### 3.4.1 PECTINA

En la Tabla 3.24., se presentan los resultados de los análisis del contenido de pectina de las muestras de los tratamientos seleccionados, el valor de probabilidad de significación derivado del análisis de varianza y la comparación de las muestras en estudio mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) y los porcentajes de variación, obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.24.** Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de aumento con respecto a muestras crudas del porcentaje de pectina de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

TRATAMIENTO	PECTINA (% pectato de calcio)		
	Probabilidad	Pectina	% Variación
T <sub>0</sub>	0,0000	0,56 ± 0,04 a	24,31
T <sub>1</sub>		0,48 ± 0,00 b	32,93
T <sub>2</sub>		0,31 ± 0,01 c	20,34
T <sub>3</sub>		0,45 ± 0,01 b	24,07

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

La pectina, sustancia disponible en las paredes celulares de los tejidos de las frutas, está formada por cadenas de ácido galacturónico esterificado en metanol; este metanol se pierde con relativa facilidad luego de un tratamiento térmico y deja cadenas de ácido libre; por ende el contenido de ácido galacturónico, o también llamado ácido péptico aumenta y consecuentemente el análisis de

pectina da como resultado valores más altos que en muestras crudas (Untiveros, 2003; Hernández, 2010).

La pectina tiene la propiedad de formar geles, en medio ácido y en presencia de azúcares, como es la manzana, es por ello que valores altos de pectina favorecen la obtención de productos cuya consistencia se asemeje a la de un puré, además, actúa como un protector para evitar la formación de estructura arenosa (Hernández, 2010; SilvaTeam, 2008).

También se afirma que la pectina tiene funciones benéficas dentro del tracto gastrointestinal y ayuda a equilibrar el nivel de azúcar y colesterol en la sangre (Seipel *et al.*, 2009).

Según se muestra en la Tabla 3.24, todos los tratamientos dan como resultado valores significativamente diferentes, por lo que se infiere que el contenido de pectina luego de los tratamientos con microondas depende de la variedad. Los valores de pectina más altos se obtienen del tratamiento  $T_0$ , correspondiente a la variedad Jon-a con un valor promedio de 0,56; seguido por el tratamiento  $T_1$ , correspondiente a la variedad Emilia con un valor de 0,48. En cuanto al porcentaje de aumento de la cantidad de pectina, se observa que estos tratamientos poseen también el mayor porcentaje de aumento de la cantidad de pectina; 24,31% para  $T_0$  y 32,93% para  $T_1$ , pero esto básicamente depende de las características de los tejidos de cada variedad.

### 3.4.2 ÁCIDO ASCÓRBICO

En la Tabla 3.25., se presentan los resultados de los análisis del contenido de ácido ascórbico de las muestras de los tratamientos seleccionados, el valor de probabilidad de significación derivado del análisis de varianza y la comparación de las muestras en estudio mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) y los porcentajes de variación, obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.25.** Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de ácido ascórbico de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

<b>ÁCIDO ASCÓRBICO</b> (mg/100 g de materia seca)			
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Ácido Ascórbico*</b>	<b>% Variación</b>
T <sub>0</sub>	0,0000	28,41 ± 5,62 b	83,38
T <sub>1</sub>		45,80 ± 2,07 a	74,33
T <sub>2</sub>		12,53 ± 0,80 c	81,10
T <sub>3</sub>		22,79 ± 2,07 b	75,67

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

La vitamina C es uno de los nutrientes más lábiles; el procesamiento de un alimento que la contiene, provoca gran pérdida de su actividad. La degradación de la actividad del ácido ascórbico se da a partir de 28 °C y a medida que aumenta la temperatura, su actividad puede perderse hasta el 100%, dicha pérdida se da por oxidación o por lixiviación (Cedeño y Velásquez, 2007).

La lixiviación del ácido ascórbico se presenta en las frutas cuando existe un daño físico y la oxidación se ve favorecida por factores como luz y calor (Peñas, 2007; Castillo y Miranda, 1995). En los tratamientos en horno microondas interactúan la luz, el calor, el campo magnético y el movimiento mecánico dentro de la cavidad de calentamiento; estos elementos influyen también en los daños físicos presentados en el alimento tratado. En consecuencia, los alimentos sometidos a procedimientos con microondas generan pérdidas importantes de la actividad del ácido ascórbico.

Según se muestra en la Tabla 3.25, todos los tratamientos dan como resultado valores significativamente diferentes, por ende el contenido de vitamina C en manzana luego de los tratamientos con microondas depende de la variedad. Los valores más altos de ácido ascórbico se obtienen del tratamiento T<sub>1</sub>, correspondiente a la variedad Emilia con un valor promedio de 45,80; seguido por el tratamiento T<sub>0</sub>, correspondiente a la variedad Jon-a con un valor de 28,41.

El porcentaje de reducción de ácido ascórbico en manzana luego de los tratamientos en microondas es elevado. Para todas las variedades las pérdidas son mayores al 70,00%, pero la variedad Emilia presenta menor reducción (74,33%).

Datos reportados por Escalante, 2009; indican que muestras de puré de manzana tratadas a 85 °C perdieron casi la totalidad de vitamina C.

### 3.4.3 POLIFENOLES

En la Tabla 3.26., se presentan los resultados de los análisis del contenido de polifenoles de las muestras de los tratamientos seleccionados, el valor de probabilidad de significación derivado del análisis de varianza y la comparación de las muestras en estudio mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) y los porcentajes de variación, obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.26.** Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de polifenoles de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

TRATAMIENTO	POLIFENOLES (mg GAE/ g de materia seca)		
	Probabilidad	Polifenoles*	% Variación
T <sub>0</sub>	0,0000	13,38 ± 0,44 a	42,54
T <sub>1</sub>		9,47 ± 0,33 b	58,82
T <sub>2</sub>		4,01 ± 0,38 c	68,39
T <sub>3</sub>		2,81 ± 0,23 d	71,61

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

Los polifenoles son elementos antioxidantes cuyo consumo en la actualidad es recomendado debido a que posee propiedades antiinflamatorias, antidiarreicas, antivirales, antialérgicas, antitrombóticas y vasodilatadoras, sin embargo; son

compuestos de fácil degradación durante la manipulación industrial, generalmente la destrucción de estos elementos se da por cambio de temperatura y por oxidación (Paladino, 2007; Reátegui *et al.*, 2007).

De acuerdo a información presentada en Vásquez *et al.*, 2005, el uso de tecnologías microondas genera pérdidas de nutrientes y compuestos antioxidantes similares a las pérdidas producidas en los tratamientos tradicionales de cocción o calentamiento, debido a que intervienen factores como aumento de temperatura, presencia de luz y daño físico del alimento que permite el ingreso de aire y facilita los procesos oxidativos.

Los polifenoles, además de poseer propiedades benéficas para el consumidor están asociados al color y a las características sensoriales de los productos. De acuerdo a las afirmaciones anteriores, es importante que los tratamientos de manzana en microondas no generen pérdidas excesivas de estos compuestos. Según se muestra en la Tabla 3.26, todos los tratamientos dan como resultado valores significativamente diferentes, lo que quiere decir el contenido de polifenoles luego de los tratamientos con microondas depende de la variedad. Los valores de polifenoles más altos se obtienen del tratamiento  $T_0$ , correspondiente a la variedad Jon-a con un valor promedio de 13,38; seguido por el tratamiento  $T_1$ , correspondiente a la variedad Emilia con un valor de 9,47. De igual manera los menores porcentajes de disminución de polifenoles los presentan los tratamientos  $T_0$  (42,52%) y  $T_1$  (58,82%).

#### **3.4.4 FLAVONOIDES**

En la Tabla 3.27., se presentan los resultados de los análisis del contenido de flavonoides de las muestras de los tratamientos seleccionados, el valor de probabilidad de significación derivado del análisis de varianza y la comparación de las muestras en estudio mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) y los porcentajes de variación, obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.27.** Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de flavonoides de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

TRATAMIENTO	FLAVONOIDES (mg quercetina/ 100 g de materia seca)		
	Probabilidad	Flavonoides*	% Variación
T <sub>0</sub>	0,0000	18,63 ± 1,04 d	87,84
T <sub>1</sub>		69,73 ± 5,44 a	68,81
T <sub>2</sub>		48,39 ± 3,07 b	62,56
T <sub>3</sub>		37,71 ± 2,28 c	75,19

\* Los datos que tiene diferente letra en la columna de media son las que tienen entre sí diferencia significativa

Los flavonoides son compuestos antioxidantes constituyentes de la parte no energética de la dieta humana que actúan sinérgicamente con la vitamina C e influyen favorablemente en el organismo humano sobre todo en el sistema circulatorio e inmunológico (Martínez *et al.*, 2002). Se caracterizan por ser hidrosolubles y susceptibles frente a cambios químicos, físicos y térmicos, generalmente provocados en el procesamiento de los alimentos. Durante los procesos térmicos (en los que se incluyen los tratamientos microondas) se genera degradación y/o pérdida de los flavonoides debido a que estos forman parte de la organización tisular; producto del aumento de la temperatura los tejidos se rompen, los flavonoides se lixivian y se destruyen en contacto con el aire (Agostini *et al.*, 2004).

Según se observa en la Tabla 3.27, el contenido de flavonoides para los diferentes tratamientos es significativamente diferente, lo que quiere decir que la variedad de manzana influye directamente en el contenido de estos compuestos después de los procedimientos en microondas.

El tratamiento que presenta mayor contenido de flavonoides es el T<sub>1</sub>, correspondiente a la variedad Emilia con un valor promedio de 69,73. Los demás tratamientos presentan valores considerablemente menores, a pesar de ello el tratamiento T<sub>1</sub> no es el que menor porcentaje de disminución presenta (68,81%),

aunque el valor de reducción más bajo es similar (62,56%); este último corresponde al tratamiento T<sub>2</sub> (variedad Royal gala).

### 3.4.5 ANTOCIANINAS

En la Tabla 3.28., se presentan los resultados de los análisis del contenido de antocianinas de las muestras de los tratamientos seleccionados, el valor de probabilidad de significación derivado del análisis de varianza y la comparación de las muestras en estudio mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) y los porcentajes de variación, obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.28.** Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de antocianinas de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

TRATAMIENTO	ANTOCIANINAS (mg cloruro de cianidina/ 100 g de materia seca)		
	Probabilidad	Antocianinas*	% Variación
T <sub>0</sub>	0,0000	11,40 ± 0,97 c	67,65
T <sub>1</sub>		20,85 ± 0,40 a	46,02
T <sub>2</sub>		13,48 ± 0,07 b	56,55
T <sub>3</sub>		21,74 ± 0,95 a	32,38

\* Los datos que tiene diferente letra en la columna de media son las que tienen entre sí diferencia significativa

Las antocianinas son un importante grupo de pigmentos solubles en agua pertenecientes a los compuestos fenólicos; localizadas principalmente en la piel de las frutas responsables de conferir los colores rojo, azul y violeta. Poseen un elevado poder reductor y desde el punto de vista funcional contribuyen a detoxificar procesos que conducen a la producción de radicales libres y a la muerte celular (del Valle *et al.*, 2005; Acevedo, 2003). Las antocianinas son susceptibles al incremento de la temperatura, estos pigmentos son notoriamente destruidos por acción del calor producido durante el procesamiento y el

almacenamiento de los alimentos. La estabilidad de estos compuestos también depende de factores como enzimas, pH, oxígeno y luz (Acevedo, 2003).

La degradación de las antocianinas influye directamente en el deterioro del color de los productos durante el procesamiento; según investigaciones de Jiménez *et al.*, 2004, si se compara los diferentes tratamientos térmicos, la mejor opción para el mantenimiento de este tipo de compuestos es la aplicación de tecnologías microondas.

Según se observa en la Tabla 3.28, de acuerdo a la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5%, los tratamientos poseen valores significativamente diferentes, excepto T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub>, por lo que se concluye que la variedad influye en el contenido de antocianinas luego del tratamiento con microondas de manzana.

El tratamiento T<sub>3</sub>, correspondiente a la variedad Granny smith y el tratamiento T<sub>1</sub> correspondiente a la variedad Emilia son los que poseen mayor contenido de antocianinas con valores de 21,74 mg y 20,85 mg respectivamente y son estadísticamente iguales. Así mismo, los menores porcentajes de disminución corresponden a los tratamientos T<sub>3</sub> (32,38%) seguido por el T<sub>1</sub> (46,02%).

### 3.4.6 CAROTENOIDES

En la Tabla 3.29., se presentan los resultados de los análisis del contenido de carotenoides de las muestras de los tratamientos seleccionados y los porcentajes de variación, obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

Después del horneado con microondas, los valores de carotenoides se reducen. En la Tabla 3.29 se presentan también los porcentajes de disminución de los carotenoides obtenidos de la comparación del promedio de los valores de los tratamientos seleccionados con los valores promedios de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.29.** Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del contenido de carotenoides de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

TRATAMIENTO	CAROTENOIDES ( $\mu\text{g} / \text{g}$ de materia seca)	
	Carotenoides*	% Variación
T <sub>0</sub>	0,78 $\pm$ 0,08 a	36,02
T <sub>1</sub>	0,93 $\pm$ 0,03 a	10,41
T <sub>2</sub>	0,87 $\pm$ 0,05 a	2,99
T <sub>3</sub>	0,85 $\pm$ 0,06 a	25,18

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

Los carotenoides, son copigmentos de las antocianinas, responsables de la coloración de gran número de frutas y vegetales, generalmente intervienen en las coloraciones amarillas y naranjas. Desde un punto de vista nutricional, numerosos estudios han demostrado su efecto beneficioso en la salud humana, sobre todo por ser compuestos precursores de la vitamina A y por poseer elevada actividad antioxidante (Meléndez *et al.*, 2004; Martínez, 2003).

Los carotenoides son compuestos altamente insaturados. Al igual que los demás compuestos antioxidantes, su degradación se da fundamentalmente debido a procesos oxidativos. Factores como la luz, el pH y la temperatura son aceleradores de las reacciones que causan destrucción de estos compuestos. Su pérdida además de producir cambios de color en el alimento, conlleva una disminución de su valor nutritivo (Meléndez *et al.*, 2004).

En manzana, la mayor parte de carotenoides están presentes en la pulpa; según estudios de Agostini *et al.*, 2004 si se realizan tratamientos térmicos de cocción con la cáscara de la fruta; esta actuará como medio de protección durante el procesamiento y evitará en lo posible las pérdidas de estos compuestos.

En la Tabla 3.29., se observa que, el contenido de carotenoides para todos los tratamientos es estadísticamente similar, la probabilidad de significación es

0,0684. Sin embargo, se observa que el porcentaje de disminución de estos compuestos comparados con las muestras crudas, es muy variable para todas las muestras, esto se debe a que la velocidad de deterioro de los carotenoides es una propiedad inherente a cada fruta (Jiménez *et al.*, 2004)

El tratamiento T<sub>2</sub>, correspondiente a la variedad Royal gala es aquel que presenta menor deterioro de los carotenoides con un porcentaje de reducción correspondiente a 2,99%, frente al tratamiento T<sub>0</sub>, correspondiente a la variedad Jon-a, con el porcentaje de disminución más alto (36,02%).

### 3.4.7 PODER ANTIOXIDANTE

En la Tabla 3.30., se presentan los resultados de los análisis del poder antioxidante de las muestras de los tratamientos seleccionados, el valor de probabilidad de significación derivado del análisis de varianza y la comparación de las muestras en estudio mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) y los porcentajes de variación, obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.30.** Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de disminución con respecto a muestras crudas del poder antioxidante de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

<b>PODER ANTIOXIDANTE (mg BHA / 100 g de materia seca)</b>			
<b>TRATAMIENTO</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Poder antioxidante*</b>	<b>% Variación</b>
T <sub>0</sub>	0,0000	28,68 ± 0,54 b	74,95
T <sub>1</sub>		24,48 ± 2,18 c	83,17
T <sub>2</sub>		34,43 ± 0,22 a	44,36
T <sub>3</sub>		18,25 ± 1,36 d	79,31

\* Los datos que tiene diferente letra en la columna de media son las que tienen entre sí diferencia significativa

La capacidad antioxidante es el valor global del poder reductor de compuestos como la vitamina C, los polifenoles, los flavonoides, las antocianinas y los

carotenoides; se infiere entonces que si la actividad propia de cada uno de estos compuestos disminuye, también lo hará el poder antioxidante (Acevedo *et al.*, 2004).

Según estudios de Acevedo *et al.*, 2004 y Agostini *et al.*, 2004, el poder antioxidante se ve influenciado de manera negativa con los tratamientos térmicos.

La destrucción de los compuestos antioxidantes no se da solamente por el incremento de temperatura, sino también por el tiempo de cocción y por el tipo de calor aplicado. En tratamientos con microondas, además intervienen factores como la luz y el cambio magnético de las partículas, la pérdida de actividad antioxidante en los alimentos es uno de los efectos negativos de este tipo de tecnologías.

Según se observa en la Tabla 3.30, el poder antioxidante para los diferentes tratamientos es significativamente diferente, lo que quiere decir que la variedad de manzana influye directamente en la actividad antioxidante después de los procedimientos en microondas.

El tratamiento que presenta mayor poder reductor  $T_2$ , correspondiente a la variedad Royal gala con un valor promedio de 34,43, seguido por el tratamiento  $T_0$  de la variedad Jon-a con un valor 28,68. Lo mismo sucede para el porcentaje de disminución, para el tratamiento  $T_2$  este valor corresponde a 44,36% y para  $T_0$  corresponde a 74,95%.

Según estudios de Agostini, *et al.*, 2004, en manzanas tratadas en microondas durante 2 minutos, la pérdida de capacidad antioxidante fue del 34%, por lo que se concluye que a mayor tiempo de horneado en microondas mayor será el deterioro de la capacidad antioxidante.

Si bien es cierto, el tratamiento  $T_2$ , no se destacó en el contenido de los compuestos antioxidantes, tampoco es el tratamiento que posee mayor pérdida de compuestos como polifenoles y flavonoides, y es el tratamiento que

prácticamente mantuvo su contenido de carotenoides, por consiguiente su actividad antioxidante fue la de mejor conservación. El tratamiento T<sub>0</sub>, obtuvo el mayor contenido de polifenoles, lo que hace suponer que estos compuestos son los que dictan su poder antioxidante. El contenido de compuestos como vitamina C, flavonoides y antocianinas sobresalen en el tratamiento T<sub>1</sub>, de la variedad Emilia, sin embargo presenta el mayor porcentaje de disminución del poder reductor (83,17%), esto puede deberse a que la capacidad antioxidante en las muestras crudas, es la más elevada.

### 3.4.8 ANÁLISIS PROXIMAL

Los resultados del análisis proximal de las muestras de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas se muestran en la Tabla 3.31.

**Tabla 3.31.** Resultados del análisis proximal de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

VARIEDAD	PARÁMETROS*				
	Cenizas %	Extracto Etéreo %	Proteína %	Fibra %	Extracto libre de Nitrógeno %
T <sub>0</sub>	2,09 ± 0,00	1,61 ± 0,00	2,16 ± 0,01	7,13 ± 0,01	87,01 ± 0,01
T <sub>1</sub>	1,82 ± 0,00	1,36 ± 0,00	2,41 ± 0,02	7,03 ± 0,00	87,39 ± 0,01
T <sub>2</sub>	2,61 ± 0,00	0,82 ± 0,01	2,42 ± 0,01	6,20 ± 0,01	87,95 ± 0,01
T <sub>3</sub>	2,55 ± 0,00	1,60 ± 0,02	2,28 ± 0,00	8,19 ± 0,00	85,38 ± 0,01
Promedio n = 2					

\* Los datos se reportan en base seca

Según se observa en la Tabla 3.31, el contenido de ceniza en las diferentes muestras de manzana horneada difiere entre 1,82% hasta 2,61%, comparada con las muestras frescas, estos valores aumentan ligeramente. Según información presentada por Alonso *et al.*, 2002, los valores de cenizas para manzana asada en horno tradicional corresponden a 1,6% a 1,9%. Se observa que los

tratamientos en microondas dan como resultado valores similares a la bibliografía consultada. El contenido de extracto varía entre valores 0,62% y 1,61%. Según Alonso *et al.*, 2002, los valores de grasa en manzana horneada varían entre 2,3% y 2,4%, por lo que se observa que los tratamientos en microondas dan menores porcentajes de grasa.

En cuanto al porcentaje de proteínas, todas las variedades poseen valores correspondientes a valores en el rango de 2,16% a 2,42%; además los resultados son equivalentes a los de las muestras crudas. De acuerdo a la Fundación Clinic, 2010, para manzana horneada en microondas los valores en base seca de proteínas corresponden a 2.1. Los porcentajes de fibra varían en un rango de 6,20% y 8,19%. Según Hernández, 2010 y Alonso *et al.*, 2002, los porcentajes de fibra en manzana asada en horno tradicional varían entre 11% y 14% y producto del tratamiento térmico los valores de fibra aumentan en comparación con la fruta cruda, por lo que se puede inferir que el tratamiento microondas no produce efectos benéficos sobre el porcentaje de fibra en manzana horneada.

Los porcentajes de extracto libre de nitrógeno o carbohidratos poseen valores similares a los de las frutas crudas y varían entre valores de 85,38% y 87,95%, según Alonso *et al.*, 2002, los carbohidratos presentes en manzana asada varían entre valores de 80% y 85%, por lo que los resultados de esta investigación son equivalentes a los de la bibliografía.

### **3.4.9 ANÁLISIS DE MINERALES TOTALES**

Los resultados del análisis de minerales totales en muestras de tratamientos seleccionados se manzana horneada en microondas se muestran en la Tabla 3.32.

De acuerdo a Hernández y Sastre, 1999, los minerales de cualquier alimento luego de un tratamiento térmico no se ven afectados ni varían en su disponibilidad, por lo cual se puede asumir que en manzana horneada en

microondas la cantidad de minerales es similar al de las muestras crudas. No se dispone de información de manzana horneada por métodos tradicionales ni microondas ni tampoco de puré de manzana apta para comparación de los resultados de este estudio.

**Tabla 3.32.** Resultados del análisis de minerales totales de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

MINERALES*	UNIDADES	VARIEDADES			
		T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
<b>Ca</b>	%	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,02	0,03 ± 0,02
<b>P</b>	%	0,08 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,07 ± 0,00	0,08 ± 0,00
<b>Mg</b>	%	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,00
<b>K</b>	%	0,84 ± 0,01	0,81 ± 0,01	0,95 ± 0,02	0,95 ± 0,02
<b>Na</b>	%	0,03 ± 0,00	0,04 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00
<b>Cu</b>	ppm	4,00± 0,00	4,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00	3,00 ± 0,00
<b>Fe</b>	ppm	41,00 ± 0,00	35,00 ± 0,00	48,00 ± 0,00	19,00 ± 0,00
<b>Mn</b>	ppm	4,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	6,00 ± 0,00	2,00 ± 0,00
<b>Zn</b>	ppm	2,00 ± 0,00	4,00 ± 0,00	3,00 ± 0,00	3,00± 0,00
Promedio n = 2					

\* Los datos se reportan en base seca

Según se observa en la Tabla 3.32, al igual que en las muestras crudas, el mineral presente en mayor contenido en las cuatro variedades es el potasio con rango entre 0,81% a 0,95%. El resto de macroelementos tienen proporciones semejantes dentro de las muestras de manzana, aunque se destaca el fósforo con valores correspondientes a 0,05% a 0,08%.

Entre los microelementos sobresale el contenido de hierro, entre todas las variedades, sin embargo el tratamiento T<sub>3</sub> posee un valor notoriamente más bajo que las demás variedades que se poseen valores con un rango de 35 a 48 ppm. Escalante, 2009, y la Bolsa de Comercio de Mendoza, 2000 establecen un rango de 8 a 18 ppm de hierro en manzana cruda; los resultados de este estudio demuestran que para cualquier tratamiento con microondas se obtiene un mayor contenido de hierro. Los demás microelementos tienen proporciones similares dentro de las muestras.

### 3.4.10 ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

Las enzimas presentes en las frutas y vegetales son esenciales ya que catalizan numerosas reacciones metabólicas en las plantas, sin embargo después de la cosecha y durante el procesamiento continúan con su actividad. Esto hace que sean las importantes responsables de la pérdida de factores como sabor, aroma, color y valor nutritivo y por ende, contribuyen a la pérdida de calidad de los alimentos. Para evitar estas reacciones negativas, generalmente se utilizan tratamientos térmicos (Osorio, 2008). Los tratamientos en microondas realizados durante esta investigación tienen un resultado positivo en cuanto a la inactivación enzimática.

En la Tabla 3.33., se presentan los resultados de la actividad peroxidasa de las muestras de los tratamientos seleccionados, el valor de probabilidad de significación derivado del análisis de varianza y la comparación de las muestras en estudio mediante la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) y los porcentajes de inactivación, obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.33.** Valores de probabilidad, valores promedio con sus respectivos resultados de la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) y porcentaje de inactivación con respecto a muestras crudas de la actividad peroxidasa de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

TRATAMIENTO	PEROXIDASA (U / ml)		
	Probabilidad	Peroxidasa*	% Inactivación
T <sub>0</sub>	0,0000	0,61 ± 0,19 b	8,96
T <sub>1</sub>		1,17 ± 0,00 a	8,59
T <sub>2</sub>		0,00 ± 0,00 c	100,00
T <sub>3</sub>		0,78 ± 0,10 b	50,00

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

La peroxidasa (POD), es una enzima capaz de reaccionar con numerosos compuestos, principalmente está involucrada en reacciones de degradación de

los flavonoides; están presentes en las paredes celulares de casi todos los vegetales. La POD pertenece al grupo de las enzimas oxido-reductasas y actúa en presencia de aire. Esta enzima puede producir un gran número de reacciones separadas, por lo que tienen un grado de versatilidad muy elevado en comparación con otras enzimas. La peroxidasa ha sido considerada la enzima más termorresistente en vegetales y frutas (Osorio, 2008; Argüello *et al.*, 2000).

La actividad peroxidasa en frutilla, según estudios de Osorio, 2008, disminuye en un 90% luego de tratarlas a 90 °C por tiempos mayores de 2 minutos y estudios de García *et al.*, 2003, demuestran que para una inactivación total de esta enzima en nabo se necesitan tratamientos térmicos a 80 °C durante 10 minutos.

Según se observa en la Tabla 3.33, los tratamientos de manzana en microondas resultan en valores estadísticamente diferentes, lo cual quiere decir que la variedad influye en los valores residuales de actividad peroxidasa.

Se muestra que el tratamiento  $T_2$ , perteneciente a la variedad Royal gala, inactivó totalmente a la peroxidasa. Los tratamientos  $T_0$  y  $T_3$  poseen valores estadísticamente similares y el tratamiento  $T_1$  posee el valor más alto de peroxidasa residual. El porcentaje de inactivación depende directamente de los valores de actividad peroxidasa en las muestras frescas, es por ello que aunque los tratamientos  $T_3$  y  $T_0$  muestran valores similares, el porcentaje de inactivación para  $T_3$ , es la mitad y para  $T_0$  es menor al 10%.

Como se puede observar en los tratamientos seleccionados de horneado de manzana en microondas, la actividad peroxidasa no sigue una sola tendencia de inactivación para las diversas variedades. Según García *et al.*, 2003, la peroxidasa al ser la enzima más termorresistente, no sigue una dinámica de inactivación y su comportamiento después de los tratamientos térmicos es diferente e inusual en cada muestra.

En la Tabla 3.34., se presentan los resultados de la actividad polifenoloxidasa de las muestras de los tratamientos seleccionados y los porcentajes de inactivación,

obtenidos de la comparación de los resultados de los tratamientos seleccionados con los valores de sus correspondientes muestras crudas.

**Tabla 3.34.** Resultados promedios y porcentaje de inactivación con respecto a muestras crudas de la actividad polifenoloxidasa de las muestras de manzana horneada de los tratamientos seleccionados

TRATAMIENTO	POLIFENOLOXIDASA (U / ml)	% Inactivación
T <sub>0</sub>	3,08 ± 0,56 a	93,65
T <sub>1</sub>	3,20 ± 0,93 a	96,86
T <sub>2</sub>	2,46 ± 0,21 a	96,38
T <sub>3</sub>	2,22 ± 0,10 a	92,55

\* Los datos que tienen diferente letra en la columna de media son los que tienen entre sí diferencia significativa

Las frutas y vegetales poseen de forma natural la enzima polifenoloxidasa (PPO), la misma que está involucrada en el pardeamiento enzimático y en la generación de características sensoriales indeseables y pérdida de la calidad nutricional. El oscurecimiento de los productos vegetales se da por la oxidación de los compuestos fenólicos, y como ya se ha explicado anteriormente, las propiedades benéficas de estos compuestos en el organismo humano hacen que se busquen tratamientos térmicos que eviten la actividad de esta enzima y reduzca los daños colaterales a elementos antioxidantes (Celis, 2007; Osorio, 2008).

Según Vásquez *et al*, 2005, el grupo de las oxido-reductasas, excepto la peroxidasa, se destruyen a 60 °C. Osorio, 2008 afirma que el 50% de la actividad de esta enzima en frutilla se pierde a 55°C durante 10 minutos y se pierde completamente si se aumenta 10 °C. En la Tabla 3.34, se observa, todos los valores de actividad polifenoloxidasa residual en tratamientos de manzana en microondas son similares, según el análisis de varianza, su probabilidad de significación es 0,1697; de la misma manera sucede con los porcentajes de inactivación, todos los valores son equivalentes y superan el 90%. De estos resultados se puede afirmar que el tratamiento de manzana en microondas es benéfico para la inactivación de la polifenoloxidasa y que la variedad no influye en la degradación de esta enzima.

### 3.4.11 ANÁLISIS SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD

En la Tabla 3.35 se observan las sumatorias de resultados de la prueba de ordenamiento de las muestras de manzana horneada en microondas y en la Tabla 3.36 se presentan las comparaciones de los valores de las diferentes muestras.

En el Anexo XXXI se muestran los resultados totales de las pruebas de ordenamiento de acuerdo a cada panelista (bloques).

Según la Tabla de diferencias críticas absolutas de la suma de rangos para las comparaciones de tratamientos a un nivel de significancia del 5%, con 30 panelistas y 4 muestras, el valor crítico tabulado para  $p = 0,05$  es de 26.

Bajo este contexto y según se muestra en la Tabla 3.36, no existen diferencias significativas entre las muestras de manzana Emilia y Jon-a horneadas y tampoco las hay entre las muestras de Royal gala y Granny smith.

**Tabla 3.35.** Sumatoria de los resultados de las pruebas de ordenamiento de las muestras de manzana horneada en microondas de los tratamientos seleccionados

	TRATAMIENTOS			
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
<b>Sumatoria de los valores establecidos por los panelistas</b>	94	106	62	38

**Tabla 3.36.** Comparación entre las combinaciones posibles de las sumatorias de los valores de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas

Combinaciones de Tratamientos	Diferencia de sumatorias
T <sub>0</sub> - T <sub>1</sub>	12
T <sub>0</sub> - T <sub>2</sub>	32*
T <sub>0</sub> - T <sub>3</sub>	56*
T <sub>1</sub> - T <sub>2</sub>	44*
T <sub>1</sub> - T <sub>3</sub>	68*
T <sub>2</sub> - T <sub>3</sub>	24

\* Existe diferencia significativa entre los tratamientos

Según se muestra en la Tabla 3.35 y con base en la Tabla 3.36 las muestras con mayor aceptabilidad son Emilia y Jon-a.

En la Tabla 3.37 se presentan los resultados de la prueba hedónica en términos del grado de aceptabilidad para muestras de manzana horneada en microondas, también se muestran los resultados del análisis de varianza y la prueba Duncan.

La tabla de resultados obtenidos para cada panelista y el análisis de varianza de la prueba hedónica de 5 puntos se encuentra en el Anexo XXXII.

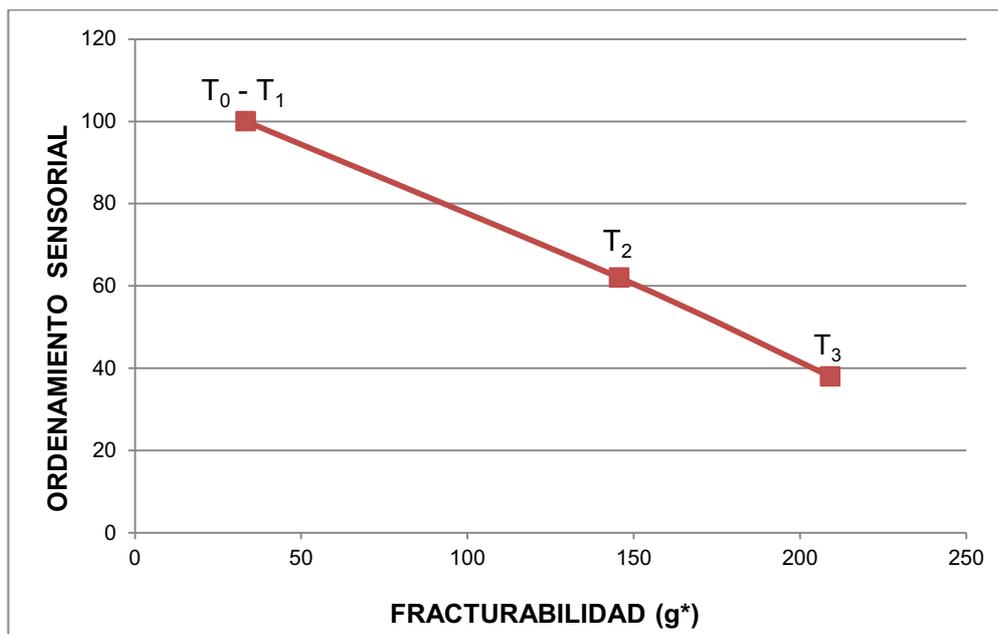
Según el análisis de varianza y la comparación de puntajes promedios de Duncan para la aceptación de manzana horneada en microondas se observa que los tratamientos son estadísticamente diferentes, excepto los tratamientos  $T_0$  y  $T_1$ . Según la escala descriptiva se observa que los tratamientos  $T_0$  y  $T_1$  tuvieron mayor aceptabilidad frente a los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$ .

**Tabla 3.37.** Valores de probabilidad, resultados de la prueba de Duncan de la prueba hedónica de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas

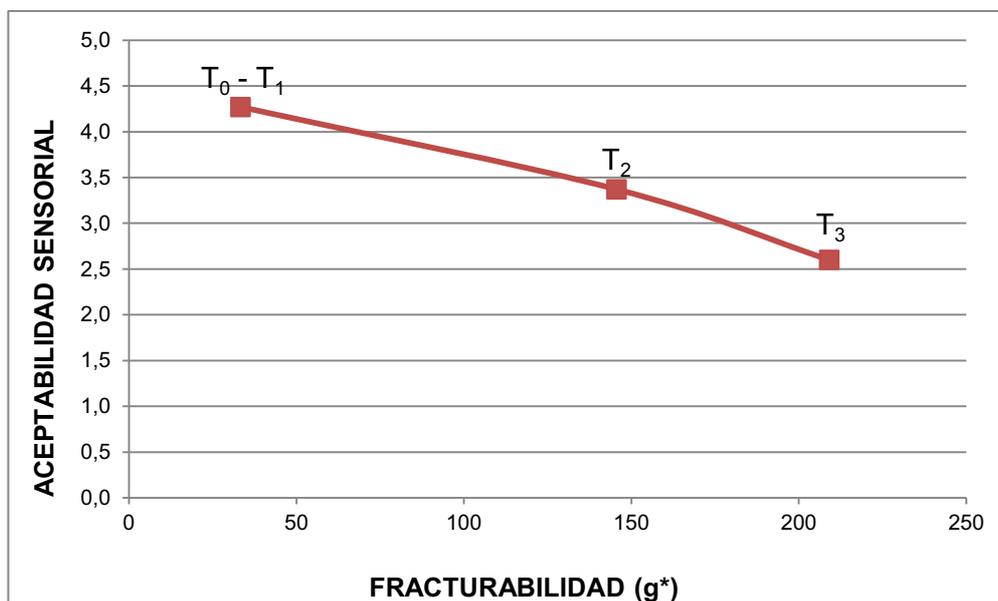
FACTORES	TRATAMIENTO	PROBABILIDAD	PUNTAJE PROMEDIO
Tratamientos	$T_1$	0,0000	4,47 a
	$T_0$		4,07a
	$T_2$		3,37 b
	$T_3$		2,60 c

No existe diferencias entre los puntajes asignados entre cada panelista, la probabilidad de significación corresponde a un valor de 0,2483. Se evidencia una notoria inclinación hacia los tratamientos de manzana Jon-a y Emilia ( $T_0$  y  $T_1$ ). A partir de la prueba de ordenamiento y la prueba hedónica, se puede afirmar que los tratamientos con mayor oportunidad de aceptación fueron los realizados con las variedades Jon-a y Emilia.

Con la finalidad de correlacionar las medidas instrumentales con las sensoriales, se realizaron curvas que involucren ambas mediciones.



**Figura 3.19.** Comparación de los valores de sumatoria total de las calificaciones sensoriales de ordenamiento frente a los valores de fracturabilidad de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas



**Figura 3.20.** Comparación de los valores promedio de las calificaciones de la prueba hedónica frente a los valores de fracturabilidad de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas

Debido a que, de los parámetros instrumentales, el único que pudo ser cuantificado para las cuatro variedades fue la fracturabilidad, las curvas se realizaron de los resultados promedio de la fracturabilidad frente a los resultados

de sumatoria de la prueba de ordenamiento y a los valores promedios de la prueba hedónica. Los tratamientos  $T_0$  y  $T_1$ , poseen valores estadísticamente iguales para los parámetros utilizados para la elaboración de las curvas (fracturabilidad, prueba de ordenamiento y prueba hedónica), razón por la cual, se utilizó el promedio de dichos tratamientos para cada uno de los parámetros anteriormente mencionados.

En la Figura 3.19 se observa que la medición de la fracturabilidad instrumental está indirectamente relacionada con la calificación de aceptabilidad de textura y apariencia (prueba de ordenamiento), por lo tanto, se deduce que a menor fracturabilidad se obtiene mayor puntaje de aceptación. Sucede lo mismo con los datos de la prueba hedónica, presentados en la Figura 3.20, de esta manera se puede inferir que una textura con menor fracturabilidad, que se asemeje a un puré, tiene mayor aceptación entre posibles consumidores.

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

- La caracterización funcional de manzana fresca indica que las variedades nacionales Emilia y Jon-a, desde el punto de vista nutricional poseen mejores características de calidad.

Al hablar de la capacidad reductora derivada de la actividad de los compuestos antioxidantes (polifenoles, flavonoides, antocianinas y carotenoides), las variedades Emilia y Jon-a presentan 114,48 mg y 145,46 mg de poder reductor respectivamente frente a 61,88 mg para Royal gala y 88,19 para Granny smith.

- Los análisis físicos (TPA) con la sonda P/5 (5 mm de diámetro) en manzana cruda demuestran que la posibilidad de obtener coeficientes de variación menores a 15% para parámetros texturales primarios en una misma muestra, es improbable, debido a que la textura es una propiedad inherente a cada fruta.

La obtención de coeficientes de variación bajos para parámetros texturales secundarios es aún más improbable ya que se derivan de los diversos factores primarios.

- La fracturabilidad es el parámetro de textura que define la fuerza que una persona debe realizar para romper y masticar un producto. Los análisis físicos en manzana cruda demuestran que la variedad Granny smith posee mayor fracturabilidad (1 533,18 g\*) y por ende, ofrece mayor resistencia a la masticación. Las demás variedades poseen valores de fracturabilidad entre 1 100 y 1 200 g\*.
- Los parámetros de textura como dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad demuestran que la variedad Emilia es más “suave” que las demás variedades en estudio.

- El horneado de manzana de variedades importadas (Royal gala y Granny smith), genera textura irregular, sin embargo es posible cuantificar los valores de fracturabilidad de las diversas muestras. En cuanto a la fracturabilidad, los tratamientos que generan los menores valores corresponden al horneado a 4 minutos de las variedades Emilia y Jon-a con 29,52 g\* y 37,40 g\*, respectivamente.
- Las variedades nacionales Emilia y Jon-a después del horneado con microondas presentan una textura uniforme, tipo puré; sus valores de dureza, fuerza adhesiva y adhesividad disminuyen dramáticamente desde el primer tratamiento a 2 minutos de horneado.
- La respuesta de las variedades Emilia y Jon-a frente a todos los parámetros de textura es similar para todos los tratamientos de horneado en microondas (2, 3 y 4 minutos).
- Los tratamientos seleccionados corresponden al horneado a 4 minutos de todas las variedades debido a que generan mejores respuestas frente a la fracturabilidad y a los parámetros de calidad.
- La caracterización de los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas demuestra que el contenido de pectina aumenta tras el calentamiento. Los tratamientos de horneado a 4 minutos de las variedades Jon-a y Emilia poseen mayores porcentajes de pectina (0,56% y 0,48% respectivamente).
- La variedad Emilia presenta una menor pérdida del ácido ascórbico después de los tratamientos térmicos. El aporte de vitamina C del tratamiento a 4 minutos correspondiente a esta variedad es 45,80 mg/100 g de peso seco.
- La caracterización funcional de los tratamientos seleccionados demuestran el horneado con microondas, interviene en la pérdida de la capacidad antioxidante. La disminución del poder antioxidante, varía entre el 44,36% para el

tratamiento a 4 minutos de la variedad Royal gala hasta 83,17% para el tratamiento a 4 minutos de la variedad Emilia.

- En manzana horneada, se la inactivación de la peroxidasa varía entre 8,59% en el tratamiento a 4 minutos de la variedad Emilia, hasta 100% en el tratamiento a 4 minutos de la variedad Royal gala.
- La polifenoloxidasas, enzima responsable del oscurecimiento en la pulpa de las frutas, luego de todos los tratamientos seleccionados de manzana horneada en microondas, perdió más del 90% de su actividad.
- El análisis sensorial de aceptabilidad de manzana horneada en microondas demuestra que los panelistas o consumidores potenciales tuvieron predilección por los tratamientos correspondientes a las variedades Jon-a y Emilia, con valores de 4,07 y 4,47 respectivamente, los cuales según la escala descriptiva corresponden a “me gusta poco” (4) y “me gusta mucho” (5).
- Al correlacionar las medidas sensoriales de aceptabilidad con las medidas instrumentales de fracturabilidad se observa que poseen una tendencia indirectamente proporcional. La mayor aceptación de las muestras por parte de los consumidores potenciales o panelistas se genera para los tratamientos con menor fracturabilidad.
- Se puede concluir que las variedades nacionales (Emilia y Jon-a) brindan mejores resultados de textura luego del tratamiento con microondas, y poseen elevado grado de aceptabilidad.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda ampliar el estudio sensorial a todos los tratamientos de horneado de manzana en microondas para establecer los valores de aceptabilidad de los mismos.

- Es recomendable estudiar la correlación entre las medidas instrumentales obtenidas a partir del texturómetro TA-XT2i y las medidas sensoriales de manzana horneada en microondas.
- Se recomienda seguir con el estudio de manzana horneada en microondas, destinado a personas con regímenes especiales de alimentación pero con la implementación de empaques y aditivos (como azúcar) que permita aumentar el grado de aceptabilidad de este producto.
- Se recomienda realizar el estudio de textura y de variables nutricionales y funcionales del horneado tradicional de manzana de las variedades expuestas durante este estudio para establecer información para la comparación con los resultados expuestos en el presente proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, A., 2003, "Efecto de la temperatura y un copigmento en la estabilidad de antocianinas de la col morada en una bebida", Tesis previa a la obtención del título de Licenciada en Ingeniería de Alimentos, Universidad de las Américas de Puebla, Puebla, México, pp. 6 - 22.
2. Agostini, L., Morón, M., Ramón, A. y Ayala, A., 2004, "Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente", Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54 (1), 89.
3. Alonso, A., Reyes, H., Guarga, R. y Nieto, A., 2002, "Tabla de composición de alimentos de Uruguay", Universidad de la República, Facultad de Química, Ciencia y Tecnología de Alimentos, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Instituto Nacional de Alimentación, División Prestaciones Alimentarias, Montevideo, Uruguay, 40 p.
4. Álvarez, S., 1983, "El manzano", 4ta. edición, Editorial Publicaciones de extensión agraria, Madrid, España, pp. 24 – 26, 400 – 411.
5. AMETEK, 2005, "Principios y teoría de la texturometría", <http://www.metrotec.es/metrotec/>, (Marzo, 2011).
6. Argüello, V., Scipioni, G. y Martos, M., 2000, "Determinación de actividad peroxidasa en Yerba mate", Información tecnológica, 11 (6), 59.
7. Arnaldos, P., 2008, "Algunos aspectos matemáticos relacionados con la predicción de la calidad de frutas y hortalizas en atmósferas modificadas", Tesis previa a la obtención del título en Ingeniero Agrónoma, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia, pp. 1 – 16.
8. Avallone, C., Cravzon, M., Montenegro, A. y Pellizzari, E., 2001, "Estudio de la actividad de la peroxidasa, pectinesterasa y polifenoloxidasa en extracto

enzimático de sandía (*Citrullus vulgaris* Schard)", Laboratorio de Tecnología Industrial III, Facultad de Agroindustrias UNNE, Método adaptado por el Departamento de Nutrición y Calidad INIAP, pp. 1 – 4.

9. Banco Central del Ecuador, 2010, "Consulta de totales por Nandina – País", [http://www.portal.bce.fin.ec/vto\\_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp](http://www.portal.bce.fin.ec/vto_bueno/seguridad/ComercioExteriorEst.jsp), (Junio, 2011).
10. Bayas, J. y Ruíz, N., 1999, "Elaboración de zumo de manzana utilizando en el proceso dos tipos de enzimas para el tratamiento de la pulpa y su clarificación", Tesis previa a la obtención del título de Ingenieros en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, pp. 14 – 16.
11. Bayas, T., 1989, "Elaboración de vino de manzana (*Malus communis*)", Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, pp. 11 – 15.
12. Binaghi, M., López, L., Ronayne, P. y Valencia, M., 2007, "Evaluación de la influencia de distintos componentes de la dieta sobre la biodisponibilidad potencial de minerales en alimentos complementarios", *Revista Chilena de Nutrición*, 34 (1), 56.
13. Biotropic, 2007, "Manzanas ecológicas de Nueva Zelanda", <http://www.biotropic.com/?mm=14&lang=es>, (Septiembre, 2011).
14. Bolsa de Comercio de Mendoza, 2000, "Recomendaciones técnicas para el cultivo de manzanos", <http://www.bolsamza.com.ar/mercados/frutas/manzanas/tecnica.pdf>, (Mayo, 2011).
15. Botanical on line, 2005, "Variedades de manzanas", <http://www.botanical-online.com/clasesdemanzanas.htm>, (Octubre, 2011).
16. Bourles, E., Mehinagic, E., Courthaudon, J. y Jourjon, F., 2009, "Impact of

Vacuum Cooking Process on the Texture Degradation of Selected Apple Cultivars”, *Food Engineering and Physical Properties*, 74 (9), E512.

17. Bourne, M., 2002, “Food texture and viscosity. Concept and measurement”, 2da. Edición, Editorial Academic Press, Londres, Inglaterra, pp 1 – 32..
18. Camacho, G., 2008, “Control de calidad de las frutas”, <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/html/contenido.html>, (Marzo 2011).
19. Campañone, L. y Zaritzky N., 2004, “Mathematical analysis of microwave heating process” en Elsevier Ltd., “Innovative Food Science and Emerging Technologies”, La Plata, Argentina, pp. 359 – 368.
20. Castillo, P. y Miranda, L., 1995, “Cinética de la degradación de la vitamina C en el jugo concentrado y congelado de maracuyá”, Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera en Ciencias de la producción, Escuela Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador, pp. 1 -12.
21. Castro, E. y De Hombre, R., 2007, “Parámetros mecánicos y textura de los alimentos”, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química., La Habana, Cuba, pp. 1 – 29; 108 – 129.
22. Cedeño, R. y Velásquez, L., 2007, “Comparación de la temperatura - tiempo de retención de pasteurización y su efecto en la concentración de vitamina “C” en el zumo de naranja”, Tesis previa a la obtención del título de Ingenieros Agroindustriales, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manabí, Ecuador, pp. 60 – 78.
23. Celis, T., 2007, “Efecto de altas presiones dinámicas sobre la actividad de la polifenoloxidasas en jugo de manzana”, Tesis previa a la obtención de Licenciada en Ingeniería de Alimentos, Universidad de las Américas Puebla,

Puebla, México, pp. 8 – 40.

24. Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, 2010, “Análisis Postcosecha Temporada 2009/2010”, Pomáceas, 10 (6), 1.
25. Cerda, J., Mendoza, M., Santiago, J., Nieto, F. y Cortez, S., 1999, “Combate químico de malezas en manzano (*Pyrus malus* L.): coadyuvantes”, *Agronomía Mesoamericana*, 10 (1), 7
26. Chamorro, M., 2001, “Deseccación de hojuelas de manzana (*Malus communis*). Variedad Emilia”, Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, pp. 8 – 11.
27. Consejo Provincial de Tungurahua, 2010, “El resumen estadístico agropecuario”, <http://www.tungurahua.gob.ec/agropecuaria/index.php?option=comcontent&view=article&id=56:articulo4&catid=35:principal-base&Itemid=63>, (Junio, 2011).
28. Corey, H., 1970, “Texture in foodstuffs”, 1ra. Edición, Editorial Essex E. Finney Maryland, USA, pp. 161 – 198.
29. Costell, E., 2002, “Evaluación sensorial de la textura de los alimentos”, Editorial Rubes, Valencia, España, pp. 5 – 31.
30. Cruz, M., 2005, “Resistencia a Venturia y Oídio. Mejoramiento genético del manzano”, Publicaciones INIA Quilamapu, 137 (1), 1.
31. Cubero, E., 2010, “Utilización de purés de frutas y vegetales como sustitutos de grasa en alimentos procesados”, Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Proyecto 735-A7-014, Universidad de Costa Rica.
32. Curiel, J., 2004, “Una revisión de los ácidos y enzimas usados en confitería”,

<http://www.alfa-editores.com/alimentaria/Nov-Dic%2004/ACTUALIDADES%20Una%20Revisi%F3n%20de%20los%20Acidos.pdf>, (Diciembre, 2011).

33. De la Fuente, E y Blázquez, M., 2009, “Descripción de las variedades de manzana de la D.O.P. Sidra de Asturias”, Editorial Serida, Principado de Asturias, España, pp. 7 – 10.
34. Del Valle, G., González, A. y Báez, R., 2005, “Antocianinas en uva y su relación con el color”, Revista Fitotecnia Mexicana, 28 (4), 359.
35. Dobrański, B., Rabcewicz, J. y Rybczyński, R., 2006, “Handling of apple. Transport, techniques and efficiency vibration, damage and bruising texture, firmness and quality”, 1ra. Edición, Editorial Bohdan Dobrzański Institute Of Agrophysics Of Polish Academy Of Sciences Lublin, Irlanda, pp. 119 – 177.
36. Dolz, P., 2008, “Evaluación de la calidad de fruto en manzano: Estudio de métodos no destructivos de análisis”, Proyecto H.204.49, Escuela Universitaria Politécnica La Almunia de Doña Godina, Zaragoza, España, pp. 32 – 42.
37. Emden, M., 2001, “Análisis de la Industria de la Manzana Fresca: Situación actual y sus perspectivas”, <http://www.indap.gob.cl/Docs/Documentos/Fructicultura/Manzano/Analisis%20de%20la%20Industria%20de%20la%20Manzana%20Fresca.pdf>, (Septiembre, 2011).
38. Escalante, E., 2009, “Evaluación de efecto térmico sobre los atributos de calidad del puré de manzana”, Proyecto de Titulación presentado como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero en Ciencia de Tecnología de Alimentos, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista, México, pp. 1 – 76.
39. Esch, J., Friend, J. y Kariuki, J., 2010, “Determination of the vitamin C content of conventionally and organically grown fruits by cyclic voltammetry”,

International Journal of Electrochemical Science, 5 (1), 1464.

40. Espín, R., 2008, "Producción y destilación de mosto de manzana (variedad Santa Lucía) para la obtención de calvados", Tesis de grado previa la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador, pp. 10 -18.
41. FAO y OMS, 2003, "Garantía de la Inocuidad y Calidad de los Alimentos: Directrices para el Fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Control de los Alimentos", <http://www.fao.org/docrep/006/y8705s/y8705s00.htm>, (Septiembre, 2011).
42. FAO, 1993, "Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala", <http://www.fao.org/docrep/x5062S/x5062S00.htm# Contents>, (Enero, 2011).
43. FAO, 2000, "Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas", Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO No. 151, ISSN 1020 - 4334, Balcarce, Argentina.
44. FAO, 2004, "Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de capacitación", Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST), Dirección de Sistemas de Apoyo a la Agricultura (AGS), TC/D/Y5771S/1/11.04/1000, 76 p.
45. FAO, 2005, "Principales productores de alimentos y productos agrícolas" <http://www.fao.org/es/ess/top/commodity.html?lang=es>, (Marzo, 2011).
46. FAO, 2007, "Cultivos Primarios Equivalentes. Cantidad de suministro de alimentos", <http://faostat.fao.org/site/609/DesktopDefault.aspx?PageID=609# ancor>, (Junio, 2011).
47. Feippe, A., 2002, "Evaluación de la madurez de manzana sobre la base del

- contenido y degradación de almidón (Test de yodo), [http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/madurez\\_yodo.pdf](http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/pol/2003/madurez_yodo.pdf), (Marzo 2011).
48. FOMESA, 2008, “Manzana – Factores de calidad – Jonagold”, [http://www.fomesa.com/Calidad/Varietades%5CMZ/MZ\\_08\\_PPAL.htm](http://www.fomesa.com/Calidad/Varietades%5CMZ/MZ_08_PPAL.htm), (Octubre, 2011).
  49. Food lexicon, 2006, “Valor del pH”, <http://es.foodlexicon.org/p0000800.php>, (Marzo, 2011).
  50. Fundación Clinic, 2010, “Recetario a base de frutas”, Editorial Esteve, Madrid, España, pp. 41 – 42.
  51. García, F., 2003, “Estructura de los frutos”, [http://www.euita.upv.es/varios/biología/web\\_frutos/Estructura.htm](http://www.euita.upv.es/varios/biología/web_frutos/Estructura.htm), (Marzo, 2012).
  52. García, B., Duarte, M. y Regalado, C., 2003, “Propiedades de la enzima indicadora del escaldado en el procesamiento de alimentos vegetales”, 35 Premio Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.
  53. García, M., Pascual, S., Santos, C. y Rivas, J., 2004, “Evaluation of the antioxidant properties of fruits”, *Food Chemistry*, **84** (1), 13.
  54. Georgé, S., Brat, P., Alter, P. y Amiot, M., 2005, “Rapid determination of polyphenols and vitamin c in plant-derived products”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53** (5), 1370.
  55. Gómez, M., y Urrutia, A., 1988, “Almacenamiento refrigerado de manzanas y peras”, Tesis previa a la obtención del título de Ingenieras en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, p. 11.

56. Guayanlema, L., 2009, "El cultivo de la manzana en Bayushig", <http://ec.lirondo.com/Chimborazo/San-Antonio-de-Bayushig/Historias/Manzana--emilia-de-Bayushig/23792/1>, (Febrero, 2011).
57. Guerra, M., Valenciano, J., Marcelo, V. y Casquero, P., 2010, "Storage behaviour of 'Reinette du Canada' apple cultivars", *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (2), 440.
58. Guerrero, E. y Silva, A., 1992, "Estudio del almacenamiento de manzanas en una cámara enfriada bajo condiciones ambientales", Tesis previa a la obtención del título de Ingenieros en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, pp. 14 – 16.
59. Harker, F. y Hallett, I., 1992, "Physiological changes associated with development of mealiness of apple fruit during cool storage", *Horticulture Science*, 27 (12), 1291.
60. Hernández, M. y Sastre, A., 1999, "Alimentos y nutrición en la práctica sanitaria", Editorial Díaz de Santos, , Madrid, España, pp. 4 – 34.
61. Hernández, S., 2010, "Una dieta rica en fibra se asocia a la prevención de determinadas enfermedades", *Fundación Triptolemos Carternews*, 34 (1), 56.
62. Herrera, C., 2007, "Efecto de altas presiones dinámicas sobre la actividad de la polifenoloxidasa en jugo de manzana". Tesis Licenciatura. Ingeniería de Alimentos. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México, pp. 8 – 39.
63. Huang, Y., Chang, Y., y Shao, Y., 2006, "Effect of Genotype and Treatment on the Antioxidant Activity of Sweet Potato in Taiwan", *Food Chemistry*, 98 (3), 529.

64. Ibarz, A., Barbosa, G., Garza, S. y Añó, V., 2000, "Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria", Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España, pp. 263 – 269.
65. Iglesias, I., 2010, "Nuevas variedades de fruta dulce. Innovación, diversificación y calidad, en beneficio de la salud y del disfrute de los consumidores", Guía de las mejores frutas y hortalizas, 1 (1), 144.
66. Iglesias, I., Carbó, J., Bonany, J., Dlamau, R., Guanter, G., Montserrat, R., Moreno A. y Pages, J., 2001, "Principales cultivares de manzana en el ámbito nacional", Vida Rural, 131 (1), 50.
67. Imeh, U. y Khokhar, S., 2002, "Distribution of conjugated and free phenols in fruits: Antioxidant activity and cultivar variations", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50 (22), 6301.
68. Información Técnica Agrícola (INFOAGRO), 2003, "El cultivo de la manzana", [http://infoagro.com/frutas/frutas\\_tradicionales/manzana.htm](http://infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/manzana.htm), (Febrero, 2011).
69. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 1992, "El cultivo del manzano en la zona alta del Ecuador", Manual de frutales, 20 (1), 18.
70. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2003, "Proyección de población 2001 – 2010", <http://www.inec.gob.ec/estadisticas>, (Marzo, 2011).
71. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), 2008, "Perfil Agropecuario Provincial del Ecuador 2008", [http://www.inec.gov.ec/inec/index.php?option=com\\_remository&Itemid=420&func=startdown&id=413&lang=es&TB\\_iframe=true&height=250&width=800](http://www.inec.gov.ec/inec/index.php?option=com_remository&Itemid=420&func=startdown&id=413&lang=es&TB_iframe=true&height=250&width=800), (Mayo, 2011).
72. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 1997, "Manual

Agrícola de los principales cultivos del Ecuador”, <http://www.crystal-chemical.com/manzano.htm>, (Febrero, 2011).

73. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) y Ministerio Coordinador de Patrimonio Cultural (MCPC), 2010, “Proceso de producción de las manzanas, en Matus Penipe”, <http://www.inpc.gov.ec/downloads/uploads/ZONA%203%20RIOBAMBA%20%28080310%29/INMATERIAL/6%20CHIMBORAZO/06%2009%20PENIPE/06%2009%2052%20MATUS/IM06095200008002586.htm>, (Febrero 2011).
74. Instron, 2004, “Texture Profile Analysis (TPA) of three different varieties of marinated Tofu”, Application report Texture Profile Analysis, 1 (304), 1.
75. INTA, 2001, “Cosecha y Poscosecha de peras y manzanas en los valles irrigados de la Patagonia”, <http://www.inta.gov.ar/altovalle/actividad/investigacion/fruticultura/variedades/manzanas/jonagold.htm>, (Octubre, 2011).
76. Jiménez, M., Zambrano, L. y Aguilar, M., 2004, “Estabilidad de Pigmentos en Frutas Sometidas a Tratamiento con Energía de Microondas”, Información tecnológica, 15 (3), 61.
77. Jowitt, R., 1979, “An engineering approach to some aspects of food texture”, Editorial Elsevier Ltda., Surrey, Inglaterra, pp. 143 – 155.
78. Kunradi, F., Campelo, G., Copetti, C., Valdemiro, L., Nunes, E. y Fett, R., 2009, “Activity and contents of polyphenolic antioxidants in the whole fruit, flesh and peel of three apple cultivars”, Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 59 (1), 101.
79. Kuskoski, E., Asuero, A., Troncosa, A., Mancini, J. y Fett, R., 2005, “Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos”, Ciênc. Tecnol. Aliment, 25 (4), 726.

80. Lees, R., Barrado, A, 1969, "Manual de Análisis de Alimentos", Zaragoza España, pp. 98, 99, 101 - 104, 112 - 114, 121 – 124, 137, 173,174, 182, 190, 191, 206, 207, 225.
81. Lemmens, L., Tibäck, E., Svelander, C., Smout, C., Ahrné, L., Langton, M., Alminger, M., Van Loey, A. y Hendrickx, M., 2008, "Thermal pretreatments of carrot pieces using different heating techniques: Effect on quality related aspects" en Elsevier Ltd., "Innovative Food Science and Emerging Technologies", Göteborg, Suecia, pp. 522-529.
82. Leontowicz, M., Gorinstein, S., Leontowicz, H., Krzeminski, R., Lojek, A., Katrich, E., Cíž, M., Martin, O., Soliva, R., Haruenkit, R. y Trakhtenberg, S., 2003, "Apple and pear peel and pulp and their influence on plasma lipids and antioxidant potentials in rats fed cholesterol-containing diets", Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51 (19), 5780.
83. Lizar, B., Suberviola, J. y Arina, D., 2008, "Selección de variedades de manzano para la elaboración de sidra natural", Navarra Agraria, 168 (1), 25.
84. Mangas, J., Dapena, E., Suárez, M., Moreno J., Blanco, D. y Gutiérrez, M., 2002, "Algunos aspectos matemáticos relacionados con la predicción de la calidad de frutas y hortalizas en atmósferas modificadas", Principado de Asturias, Consejería de Agricultura y Pesca, Información Técnica 5/90,15 p, pp. 1 - 15.
85. Marcelo, V., Pastrana, P., Pérez, J. y Sánchez, M., 2001, "Manzana Reineta del Bierzo", Agricultura: Revista Agropecuaria, 829 (1), 506.
86. Martínez, A., 2003, "Carotenoides", Universidad de Antioquia, Facultad de Química Farmacéutica, Medellín, Colombia, 10 p.
87. Martínez, S., González, J., Culebras, J. y Tuñón, M., 2002, "Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes", Nutrición Hospitalaria, 7 (6), 271.

88. Maya Sotirova, 2011, "Fresh fruit producer. Apples", <http://freshfruits-bg.com/en/products.php>, (Octubre, 2011).
89. Megahey, E., Mcminn, W. y Magee, T., 2005, "Experimental study of microwave baking of madeira cake batter", en IChemE, "Food and Bioproducts Processing", Belfast, Reino Unido, pp. 277 – 287.
90. Meléndez, A., Vicario, I. y Heredia, F., 2004, "Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos", Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54 (2), 11.
91. Mikani, A., Reza, H. y Aminian, H., 2011, "Changes in peroxidase and phenols activity in apple fruit inoculated with antagonistic *Pseudomonas fluorescens* isolates and *Botrytis mali*", Pakistan Journal of Biological Sciences, 14 (18), 854.
92. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) – Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO), 2010, "Superficie por categorías del uso del suelo. Serie histórica 2000 – 2009", <http://www.magap.gob.ec/sinagap/uso/usonacional.htm>, (Junio, 2011).
93. Mochizuki, Y., 2001, "Current Protocols in Food Analytical Chemistry", Editorial John Wiley & Sons, Inc., California, USA, pp. H231 – H237.
94. Neira, A., 2008, "Manzanas y su valor nutritivo. Fibras, Minerales y Antioxidantes", <http://pomaceas.usalca.cl/html/web-english/seminarios/archivos/valornutritivofruta.pdf>, (Marzo, 2011).
95. Ochoa, C. y Ayala, A., 2004, "Los flavonoides: Apuntes generales y su aplicación en la industria de alimentos", Revista Ingeniería y Competitividad, 6 (2), 93.
96. Ohlsson, T. y Bengtsson, N., 2001, "Microwave technology and foods",

Advances in Food and Nutrition Research, 43 (1), 72.

97. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 1998, "Régimen de la OCDE para la aplicación de normas internacionales relacionadas con frutas y hortalizas", <http://www.oecd.org/dataoecd/53/58/32022743.pdf>, (Marzo, 2011).
98. Osorio, O., 2008, "Influencia de tratamientos térmicos en la calidad y estabilidad del puré de fresa (*Fragaria x ananassa*, cv Camarosa)", Tesis previa a la obtención del título de Licenciada en Doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 172 p.
99. Paladino, S., 2007, "Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en las semillas de la vid (*Vitis vinifera* L.)", Tesis previa a la obtención del título de Magister en Alimentos (Mención en Ciencias), Universidades Nacionales de Cuyo, La Rioja, San Juan y San Luis. Sede Mendoza, Mendoza, España, pp. 11 -34.
100. Peñas, M., 2007, "Estudio del efecto de la temperatura de cocción en la calidad nutricional y la textura en un producto de V Gama esterilizado a partir de judía verde (*Phaseolus vulgaris* var. perona)", Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera en Industrias Agrarias y Alimentarias, Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, Barcelona, España, pp. 21 - 23.
101. Pereira, S., Ascasíbar, J., Ramos A. y Piñeiro, J., 2001, "Colección de cultivares autóctonos gallegos de manzano (*Malus xdomestica*) del Banco de Germoplasma de Mabegondo", Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Ciencia y Agricultura, Monografías INIA, 9, Lugo, España, pp. 1 – 27.
102. Pérez, A., Lin, B. y Allshouse, J., 2001, "Demographic Profile of apple consumption in United States", Fruit and tree nuts. Economic Research

Service, 292 (1), 37.

103. Pérez, V. y Perdomo, A., 2006, "Aproximación a la calidad de las manzanas reinetas producidas en cultivo ecológico en el norte de Tenerife", [http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actasbullas/seae\\_bullas/verd/posters/5%20P.%20CALIDAD/4.CA.pdf](http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actasbullas/seae_bullas/verd/posters/5%20P.%20CALIDAD/4.CA.pdf), (Septiembre, 2011).
104. Perpetua, Y., 2008, "Sensor and rheological properties of reduced-fat rock buns and mango pie containing a papaya (Carica papaya) derived fat replacer", Tesis previa a la obtención del título de Máster en Ciencia y Tecnología de Alimentos", Universidad de Ciencia y Tecnología Kwame Nkrumah, Kumasi, Ghana, pp. 65 – 68.
105. Picouet, P., Landl, A., Abadias, M., Castellari, M. y Viñas, I., 2009, "Minimal processing of a Granny Smith Apple purée by microwave heating" en Elsevier Ltd., "Innovative Food Science and Emerging Technologies", Catalonia, España, pp. 545 – 550.
106. Pineda, D., Saucchi, M., Lázaro, R., Maiani, G. y Ferro-Luzzi, A., 1999, "Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos", Revista cubana de alimentos nutritivos, 13 (2), 104.
107. Podsędek, A., Wilska-Jeszka, J., Anders, B. y Marcowski, J., 2000, "Compositional characterization of some apple varieties", Eur Food Res Technol, 210 (1), 268.
108. Primary Industries NSW, 2009, "Apple variety: Gravenstein", <http://www.dpi.nsw.gov.au/agriculture/horticulture/pomes/varieties/gravenstein>, (Octubre, 2011).
109. Produce Oasis, 2006, "The Jonagold Apple's name describes its heritage - a

cross between a Jonathan & Gold Delicious”, [http://www.produceoasis.com/Items\\_folder/Fruits/Jonagold.html](http://www.produceoasis.com/Items_folder/Fruits/Jonagold.html), (Octubre, 2011).

110. Ramírez, A. y Pacheco, E., 2011, “Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana”, *Redalyc*, 36 (1), 75.
111. Rasanu, N., Magearu, V., Matei, N. y Soceanu, A., 2005, “Determination of vitamin C in different stages of fruits growing”, *Analele Universităţii din Bucureşti*, 1 (2), 167.
112. Ravel, G., 1970, “Variedades americanas de manzana”, Editorial Oikos-tau S.A., Barcelona, España, pp. 195, 273 – 280.
113. Reátegui, O., Guija, E., Soldevilla, P., Castillo, M. y Pérez, S., 2007, “Determinación de la capacidad antioxidante de néctares de frutas”, *Revista científica*, 73 (3), 19.
114. Red Agraria, 2005, “Jonagold y Royal Gala”, [http://www.redagraria.com/investigacion/fca\\_unc/teco\\_frutas/Manzanas/Jonagold.html](http://www.redagraria.com/investigacion/fca_unc/teco_frutas/Manzanas/Jonagold.html), (Septiembre, 2011).
115. Reyes, G., Fuentes, J., Baca, P., Velásquez, J. y Cadillo, M., 2011, “Color, textura y contenido de carotenos en zanahoria sometida a diferentes tratamientos de escaldado”, Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, pp. 2 - 13.
116. Richardson, P., 2005, “Thermal Technologies in food processing”, 1ra edición, Editorial Woodhead Publishing Ltd. Y Abington Hall, Cambridge Inglaterra, pp. 189 – 191.
117. Rocha, A., Cano, M., Galeazzi, M. y Morais, A., 1998, “Characterisation of Starking apple polyphenoloxidase”, *Journal of Science of Food and*

Agriculture, 77 (4), 527.

118. Rodríguez, D. y Kimura M., 2004, "Determinación de Carotenoides en papa Liofilizada", Laboratorio de Nutrición y Calidad (CIP – Perú), pp. 1-3.
119. Rojas, S., Delgado, V. y Martínez, P., 2005, "Efecto de la temperatura y concentración de sólidos solubles en la viscosidad de soluciones de sacarosa", Visión de alimentos, Tomo I, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán, Izcalli, México, pp. 1 -5.
120. Romano, V., Marra, F. y Tammaro, U., 2005, "Modelling of microwave heating of foodstuff: study on the influence of sample dimensions with a FEM approach", en Elsevier Ltd., "Innovative Food Science and Emerging Technologies", Napoli, Italia, pp. 233 – 241.
121. Rosenthal, A., 2001, "Textura de los alimentos. Medida y percepción", Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España, pp. 1 – 16; 99 – 145; 251 – 269.
122. Royer, G., Madieta, E., Reveillère, M., Symoneaux, R., Khaldi, H. y Jourjon, F., 2003, "Preliminary study of the soil impact on apple texture", The 3rd International Symposium of Food Rheology and Structure, Laboratoire Grappe, Ecole supérieure d'Agriculture, BP 748, 49007 Angers cedex 01, pp. 645, 646.
123. Sahin, S. y Gülüm, S., 2009, "Propiedades físicas de los alimentos", Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España, pp. 106 – 113.
124. Salazar, G., 2010, "Estudio de la influencia de tres variedades de levaduras vínicas (*Saccharomyces bayanus* (LALVINEC1118), *Saccharomyces bayanus* (LALVIN QA23), *Saccharomyces cerevisiae* var. *cerevisiae* (LALVIN ICV OPALE)) y levadura de panificación (*Saccharomyces cerevisiae*) en la calidad sensorial del vino de manzana, Variedad Emilia (*Malus communis* - Reineta Amarilla de Blenheim)", Tesis previa a la obtención del título de

Ingeniero en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador, pp. 1 – 3.

125. Seipel, M., Pirovani, M., Güemes, D., Gariglio, N. y Piagentini, A., 2009, “Características Físicoquímicas de los frutos de tres variedades de manzanas cultivadas en la Región Centro-Este de la Provincia de Santa Fe”, *Revista FAVE*, 8 (1), 27.
126. SilvaTeam, 2011, “Aplicaciones de pectina en lácteos”, [http://www.tecnolacteos.com/tecnolacteos/resumen\\_feria2011/dateien/Tecnas\\_Pectina\\_en\\_aplicaciones\\_lauecteas.pdf](http://www.tecnolacteos.com/tecnolacteos/resumen_feria2011/dateien/Tecnas_Pectina_en_aplicaciones_lauecteas.pdf), (Enero, 2011).
127. Silveira, A., Sautter, C., Tonetto, S., Galiotta, G. y Brackmann, A., 2007, “Determinación de algunos atributos de calidad de la variedad Fuji y sus mutantes al momento de cosecha”, *Ciênc. Tecnol. Aliment*, 27 (1), 149.
128. Singh, R. y Heldman, D., 2009, “Introduction to food engineering”, Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza, España, pp. 262 – 267.
129. Steffe, J., 1996, “Rheological methods in food process engineering”, 2da. Edición, Editorial Freeman Press, Michigan, USA, pp. 1 – 91.
130. United State Department of Agriculture (USDA), 2008, “Contenido de carotenoides en frutas”, [http://nutrilearning.com.ar/docs/articulos/interes/alimentos/Contenido\\_de\\_Carotenoides.pdf](http://nutrilearning.com.ar/docs/articulos/interes/alimentos/Contenido_de_Carotenoides.pdf), (Diciembre, 2011).
131. United State Department of Agriculture (USDA), 2011, “National Nutrient Database for Standard Reference Release 24”, <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2223?fg=&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=raw+apple+>, (Diciembre, 2011).
132. Untiveros, G., 2003, “Obtención y Caracterización de pectinas de alto y bajo metoxilo de la manzana variedad Pachacamac”, Sociedad Química de Perú,

69 (3), 155.

133. Valpiana, T., 1997, "La manzana", Editorial IBIS-Alimentos sanos, Barcelona, España, pp. 24 - 27, 34 - 44.
134. Vásquez, C., Cos, A. y López, C., 2005, "Alimentación y nutrición: Manual teórico práctico", 2da. Edición, Editorial Díaz de Santos, Buenos Aires, Argentina, pp. 111 – 123.
135. Watts, B., Ylimaki, G., Jeffery, L., y Elías, L., 1992, "Basic Sensory Methods for Food Evaluation", Editorial International Development Research Centre, Ottawa, Canada, pp 39 – 88; 132.
136. Wittig, E., 2001, "Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos", Editorial Talleres Gráficos. USACH, Santiago, Chile, pp. 7 – 32.

## **ANEXOS**

**ANEXO I**

**ÍNDICES DE MADUREZ DE MANZANA APTA PARA HORNEADO  
CON MICROONDAS**

**Tabla AI.1.** Rangos de valores de los parámetros de madurez comercial en manzana

<b>ÍNDICES DE MADUREZ</b>						
	<b>Sólidos solubles (° Brix)</b>	<b>Acidez (% ácido málico)</b>	<b>pH</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Contenido de almidón*</b>	<b>Pectina (% pectato de calcio)</b>
<b>RANGO</b>	9,5 - 17,0	0,2 - 1,20	3,0 - 4,2	80 - 90	3 - 5	0,15 - 1,30

\*Escala numérica del test de yodo (Feippe, 2002)

**Fuentes:** Bourles *et al.*, 2009; Camacho, 2008; Centro de Pomáceas de la Universidad de Talca, 2010, Food lexicon, 2006, INFOAGRO, 2003; Lees, 1969

## ANEXO II

### DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE ALMIDÓN

Fuente: OECD, 1998 (Feippe, 2002)

#### Principio

Durante el desarrollo de la pulpa de un fruto, los nutrientes se depositan en forma de almidón. En el proceso de maduración se transforma en azúcares. El avance del proceso de maduración lleva a la disminución de los niveles de almidón. Para determinar la cantidad de almidón en la pulpa de un fruto se coloca sobre la misma una solución de yodo, la cual toma un color azul-negro al entrar en contacto con el almidón. Conforme madura una fruta, una cantidad creciente de almidón se convierte en azúcar y la zona azul-negra es menos notoria. La maduración generalmente sucede desde el corazón de la fruta hacia su piel. Si se le trata con yodo, un fruto en proceso de maduración mostrará, en general, un anillo blanco creciente alrededor del corazón.

#### Materiales y equipos

- Balón volumétrico de 1 litro
- Cuchillos afilados

#### Reactivos

- Solución de yodo: Disolver 10 g de yoduro de potasio (KI) en 30 ml de agua destilada y añadir 3 g de yodo (I<sub>2</sub>). Una vez disuelto el yodo, aforar a 1 litro con agua destilada. La solución puede almacenarse por seis meses en un lugar oscuro y fresco (4 – 7 °C de temperatura).

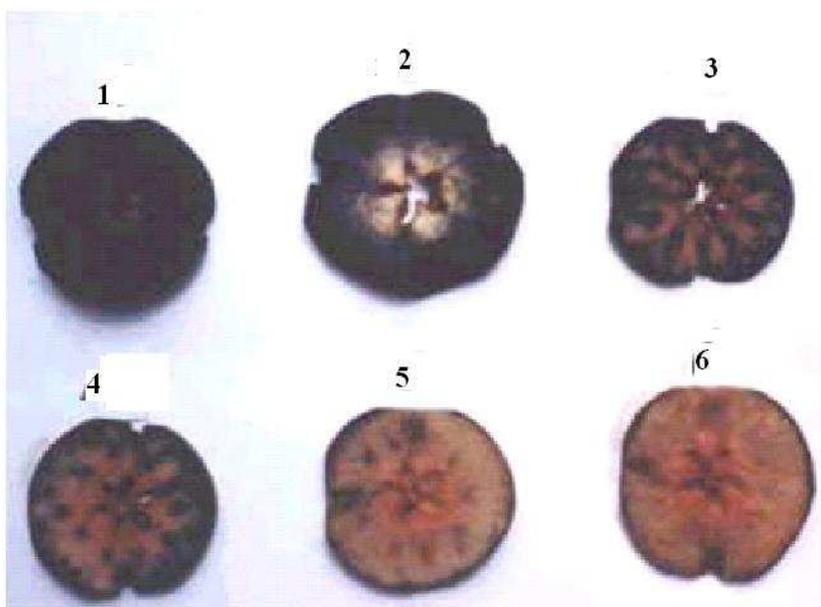
#### Procedimiento

1. De manera aleatoria, formar una muestra de diez frutas por lote. Comprobar que las frutas estén libres de defectos como daños por el sol, plagas o

enfermedades.

2. Cortar cada fruta por la mitad con un cuchillo afilado. Es importante que el corte no ocasione daño adicional a la pulpa o la piel de la fruta.
3. Las dos superficies recién cortadas se cubren de manera uniforme con solución de yodo. Esta solución puede aplicarse con un gotero o una pipeta.
4. Dejar reposar los dos cortes durante un minuto antes de registrar los resultados.
5. Tomar una fotografía y comparar con la figura para asignar los valores correspondientes.

La cantidad de coloración negro-azulada puede relacionarse directamente con la madurez de la fruta.

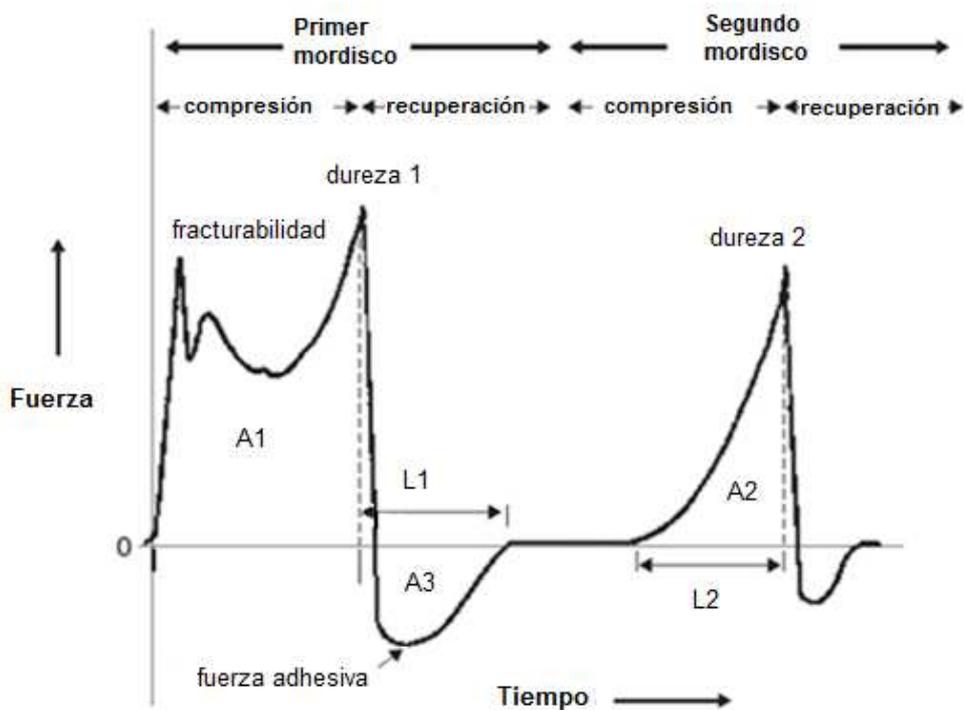


**Figura AII.1.** Escala numérica del grado de madurez de manzanas referida a la reacción del almidón con la solución de yodo

Fuente: Feippe, 2002

### ANEXO III

## CURVA TÍPICA DEL ENSAYO ANÁLISIS DE PERFIL DE TEXTURA



**Figura AIII.1.** Gráfico típico del ensayo Análisis de Perfil de Textura (TPA)

Fuentes: AMETEK, 2005; Mochizuki, 2001

A partir de un análisis de la curva típica del perfil de textura se pueden obtener las siguientes características: Dureza durante el primer y segundo mordisco, Fuerza adhesiva, Adhesividad, Fracturabilidad, Masticabilidad, Cohesividad, Elasticidad y Gomosidad.

## **ANEXO IV**

### **CONDICIONES DE OPERACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL TEXTURÓMETRO TA-XT2i**

#### **1. COMPONENTES DEL TEXTURÓMETRO**

##### **1.1 Pedestal**

Es el componente más grande del equipo en el cual se colocan las celdas de carga y los accesorios a utilizarse.

##### **1.2 Celdas de carga**

En este caso se tiene dos tipos de celdas de carga: 5 y 25 kg. Las celdas se cambian de acuerdo a las aplicaciones. Para cambiar las celdas el equipo no debe tener instalado ningún accesorio.

##### **1.3 Pesas**

Se utilizan para calibrar el equipo, según la celda de carga se dispone de pesas de 2 y 5 kg. La calibración se realiza con la pesa de menor valor que la celda.

##### **1.4 Accesorios**

Se intercambian, de acuerdo al producto y a los parámetros a evaluarse.

##### **1.5 Teclado**

Sirve para calibrar el equipo, para fijar los parámetros de medición y realizar las lecturas.

##### **1.6 CPU y monitor**

En el CPU están instaladas las tarjetas para controlar el funcionamiento del equipo y el software Texture Expert para la obtención de resultados. El monitor permite observar y guardar las curvas obtenidas.

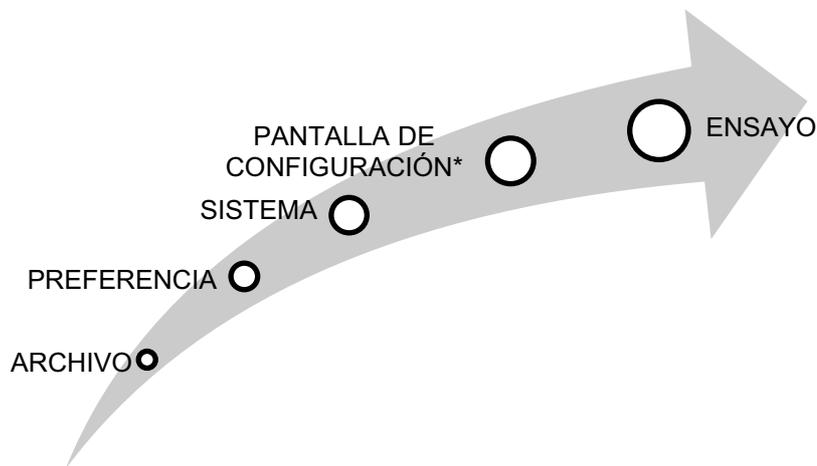
## 2. ENCENDIDO Y APAGADO DEL EQUIPO

2.1 Encender el computador.

2.2 Encender el equipo analizador de textura.

2.3 Ingresar al programa Texture Expert e ingresar el usuario y la contraseña.

2.4 Comprobar la comunicación entre el equipo y la computadora de la siguiente manera:



\* PANTALLA DE CONFIGURACIÓN:

Dirección base:	320
IRQ:	IRQ 3
Filtro:	Auto
Puerto Serie:	COM 1

2.5 Realizar el ensayo

2.6 Al terminar de usar el texturómetro, se apaga primero el equipo, luego se cierra el programa y a continuación el computador.

## 3. CAMBIO DE CELDA DE CARGA

3.1 Aflojar los tornillos superiores de la celda. Colocar la mano en la parte inferior

3.2 del pedestal para evitar que se caiga la celda.

3.3 Sacar todos los tornillos y remover la celda. La celda nueva tiene un tornillo guía que se lo saca luego de colocar la celda. Colocar la celda nueva y ajustar todos los tornillos.

#### **4. CALIBRACIÓN DEL EQUIPO**

La calibración se necesita cuando se cambian las celdas de carga o cuando se cambia de lugar al equipo. La calibración se realiza una parte desde el teclado y otra desde el computador:

##### **TECLADO:**

1. Girar la llave que se encuentra con dirección a la palabra RUN, hacia MACHINE CONFIGURE. Presionar un poco la llave para girarla.
2. Presionar ENT hasta que en la pantalla del medio del teclado aparezca la palabra CELL, en este momento con las teclas + o – llevar a la celda correspondiente (5 ó 25). Regresar la llave a RUN.

##### **EN EL PROGRAMA:**

1. Ir a la barra de TA. Ir a Calibración de Fuerza y comprobar los parámetros.
2. Colocar la pesa de calibración y esperar hasta que en la pantalla aparezca una ventana que pida presionar OK.
3. Si el proceso fue realizado correctamente aparecerá una ventana con la frase: CALIBRACIÓN EXITOSA.

#### **5. ENSAYO**

##### **5.1 Fijar Parámetros**

Antes de iniciar el ensayo, se deben definir los parámetros con los que se va a trabajar.

Los parámetros dependen del accesorio y la muestra. Una vez ingresados los parámetros, servirán para futuros ensayos, no será necesario ingresarlos en cada

medición.

Para ingresar los parámetros se realizan los siguientes pasos:

- Ingresar a la barra Archivo, seleccionar Nuevo y Proyecto Window. Aparecerá una ventana para colocar el título.
- En la barra superior de la pantalla, hacer clic en TA y seleccionar la opción Parámetros del TA e ingresar los parámetros correspondientes al ensayo.
- Guardar todos los parámetros seleccionados dentro de la opción c:/te\_span, en la carpeta correspondiente a parámetros. A continuación poner el nombre del proyecto (nombre.set) y aceptar. No se debe trabajar con tildes ni mayúsculas.
- Antes de cerrar el cuadro de Parámetros del TA, hacer clic en Actualizar, para transferir los datos al texturómetro.
- Para ingresar los parámetros en el proyecto, se debe regresar al Proyecto donde se colocó el título. Junto a parámetros aparece un ícono punteado (...), dar clic, escoger los parámetros y aceptar.

Los gráficos son controlados por una macro, la misma que deberá ser creada como los parámetros. Para crear la macro se realizan los siguientes pasos:

- En Archivo, seleccionar la opción Nuevo y luego hacer clic en Macro Define Window. Para agregar o quitar al Programa los Comandos, se debe seleccionarlos y hacer clic sobre las flechas que aparecen en la mitad del cuadro (>> o <<).
- Dar un título a la macro y guardar (c:/te\_span/macro/nombre.mac)
- Regresar al proyecto y seleccionar la macro correspondiente.

Finalmente se debe guardar el proyecto. Se da clic en Archivo, luego en Guardar y escoger la ubicación c:/te\_span/proyecto/nombre.prj.

Para iniciar otro ensayo presionar REINICIO, aparece la pantalla de trabajo.

## **5.2 Calibración de sondas**

Antes de iniciar el ensayo, observar que el pedestal tenga el accesorio correspondiente, de no ser así, cambiarlo y comprobar que quede bien sujeto. Los accesorios se colocan en el segundo agujero de la parte inferior del pedestal. Con el accesorio ya colocado se procede a calibrar la sonda con los siguientes pasos:

- Con el teclado del texturómetro colocar las placas o puntas del accesorio lo más próximo posible a la muestra. La calibración de la sonda se realiza sin muestra.
- En la barra TA, seleccionar Calibrar sonda.
- Escoger la distancia que se requiera y hacer clic en OK.

### **5.3 Realizar ensayo**

Para realizar el ensayo realizan los siguientes pasos:

- Hacer clic en la barra TA y escoger ejecutar ensayo u oprimir F2.
- Llenar la planilla.
  - Seleccionar activar macro.
  - Poner el valor correspondiente al PPS.
  - Escoger los datos de la sonda o accesorio
- Hacer clic en OK. Al terminar el ensayo, los gráficos y los resultados se guardan respectivamente dentro de las carpetas gráficos y resultados en c:/te\_span. Para esto se debe cerrar las ventanas que los contienen y dar clic en sí a todo.

## ANEXO V

### DETERMINACIÓN DE TEXTURA EN MANZANA CON EL EQUIPO TA-XT2i

#### **Materiales y Equipos**

- Analizador de textura (TA-XT2i) equipado con la sonda cilíndrica P/5 de acero inoxidable
- Papel tisú
- Paquímetro

#### **Procedimiento**

1. Previo al análisis de textura de las muestras de manzana se procedió a crear una Macro que permita interpretar los movimientos del texturómetro y transformarlos en resultados cuantificados.

La Macro utilizada fue:

Borrar resultados Gráfico

Presentar gráfico

Buscar hacia adelante

Ir a Tiempo Min

Marcar Fuerza

Establecer umbral Fuerza: 10,0 g

Fijar Anclaje 1

Pico Fuerza +

Marcar Fuerza

% Fuerza Max 100,0 %

Marcar Fuerza

Ir a Fuerza 0,0 g

Fijar anclaje 2

Área  
 Pico Fuerza –  
 Marcar Fuerza  
 Ir a Fuerza 0,0 g  
 Fijar anclaje 3  
 Área  
 Buscar hacia adelante  
 Marcar Fuerza  
 Establecer umbral Fuerza 30,0 g  
 Pico Fuerza +  
 Marcar Fuerza  
 Ir a última Fuerza  
 Fijar anclaje 4  
 Área

Los parámetros de funcionamiento del equipo fueron:

**Modo:** Análisis Perfil de Textura  
  
**Parámetros:** Velocidad de pre ensayo: 1,0 mm/s  
 Velocidad de ensayo: 1,0 mm/s  
 Velocidad de post ensayo: 1,0 mm/s  
 Test Distancia de Ruptura: 1,0 mm  
 Distancia: 15 mm  
 Fuerza: 16,0 g  
 Tiempo: 3,00 s  
 Contador: 5  
  
**Trigger:** Tipo: Auto  
 Fuerza: 10,0 g  
 Parar Plot en: Final  
  
**Detectada Ruptura:** Sensibilidad: 10,0 g

**Unidades:** Fuerza: Gramos  
Capacidad: Milímetros

2. Colocar la sonda cilíndrica P/5 de acero inoxidable.
3. Abrir el proyecto que posee los parámetros de funcionamiento del equipo y la macro definida anteriormente para el ensayo de perfil de textura.
4. Colocar las muestras de manzana sobre la plataforma del equipo.
5. Ejecutar y guardar el ensayo.

En la figura se muestra el equipo analizador de textura TA-XT2i



**Figura AV.1.** Equipo Analizador de Textura TA-XT2i

## ANEXO VI

### DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ASCÓRBICO

Fuente: Huang *et al.*, 2006

#### Principio

La vitamina C se mide por la reacción de decoloración entre el 2,6 dicloroindofenol y el ácido ascórbico frente a un blanco de ácido metafosfórico calculado sobre la base de la curva de calibración del L-acido ascórbico de  $0-9 \times 10^{-4}$  mg/ml.

#### Materiales y Equipos

- Erlenmeyers de 125 ml
- Embudos
- Gradillas
- Frascos de 15 ml con tapa
- Papel filtro 540
- Tubos de centrifuga
- Papel aluminio o plástico negro
- Agitadores magnéticos
- Pipetas graduadas
- Pipetas automáticas
- Celdas para espectrofotómetro
- Espectrofotómetro HACH
- Centrífuga
- Plancha de agitación magnética
- Balanza de precisión

#### Reactivos

Los reactivos deben ser preparados el mismo día en que se realice el análisis.

- Acido metafosfórico 1%: Pesar 4,4640 g de ac. metafosfórico (45% pureza), diluir en 26,666 ml de agua destilada y agregar 0,330 ml de ácido acético. Trasvasar a un balón de 200 ml, aforar con agua destilada, filtrar, agitar y medir el pH. El pH debe ser 1,83. Guardar en refrigeración hasta su uso.
- 2-6 dicloroindofenol: Pesar 0,0032 g de bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) en un vaso de 10 ml, añadir 3.75 ml de agua destilada y disolver. A esta solución agregar 0,0038 g de indofenol y disolver. Trasvasar a un balón de 250 ml y aforar con agua destilada. Guardar en un frasco oscuro.
- Estándar de L-ácido ascórbico: Pesar 0,012 g de L-ácido ascórbico en un balón de 50 ml cubierto con papel aluminio o plástico negro, disolver y aforar con agua destilada.

### **Procedimiento**

1. Pesar 0,5 g de muestra liofilizada o 1 g de muestra húmeda en un erlemeyer.
2. Añadir 10 ml de ácido metafosfórico al 1%.
3. Agitar a 300 rpm por 30 minutos a temperatura ambiente.
4. Retirar de la plancha de agitación y colocar en el congelador por 5 minutos
5. Mientras la muestra está en el congelador, preparar el reactivo de indofenol.
6. Centrifugar la muestra a 4000 r.p.m. por 15 minutos.
7. Filtrar dos veces por papel Whatman 540.
8. Guardar el sobrenadante de la filtración en refrigeración hasta el momento de la lectura.
9. Preparar el estándar de ácido ascórbico.
10. Medir la absorbancia de las muestras y los estándares de la curva de calibración en espectrofotómetro a 515 nm. Usar como blanco 5 ml de ácido metafosfórico.
11. Los estándares para la curva de calibración se preparan al colocar los volúmenes correspondientes de indofenol, ácido metafosfórico y por último estándar de L-ácido ascórbico.
12. Para medir la absorbancia de las muestras, se agrega a la celda de espectrofotómetro 4,5 ml de indofenol y 0,5 ml de muestra.
13. Tanto las muestras como los estándares se miden en un periodo máximo de

15 segundos luego de que entran en contacto con el indofenol.

**Tabla AVI.1.** Preparación de los estándares para la curva de calibración de L-ácido ascórbico

Estándares (E)	Ácido Ascórbico (ml)	Ácido metafosfórico	Indofenol
E1	0,000	0,500	4,500
E2	0,020	0,480	4,500
E3	0,040	0,460	4,500
E4	0,060	0,440	4,500
E5	0,080	0,420	4,500
E6	0,100	0,400	4,500
E7	0,130	0,370	4,500
E8	0,160	0,340	4,500
E9	0,190	0,310	4,500
E10	0,220	0,280	4,500
E11	0,250	0,250	4,500

14. Tomar el primer valor que detecte el espectrofotómetro.

15. Cuando la absorbancia de las muestras está sobre los valores de los estándares de la curva de calibración, es necesario medir un blanco, para lo cual se agrega a la celda del espectrofotómetro 4,5 ml de ácido metafosfórico y 0,5 ml de muestra. El valor de absorbancia se restará al valor de absorbancia de la muestra.

### Cálculos

El contenido de vitamina C, se calcula a partir de las Ecuaciones 5, 6 y 7.

$$\text{Ác. ascórbico} \left( \frac{mg}{100 g \text{ materia seca}} \right) = \frac{LR \times V_f \times fd}{Pm} \times 100 \quad [5]$$

Donde:

LR\* = Lectura de regresión

Vf = Volumen final (5 ml)

Fd\*\* = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra

$$* LR \left( \frac{mg}{ml} \right) = \frac{Am - b}{a} \quad [6]$$

Donde:

Am = Absorbancia de la muestra

b = Ordenada en el origen de la curva de calibración de L-ácido ascórbico

a = Pendiente de la curva de calibración de L-ácido ascórbico

$$** fd = \frac{Va}{Vq} \quad [7]$$

Donde:

Va = Volumen aforado (10 ml)

Vq = Volumen de la alícuota

## ANEXO VII

### DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE PECTINA

**Fuente:** Untiveros, 2003

#### **Principio**

La pectina se compone de cadenas largas de residuos esterificados de ácido galacturónico. Se encuentra principalmente en los tejidos vegetales de los frutos.

La propiedad más importante de la pectina es la capacidad de formar geles, es por ello que la metodología utiliza cloruro de calcio para reaccionar con la pectina, formar gel y cuantificarla como pectato de calcio.

#### **Materiales y Equipos**

- Balanza analítica
- Vasos de precipitación
- Papel filtro de microfibras de vidrio Whatman GFA
- Desecador
- Pipetas volumétricas
- Embudos
- Porta embudos

#### **Reactivos**

- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) 1M: Pesar 40,82 g de NaOH, disolver y aforar a 1000 ml de agua destilada.
- Solución de cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>) 1M: Pesar 77,5 g de CaCl<sub>2</sub>, disolver y aforar a 1000 ml de agua destilada.
- Solución de ácido acético 1M: Colocar 28,6 ml de ácido acético en un balón y

aforar a 500 ml con agua bidestilada.

### Procedimiento

1. Pesar 50 g de muestra fresca en un vaso de precipitación.
2. Añadir 500 ml de agua destilada y llevar a ebullición por 1 hora.
3. Tomar una alícuota de 100 ml, añadir 100 ml de agua destilada y 10 ml de NaOH 1 M. Dejar reposar por 24 horas.
4. Añadir 50 ml de solución de ácido acético 1 M con agitación, luego añadir 25 ml de CaCl<sub>2</sub> 1 M.
5. Llevar a la muestra a ebullición.
6. Filtrar el precipitado por papel Whatman GFA, de peso conocido. A continuación, lavar el sólido con agua caliente.
7. Secar el sólido a 70 °C por tres horas.
8. Retirar la muestra de la estufa, colocarla en un desecador por 30 minutos y pesar.

### Cálculos

El contenido de pectina se calcula a partir de la Ecuación 8.

$$\% \text{ Pectato de calcio} = \frac{\left(1 - \frac{Pa - Pb}{Pa - Pp}\right) \times 500 \times 100}{Pm \times Va} \quad [8]$$

Donde:

Pa = Peso de la muestra húmeda (g)

Pb = Peso de la muestra seca (g)

Pp = Peso del papel filtro (g)

Pm = Peso de la muestra (g)

Va = Volumen de la alícuota (ml)

## ANEXO VIII

### DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES

**Fuente:** Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos (LSAIA)

#### Principio

Los polifenoles totales son extraídos mediante una solución acuosa de metanol al 70%. Con este extracto se realiza una reacción colorimétrica con el reactivo Folin & Ciocalteu's, la misma que es cuantificada espectrofotométricamente.

#### Materiales y Equipos

- Balones volumétricos de 50, 100 y 1000 ml
- Embudos
- Porta embudos
- Erlenmeyers de 125 ml
- Agitadores magnéticos
- Papel filtro Whatman 4
- Micropipetas automáticas
- Probeta
- Tubos de ensayo
- Gradillas
- Celdas para espectrofotómetro
- Densímetros
- Plancha de agitación magnética
- Baño maría
- Espectrofotómetro HACH

#### Reactivos

- Solución carbonato de sodio al 20 %: Colocar 20 g de carbonato de sodio en un balón volumétrico de 100 ml, disolver y aforar con agua bidestilada.

- Metanol al 70%: Transferir cuantitativamente 700 ml de metanol en un balón volumétrico de 1000 ml, aforar con agua bidestilada. (Densidad de la solución 0,872 g/ml).
- Solución Estándar de ácido gálico (200 ppm): Transferir cuantitativamente 0,020 g de ácido gálico, en un balón volumétrico de 100 ml, disolver y aforar con agua destilada.
- Reactivo Folin & Ciocalteu's

### **Procedimiento**

#### 1. Extracción de la muestra.

- En un Erlenmeyer de 125 ml pesar 1 g de muestra liofilizada o húmeda.
- Adicionar 37,5 ml de solución acuosa de metanol al 70% y colocar un agitador magnético.
- Conducir a la muestra a una plancha de agitación y agitar por 45 minutos a temperatura ambiente.
- Filtrar el extracto a través de papel Whatman 4 en un balón volumétrico de 50 ml, lavar el filtrado y aforar con solución acuosa de metanol al 70%.
- Los extractos se pueden almacenar a 4 °C.

#### 2. Cuantificación en el espectrofotómetro UV-VIS

- Transferir 1 ml del extracto a un tubo de ensayo, añadir 9 ml de agua destilada (dilución A).
- Tomar 1 ml de la dilución A, añadir 6 ml de agua destilada y 1 ml de reactivo de Folin & Ciocalteu's, luego de tres minutos añadir 2 ml de la solución de carbonato de sodio al 20%, agitar y calentar en baño maría a 40 °C por 2 minutos.
- Para preparar los estándares para la curva de calibración, se realiza la solución de ácido gálico de 200 ppm y se prosigue acorde a la Tabla 1. Al igual que las muestras, se agrega a los estándares 1 ml de reactivo Folin Ciocalteu's, luego de tres minutos 2 ml de solución de carbonato de sodio al 20%, se agita y se calienta en baño maría a 40 °C por dos minutos.
- Colocar los estándares y las muestras en celdas para espectrofotómetro y

cuantificarlas a una longitud de onda de 760 nm.

**Tabla AVIII.1.** Preparación de la curva de calibración de Polifenoles totales

CONCENTRACIÓN (mg/ml)	VOLUMEN DE ESTÁNDAR (ml)	VOLUMEN DE AGUA (ml)
0	0,0	10,0
10	0,5	9,5
20	1,0	9,0
30	1,5	8,5
40	2,0	8,0
50	2,5	7,5

### Cálculos

La cuantificación de los polifenoles totales se realiza por medio de la Ecuación 9.

$$\left( \frac{\text{mg Ácido gálico}}{\text{g muestra}} \right) = \frac{a \times b \times d \times f}{P_m} \quad [9]$$

Donde:

a = concentración de ácido gálico obtenida a partir de la curva de calibración (mg/l)

b = volumen total del extracto (50 ml)

d = factor de dilución (10)

f = factor para transformar unidades (0,001)

P<sub>m</sub> = peso de la muestra (g)

## ANEXO IX

### DETERMINACIÓN DEL PODER ANTIOXIDANTE

Fuente: Huang *et al.*, 2006

#### Principio

El poder antioxidante se cuantifica al realizar un extracto de cada muestra con metanol al 80% y añadir cloruro férrico para la formación de ferrocianuro férrico. Como reactivo de control se utiliza Butil-hidroxianisol (C<sub>11</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub>).

#### Materiales y Equipos

- Embudos
- Balones volumétricos
- Porta embudos
- Soporte universal
- Erlenmeyers
- Papel filtro Whatman 4
- Agitadores magnéticos
- Frascos de vidrio con tapa
- Vasos de precipitación
- Tubos de ensayo
- Tubos de centrifuga
- Celdas para espectrofotómetro
- Micropipetas automáticas
- Pipetas graduadas
- Balanza de precisión
- Densímetros
- Plancha de agitación magnética
- Centrífuga
- Incubadora
- Congelador

- Espectrofotómetro HACH

### Reactivos

- Metanol al 80%: Transferir cuantitativamente 800 ml de metanol en un balón volumétrico de 1000 ml, aforar con agua bidestilada y verificar que la densidad de la solución sea 0,85 g/ml a 20°C.
- Solución buffer 0,2 M sodio-fosfato de pH 6,0: Disolver 13,80 g de  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  con agua destilada y llevar a un volumen de 500 ml (Solución A). Luego disolver 8,90 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  con agua destilada y llevar a un volumen de 250 ml (Solución B). Para preparar 500 ml de la solución buffer mezclar 312,5 ml de la solución A con 187,5 ml de la solución B. La solución buffer se guarda en un frasco oscuro a temperatura ambiente.
- Ferrocianuro de potasio al 1%: Disolver 2,5 g de  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$  en un poco de agua destilada, transferir a un balón de 250 ml y aforar.
- Tricloroacético al 10%: Disolver 25 g de  $\text{Cl}_3\text{Fe} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en un poco de agua destilada, transferir a un balón de 250 ml y aforar.
- Cloruro Férrico al 0,1%: Disolver 0,42 g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en un poco de agua destilada, transferir a un balón de 250 ml y aforar.

### Procedimiento

#### 1. Extracción de la muestra.

- En un Erlenmeyer pesar 1 g de muestra liofilizada o húmeda.
- Adicionar 15 ml de solución acuosa de metanol al 80% y colocar un agitador magnético.
- Conducir la muestra a la plancha de agitación y agitar a 150 rpm por 10 minutos a 45 °C
- Centrifugar a 1600 rpm por 15 minutos.
- Filtrar el extracto a través de papel Whatman 4. Al residuo de la centrifugación se coloca 10 ml de metanol al 80% y se agita y centrifuga nuevamente.
- Filtrar el sobrenadante a través de papel Whatman N° 4

- Los extractos se almacenan a 4 °C.
2. Colocar en un erlenmeyer 0,5 ml de extracto y 0,5 ml de agua destilada para el blanco.
  3. Agregar 7,5 ml de metanol al 80 % y conducir a una plancha de agitación a 150 rpm por 10 minutos a 45 °C.
  4. Centrifugar a 3500 rpm durante 15 minutos.
  5. Filtrar el sobrenadante a través de papel Whatman 4. Al residuo de la centrifugación se coloca 5 ml de metanol al 80% y se agita y filtra nuevamente.
  6. Se toman 2,5 ml del nuevo extracto, se añade 2,5 ml de la solución buffer sodio-fosfato de pH 6,0 y 2,5 ml de una solución de potasio férrico cianídico al 1 %.
  7. Se lleva a incubación a 50 °C durante 20 minutos
  8. Se añaden 2,5 ml de una solución de ácido tricloroacético al 10 % y se filtra a través de papel Whatman 4.
  9. Tomar 5 ml del extracto filtrado, añadir 5 ml de agua destilada y 1 ml de solución de cloruro férrico al 0.1 %.
  10. Agitar y dejar en reposo 10 minutos en la oscuridad.
  11. Colocar en celdas para espectrofotómetro y medir a una longitud de onda de 700 nm.

### Cálculos

El poder antioxidante se determina por medio de las Ecuaciones 10 y 11.

$$\text{Poder antioxidante} \left( \frac{\text{mg}}{100\text{g materia seca}} \right) = \frac{A \times MW \times 100}{\epsilon \times W} \quad [10]$$

Donde:

A = Absorbancia

MW = Peso molecular C<sub>11</sub>H<sub>16</sub>O<sub>2</sub> (180,24 g)

ε = Absortividad molar (40000 cm<sup>-1</sup> l/mol)

$W^*$  = Peso seco de la muestra (g)

$$* W = \frac{va \times Pm}{Ve} \quad [11]$$

Donde:

$Va$  = Volumen de la alícuota (ml)

$Pm$  = Peso seco de la muestra (g)

$Ve$  = Volumen del extracto (ml)

## ANEXO X

### DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FLAVONOIDES

Fuente: Huang *et al.*, 2006

#### Principio

Los flavonoides se cuantifican al realizar un extracto de cada muestra con metanol al 80% y añadir cloruro de aluminio al 2%.

Como reactivo de control se utiliza la quercetina (C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub>).

#### Materiales y Equipos

- Embudos
- Balones volumétricos
- Porta embudos
- Erlenmeyers
- Papel filtro Whatman 4
- Agitadores magnéticos
- Frascos de vidrio con tapa
- Vasos de precipitación
- Tubos de ensayo
- Tubos de centrifuga
- Celdas para espectrofotómetro
- Micropipetas automáticas
- Balanza de precisión
- Densímetros
- Plancha de agitación magnética
- Centrífuga
- Espectrofotómetro HACH

#### Reactivos

- Metanol al 80%: Transferir cuantitativamente 800 ml de metanol en un balón volumétrico de 1000 ml, aforar con agua bidestilada y verificar que la densidad de la solución sea 0,85 g/ml a 20°C.
- Cloruro de aluminio en metanol al 2%: Pesar 2 g de  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en un poco de metanol, transferir a un balón de 100 ml y aforar con metanol.

### Procedimiento

#### 1. Extracción de la muestra.

- En un Erlenmeyer pesar 1 g de muestra liofilizada o húmeda.
- Adicionar 15 ml de solución acuosa de metanol al 80% y colocar un agitador magnético.
- Conducir la muestra a la plancha de agitación y agitar a 150 rpm por 10 minutos a 45 °C
- Centrifugar a 1600 rpm por 15 minutos.
- Filtrar el extracto a través de papel Whatman 4. Al residuo de la centrifugación se coloca 10 ml de metanol al 80% y se agita y centrifuga nuevamente.
- Filtrar el sobrenadante a través de papel Whatman N° 4
- Los extractos se almacenan a 4 °C.

#### 2. Colocar en un erlenmeyer 0,5 ml de extracto y 0,5 ml de agua destilada para el blanco.

#### 3. Agregar 7,5 ml de metanol al 80 % y conducir a una plancha de agitación a 150 rpm por 10 minutos a 45 °C.

#### 4. Centrifugar a 3500 rpm durante 15 minutos.

#### 5. Filtrar el sobrenadante a través de papel Whatman 4. Al residuo de la centrifugación se coloca 5 ml de metanol al 80% y se agita y filtra nuevamente.

#### 6. Tomar 2 ml del nuevo extracto, colocar en celdas para espectrofotómetro, añadir 2 ml de solución de cloruro de aluminio en metanol al 2%.

#### 7. Agitar y dejar en reposo 10 minutos en la oscuridad.

#### 8. Medir en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 430 nm.

### Cálculos

El contenido de flavonoides se determina por medio de las Ecuaciones 12 y 13.

$$\text{Flavonoides} \left( \frac{\text{mg}}{100\text{g materia seca}} \right) = \frac{A \times MW \times 100}{\varepsilon \times W} \quad [12]$$

Donde:

A = Absorbancia

MW = Peso molecular C<sub>15</sub>H<sub>10</sub>O<sub>7</sub> (302,24 g)

ε = Absortividad molar (14000 cm<sup>-1</sup> l/mol)

W\* = Peso seco de la muestra (g)

$$* W = \frac{va \times Pm}{Ve} \quad [13]$$

Donde:

Va = Volumen de la alícuota (ml)

Pm = Peso seco de la muestra (g)

Ve = Volumen del extracto (ml)

## ANEXO XI

### DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ANTOCIANINAS

Fuente: Huang *et al.*, 2006

#### Principio

Las antocianinas se cuantifican al tratar a cada muestra con metanol acidificado al 1% con ácido clorhídrico.

Como reactivo de control se utiliza cloruro de cianidina-3-O-glucoside (C<sub>21</sub>H<sub>21</sub>ClO<sub>11</sub>).

#### Materiales y Equipos

- Embudos
- Balones volumétricos
- Porta embudos
- Papel filtro Whatman 4
- Agitadores magnéticos
- Frascos de vidrio con tapa
- Tubos de ensayo
- Tubos de centrifuga
- Celdas para espectrofotómetro
- Micropipetas automáticas
- Plancha de agitación magnética
- Centrífuga
- Espectrofotómetro HACH

#### Reactivos

- Metanol acidificado al 1% con ácido clorhídrico (HCl): Colocar 0,660 ml de ácido clorhídrico en un balón de 100 ml, mezclar y aforar con metanol.

## Procedimiento

### 1. Extracción de la muestra.

- En un Erlenmeyer pesar 1 g de muestra liofilizada o húmeda.
- Adicionar 10 ml de metanol acidificado (1% HCl) y colocar un agitador magnético.
- Conducir la muestra a la plancha de agitación y agitar a 200 rpm por 30 minutos a temperatura ambiente en la oscuridad.
- Colocar en refrigeración por 5 minutos.
- Centrifugar a 1600 rpm por 15 minutos.
- Filtrar el extracto a través de papel Whatman 4. Al residuo de la centrifugación se coloca 10 ml de metanol acidificado y se agita y centrifuga nuevamente.
- Filtrar el sobrenadante a través de papel Whatman N° 4

2. Colocar en un erlenmeyer 0,5 ml de extracto y 0,5 ml de agua destilada para el blanco.

3. Agregar 5 ml de metanol acidificado y conducir a una plancha de agitación a 200 rpm por 30 minutos a temperatura ambiente en la oscuridad.

4. Enfriar hasta 4 °C

5. Centrifugar a 3500 rpm durante 15 minutos.

6. Filtrar el sobrenadante a través de papel Whatman 4. Al residuo de la centrifugación se coloca 5 ml de metanol acidificado y se agita y filtra nuevamente.

7. Diluir el extracto hasta 12,5 ml con agua destilada.

8. Trasvasar a celdas para espectrofotómetro y medir a 510 nm.

## Cálculos

El contenido de antocianinas se determina por medio de las Ecuaciones 14 y 15.

$$\text{Antocianinas} \left( \frac{\text{mg}}{100\text{g materia seca}} \right) = \frac{A \times MW \times 100}{\varepsilon \times W} \quad [14]$$

Donde:

A = Absorbancia

MW = Peso molecular C<sub>21</sub>H<sub>21</sub>ClO<sub>11</sub> (484,84 g)

ε = Absortividad molar (34300 cm<sup>-1</sup> l/mol)

W\* = Peso seco de la muestra (g)

$$* W = \frac{va \times Pm}{Ve} \quad [15]$$

Donde:

Va = Volumen de la alícuota (ml)

Pm = Peso seco de la muestra (g)

Ve = Volumen del extracto (ml)

## ANEXO XII

### DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE CAROTENOIDES

**Fuente:** Rodríguez *et al.*, 2004. Método modificado por LSAIA

#### **Principio**

Para la cuantificación de los carotenoides totales, a una muestra se trata con acetona y se extrae los carotenoides con éter de petróleo.

Espectrofotométricamente se calcula el contenido de carotenoides en base al coeficiente de absorción molar del  $\beta$ -caroteno.

#### **Materiales y Equipos**

- Balones de 50 ml
- Embudos
- Porta embudos
- Erlenmeyers de 125 ml con tapa
- Probetas
- Embudos de separación
- Agitadores magnéticos
- Papel filtro Whatman 4
- Sorbona
- Balanza de precisión
- Plancha de agitación magnética
- Espectrofotómetro UV-VIS Shimadzu

#### **Reactivos**

- Acetona
- Éter de petróleo
- Sulfato de sodio anhidro

## Procedimiento

Trabajar en penumbra todo el tiempo y en la sorbona durante el manejo de la acetona y el éter de petróleo.

1. Pesar 3 g de muestra molida o húmeda homogenizada en un erlenmeyer de 125 ml.
2. Añadir 30 ml de acetona fría, llevar a una plancha de agitación y agitar a 450 rpm por 1 hora.
3. En un embudo de separación colocar 30 ml de éter de petróleo y en la boca colocar un embudo simple con papel Whatman 4.
4. Verter a través del papel filtro el extracto en acetona.
5. Una vez filtrado colocar 10 ml de agua destilada, tapar, agitar, esperar a que las dos fases se separen y eliminar la acetona. Repetir este proceso por tres ocasiones.
6. Añadir al embudo de separación sulfato de sodio anhidro para eliminar el agua residual y esperar 1 minuto.
7. Con la ayuda de un embudo simple, recolectar el extracto de los carotenos en un balón de 50 ml.
8. Aforar con éter de petróleo.
9. Colocar en celdas de espectrofotómetro y medir la absorbancia a 450 nm. Se utiliza como blanco el éter de petróleo.

## Cálculos

El contenido de carotenos se obtiene a partir de la Ecuación 16.

$$\text{Carotenos} \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{g materia seca}} \right) = \frac{\left( \frac{A}{A_{1\%}^{1\text{cm}}} \right) \times Pm \times Vt \times fd \times ft}{P} \quad [16]$$

Donde:

A = Absorbancia de la muestra

$A_{(1\text{ cm})}^{(1\%)}$  = Coeficiente de absorción molar del  $\beta$ -caroteno en éter de petróleo (2592)

Pm = Peso molecular del  $\beta$ -caroteno (536,89 g/mol)

Vt = Volumen total (l)

Fd = Factor de dilución

Ft = Factor para transformar unidades (1 g = 1000000  $\mu$ g)

P = Peso de la muestra

## **ANEXO XIII**

### **DETERMINACIÓN DE MINERALES**

**Fuente:** Método adaptado por el Laboratorio de Servicios de Análisis e Investigación en Alimentos (LSAIA)

#### **Principio**

Las cenizas de la muestra son sometidas a una digestión ácida para ser diluidas a un volumen determinado. A continuación se realiza los análisis de Macro y Micro-elementos por absorción atómica y en el caso de fósforo por colorimetría.

#### **Equipos y materiales**

- Espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu AA-680
- Dilutor automático
- Plancha calentadora
- Balanza analítica
- Agitadores magnéticos
- Balones de: 50, 100, 500 y 1000 ml
- Pipetas volumétricas de: 0,1; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5 ml
- Pipetas graduadas de: 5, 10, 25 ml
- Papel filtro Whatman 541 o equivalente
- Embudos
- Porta embudos
- Piseta de polietileno
- Tubos de ensayo
- Gradillas

#### **Reactivos**

- Solución estándar de calcio, magnesio, fósforo, sodio, potasio, cobre, hierro, manganeso, zinc, cobalto, de 1000 ppm.

- Solución de lantano al 1%
- Solución de litio al 1%
- Solución de molibdovanadato de amonio (reactivo de color) para fósforo: Disolver 40 g de molibdato de amonio penta hidratado en 400 ml de agua caliente y enfriar. Disolver 2 g de metavanadato de amonio en 250 ml de agua caliente, enfriar y añadir 450 ml de ácido perclórico al 70%. Gradualmente añadir la solución de molibdato a la de metavanadato con agitación y llevar a 2 litros.

### **Procedimiento**

1. Colocar los crisoles que contienen las cenizas de la muestra en la capilla o sorbona.
2. Adicionar 10 ml de agua destilada y 5 ml de ácido clorhídrico concentrado.
3. Digerir hasta que el volumen se reduzca a la tercera parte a temperatura baja.
4. Retirar los crisoles de la plancha y enfriar, filtrar por papel Whatman 541 y recibir el filtrado en un balón de 100 ml.
5. Hacer diluciones y colocar la décima parte del volumen de dilución (0,5 ml) de solución de lantano al 1% a la dilución en la cual se va a leer calcio y magnesio; 0,5 ml de reactivo de color para fósforo y 0,5 ml de solución de litio al 1% para sodio y potasio.
6. Preparar estándares que contengan:
  - Para Ca: 0 - 5  $\mu\text{g}$  Ca/ml
  - Para P: 0 - 5  $\mu\text{g}$  P/ml
  - Para Mg: 0 - 0,5  $\mu\text{g}$  Mg/ml
  - Para K: 0 - 2  $\mu\text{g}$  K/ml
  - Para Na: 0 - 1  $\mu\text{g}$  Na/ml
  - Para Cu: 0 - 5  $\mu\text{g}$  Cu/ml
  - Para Fe: 0 - 5  $\mu\text{g}$  Fe/ml
  - Para Mn: 0 - 2,5  $\mu\text{g}$  Mn/ml
  - Para Co: 0 - 5  $\mu\text{g}$  Co/ml
7. Hacer lecturas de absorbancia de los estándares y las muestras, para fósforo en el Espectrofotómetro y Spectronic 20D; se utiliza las celdas para lectura a

400 nm. Para el resto de elementos, hacer las lecturas en Espectrofotómetro de absorción atómica en Shimadzu AA-680; utilizar para cada elemento la respectiva lámpara de cátodo hueco y las condiciones estándar descritas en el manual.

8. Registrar las lecturas de absorción tanto de estándares y muestras en la hoja de datos para análisis de minerales.

### Cálculos

Se realiza una curva de calibración Concentración vs Absorbancia con los valores obtenidos de las lecturas de los estándares. Interpolar en dicha curva los valores de absorbancia o absorción de las muestras en la respectiva dilución y obtener la lectura de regresión (estos cálculos los realiza el equipo de absorción atómica).

Para macro y micro elementos se utilizan las Ecuaciones 17 y 18.

$$\% \text{ macroelementos} = \frac{Lr \times Fd}{Pm} \quad [17]$$

$$\text{ppm microelementos} = \frac{Lr \times Fd}{Pm} \quad [18]$$

Donde:

Lr = Lectura de regresión

Fd = Factor de dilución

Pm= Peso de la muestra (g)

## ANEXO XIV

### DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD PEROXIDASA

Fuente: Silva, 1984 (Avallone *et al.*, 2001)

#### Principio

Para cuantificar la actividad peroxidasa, se extrae la enzima de la muestra a bajas temperaturas para luego mezclar con tampón fosfato y realizar una reacción de la enzima con guayacol y peróxido de hidrógeno.

La actividad enzimática se obtiene a partir de la pendiente de la parte lineal de la curva Absorbancia vs Tiempo.

#### Equipos y materiales

- Vasos de precipitación
- Embudos
- Porta embudos
- Papel filtro Whatman 540
- Tubos para centrifuga con tapa
- Frascos de vidrio con tapa
- Tubos de ensayo
- Gradillas
- Pipetas
- Micropipetas automáticas
- Puntas para micropipeta
- Celdas para espectrofotómetro
- Cronómetro
- Termómetro
- Espectrofotómetro HACH
- Balanza analítica
- Baño maría

- Centrífuga
- Licuadora

### Reactivos

- Solución A, Fosfato de sodio monobásico 0,2 M: Pesar 27,88 g de fosfato de sodio monobásico ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), disolver y aforar a un litro con agua destilada.
- Solución B, Fosfato de sodio di básico 0,2 M. Pesar 35,78 g de fosfato de sodio di básico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), disolver y aforar a un litro con agua destilada.
- Solución Buffer Fosfato 0,2 M; pH 6,0: Medir 219,25 ml de la solución A y adicionar 30,75 ml de la Solución B, medir el pH y aforar a 500 ml con agua destilada.
- Solución de Guayacol al 0,5%: Medir 0,5 ml de guayacol y aforar a 100 ml con etanol puro.
- Peróxido de Hidrógeno al 0,08%: Medir 0,88 ml de peróxido de hidrógeno y aforar a 100 ml con agua destilada.

### Procedimiento

1. Realizar el extracto enzimático.

- Pesar 40 g de pulpa de fruta.
- Adicionar 80 ml de agua destilada fría (1 °C) y 80 ml de agua destilada congelada.
- Licuar durante 4 minutos
- Centrifugar a 3500 rpm durante 20 minutos.
- Filtrar el líquido sobrenadante a través de papel Whatman 540. El filtrado se coloca en frascos de vidrio que se encuentran en un baño de hielo picado.

En un tubo de ensayo adicionar 20 ml de tampón fosfato 0,2 M; pH 6,0.

2. Adicionar 2 ml de extracto enzimático.

3. Colocar en baño maría a 25 °C durante 15 minutos.

4. Adicionar 1 ml de guayacol al 0,5 % y 1 ml de peróxido de hidrógeno al 0,08%.
5. Homogenizar rápidamente.
6. Medir espectrofotométricamente a 470 nm. Usar como blanco la mezcla sin peróxido de hidrógeno.
7. Realizar un total de diez lecturas de absorbancia. Cada una de las lecturas se realizan con intervalos de un minuto.
8. Realizar la curva Absorbancia vs Tiempo para cada muestra.

### Cálculos

La actividad de la peroxidasa se calcula a partir de la Ecuación 19.

$$\text{Actividad enzimática peroxidasa} \left( \frac{U}{ml} \right) = \frac{a}{0,001} \times \frac{Pm}{V} \quad [19]$$

Donde:

a = Pendiente de la parte lineal de la curva Absorbancia vs Tiempo

Pm = Peso de la muestra (g)

V = Volumen total (ml)

## ANEXO XV

### DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD POLIFENOLOXIDASA

Fuente: Potig & Joslyn, 1948 (Avallone *et al.*, 2001)

#### Principio

Para cuantificar la actividad polifenoloxidasas, se extrae la enzima de la muestra a bajas temperaturas. Luego se mezcla tampón fosfato y catecol, que reaccionaran con la enzima presente en la muestra.

La actividad enzimática se obtiene a partir de la pendiente de la parte lineal de la curva Absorbancia vs Tiempo.

#### Equipos y materiales

- Vasos de precipitación
- Embudos
- Porta embudos
- Papel filtro Whatman 540
- Tubos para centrifuga con tapa
- Frascos de vidrio con tapa
- Tubos de ensayo
- Gradillas
- Pipetas
- Micropipetas automáticas
- Puntas para micropipeta
- Celdas para espectrofotómetro
- Cronómetro
- Termómetro
- Espectrofotómetro HACH
- Balanza analítica
- Baño maría

- Centrífuga
- Licuadora

### Reactivos

- Solución A, Fosfato de sodio monobásico 0,2 M: Pesar 27,88 g de fosfato de sodio monobásico ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), disolver y aforar a un litro con agua destilada.
- Solución B, Fosfato de sodio di básico 0,2 M: Pesar 35,78 g de fosfato de sodio di básico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), disolver y aforar a un litro con agua destilada.
- Solución Buffer Fosfato 0,2 M; pH 6,0: Medir 219,25 ml de la solución A y adicionar 30,75 ml de la Solución B, medir el pH y aforar a 500 ml con agua destilada.
- Solución de Catecol 0,1 M: Pesar 0,28 g de piricatecol, disolver y aforar a 25 ml con agua destilada.

### Procedimiento

1. Realizar el extracto enzimático.

- Pesar 40 g de pulpa de fruta.
- Adicionar 80 ml de agua destilada fría (1 °C) y 80 ml de agua destilada congelada.
- Licuar durante 4 minutos
- Centrifugar a 3500 rpm durante 20 minutos.
- Filtrar el líquido sobrenadante a través de papel Whatman 540. El filtrado se coloca en frascos de vidrio que se encuentran en un baño de hielo picado.

2. En un tubo de ensayo adicionar 0,3 ml de catecol 0,1 M.

3. Colocar 9,6 ml de solución tampón fosfato 0,2 M; pH 6,0.

4. Colocar en baño maría a 30 °C durante 15 minutos.

5. Adicionar 1 ml de extracto enzimático.

6. Homogenizar rápidamente.
7. Medir espectrofotométricamente a 425 nm. Usar como blanco agua destilada. Realizar diez lecturas cada minuto.
8. Realizar un total de diez lecturas de absorbancia. Cada una de las lecturas se realizan con intervalos de un minuto.
9. Realizar la curva Absorbancia vs Tiempo para cada muestra.

### **Cálculos**

La actividad de la polifenoloxidasa se calcula a partir de la Ecuación 20.

$$\text{Actividad enzimática polifenoloxidasa} \left( \frac{U}{ml} \right) = \frac{a}{0,001} \times \frac{Pm}{Vt} \quad [20]$$

Donde:

a = Pendiente de la parte lineal de la curva Absorbancia vs Tiempo

Pm = Peso de la muestra (g)

Vt = Volumen total (ml)

**ANEXO XVI**  
**DETERMINACIÓN SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD**

Fuente: Watts *et al.*, 1992

Fecha: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

Estamos evaluando la aptitud de la manzana para la elaboración de puré. Usted ha recibido cuatro muestras codificadas de puré de manzana, sin azúcar ni aditivos. Observe y pruebe cada muestra e indique el grado en que le gusta o le desagrada cada muestra de acuerdo a sabor, textura y apariencia, marcando con una X en el casillero correspondiente.

Código: \_\_\_\_\_

Me desagrada mucho	Me desagrada poco	Ni me gusta ni me desagrada	Me gusta poco	Me gusta mucho

Código: \_\_\_\_\_

Me desagrada mucho	Me desagrada poco	Ni me gusta ni me desagrada	Me gusta poco	Me gusta mucho

Código: \_\_\_\_\_

Me desagrada mucho	Me desagrada poco	Ni me gusta ni me desagrada	Me gusta poco	Me gusta mucho



**ANEXO XVII**

**DATOS OBTENIDOS DE LA DETERMINACIÓN DE PRESENCIA DE ALMIDÓN MEDIANTE EL TEST DE YODO EN TRES LOTES DE MANZANA DE CUATRO VARIEDADES**

**Tabla XVII.1.** Datos totales obtenidos de la determinación de almidón

VARIEDAD	ÍNDICE DE ALMIDÓN		
	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
<b>JON-A</b>	3,8	3,5	3,6
	3,9	3,7	3,8
	4,5	4,3	4,0
	4,3	4,2	4,1
	4,2	4,0	4,1
	4,6	4,6	4,4
	5,0	5,0	4,7
	5,0	4,9	4,9
	4,9	3,8	4,3
	5,0	4,1	4,5
<i>PROMEDIO</i>	4,5	4,2	4,2
<i>DESVIACIÓN ESTANDAR</i>	0,5	0,5	0,4
<b>EMILIA</b>	4,5	4,8	4,6
	5,0	4,7	4,8
	4,8	4,9	4,8
	4,7	4,8	4,7
	4,9	4,5	4,6
	5,0	4,6	4,8
	4,5	4,7	4,6
	5,0	5,0	4,9
	4,8	5,0	4,9
	4,3	4,8	4,4
<i>PROMEDIO</i>	4,8	4,8	4,7
<i>DESVIACIÓN ESTANDAR</i>	0,2	0,2	0,2

Tabla XVII.1. Datos totales obtenidos de la determinación de almidón. **Continuación...**

VARIEDAD	ÍNDICE DE ALMIDÓN		
	LOTE 1	LOTE 2	LOTE 3
<b>ROYAL GALA</b>	5,0	3,5	4,0
	4,5	3,5	4,0
	5,0	3,5	4,2
	4,5	4,0	4,3
	3,9	4,5	4,4
	4,0	4,5	4,3
	4,5	5,0	4,7
	5,0	3,5	3,8
	4,5	4,0	4,0
	3,8	3,5	3,6
<i>PROMEDIO</i>	<i>4,5</i>	<i>4,0</i>	<i>4,1</i>
<i>DESVIACIÓN ESTANDAR</i>	<i>0,5</i>	<i>0,6</i>	<i>0,3</i>
<b>GRANNY SMITH</b>	4,5	4,5	4,5
	4,0	4,0	4,0
	3,9	3,5	3,7
	3,5	4,0	3,7
	4,5	4,5	4,0
	4,8	4,5	4,3
	4,0	4,6	4,2
	4,0	3,8	3,9
	4,7	3,9	4,1
	4,5	4,0	4,3
<i>PROMEDIO</i>	<i>4,2</i>	<i>4,1</i>	<i>4,1</i>
<i>DESVIACIÓN ESTANDAR</i>	<i>0,4</i>	<i>0,4</i>	<i>0,3</i>

**ANEXO XVIII**  
**FOTOGRAFÍAS TOMADAS UTILIZADAS PARA LA VALORACIÓN**  
**DE LA PRESENCIA DE ALMIDÓN EN TRES LOTES DE MANZANA**  
**DE CUATRO VARIEDADES**



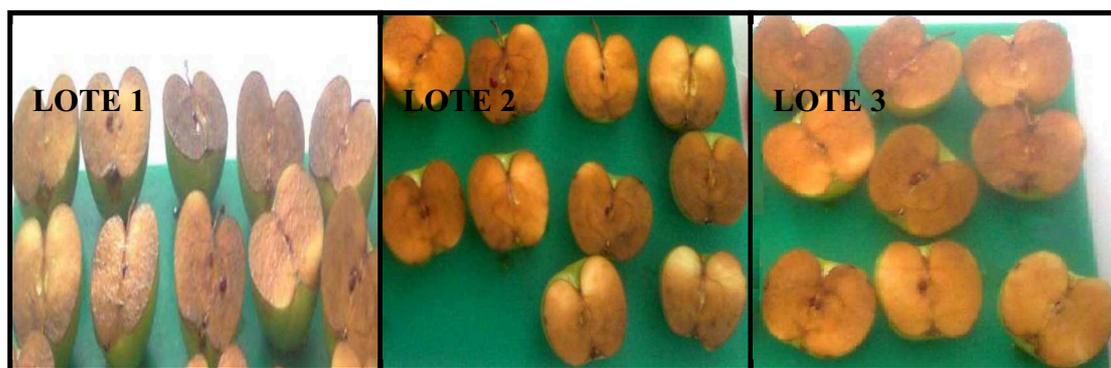
**Figura XVIII.1.** Fotografías del test de yodo de tres lotes de manzana. Variedad Jon-a



**Figura XVIII.2.** Fotografías del test de yodo de tres lotes de manzana. Variedad Emilia



**Figura XVIII.3.** Fotografías del test de yodo de tres lotes de manzana. Variedad Royal gala



**Figura XVIII.4.** Fotografías del test de yodo de tres lotes de manzana. Variedad Granny Smith

**ANEXO XIX**

**DETERMINACIONES DE LOS PARÁMETROS DE TEXTURA EN MUESTRAS DE MANZANA CRUDA DE CUATRO VARIETADES MEDIANTE EL ENSAYO TPA REALIZADO EN EL TEXTURÓMETRO TA-XT2i**

**Tabla XIX.1.1.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de la variedad Jon-a. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>3</sub>f<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
<b>DATOS PRIMARIOS</b>	<i>FRACTURABILIDAD</i>	1 011,60	1 082,00	940,80	1 011,47	70,60	6,98
	<i>DUREZA 1</i>	2 151,40	1 858,50	1 536,40	1 848,77	307,62	16,64
	<i>ÁREA 1</i>	19 880,00	17 510,00	16 400,00	17 930,00	1 777,61	9,91
	<i>FUERZA ADHESIVA</i>	-466,00	-420,50	-417,10	-434,53	27,30	-6,28
	<i>ADHESIVIDAD. ÁREA 3</i>	-3 536,00	-2 902,00	-3 174,00	-3 204,00	318,06	-9,93
	<i>DUREZA 2</i>	1 430,60	1 331,50	1 088,50	1 283,53	176,02	13,71
	<i>ÁREA 2</i>	4 958,00	4 163,00	4 093,00	4 404,67	480,48	10,91
	L1	15,61	14,72	14,79	15,04	0,49	3,28
	L2	14,83	14,57	14,63	14,67	0,14	0,92
		<i>COHESIVIDAD (A2/A1)</i>	0,25	0,24	0,25	0,25	0,01
<b>DATOS SECUNDARIOS</b>	<i>GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)</i>	536,55	441,86	383,44	453,95	77,27	17,02
	<i>ELASTICIDAD (L2/L1)</i>	0,95	0,99	0,99	0,98	0,02	2,33
	<i>MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)</i>	509,73	437,35	379,30	442,13	65,35	14,78

**Tabla XIX.2.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de la variedad Jon-a. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>3</sub>t<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 095,50	1 296,20	1 275,50	1 222,40	110,38	9,03
	DUREZA 1	1 530,30	1 964,10	1 619,30	1 704,57	229,13	13,44
	ÁREA 1	18 450,00	21 690,00	18 800,00	19 646,67	1 778,21	9,05
	FUERZA ADHESIVA	-382,10	-418,30	-414,80	-405,07	19,97	-4,93
	ADHESIVIDAD, ÁREA 3	-2 971,00	-3 366,00	-2 873,00	-3 070,00	260,98	-8,50
	DUREZA 2	1 094,40	1 275,00	1 132,00	1 167,13	95,29	8,16
	ÁREA 2	4 097,00	4 618,00	4 283,00	4 332,67	264,03	6,09
	L1	15,50	16,10	15,03	15,54	0,54	3,45
	L2	14,73	14,84	14,57	14,71	0,14	0,93
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,22	0,21	0,23	0,22	0,01	3,40
DATOS SECUNDARIOS	GOMOSIDAD (Dureza 1 * Cohesividad)	339,82	418,17	368,91	375,63	39,61	10,54
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,95	0,92	0,97	0,95	0,02	2,54
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	323,04	385,44	357,61	355,36	31,26	8,80

**Tabla XIX.3.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de la variedad Jon-a. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>3</sub>t<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 203,20	1 080,00	1 254,20	1 179,13	89,56	7,60

**Tabla XIX.3.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de la variedad Jon-a. Tratamiento a<sub>0b3f3</sub>.  
Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 1	2 076,40	2 259,80	1 859,60	2 065,27	200,33	9,70
	ÁREA 1	23 410,00	20 970,00	20 610,00	21 663,33	1 523,33	7,03
	FUERZA ADHESIVA	-450,50	-469,40	-443,50	-454,47	13,40	-2,95
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-3 351,00	-2 945,00	-3 364,00	-3 220,00	238,25	-7,40
	DUREZA 2	1 261,90	1 106,30	1 192,90	1 187,03	77,97	6,57
	ÁREA 2	4 789,00	5 335,00	5 203,00	5 109,00	284,88	5,58
	L1	14,97	17,09	15,72	15,93	1,08	6,76
L2	14,12	14,95	15,05	14,70	0,51	3,45	
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,20	0,25	0,25	0,24	0,03	11,90
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	424,77	574,92	469,46	489,72	77,10	15,74
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,94	0,87	0,96	0,93	0,04	4,79
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	400,79	502,76	449,30	450,95	51,01	11,31

**Tabla XIX.4.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de la variedad Emilia. Tratamiento a<sub>0b2r1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 125,10	1 047,80	1 018,50	1 063,80	55,07	5,18

**Tabla XIX.4.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de la variedad Emilia. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>2</sub>r<sub>1</sub>.  
Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 1	1 355,70	1 560,70	1 222,80	1 379,73	170,23	12,34
	ÁREA 1	1 6030,00	1 7010,00	1 5070,00	1 6036,67	970,02	6,05
	FUERZA ADHESIVA	-237,70	-227,80	-265,00	-243,50	19,27	-7,91
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-1 108,00	-1 259,00	-1 150,00	-1 172,33	77,94	-6,65
	DUREZA 2	762,20	852,80	738,80	784,60	60,21	7,67
	ÁREA 2	2 415,00	2 867,00	2 310,00	2 530,67	295,97	11,70
	L1	16,42	17,00	15,66	16,36	0,67	4,09
DATOS SECUNDARIOS	L2	14,60	13,88	14,38	14,28	0,37	2,56
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,15	0,17	0,15	0,16	0,01	6,13
	GOMOSIDAD (Dureza 1 * Cohesividad)	204,24	263,05	187,44	218,24	39,70	18,19
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,89	0,82	0,92	0,87	0,05	5,96
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	181,60	214,84	172,06	189,50	22,46	11,85

**Tabla XIX.5.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de la variedad Emilia. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>2</sub>r<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 156,60	1 260,20	1 126,50	1 181,10	70,14	5,94

**Tabla XIX.5.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de la variedad Emilia. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>2</sub>t<sub>2</sub>.  
Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 1	1 398,80	1 306,30	1 275,40	1 326,83	64,21	4,84
	ÁREA 1	17 530,00	16 090,00	16 460,00	16 693,33	747,82	4,48
	FUERZA ADHESIVA	-293,20	-301,30	-316,50	-303,67	11,83	-3,90
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-1 541,00	-1 230,00	-1 676,00	-1 482,33	228,71	-15,43
	DUREZA 2	716,60	607,00	745,20	689,60	72,95	10,58
	ÁREA 2	2 612,00	2 102,00	2 375,00	2 363,00	255,21	10,80
	L1	21,21	24,30	20,16	21,89	2,15	9,83
	L2	15,03	13,24	14,27	14,18	0,90	6,33
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,15	0,13	0,14	0,14	0,01	6,75
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	208,42	170,66	184,03	187,70	19,15	10,20
DATOS SECUNDARIOS	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,71	0,54	0,71	0,65	0,09	14,41
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	147,69	93,00	130,25	123,65	27,94	22,59

**Tabla XIX.6.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de la variedad Emilia. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>2</sub>t<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 137,90	1 343,50	1 557,10	1 346,17	209,61	15,57

**Tabla XIX.6.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de la variedad Emilia. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>2</sub>r<sub>3</sub>.  
Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	DUREZA I	1 204,40	1 459,60	1 670,60	1 444,87	233,45	16,16
	ÁREA I	15 550,00	17 680,00	18 010,00	17 080,00	1 335,25	7,82
	FUERZA ADHESIVA	-312,50	-307,10	-251,40	-290,33	33,83	-11,65
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-1 445,00	-1 504,00	-1 741,00	-1 563,33	156,67	-10,02
	DUREZA 2	733,50	817,40	895,11	815,34	80,82	9,91
	ÁREA 2	2 244,00	2 441,00	2 556,00	2 413,67	157,79	6,54
DATOS SECUNDARIOS	L1	15,63	16,17	19,93	17,24	2,34	13,58
	L2	14,67	13,66	15,00	14,44	0,70	4,84
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,14	0,14	0,14	0,14	0,00	2,23
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	173,81	201,52	237,09	204,14	31,73	15,54
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,94	0,84	0,75	0,85	0,09	10,99
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	163,07	170,23	178,43	170,58	7,68	4,50

**Tabla XIX.7.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de la variedad Royal Gala. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>r<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 219,60	1 203,00	1 423,70	1 282,10	122,91	9,59

**Tabla XIX.7.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de la variedad Royal Gala. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>f<sub>1</sub>.  
Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	DUREZA I	1 896,40	1 642,80	1 767,40	1 768,87	126,81	7,17
	ÁREA I	18 870,00	19 450,00	21 170,00	19 830,00	1 196,16	6,03
	FUERZA ADHESIVA	-334,70	-292,00	-282,70	-303,13	27,73	-9,15
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-2 249,00	-2 067,00	-1 972,00	-2 096,00	140,76	-6,72
	DUREZA 2	1 184,90	1 234,30	1 509,20	1 309,47	174,73	13,34
	ÁREA 2	4 206,00	3 214,00	3 668,00	3 696,00	496,59	13,44
DATOS SECUNDARIOS	L1	16,16	18,77	15,37	16,76	1,78	10,61
	L2	15,02	14,73	15,00	14,92	0,16	1,11
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,22	0,17	0,17	0,19	0,03	16,69
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	422,70	271,46	306,23	333,46	79,21	23,75
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,93	0,78	0,98	0,90	0,10	11,13
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	392,88	213,02	298,95	301,62	89,96	29,83

**Tabla XIX.8.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de la variedad Royal Gala. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>t<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 237,90	1 514,80	1 468,50	1 407,07	148,32	10,54
	DUREZA I	2 104,60	2 104,90	2 166,90	2 125,47	35,88	1,69

**Tabla XIX.8.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de la variedad Royal Gala. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>f<sub>2</sub>.  
Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ÁREA 1	21 870,00	25 150,00	25 330,00	24 116,67	1 947,75	8,08
	FUERZA ADHESIVA	-373,40	-394,20	-405,40	-391,00	16,24	-4,15
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-2 406,00	-2 291,00	-2 680,00	-2 459,00	199,84	-8,13
	DUREZA 2	1 453,10	1 905,10	1 719,90	1 692,70	227,22	13,42
	ÁREA 2	4 631,00	5 434,00	5 520,00	5 195,00	490,33	9,44
	L1	17,10	20,37	18,24	18,57	1,66	8,94
DATOS SECUNDARIOS	L2	14,61	14,58	15,04	14,74	0,26	1,76
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,21	0,22	0,22	0,22	0,00	1,47
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	445,65	454,79	472,22	457,55	13,50	2,95
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,85	0,72	0,82	0,80	0,07	9,16
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	380,76	325,41	389,48	365,22	34,75	9,51

**Tabla XIX.9.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de la variedad Royal Gala. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>2</sub>f<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 032,10	990,40	810,50	944,33	117,76	12,47
	DUREZA 1	1 511,00	1 599,40	1 307,30	1 472,57	149,79	10,17

**Tabla XIX.9.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de la variedad Royal Gala. Tratamiento a0b2r3. Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ÁREA 1	16 530,00	17 510,00	14 210,00	16 083,33	1694,74	10,54
	FUERZA ADHESIVA	-387,70	-400,70	-391,20	-393,20	6,73	-1,71
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-3 159,00	-3 186,00	-3 137,00	-3 160,67	24,54	-0,78
	DUREZA 2	1 131,40	1 154,40	1 157,10	1 147,63	14,12	1,23
	ÁREA 2	3 435,00	3 523,00	2 830,00	3 262,67	377,27	11,56
	L1	15,62	15,98	15,30	15,63	0,34	2,18
DATOS SECUNDARIOS	L2	14,46	13,97	14,85	14,43	0,44	3,04
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,21	0,20	0,20	0,20	0,00	2,23
	GOMOSIDAD (Dureza 1 * Cohesividad)	313,99	321,80	260,36	298,72	33,45	11,20
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,93	0,87	0,97	0,92	0,05	5,21
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	290,67	281,41	252,70	274,93	19,80	7,20

**Tabla XIX.10.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de la variedad Granny Smith. Tratamiento a0b1r1

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 704,20	1 539,80	1 587,60	1 610,53	84,57	5,25
	DUREZA 1	3 651,00	3 308,10	3 643,20	3 534,10	195,76	5,54

**Tabla XIX.10.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de la variedad Granny Smith. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>r<sub>1</sub>.  
Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ÁREA 1	35 960,00	38 050,00	38 710,00	37 573,33	1435,63	3,82
	FUERZA ADHESIVA	-348,60	-370,20	-368,00	-362,27	11,89	-3,28
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-1 400,00	-1 642,00	-1 931,00	-1 657,67	265,85	-16,04
	DUREZA 2	3 034,10	3 086,00	3 046,70	3 055,60	27,07	0,89
	ÁREA 2	7 073,00	8 906,00	7 564,00	7 847,67	948,85	12,09
	L1	16,10	14,94	14,82	15,29	0,71	4,64
	L2	14,68	14,78	14,61	14,69	0,09	0,58
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,20	0,23	0,20	0,21	0,02	10,52
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	718,12	774,30	711,89	734,77	34,37	4,68
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,91	0,99	0,99	0,96	0,04	4,54
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	654,78	765,74	701,80	707,44	55,70	7,87

**Tabla XIX.11.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de la variedad Granny Smith. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>r<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 754,20	1 710,50	1 623,30	1 696,00	66,64	3,93
	DUREZA 1	2 826,60	2 650,70	3 009,20	2 828,83	179,26	6,34

**Tabla XIX.11.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de la variedad Granny Smith. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>r<sub>2</sub>.  
Continuación...

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ÁREA 1	31 530,00	31 100,00	32 280,00	31 636,67	597,19	1,89
	FUERZA ADHESIVA	-295,80	-273,60	-294,40	-287,93	12,43	-4,32
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-1 575,00	-1 364,00	-1 663,00	-1 534,00	153,66	-10,02
	DUREZA 2	2 481,30	2 509,50	2 889,30	2 626,70	227,85	8,67
	ÁREA 2	6 218,00	5 354,00	6 084,00	5 885,33	465,00	7,90
	L1	15,19	15,75	15,05	15,33	0,37	2,40
DATOS SECUNDARIOS	L2	14,80	14,76	14,99	14,85	0,13	0,85
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,20	0,17	0,19	0,19	0,01	6,84
	GOMOSIDAD (Dureza 1 * Cohesividad)	557,43	456,33	567,16	526,97	61,37	11,65
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,97	0,94	1,00	0,97	0,03	3,07
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	543,11	427,64	564,90	511,88	73,77	14,41

**Tabla XIX.12.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de la variedad Granny Smith. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>r<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	1 193,30	1 336,60	1 349,10	1 293,00	86,57	6,70
	DUREZA 1	2 293,70	2 690,60	2 381,10	2 455,13	208,55	8,49

**Tabla XIX.12.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de la variedad Granny Smith. Tratamiento a<sub>0b1f3</sub>.  
**Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ÁREA 1	27 820,00	28 700,00	27 800,00	28 106,67	513,94	1,83
	FUERZA ADHESIVA	-236,10	-281,60	-224,80	-247,50	30,07	-12,15
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-1 138,00	-1 382,00	-1 168,00	-1 229,33	133,06	-10,82
	DUREZA 2	1 909,50	1 944,70	2 107,70	1 987,30	105,74	5,32
	ÁREA 2	3 661,00	4 384,00	3 951,00	3 998,67	363,85	9,10
	L1	18,73	17,10	15,45	17,09	1,64	9,58
	L2	14,24	13,67	13,95	13,95	0,29	2,04
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,13	0,15	0,14	0,14	0,01	7,44
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	301,84	411,00	338,41	350,42	55,56	15,86
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,76	0,80	0,90	0,82	0,07	8,96
DATOS SECUNDARIOS	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	229,46	328,53	305,44	287,81	51,83	18,01

## ANEXO XX

### GRÁFICOS DEL PERFIL DE TEXTURA OBTENIDOS EN EL TEXTURÓMETRO TA-XT2i PARA MUESTRAS DE MANZANA CRUDA DE CUATRO VARIEDADES

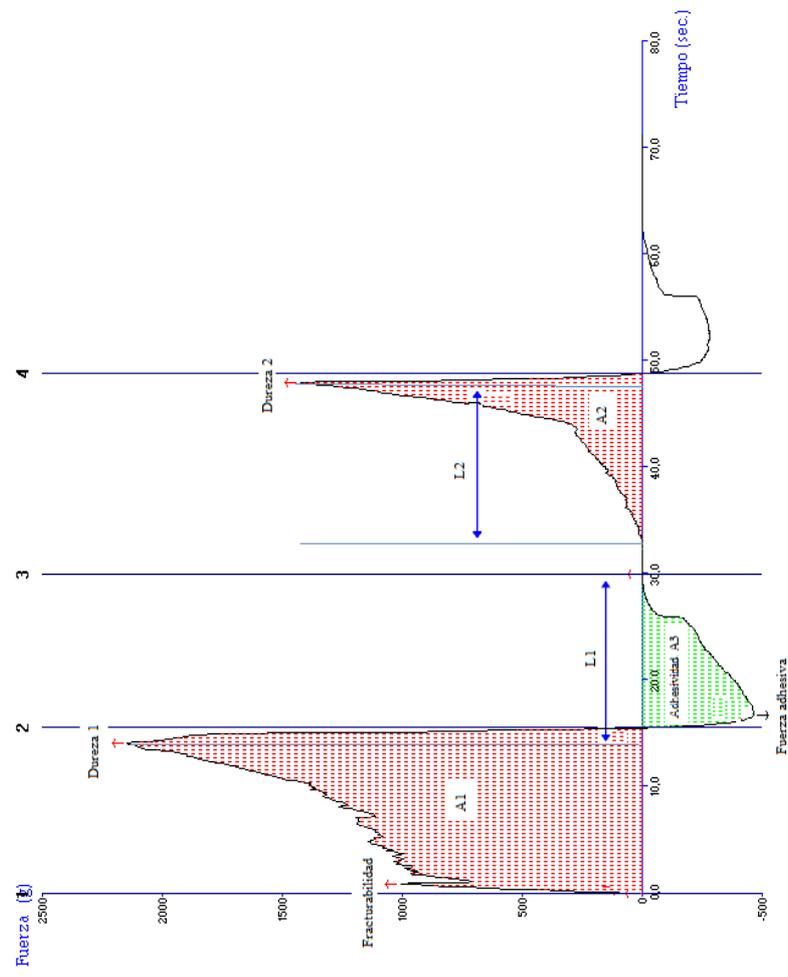


Figura AXX.1. Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana cruda, variedad Jon-a. Tratamiento a0b3

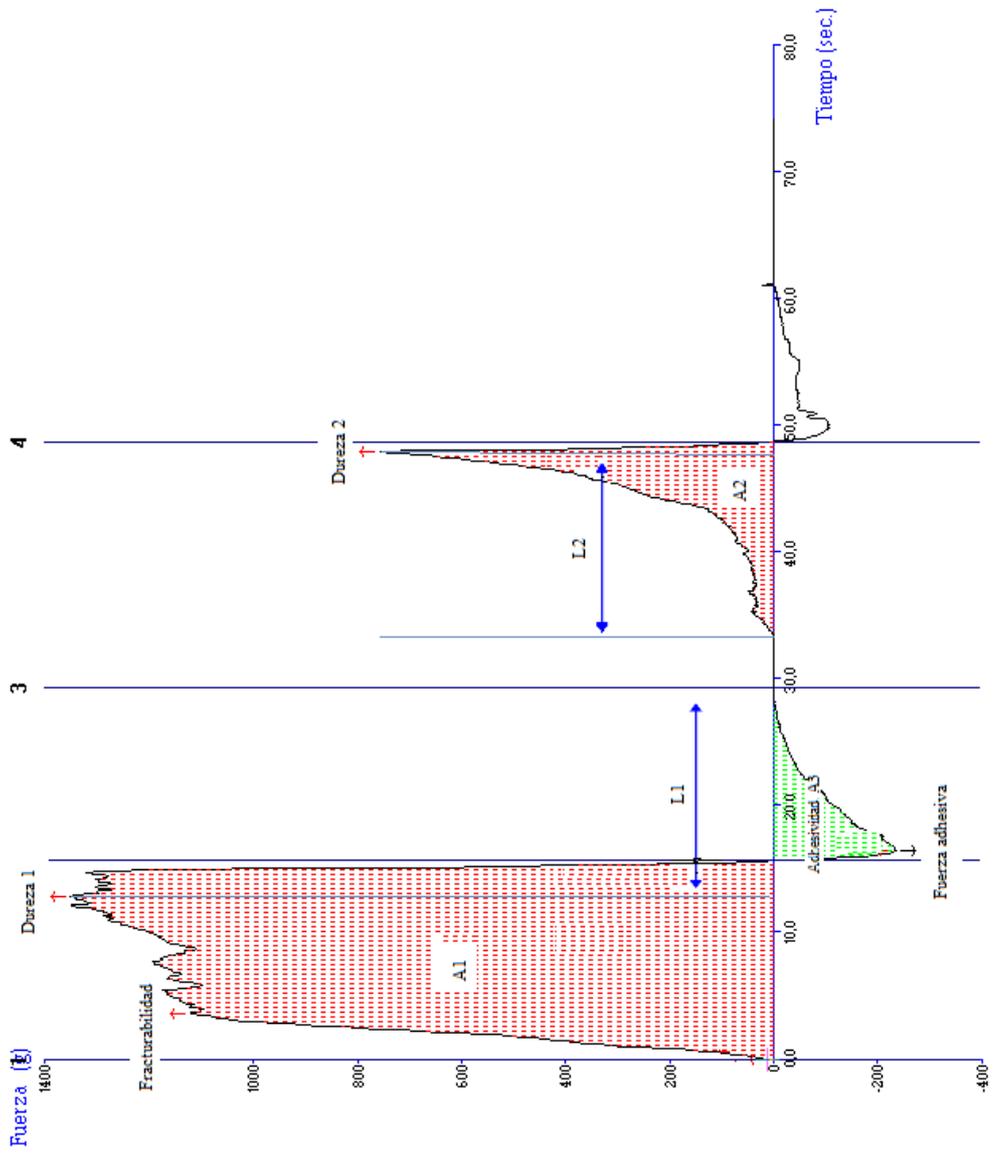


Figura AXX.2. Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana cruda, variedad Emilia. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>2</sub>

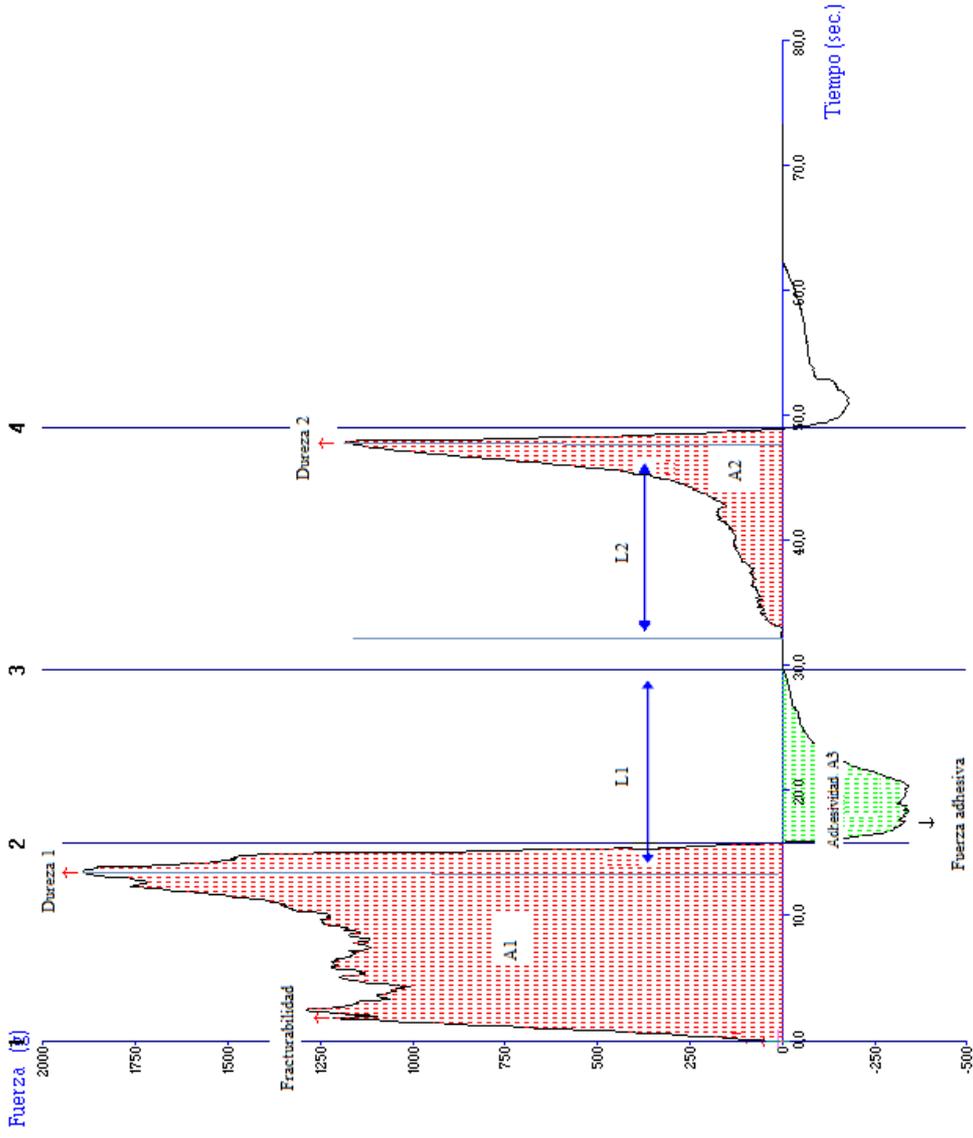
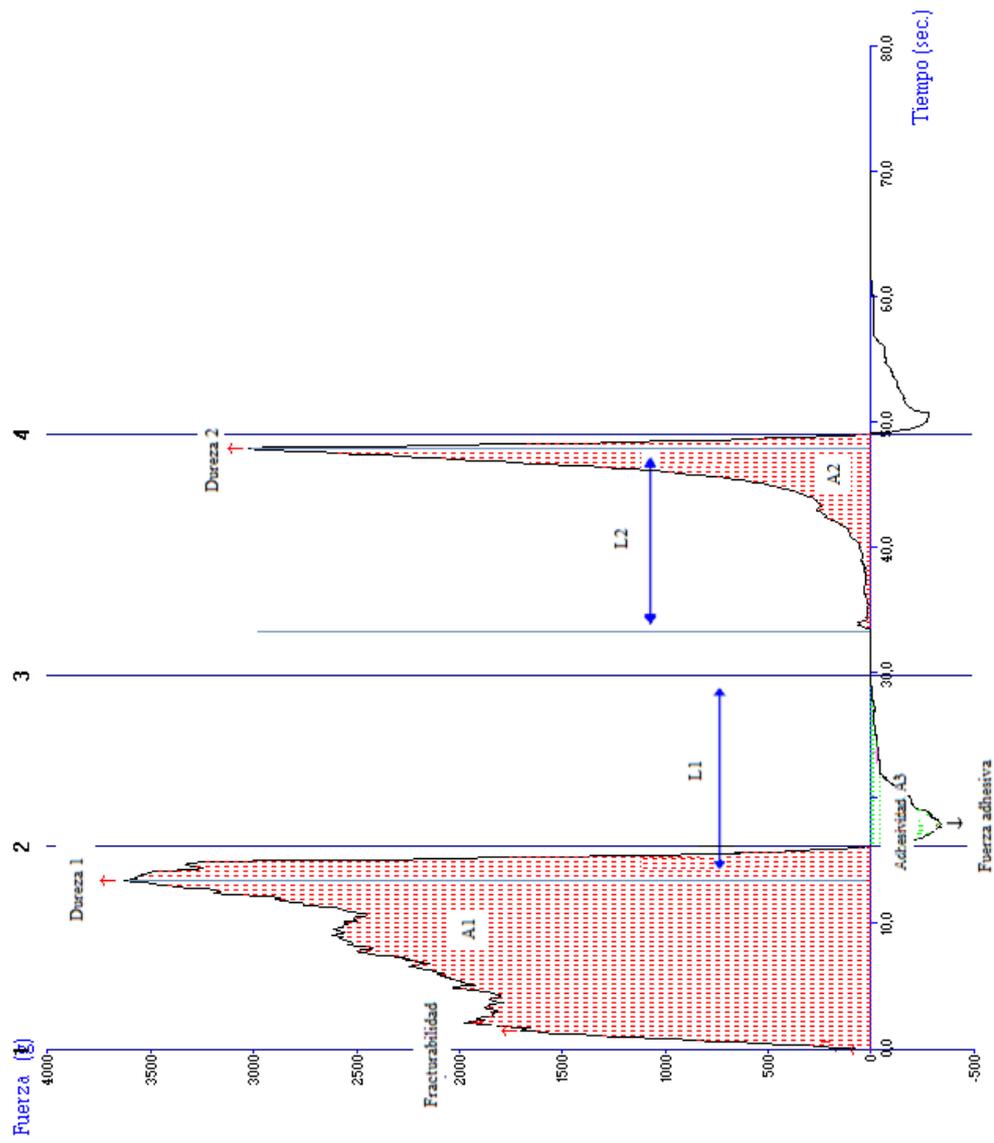


Figura AXX.3. Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana cruda, variedad Royal Gala. Tratamiento a0b0



**Figura AXX.4.** Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana cruda, variedad Granny Smith. Tratamiento a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>

**ANEXO XXI**

**DETERMINACIONES DE LOS PARÁMETROS DE TEXTURA EN MUESTRAS DE MANZANA HORNEADA  
EN MICROONDAS DE CUATRO VARIETADES MEDIANTE EL ENSAYO TPA REALIZADO EN EL  
TEXTURÓMETRO TA-XT2i**

**Tabla AXXI.1.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Jon-a horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>3</sub>r<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
<b>DATOS PRIMARIOS</b>	<i>FRACTURABILIDAD</i>	61,10	71,10	59,30	63,83	6,36	9,96
	<i>DUREZA 1</i>	61,10	71,10	59,30	63,83	6,36	9,96
	<i>ÁREA 1</i>	703,00	773,30	687,60	721,30	45,69	6,33
	<i>FUERZA ADHESIVA</i>	-17,00	-18,10	-21,00	-18,70	2,07	-11,05
	<i>ADHESIVIDAD. ÁREA 3</i>	-211,70	-255,50	-220,90	-229,37	23,09	-10,07
	<i>DUREZA 2</i>	32,00	37,10	44,30	37,80	6,18	16,35
	<i>ÁREA 2</i>	232,10	288,90	212,70	244,57	39,60	16,19
<b>DATOS SECUNDARIOS</b>	L1	29,88	24,48	23,53	25,96	3,43	13,20
	L2	9,32	10,88	11,94	10,71	1,32	12,30
	<i>COHESIVIDAD (A2/A1)</i>	0,33	0,37	0,31	0,34	0,03	9,71
	<i>GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)</i>	20,17	26,56	18,34	21,69	4,32	19,89
	<i>ELASTICIDAD (L2/L1)</i>	0,31	0,44	0,51	0,42	0,10	23,70
	<i>MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)</i>	6,29	11,81	9,31	9,14	2,76	30,23

**Tabla AXXI.2.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Jon-a horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1b3r2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	83,30	78,70	83,70	81,90	2,78	3,39
	DUREZA 1	83,30	78,70	83,70	81,90	2,78	3,39
	ÁREA 1	988,20	748,10	897,20	877,83	121,22	13,81
	FUERZA ADHESIVA	-15,70	-13,50	-13,40	-14,20	1,30	-9,15
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-150,00	-140,80	-166,70	-152,50	13,13	-8,61
	DUREZA 2	46,90	45,70	46,90	46,50	0,69	1,49
	ÁREA 2	227,10	234,50	192,30	217,97	22,53	10,34
	L1	19,31	25,10	25,83	23,41	3,57	15,25
	L2	14,97	15,47	14,83	15,09	0,33	2,21
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,23	0,31	0,21	0,25	0,04	17,24
DATOS SECUNDARIOS	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	19,14	24,67	17,94	20,58	2,93	14,24
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,78	0,62	0,57	0,66	0,09	13,21
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	14,84	15,20	10,30	13,45	2,23	16,58

**Tabla XXI.3.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Jon-a horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1b3r3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	63,50	60,00	50,80	58,10	6,56	11,29

**Tabla XXI.3.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Jon-a horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>3</sub>t<sub>3</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 1	63,50	60,00	50,80	58,10	6,56	11,29
	ÁREA 1	672,20	494,00	558,00	574,73	90,27	15,71
	FUERZA ADHESIVA	-13,50	-14,80	-14,70	-14,33	0,72	-5,05
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-185,50	-193,20	-151,90	-176,87	21,96	-12,42
	DUREZA 2	30,10	34,30	34,90	33,10	2,62	7,90
	ÁREA 2	201,70	239,80	233,10	224,87	20,34	9,05
	L1	21,40	21,57	25,22	22,73	2,16	9,50
	L2	14,50	15,01	14,84	14,78	0,26	1,74
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,30	0,49	0,42	0,40	0,09	23,39
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	19,05	29,13	21,22	23,13	5,30	22,92
DATOS SECUNDARIOS	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,68	0,70	0,59	0,65	0,06	8,80
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	12,91	20,26	12,48	15,22	4,37	28,73

**Tabla XXI.4.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Jon-a horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>t<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	52,40	54,50	59,70	55,53	3,76	6,77
	DUREZA 1	52,40	54,50	59,70	55,53	3,76	6,77

**Tabla XXI.4.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Jon-a horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento  $a_2b_3r_1$ . **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		$m_1$	$m_2$	$m_3$			
	ÁREA 1	504,40	568,50	673,10	582,00	85,16	14,63
	FUERZA ADHESIVA	-13,90	-14,40	-15,70	-14,67	0,93	-6,34
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-220,80	-217,60	-159,60	-199,33	34,45	-17,28
	DUREZA 2	48,80	46,70	38,40	44,63	5,50	12,32
	ÁREA 2	253,90	240,10	230,10	241,37	11,95	4,95
	L1	18,45	23,35	19,84	20,55	2,53	12,29
	L2	14,58	14,97	14,99	14,84	0,23	1,57
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,50	0,42	0,34	0,42	0,08	19,11
DATOS SECUNDARIOS	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	26,38	23,02	20,41	23,27	2,99	12,86
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,79	0,64	0,76	0,73	0,08	10,69
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	20,84	14,76	15,42	17,00	3,34	19,62

**Tabla XXI.5.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Jon-a horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento  $a_2b_3r_2$

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		$m_1$	$m_2$	$m_3$			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	50,60	54,90	61,00	55,50	5,23	9,42
	DUREZA 1	50,60	54,90	61,00	55,50	5,23	9,42
	ÁREA 1	573,40	448,10	596,20	539,23	79,74	14,79

**Tabla XXI.5.** Datos de los parámetros de textura de la segunda repetición de manzana Jon-a horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>r<sub>2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FUERZA ADHESIVA	-14,10	-13,00	-16,40	-14,50	1,73	-11,97
	ADHESIVIDAD, ÁREA 3	-145,80	-135,70	-161,20	-147,57	12,84	-8,70
	DUREZA 2	36,10	28,90	39,00	34,67	5,20	15,00
	ÁREA 2	215,70	188,80	249,90	218,13	30,62	14,04
	L1	23,20	20,42	23,69	22,44	1,77	7,87
	L2	15,09	14,38	14,98	14,82	0,38	2,57
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,38	0,42	0,42	0,41	0,03	6,28
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	19,03	23,13	25,57	22,58	3,30	14,62
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,65	0,70	0,63	0,66	0,04	5,66
	MASTICABILIDAD (Comosidad * Elasticidad)	12,38	16,29	16,17	14,95	2,23	14,89

**Tabla XXI.6.** Datos de los parámetros de textura de la tercera repetición de manzana Jon-a horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>r<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	42,40	46,90	49,10	46,13	3,42	7,40
	DUREZA I	42,40	46,90	49,10	46,13	3,42	7,40
	ÁREA I	524,30	461,60	504,90	496,93	32,10	6,46
	FUERZA ADHESIVA	-17,30	-16,70	-14,10	-16,03	1,70	-10,61

**Tabla XXI.6.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Jon-a horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>t<sub>3</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-218,70	-191,30	-166,30	-192,10	26,21	-13,64
	DUREZA 2	31,10	31,80	34,10	32,33	1,57	4,85
	ÁREA 2	279,20	238,30	201,90	239,80	38,67	16,13
	L1	22,54	23,63	26,81	24,33	2,22	9,11
	L2	14,72	14,27	14,85	14,61	0,30	2,06
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,53	0,52	0,40	0,48	0,07	14,98
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	22,58	24,21	19,63	22,14	2,32	10,48
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,65	0,60	0,55	0,60	0,05	8,20
	MASTCABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	14,74	14,62	10,87	13,41	2,20	16,40

**Tabla XXI.7.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Jon-a horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>t<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	37,90	33,30	32,10	34,43	3,06	8,89
	DUREZA 1	37,90	33,30	32,10	34,43	3,06	8,89
	ÁREA 1	394,50	363,40	350,70	369,53	22,53	6,10
	FUERZA ADHESIVA	-12,50	-13,00	-14,10	-13,20	0,82	-6,20
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-145,20	-152,30	-127,90	-141,80	12,55	-8,85

**Tabla XXI.7.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Jon-a horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>r<sub>1</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 2	21,40	21,70	23,40	22,17	1,08	4,87
	ÁREA 2	190,20	187,50	168,00	181,90	12,11	6,66
	L1	24,57	26,98	20,23	23,93	3,42	14,30
	L2	14,84	14,97	15,12	14,97	0,14	0,92
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,48	0,52	0,48	0,49	0,02	4,16
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	18,27	17,18	15,38	16,94	1,46	8,63
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,60	0,55	0,75	0,64	0,10	15,74
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	11,04	9,53	11,49	10,69	1,03	9,60

**Tabla XXI.8.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Jon-a horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>r<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	36,50	43,20	42,60	40,77	3,71	9,09
	DUREZA 1	36,50	43,20	42,60	40,77	3,71	9,09
	ÁREA 1	333,90	369,70	382,00	361,87	24,99	6,91
	FUERZA ADHESIVA	-13,20	-11,10	-13,00	-12,43	1,16	-9,32
	ADHESIVIDAD, ÁREA 3	-140,00	-110,90	-145,60	-132,17	18,63	-14,10
	DUREZA 2	30,20	37,10	35,00	34,10	3,54	10,37

**Tabla XXI.8.** Datos de los parámetros de textura de la segunda repetición de manzana Jon-a horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>r<sub>2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
	ÁREA 2	165,20	173,70	206,80	181,90	21,98	12,08
	L1	18,19	18,03	18,11	18,11	0,08	0,46
	L2	14,93	15,00	14,92	14,95	0,04	0,29
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,49	0,47	0,54	0,50	0,04	7,23
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	18,06	20,30	23,06	20,47	2,51	12,24
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,82	0,83	0,82	0,83	0,01	0,71
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	14,82	16,89	19,00	16,90	2,09	12,37

**Tabla XXI.9.** Datos de los parámetros de textura de la tercera repetición de manzana Jon-a horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>r<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
	FRACTURABILIDAD	37,70	36,50	36,80	37,00	0,62	1,69
	DUREZA 1	37,70	36,50	36,80	37,00	0,62	1,69
	ÁREA 1	492,40	406,60	364,30	421,10	65,27	15,50
	FUERZA ADHESIVA	-15,70	-13,00	-11,90	-13,53	1,96	-14,45
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-140,00	-150,50	-124,00	-138,17	13,34	-9,66
	DUREZA 2	33,50	23,50	27,50	28,17	5,03	17,87
	ÁREA 2	221,40	207,30	184,80	204,50	18,46	9,03

**Tabla XXI.9.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Jon-a horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3b3T3</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	L1	21,62	25,44	18,28	21,78	3,58	16,44
	L2	14,98	14,89	14,96	14,94	0,05	0,31
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,45	0,51	0,51	0,49	0,03	6,96
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	16,95	18,61	18,67	18,08	0,97	5,39
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,69	0,59	0,82	0,70	0,12	16,66
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	11,75	10,89	15,27	12,64	2,32	18,36

**Tabla XXI.10.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Emilia horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1b2T1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	39,70	46,50	43,70	43,30	3,42	7,89
	DUREZA 1	39,70	46,50	43,70	43,30	3,42	7,89
	ÁREA 1	367,20	465,70	391,70	408,20	51,28	12,56
	FUERZA ADHESIVA	-19,90	-19,50	-18,10	-19,17	0,95	-4,93
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-205,70	-213,70	-191,40	-203,60	11,30	-5,55
	DUREZA 2	31,20	40,60	38,10	36,63	4,87	13,29
	ÁREA 2	256,70	281,80	243,40	260,63	19,50	7,48
	L1	18,19	18,11	18,07	18,12	0,06	0,35

**Tabla XXI.10.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Emilia horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>r<sub>1</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	L2	14,91	14,97	14,91	14,93	0,04	0,24
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,70	0,61	0,62	0,64	0,05	7,82
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	27,75	28,14	27,15	27,68	0,50	1,79
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,82	0,83	0,83	0,82	0,00	0,48
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	22,74	23,27	22,41	22,81	0,43	1,89

**Tabla XXI.11.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Emilia horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>r<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	53,30	53,00	64,90	57,07	6,79	11,89
	DUREZA 1	53,30	53,00	64,90	57,07	6,79	11,89
	ÁREA 1	665,70	687,60	526,90	626,73	87,15	13,91
	FUERZA ADHESIVA	-15,90	-14,80	-13,00	-14,57	1,46	-10,05
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-153,90	-136,00	-145,50	-145,13	8,96	-6,17
	DUREZA 2	30,70	29,40	24,50	28,20	3,27	11,59
	ÁREA 2	238,80	209,20	216,70	221,57	15,39	6,95
	L1	19,55	26,25	23,78	23,19	3,39	14,61
	L2	14,95	14,81	12,98	14,24	1,10	7,73

**Tabla XXI.11.** Datos de los parámetros de textura de la segunda repetición de manzana Emilia homeada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>r<sub>2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,36	0,30	0,41	0,36	0,05	14,95
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	19,12	16,13	26,69	20,65	5,45	26,38
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,76	0,56	0,55	0,62	0,12	19,41
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	14,62	9,10	14,57	12,76	3,17	24,86

**Tabla XXI.12.** Datos de los parámetros de textura de la tercera repetición de manzana Emilia homeada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>r<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	39,40	44,30	44,80	42,83	2,98	6,97
	DUREZA 1	39,40	44,30	44,80	42,83	2,98	6,97
	ÁREA 1	360,60	426,90	428,00	405,17	38,60	9,53
	FUERZA ADHESIVA	-13,70	-12,50	-12,50	-12,90	0,69	-5,37
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-158,40	-120,70	-133,10	-137,40	19,21	-13,98
	DUREZA 2	33,60	30,30	38,70	34,20	4,23	12,37
	ÁREA 2	200,70	182,00	209,60	197,43	14,09	7,14
DATOS SECUNDARIOS	L1	18,10	18,01	18,02	18,04	0,05	0,29
	L2	14,89	14,70	15,02	14,87	0,16	1,10
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,56	0,43	0,49	0,49	0,07	13,27

**Tabla XXI.12.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Emilia horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>r<sub>3</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS SECUNDARIOS	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	21,93	18,89	21,94	20,92	1,76	8,41
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,82	0,82	0,83	0,82	0,01	1,08
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	18,03	15,41	18,29	17,25	1,59	9,23

**Tabla XXI.13.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Emilia horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>r<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	35,20	37,90	42,00	38,37	3,42	8,92
	DUREZA 1	35,20	37,90	42,00	38,37	3,42	8,92
	ÁREA 1	316,30	349,60	297,80	321,23	26,25	8,17
	FUERZA ADHESIVA	-10,80	-11,20	-11,90	-11,30	0,56	-4,93
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-108,79	-129,62	-125,60	-121,34	11,05	-9,11
	DUREZA 2	26,90	32,90	34,90	31,57	4,16	13,19
	ÁREA 2	132,60	161,50	176,20	156,77	22,18	14,15
	L1	18,14	18,04	18,09	18,09	0,05	0,28
	L2	14,89	14,97	14,94	14,93	0,04	0,27
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,42	0,46	0,59	0,49	0,09	18,29
DATOS SECUNDARIOS	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	14,76	17,51	24,85	19,04	5,22	27,41

**Tabla XXI.13.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Emilia horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>r<sub>1</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS SECUNDARIOS	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,82	0,83	0,83	0,83	0,00	0,54
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	12,11	14,53	20,52	15,72	4,33	27,53

**Tabla XXI.14.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Emilia horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>r<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	35,20	36,50	36,70	36,13	0,81	2,25
	DUREZA 1	35,20	36,50	36,70	36,13	0,81	2,25
	ÁREA 1	404,00	406,60	386,70	399,10	10,82	2,71
	FUERZA ADHESIVA	-12,80	-13,00	-13,30	-13,03	0,25	-1,93
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-156,60	-150,50	-144,40	-150,50	6,10	-4,05
	DUREZA 2	21,30	23,50	21,30	22,03	1,27	5,76
	ÁREA 2	199,00	207,30	181,40	195,90	13,23	6,75
	L1	26,61	25,51	24,31	25,48	1,15	4,53
	L2	14,78	14,88	15,27	14,98	0,25	1,70
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,49	0,51	0,47	0,49	0,02	4,17
DATOS SECUNDARIOS	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	17,34	18,61	17,22	17,72	0,77	4,35
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,56	0,58	0,63	0,59	0,04	6,21

**Tabla XXI.14.** Datos de los parámetros de textura de la segunda repetición de manzana Emilia homeada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>r<sub>2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS SECUNDARIOS	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	9,63	10,85	10,81	10,43	0,69	6,65

**Tabla XXI.15.** Datos de los parámetros de textura de la tercera repetición de manzana Emilia homeada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>r<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	36,20	29,50	30,30	32,00	3,66	11,44
	DUREZA 1	36,20	29,50	30,30	32,00	3,66	11,44
	ÁREA 1	343,90	358,20	312,30	338,13	23,49	6,95
	FUERZA ADHESIVA	-17,40	-18,90	-14,90	-17,07	2,02	-11,84
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-188,70	-222,60	-163,60	-191,63	29,61	-15,45
	DUREZA 2	33,20	26,80	26,90	28,97	3,67	12,66
	ÁREA 2	225,90	246,60	205,50	226,00	20,55	9,09
	L1	18,63	23,35	18,19	20,06	2,86	14,27
	L2	15,24	14,99	14,87	15,03	0,19	1,24
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,66	0,69	0,66	0,67	0,02	2,68
DATOS SECUNDARIOS	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	23,78	20,31	19,94	21,34	2,12	9,93
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,82	0,64	0,82	0,76	0,10	13,38
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	19,45	13,03	16,30	16,26	3,21	19,73

**Tabla XXI.16.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Emilia horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>r<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	30,10	28,90	31,10	30,03	1,10	3,67
	DUREZA 1	30,10	28,90	31,10	30,03	1,10	3,67
	ÁREA 1	367,80	307,60	348,40	341,27	30,73	9,00
	FUERZA ADHESIVA	-11,70	-11,80	-12,10	-11,87	0,21	-1,75
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-114,90	-132,50	-122,20	-123,20	8,84	-7,18
	DUREZA 2	24,80	24,00	21,60	23,47	1,67	7,10
	ÁREA 2	159,60	185,30	163,20	169,37	13,92	8,22
	L1	18,08	18,07	23,47	19,87	3,12	15,68
	L2	14,80	15,20	14,77	14,92	0,24	1,60
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,43	0,60	0,47	0,50	0,09	17,74
DATOS SECUNDARIOS	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	13,06	17,41	14,57	15,01	2,21	14,71
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,82	0,84	0,63	0,76	0,12	15,26
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	10,69	14,64	9,16	11,50	2,83	24,59

**Tabla XXI.17.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Emilia horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>r<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	26,90	26,50	26,20	26,53	0,35	1,32

**Tabla XXI.17.** Datos de los parámetros de textura de la segunda repetición de manzana Emilia homeada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>r<sub>2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 1	26,90	26,50	26,20	26,53	0,35	1,32
	ÁREA 1	301,40	312,30	293,90	302,53	9,25	3,06
	FUERZA ADHESIVA	-13,20	-11,30	-13,10	-12,53	1,07	-8,53
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-122,90	-128,20	-155,90	-135,67	17,72	-13,06
	DUREZA 2	24,30	22,30	21,00	22,53	1,66	7,38
	ÁREA 2	171,40	178,80	187,60	179,27	8,11	4,52
	L1	18,07	17,82	21,14	19,01	1,85	9,72
	L2	15,12	14,95	15,00	15,02	0,09	0,57
	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,57	0,57	0,64	0,59	0,04	6,60
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	15,30	15,17	16,72	15,73	0,86	5,48
DATOS SECUNDARIOS	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,84	0,84	0,71	0,80	0,07	9,32
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	12,80	12,73	11,87	12,46	0,52	4,17

**Tabla XXI.18.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Emilia homeada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>r<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	32,50	29,60	32,10	31,40	1,57	5,01
	DUREZA 1	32,50	29,60	32,10	31,40	1,57	5,01

**Tabla XXI.18.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Emilia horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>t<sub>3</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA			Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ÁREA 1	331,00	376,70	350,70	352,80	22,92	6,50
	FUERZA ADHESIVA	-13,50	-13,50	-14,10	-13,70	0,35	-2,53
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-149,90	-155,90	-127,90	-144,57	14,74	-10,20
	DUREZA 2	28,40	24,80	23,40	25,53	2,58	10,10
	ÁREA 2	197,80	208,90	168,00	191,57	21,15	11,04
	L1	19,17	26,67	22,74	22,86	3,75	16,40
	L2	15,12	15,24	14,87	15,07	0,19	1,23
DATOS SECUNDARIOS	COHESIVIDAD (A2/A1)	0,60	0,55	0,48	0,54	0,06	11,04
	GOMOSIDAD (Dureza 1 *Cohesividad)	19,42	16,41	15,38	17,07	2,10	12,30
	ELASTICIDAD (L2/L1)	0,79	0,57	0,65	0,67	0,11	16,32
	MASTICABILIDAD (Gomosidad * Elasticidad)	15,31	9,38	10,06	11,58	3,25	28,04

**Tabla XXI.19.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Royal Gala horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>t<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRAGMENTABILIDAD	349,50	394,30	445,60	388,90	340,80	383,82	41,78	10,88
	DUREZA I	349,50	659,80	447,60	517,80	747,60	544,46	160,21	29,43

**Tabla XXI.19.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Royal Gala horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1b0r1</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ÁREA 1	2 618,00	4 584,00	3 787,00	4 217,00	4 777,00	3 996,60	858,36	21,48
	FUERZA ADHESIVA	-10,50	-10,00	-12,30	-12,50	-13,70	-11,80	1,52	-12,91
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-93,50	-77,56	-115,90	-106,10	-100,30	-98,67	14,38	-14,57
	DUREZA 2	155,20	164,40	212,60	317,00	137,90	197,42	72,36	36,65
	ÁREA 2	198,50	552,20	420,10	599,10	522,30	458,44	159,45	34,78
	L1	18,42	14,33	16,90	15,04	15,45	16,03	1,63	10,20
L2	12,88	11,74	13,58	13,67	12,83	12,94	0,77	5,99	

**Tabla XXI.20.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Royal Gala horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1b0r2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	312,30	372,10	307,40	309,80	312,40	322,80	27,64	8,56
	DUREZA 1	312,30	372,10	336,30	309,80	515,10	369,12	85,36	23,12
	ÁREA 1	2 412,00	2 964,00	3 419,00	2 500,00	4 806,00	3 220,20	973,63	30,23
	FUERZA ADHESIVA	-11,40	-14,20	-15,40	-12,20	-19,80	-14,60	3,31	-22,68
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-101,00	-112,20	-120,80	-70,63	-136,00	-108,13	24,55	-22,71
	DUREZA 2	155,00	88,90	232,30	232,50	428,70	227,48	127,47	56,04

**Tabla XXI.20.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Royal Gala horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>t<sub>2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ÁREA 2	416,50	303,50	569,50	663,10	1020,00	594,52	275,11	46,27
	L1	21,05	23,91	17,60	21,12	18,68	20,47	2,45	11,97
	L2	14,10	13,08	13,87	13,24	13,17	13,49	0,46	3,42

**Tabla XXI.21.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Royal Gala horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>t<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	358,00	380,30	320,10	355,00	397,60	362,20	29,25	8,08
	DUREZA 1	358,00	401,40	320,10	355,00	457,60	378,42	52,83	13,96
	ÁREA 1	3 390,00	3 220,00	2 629,00	2 668,00	3 648,00	3 111,00	449,07	14,43
	FUERZA ADHESIVA	-11,40	-13,90	-10,20	-13,90	-13,90	-12,66	1,75	-13,82
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-85,73	-104,40	-41,94	-105,70	-62,45	-80,04	27,59	-34,47
	DUREZA 2	209,40	331,90	158,90	115,10	382,30	239,52	113,81	47,51
	ÁREA 2	728,00	911,60	509,90	641,70	1214,00	801,04	273,06	34,09
	L1	19,54	13,36	19,14	20,57	13,33	17,19	3,55	20,64
	L2	11,76	12,25	11,84	14,00	12,66	12,50	0,91	7,28

**Tabla XXI.22.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Royal Gala horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b0r1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	221,20	260,60	221,60	240,30	212,40	231,22	19,32	8,35
	DUREZA I	221,20	567,40	256,20	321,20	242,30	321,66	142,36	44,26
	ÁREA I	1 935,00	3 361,00	2 475,00	2 550,00	2 265,00	2 517,20	528,54	21,00
	FUERZA ADHESIVA	-12,70	-13,70	-10,30	-12,50	-11,50	-12,14	1,29	-10,64
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-79,95	-102,60	-28,35	-76,57	-70,43	-71,58	27,05	-37,79
	DUREZA 2	86,10	474,50	212,10	125,80	209,70	221,64	151,43	68,32
	ÁREA 2	305,70	1181,00	594,20	460,60	518,50	612,00	335,25	54,78
	L1	21,00	12,13	16,42	14,32	19,08	16,59	3,56	21,46
	L2	14,24	11,64	11,51	13,55	13,37	12,86	1,22	9,48

**Tabla XXI.23.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Royal Gala horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b0r2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	283,90	265,30	308,20	290,80	327,30	295,10	23,67	8,02
	DUREZA I	283,90	476,90	308,20	467,90	469,00	401,18	96,42	24,03
	ÁREA I	2 271,00	3 188,00	2 581,00	3 167,00	3 213,00	2 884,00	432,53	15,00
	FUERZA ADHESIVA	-10,10	-14,60	-13,50	-10,70	-13,10	-12,40	1,92	-15,47

**Tabla XXI.23.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Royal Gala horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b0r2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-88,98	-106,10	-82,87	-53,89	-38,84	-74,14	27,27	-36,78
	DUREZA 2	142,00	391,90	125,70	389,90	409,90	291,88	144,59	49,54
	ÁREA 2	359,20	704,70	344,20	1004,00	908,20	664,06	304,99	45,93
	L1	20,35	13,84	18,76	13,58	12,50	15,80	3,51	22,18
	L2	12,37	13,21	11,24	12,49	11,66	12,19	0,76	6,27

**Tabla XXI.24.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Royal Gala horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b0r3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	231,10	228,30	273,90	260,20	232,90	245,28	20,52	8,37
	DUREZA 1	231,10	289,70	273,90	485,90	239,30	303,98	104,52	34,38
	ÁREA 1	2 218,00	2 350,00	2 830,00	2 979,00	2 138,00	2 503,00	377,94	15,10
	FUERZA ADHESIVA	-12,90	-11,90	-11,70	-11,80	-11,30	-11,92	0,59	-4,98
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-95,23	-88,95	-50,06	-75,89	-67,97	-75,62	17,85	-23,60
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 2	191,50	227,60	191,20	427,90	220,70	251,78	99,84	39,65
	ÁREA 2	572,70	642,00	615,80	1115,00	594,00	707,90	229,02	32,35
	L1	17,26	14,16	19,17	12,48	13,11	15,23	2,87	18,82

**Tabla XXI.24.** Datos de los parámetros de textura de la tercera repetición de manzana Royal Gala horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b0t3</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	L2	13,48	13,78	12,51	12,13	12,86	12,95	0,68	5,23

**Tabla XXI.25.** Datos de los parámetros de textura de la primera repetición de manzana Royal Gala horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3b0t1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	174,10	154,10	161,20	190,50	164,40	168,86	14,07	8,33
	DUREZA 1	174,10	154,10	201,50	190,50	164,40	176,92	19,20	10,85
	ÁREA 1	1 588,00	1 511,00	2 024,00	1 681,00	1 660,00	1 692,80	196,81	11,63
	FUERZA ADHESIVA	-10,10	-11,80	-11,90	-12,20	-12,00	-11,60	0,85	-7,34
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-40,89	-97,89	-85,79	-101,70	-109,00	-87,05	27,14	-31,18
	DUREZA 2	92,70	86,50	174,20	98,80	104,00	111,24	35,80	32,18
	ÁREA 2	230,70	237,80	374,00	328,80	355,20	305,30	66,86	21,90
	L1	21,21	23,31	17,95	23,60	24,19	22,05	2,55	11,58
	L2	13,25	13,61	14,60	14,23	14,11	13,96	0,53	3,81

**Tabla XXI.26.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Royal Gala horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3b0r2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	116,30	135,80	119,10	114,50	125,70	122,28	8,67	7,09
	DUREZA I	149,20	276,20	161,50	168,50	307,00	212,48	73,37	34,53
	ÁREA I	1 353,00	1 852,00	1 435,00	1 546,00	2 316,00	1 700,40	392,72	23,10
	FUERZA ADHESIVA	-11,80	-11,70	-11,10	-10,00	-14,30	-11,78	1,58	-13,41
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-121,20	-88,29	-104,50	-70,84	-97,42	-96,45	18,71	-19,40
	DUREZA 2	84,90	80,10	138,10	123,90	270,00	139,40	77,11	55,32
	ÁREA 2	240,60	233,60	326,70	275,30	690,50	353,34	192,04	54,35
	L1	16,97	14,99	15,07	18,29	14,34	15,93	1,64	10,32
	L2	14,44	13,11	13,68	14,10	13,87	13,84	0,50	3,59

**Tabla XXI.27.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Royal Gala horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3b0r3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	119,10	156,10	156,00	153,30	145,50	146,00	15,65	10,72
	DUREZA I	275,90	555,30	422,00	251,20	146,30	330,14	159,77	48,39
	ÁREA I	2 021,00	3 116,00	2 047,00	1 732,00	1 259,00	2 035,00	682,44	33,54
	FUERZA ADHESIVA	-11,50	-14,00	-10,30	-13,00	-10,10	-11,78	1,70	-14,40

**Tabla XXI.27.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Royal Gala horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3b0t3</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-88,87	-71,43	-58,15	-112,10	-47,52	-75,61	25,59	-33,84
	DUREZA 2	126,80	457,80	349,50	223,60	131,00	257,74	143,89	55,83
	ÁREA 2	345,60	1 083,00	845,00	571,60	333,20	635,68	325,44	51,20
	L1	16,65	14,33	13,47	15,34	15,05	14,97	1,19	7,92
	L2	13,73	13,37	13,11	14,23	12,87	13,46	0,53	3,96

**Tabla XXI.28.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Granny Smith horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1b1r1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRAGMENTABILIDAD	374,80	385,70	396,20	339,40	349,00	369,02	24,13	6,54
	DUREZA 1	374,80	385,70	396,20	339,40	349,00	369,02	24,13	6,54
	ÁREA 1	2 574,00	2 632,00	2 547,00	2 308,00	2 603,00	2 532,80	129,62	5,12
	FUERZA ADHESIVA	-14,70	-14,00	-12,00	-11,50	-11,00	-12,64	1,62	-12,81
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-62,17	-82,20	-45,74	-57,66	-60,98	-61,75	13,15	-21,30
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 2	154,70	334,30	163,50	274,90	204,20	226,32	76,79	33,93
	ÁREA 2	681,20	1 268,00	690,90	1 008,00	689,40	867,50	263,51	30,38
	L1	12,47	13,34	12,61	12,04	14,51	12,99	0,97	7,44

**Tabla XXI.28.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Granny Smith horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>r<sub>1</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	L2	12,49	13,53	11,14	11,16	12,10	12,08	1,00	8,26

**Tabla XXI.29.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Granny Smith horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>r<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	462,30	469,20	414,10	414,10	506,90	453,32	39,62	8,74
	DUREZA 1	592,60	469,20	414,10	414,10	506,90	479,38	74,50	15,54
	ÁREA 1	3 979,00	3 619,00	2 919,00	3 344,00	3 597,00	3 491,60	391,97	11,23
	FUERZA ADHESIVA	-18,40	-19,60	-16,40	-17,50	-21,20	-18,62	1,86	-9,99
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-88,63	-133,10	-134,20	-129,10	-175,90	-132,19	30,91	-23,39
	DUREZA 2	416,40	413,90	222,70	256,20	275,80	317,00	91,59	28,89
	ÁREA 2	1 273,00	1 296,00	848,60	936,80	1 030,00	1 076,88	200,26	18,60
	L1	13,78	15,67	16,88	15,01	16,50	15,57	1,24	7,95
	L2	13,26	12,93	13,06	13,02	13,17	13,09	0,13	0,99

**Tabla XXI.30.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Granny Smith horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>r<sub>3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	329,80	398,10	335,80	344,80	355,90	352,88	27,13	7,69
	DUREZA I	329,80	398,10	680,00	344,80	355,90	421,72	146,60	34,76
	ÁREA I	2 526,00	2 696,00	3 553,00	2 620,00	2 939,00	2 866,80	413,01	14,41
	FUERZA ADHESIVA	-11,80	-17,60	-18,30	-15,00	-15,20	-15,58	2,56	-16,44
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-30,83	-68,99	-105,50	-62,24	-46,57	-62,83	28,05	-44,65
	DUREZA 2	276,60	340,80	297,90	264,50	332,60	302,48	33,57	11,10
	ÁREA 2	1 112,00	1 006,00	919,30	981,60	1 571,00	1 117,98	262,62	23,49
	L1	11,68	13,86	13,54	14,79	12,99	13,37	1,15	8,61
	L2	11,38	12,63	13,33	13,42	12,00	12,55	0,87	6,93

**Tabla XXI.31.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Granny Smith horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>r<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	270,20	324,80	292,10	279,80	314,40	296,26	22,97	7,75
	DUREZA I	272,80	324,80	292,10	293,30	370,50	310,70	38,28	12,32
	ÁREA I	2 596,00	2 729,00	2 163,00	2 461,00	3 057,00	2 601,20	330,07	12,69
	FUERZA ADHESIVA	-19,20	-12,60	-14,00	-13,50	-13,30	-14,52	2,66	-18,35

**Tabla XXI.31.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Granny Smith homeada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b1r1</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-113,00	-109,60	-54,65	-97,96	-111,60	-97,36	24,61	-25,27
	DUREZA 2	202,80	209,00	106,30	233,80	190,30	188,44	48,57	25,78
	ÁREA 2	554,00	644,30	293,70	705,40	665,60	572,60	165,50	28,90
	L1	13,08	18,48	17,90	13,48	14,12	15,41	2,57	16,68
	L2	12,84	12,51	12,88	13,24	12,84	12,86	0,26	2,01

**Tabla XXI.32.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Granny Smith homeada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b2r2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	302,50	334,50	259,80	284,50	311,80	298,62	28,21	9,45
	DUREZA 1	302,50	334,40	259,80	284,50	311,80	298,60	28,18	9,44
	ÁREA 1	2 643,00	2 580,00	1 894,00	2 167,00	2 539,00	2 364,60	322,04	13,62
	FUERZA ADHESIVA	-11,90	-13,80	-13,70	-10,60	-12,60	-12,52	1,33	-10,65
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-33,86	-57,73	-41,31	-26,17	-75,30	-46,87	19,72	-42,06
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 2	265,10	293,80	230,60	188,60	230,60	241,74	39,77	16,45
	ÁREA 2	1 118,00	1 177,00	919,90	651,80	880,20	949,38	208,84	22,00
	L1	10,89	13,66	14,32	15,23	14,45	13,71	1,67	12,21

**Tabla XXI.32.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Granny Smith horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b2r2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	L2	10,22	11,77	13,99	11,63	12,56	12,03	1,38	11,46

**Tabla XXI.33.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Granny Smith horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2b2r3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	353,20	362,30	308,70	334,10	341,80	340,02	20,55	6,04
	DUREZA 1	353,20	362,30	308,70	334,10	341,80	340,02	20,55	6,04
	ÁREA 1	3 008,00	3 217,00	2 283,00	2 487,00	2 699,00	2 738,80	378,78	13,83
	FUERZA ADHESIVA	-15,20	-15,00	-13,70	-11,30	-17,20	-14,48	2,17	-15,01
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-80,71	-76,87	-68,67	-38,22	-140,30	-80,95	37,13	-45,87
	DUREZA 2	232,70	250,50	114,10	280,70	160,50	207,70	68,51	32,99
	ÁREA 2	1 000,00	1 150,00	451,90	1 046,00	586,50	846,88	307,73	36,34
	L1	13,38	13,02	12,25	13,98	17,51	14,03	2,04	14,57
	L2	12,25	11,25	10,64	11,87	13,94	11,99	1,25	10,45

**Tabla XXI.34.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la primera repetición de manzana Granny Smith horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>r<sub>1</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	215,70	252,10	253,30	252,30	243,70	243,42	15,97	6,56
	DUREZA I	215,70	252,10	253,30	252,30	255,10	245,70	16,81	6,84
	ÁREA I	2 170,00	1 891,00	2 384,00	2 266,00	1 775,00	2 097,20	256,11	12,21
	FUERZA ADHESIVA	-10,10	-12,30	-17,10	-11,10	-11,70	-12,46	2,72	-21,81
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-62,33	-40,96	-135,50	-60,03	-79,26	-75,62	36,12	-47,77
	DUREZA 2	152,70	133,60	127,20	200,90	207,40	164,36	37,59	22,87
	ÁREA 2	588,00	428,80	464,40	598,80	676,90	551,38	102,39	18,57
	L1	18,13	15,86	18,50	15,83	14,00	16,46	1,85	11,25
	L2	14,83	12,60	14,89	12,00	12,26	13,32	1,43	10,71

**Tabla XXI.35.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Granny Smith horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>r<sub>2</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	205,90	202,50	218,70	245,80	235,70	221,72	18,74	8,45
	DUREZA I	222,60	202,50	218,70	245,80	235,70	225,06	16,57	7,36
	ÁREA I	2 011,00	1 874,00	1 967,00	1 994,00	2 272,00	2 023,60	148,59	7,34
	FUERZA ADHESIVA	-14,10	-12,20	-13,90	-11,00	-11,90	-12,62	1,34	-10,59

**Tabla XXI.35.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la segunda repetición de manzana Granny Smith horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3b1r2</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-105,60	-76,39	-102,70	-67,74	-60,52	-82,59	20,49	-24,81
	DUREZA 2	122,80	150,20	131,10	209,20	124,00	147,46	36,21	24,56
	ÁREA 2	532,00	555,80	501,10	780,30	403,50	554,54	138,88	25,04
	L1	14,74	18,52	15,37	14,32	17,42	16,07	1,81	11,28
	L2	12,84	13,97	11,62	12,75	14,35	13,10	1,09	8,28

**Tabla XXI.36.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Granny Smith horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3b1r3</sub>

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	FRACTURABILIDAD	155,70	180,20	162,90	158,40	153,80	162,20	10,63	6,55
	DUREZA 1	155,70	180,20	162,90	158,40	159,50	163,34	9,77	5,98
	ÁREA 1	1 473,00	1 357,00	1 060,00	1 155,00	1 607,00	1 330,40	224,41	16,87
	FUERZA ADHESIVA	-13,60	-13,40	-18,30	-15,10	-16,20	-15,32	2,02	-13,20
	ADHESIVIDAD. ÁREA 3	-68,86	-97,57	-94,47	-67,92	-154,00	-96,56	34,97	-36,22
DATOS PRIMARIOS	DUREZA 2	70,30	52,50	51,60	63,30	131,80	73,90	33,29	45,05
	ÁREA 2	363,30	295,00	216,80	207,80	440,70	304,72	98,92	32,46
	L1	15,18	17,90	20,54	21,31	18,59	18,70	2,41	12,89

**Tabla XXI.36.** Datos de los parámetros de textura de las muestras de la tercera repetición de manzana Granny Smith horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3b1f3</sub>. **Continuación...**

DATOS	SIGNIFICADO	MUESTRA					Promedio	Desviación estándar	Coeficiente de Variación
		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>			
DATOS PRIMARIOS	L2	9,82	13,97	14,78	13,96	14,42	13,39	2,03	15,14

## ANEXO XXII

### GRÁFICOS DEL PERFIL DE TEXTURA OBTENIDOS EN EL TEXTURÓMETRO TA-XT2i PARA MUESTRAS DE MANZANA HORNEADA EN MICROONDAS DE DOS VARIEDADES

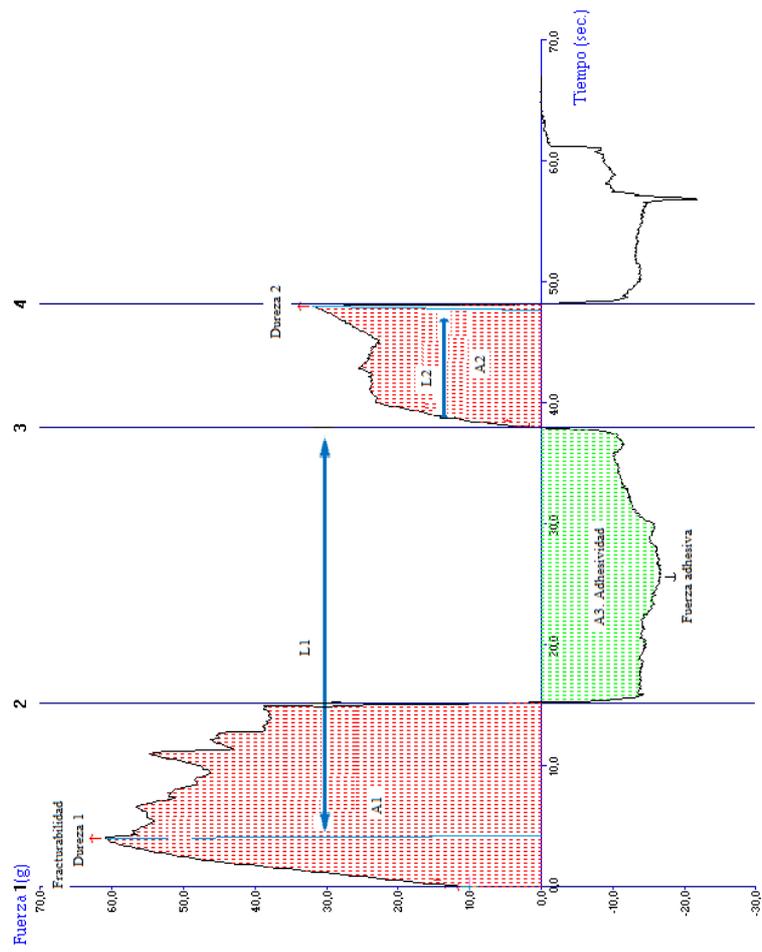


Figura AXXII.1. Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana Jon-a horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>3</sub>

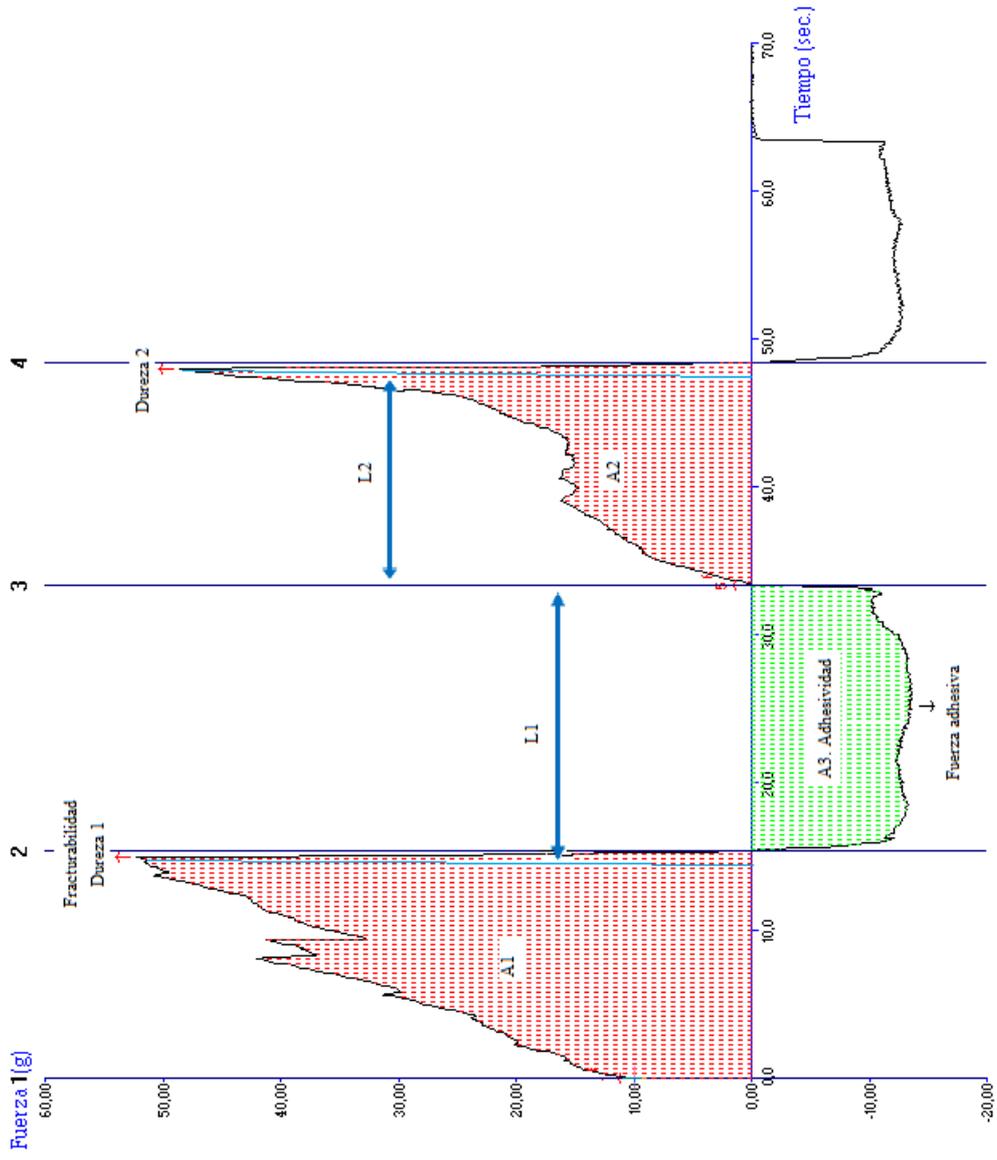
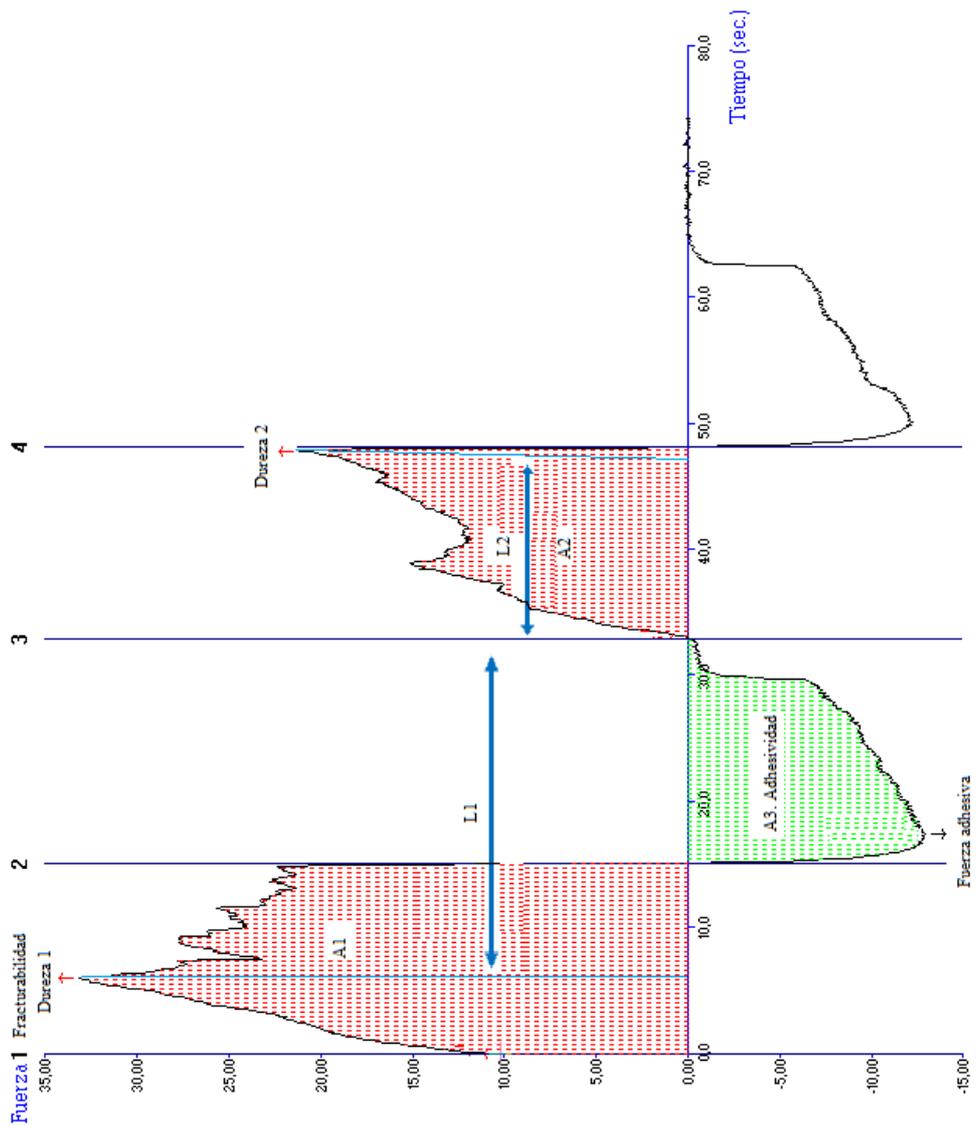
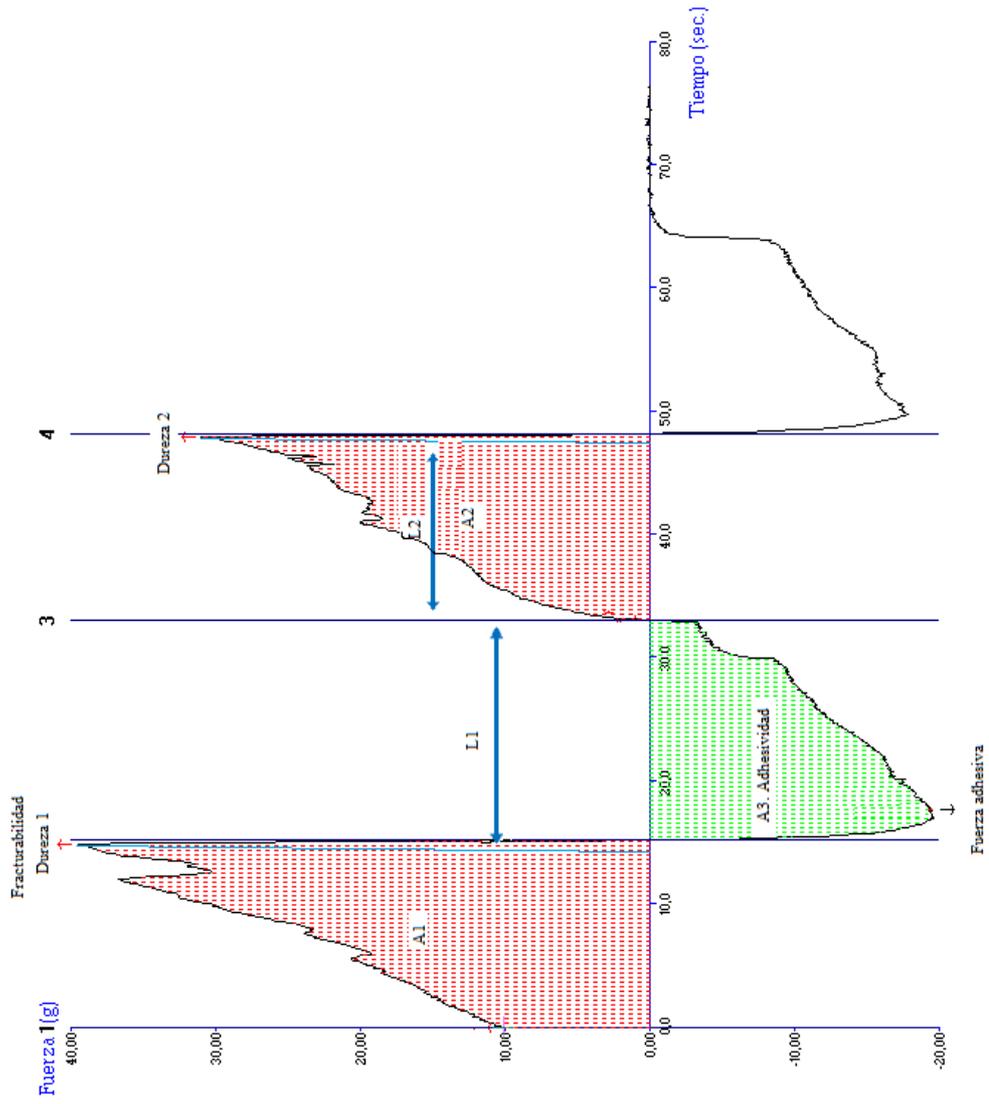


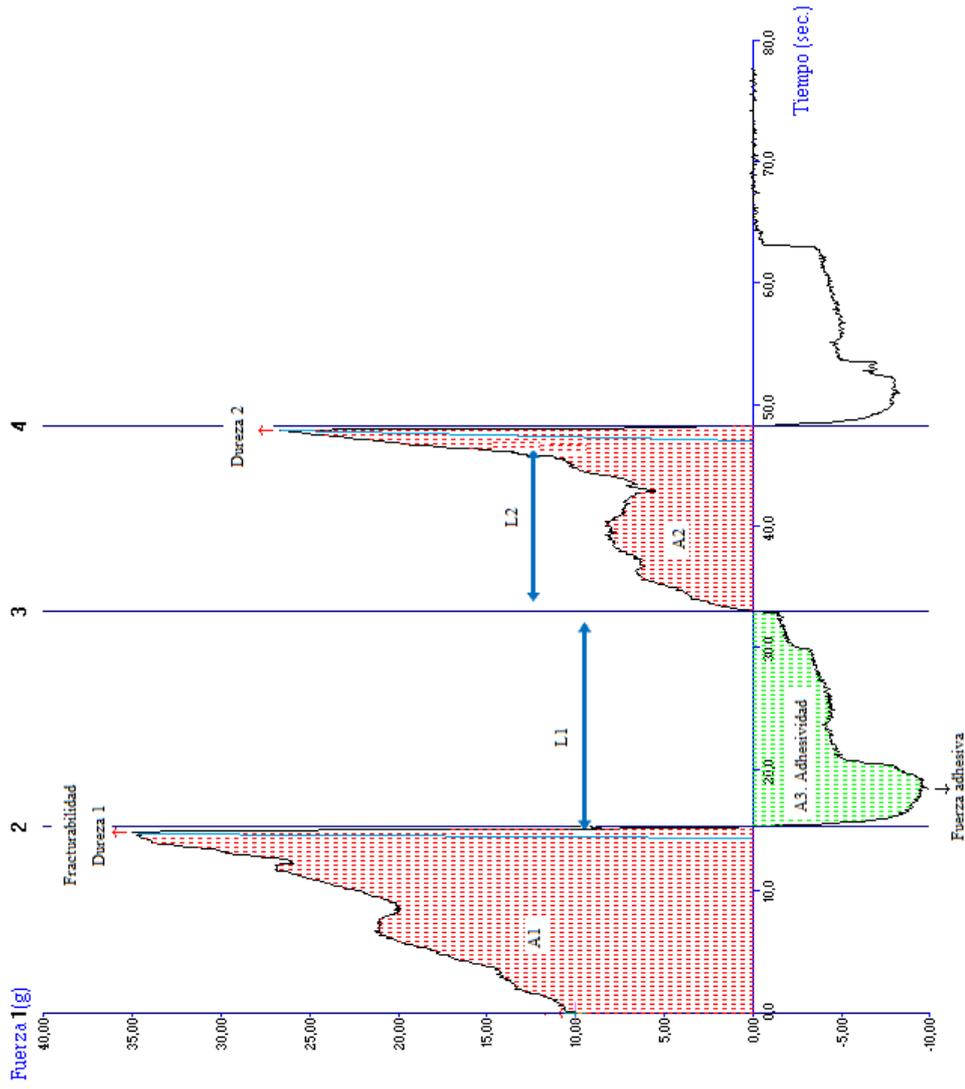
Figura AXXII.2. Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana Jon-a horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>



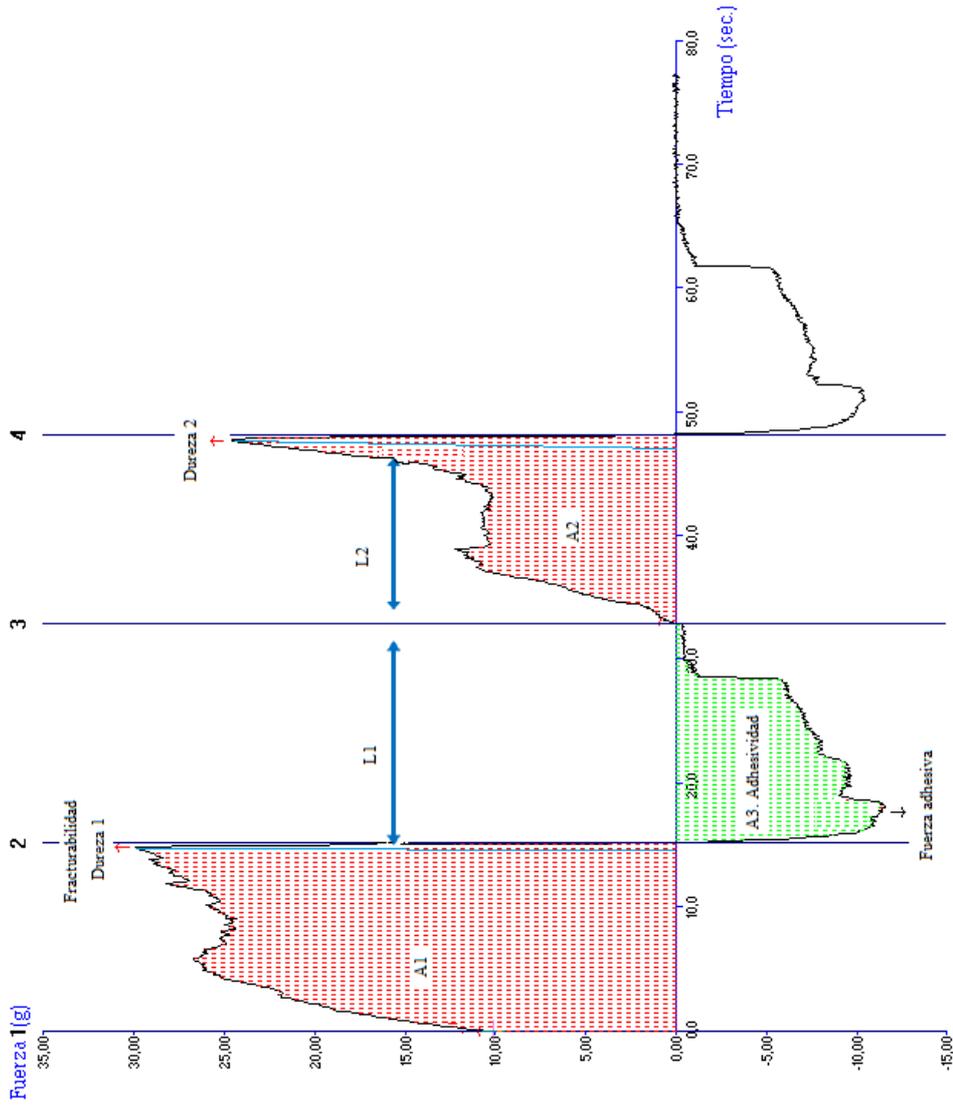
**Figura AXXII.3.** Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana Jon-a horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>3</sub>



**Figura AXXII.4.** Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana Emilia horneada 2 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>



**Figura AXXII.5.** Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana Emilia horneada 3 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>



**Figura AXXII.6.** Curva TPA obtenida en el texturómetro TA-XT2i para manzana Emilia horneada 4 minutos en microondas. Tratamiento a<sub>3</sub>b<sub>2</sub>

**ANEXO XXIII**

**VALORES PROMEDIOS, PORCENTAJES DE REDUCCIÓN Y**

**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL PARÁMETRO**

**FRACTURABILIDAD OBTENIDO DEL ANÁLISIS DE TEXTURA**

**TPA EN MANZANA HORNEADA EN MICROONDAS VARIEDADES**

**EMILIA Y JON-A**

**Tabla AXXIII.1.** Valores de fracturabilidad en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

Tiempo de horneo (min)	FRACTURABILIDAD (g*)			
	Jon-a	Emilia	Royal Gala	Granny Smith
0	1 137,67 ± 111,43	1 197,02 ± 141,86	1 211,17 ± 239,38	1 533,18 ± 212,34
2	67,94 ± 12,42	47,73 ± 8,09	356,27 ± 30,94	391,74 ± 53,94
3	52,39 ± 5,42	35,50 ± 3,23	257,20 ± 33,57	311,63 ± 24,61
4	37,40 ± 3,19	29,32 ± 2,51	145,71 ± 23,29	209,11 ± 42,05

**Tabla AXXIII.2.** Porcentaje de disminución de los valores fracturabilidad obtenidos del ensayo TPA en manzana de cuatro variedades horneada en microondas frente a sus respectivas muestras crudas

Tiempo de horneo (min)	% DE DISMINUCIÓN POR VARIEDAD			
	Jon-a	Emilia	Royal gala	Granny smith
2	94,03	95,80	68,68	65,57
3	95,40	96,88	77,39	72,61
4	96,71	97,42	87,19	81,62

**Tabla AXXIII.3.** ANOVA para la fracturabilidad en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	1,11E7	3,71E6	364,96	0,0000*
B: Variedad	3	7,00E5	2,33E5	22,96	0,0000*
C: Repetición	2	2,61E4	1,31E4	1,29	0,2876
ERROR	39	3,96E5	1,02E4		
TOTAL	47	1,22E7			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**ANEXO XXIV**

**PORCENTAJES DE REDUCCIÓN Y ANÁLISIS DE VARIANZA  
DE LOS PARÁMETROS DUREZA 1 Y DUREZA 2 OBTENIDOS DEL  
ANÁLISIS DE TEXTURA TPA EN MANZANA HORNEADA EN  
MICROONDAS VARIEDADES EMILIA Y JON-A**

**Tabla AXXIV.1.** Porcentaje de disminución de la dureza 1 y 2 de manzana horneada en microondas de variedades Emilia y Jon-a, respecto a sus correspondientes muestras crudas

Tiempo de horneo (min)	% DISMINUCIÓN POR VARIEDAD			
	DUREZA 1		DUREZA 2	
	Jon-a	Emilia	Jon-a	Emilia
2	96,37	97,45	96,77	97,28
3	97,20	98,10	96,93	97,73
4	98,00	98,43	97,68	98,03

**Tabla AXXIV.2.** ANOVA para la Dureza 1 en muestras horneadas en microondas de las variedades Emilia y Jon-a

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	1,13E7	3,76E6	203,17	0,0000*
B: Variedad	1	1,07E5	1,07E5	5,78	0,0279*
C: Repetición	2	1,17E4	5,83E3	0,32	0,7338
ERROR	17	3,15E5	1,85E4		
TOTAL	23	1,17E7			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXIV.3.** ANOVA para la Dureza 2 en muestras horneadas en microondas de las variedades Emilia y Jon-a

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	4,12E6	1,34E6	99,65	0,0000*
B: Variedad	1	8,27E4	8,27E4	6,00	0,0254*
C: Repetición	2	3,09E3	1,55E3	0,11	0,8945
ERROR	17	2,34E5	1,38E4		
TOTAL	23	4,43E6			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**ANEXO XXV**

**PORCENTAJES DE REDUCCIÓN Y ANÁLISIS DE VARIANZA  
DE LOS PARÁMETROS FUERZA ADHESIVA Y ADHESIVIDAD  
OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE TEXTURA TPA EN MANZANA  
HORNEADA EN MICROONDAS VARIEDADES EMILIA Y JON-A**

**Tabla AXXV.1.** Porcentaje de disminución de fuerza adhesiva y adhesividad de manzana horneada en microondas de variedades Emilia y Jon-a, respecto a sus muestras crudas

Tiempo de horneo (min)	% DISMINUCIÓN POR VARIEDAD			
	FUERZA ADHESIVA		ADHESIVIDAD	
	Jon-a	Emilia	Jon-a	Emilia
2	96,35	96,40	94,11	94,88
3	96,51	96,80	94,32	95,12
4	96,97	97,06	95,66	95,75

**Tabla AXXV.2.** ANOVA para la Fuerza adhesiva en muestras horneadas en microondas de las variedades Emilia y Jon-a

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	5,23E5	1,74E5	102,70	0,0000*
B: Variedad	1	8,89E3	8,89E3	5,24	0,0352*
C: Repetición	2	2,75E2	1,37E2	0,08	0,9225
ERROR	17	2,89E4	1,70 E3		
TOTAL	23	5,61E5			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXV.3.** ANOVA para la Adhesividad en muestras horneadas en microondas de las variedades Emilia y Jon-a

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	2,03E7	6,78E6	32,86	0,0000*
B: Variedad	1	1,23E6	1,23E6	5,96	0,0259*
C: Repetición	2	1,07E4	5,37E3	0,03	0,9743
ERROR	17	3,51E6	2,06E5		
TOTAL	23	2,51E7			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**ANEXO XXVI**

**PORCENTAJES DE AUMENTO Y ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA  
COHESIVIDAD OBTENIDA DEL ANÁLISIS DE TEXTURA TPA EN  
MANZANA HORNEADA EN MICROONDAS VARIEDADES EMILIA  
Y JON-A**

**Tabla AXXVI.1.** Porcentaje de aumento de la cohesividad de manzana horneada en microondas de variedades Emilia y Jon-a, respecto a sus correspondientes muestras crudas

Tiempo de horneo (min)	% AUMENTO POR VARIEDAD	
	COHESIVIDAD	
	Jon-a	Emilia
2	40,88	111,87
3	86,31	130,23
4	110,80	134,49

**Tabla AXXVI.2.** ANOVA para la Cohesividad en muestras horneadas en microondas de las variedades Emilia y Jon-a

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	0,40	0,13	18,82	0,0000*
B: Variedad	1	0,02	0,02	3,07	0,0978
C: Repetición	2	0,02	0,01	1,11	0,3526
ERROR	17	0,12	0,01		
TOTAL	23	0,55			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**ANEXO XXVII**

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ELASTICIDAD OBTENIDA DEL  
ANÁLISIS DE TEXTURA TPA EN MANZANA HORNEADA EN  
MICROONDAS VARIEDADES EMILIA Y JON-A**

**Tabla AXXVII.1.** ANOVA para la Elasticidad en muestras horneadas en microondas de las variedades Emilia y Jon-a

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Razón F</b>	<b>p (5%)</b>
A: Tiempo de horneo	3	1,50E-1	5,00E-2	3,47	0,0394*
B: Variedad	1	3,50E-3	3,50E-3	0,24	0,6285
C: Repetición	2	5,73E-3	2,86E-3	0,20	0,8219
ERROR	17	2,45E-1	1,44E-2		
TOTAL	23	4,05E-1			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**ANEXO XXVIII**

**PORCENTAJES DE REDUCCIÓN Y ANÁLISIS DE VARIANZA  
DE LOS PARÁMETROS GOMOSIDAD Y MASTICABILIDAD  
OBTENIDOS DEL ANÁLISIS DE TEXTURA TPA EN MANZANA  
HORNEADA EN MICROONDAS VARIEDADES EMILIA Y JON-A**

**Tabla AXVIII.1.** Porcentaje de disminución de la gomosidad y la masticabilidad de manzana horneada en microondas de variedades Emilia y Jon-a, respecto a sus muestras crudas

Tiempo de horneo (min)	% DISMINUCIÓN POR VARIEDAD			
	GOMOSIDAD		MASTICABILIDAD	
	Jon-a	Emilia	Jon-a	Emilia
2	95,04	94,75	96,97	95,77
3	94,85	95,60	96,37	96,60
4	95,79	96,38	96,78	97,15

**Tabla AXXVIII.2.** ANOVA para la Gomosidad en muestras horneadas en microondas de las variedades Emilia y Jon-a

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	4,09E5	1,36E5	34,02	0,0000*
B: Variedad	1	2,18E4	2,18E4	5,44	0,0323*
C: Repetición	2	1,33E3	6,65E2	0,17	0,8482
ERROR	17	6,80E4	4,004E3		
TOTAL	23	5,00E5			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXVIII.3.** ANOVA para la Masticabilidad en muestras horneadas en microondas de las variedades Emilia y Jon-a

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	3,39E5	1,13E5	24,14	0,0000*
B: Variedad	1	2,39E4	2,39E4	5,10	0,0373*
C: Repetición	2	1,96E3	9,82E2	0,21	0,8130
ERROR	17	7,96E4	4,68E3		
TOTAL	23	4,45E5			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

## ANEXO XXIX

**VALORES PROMEDIOS Y ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS PARÁMETROS SÓLIDOS SOLUBLES, pH, LÍQUIDO ELIMINADO, PORCENTAJE DE HUMEDAD Y ACIDEZ DE LOS TRATAMIENTOS DE MANZANA HORNEADA EN MICROONDAS. VARIEDADES EMILIA, JON-A, ROYAL GALA Y GRANNY SMITH**

**Tabla AXXIX.1.** Valores de Sólidos solubles en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

Tiempo de horneo (min)	SÓLIDOS SOLUBLES (° Brix)			
	Jon-a	Emilia	Royal Gala	Granny Smith
0	13,0 ± 0,8	15,0 ± 0,0	13,0 ± 0,6	12,0 ± 0,2
2	18,2 ± 0,0	18,7 ± 0,1	14,4 ± 0,1	14,6 ± 1,1
3	19,7 ± 0,1	19,2 ± 0,2	15,4 ± 0,1	17,4 ± 0,6
4	25,0 ± 0,6	21,0 ± 0,7	17,8 ± 1,3	20,3 ± 0,4

**Tabla AXXIX.2.** ANOVA para los Sólidos solubles en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneo	3	374,62	124,87	77,25	0,0000*
B: Variedad	3	123,47	41,16	25,46	0,0000*
C: Repetición	2	0,54	0,27	0,17	0,8463
ERROR	39	63,04	1,62		
TOTAL	47	561,67			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXIX.3.** Valores de pH en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

Tiempo de horneo (min)	pH			
	Jon-a	Emilia	Royal Gala	Granny Smith
0	3,37 ± 0,01	3,68 ± 0,25	3,70 ± 0,18	3,18 ± 0,04
2	3,54 ± 0,12	3,66 ± 0,06	3,96 ± 0,05	3,26 ± 0,05
3	3,46 ± 0,19	3,56 ± 0,11	3,97 ± 0,07	3,31 ± 0,02
4	3,64 ± 0,20	3,62 ± 0,07	3,95 ± 0,08	3,35 ± 0,04

**Tabla AXXIX.4.** ANOVA para pH en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneeo	3	2,39	0,80	51,61	0,0000*
B: Variedad	3	0,16	0,05	3,54	0,0232*
C: Repetición	2	0,04	0,02	1,39	0,2608
ERROR	39	0,60	0,02		
TOTAL	47	3,20			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXIX.5.** Valores de líquido eliminado en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

Tiempo de horneeo (min)	LÍQUIDO ELIMINADO (g)			
	Jon-a	Emilia	Royal Gala	Granny Smith
0	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
2	0,65 ± 0,02	2,44 ± 0,08	4,36 ± 0,13	4,55 ± 0,21
3	1,13 ± 0,08	5,55 ± 0,33	8,27 ± 0,04	5,84 ± 0,05
4	3,68 ± 0,14	8,67 ± 0,15	12,33 ± 0,28	9,53 ± 0,23

**Tabla AXXIX.6.** ANOVA para la cantidad de Líquido eliminado en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneeo	3	468,49	156,16	82,55	0,0000*
B: Variedad	3	153,60	51,20	27,07	0,0000*
C: Repetición	2	0,03	0,01	0,01	0,9930
ERROR	39	73,77	1,89		
TOTAL	47	695,88			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXIX.7.** Valores de humedad en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

Tiempo de horneeo (min)	HUMEDAD (%)			
	Jon-a	Emilia	Royal Gala	Granny Smith
0	83,51 ± 0,01	82,86 ± 0,19	87,90 ± 0,33	84,79 ± 0,13
2	81,02 ± 0,53	80,31 ± 0,99	86,45 ± 0,22	82,51 ± 0,27
3	78,15 ± 0,38	77,42 ± 0,24	85,45 ± 0,03	81,37 ± 0,10
4	74,81 ± 0,97	73,67 ± 0,94	83,23 ± 0,66	79,48 ± 0,05

**Tabla AXXIX.8.** ANOVA para la humedad en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneó	3	3,17E-2	1,05E-2	116,78	0,0000*
B: Variedad	3	3,78E-2	1,26E-2	140,02	0,0000*
C: Repetición	2	2,96E-4	1,48E-4	1,64	0,2067
ERROR	39	3,51E-3	9,01E-5		
TOTAL	47	7,32E-2			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXIX.9.** Valores de Acidez en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

Tiempo de horneó (min)	ACIDEZ (% ácido málico)			
	Jon-a	Emilia	Royal Gala	Granny Smith
0	0,38 ± 0,01	0,32 ± 0,02	0,21 ± 0,00	0,44 ± 0,00
2	0,42 ± 0,01	0,35 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,52 ± 0,04
3	0,44 ± 0,01	0,37 ± 0,01	0,26 ± 0,01	0,57 ± 0,02
4	0,48 ± 0,03	0,43 ± 0,03	0,34 ± 0,03	0,65 ± 0,03

**Tabla AXXIX.10.** ANOVA para la acidez en muestras horneadas en microondas de cuatro variedades

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Tiempo de horneó	3	1,21E-5	4,05E-6	63,47	0,0000*
B: Variedad	3	5,15E-5	1,71E-5	269,09	0,0000*
C: Repetición	2	7,15E-8	3,57E-8	0,56	0,5751
ERROR	39	2,49E-6	6,38E-8		
TOTAL	47	6,61E-5			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

## ANEXO XXX

**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES PECTINA, ÁCIDO ASCÓRBICO, POLIFENOLES, FLAVONOIDEOS, ANTOCIANINAS, CAROTENOIDEOS, PODER ANTIOXIDANTE, ACTIVIDAD PEROXIDASA Y ACTIVIDAD POLIFENOLOXIDASA DE LOS TRATAMIENTOS SELECCIONADOS DE MANZANA HORNEADA EN MICROONDAS**

**Tabla AXXX.1.** ANOVA para el contenido de pectina en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	9,26E-02	3,09E-02	68,57	0,0000*
ERROR	8	3,60E-03	4,50E-04		
TOTAL	11	9,62E-02			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXX.2.** ANOVA para el contenido de ácido ascórbico en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	1745,45	581,82	57,00	0,0000*
ERROR	8	81,65	10,21		
TOTAL	11	1827,11			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXX.3.** ANOVA para el contenido de polifenoles en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	217,93	72,64	588,57	0,0000*
ERROR	8	0,99	0,12		
TOTAL	11	218,92			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXX.4.** ANOVA para el contenido de flavonoides en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	4092,33	1364,11	96,34	0,0000*
ERROR	8	113,28	14,16		
TOTAL	11	4205,61			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXX.5.** ANOVA para el contenido de antocianinas en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	243,09	81,03	169,94	0,0000*
ERROR	8	3,81	0,48		
TOTAL	11	246,90			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXX.6.** ANOVA para el contenido de carotenoides en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	3,46E-02	1,15E-02	3,53	0,0684
ERROR	8	2,61E-02	3,27E-03		
TOTAL	11	6,07E-02			

FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXX.7.** ANOVA para el poder antioxidante en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	419,33	139,78	64,57	0,0000*
ERROR	8	17,32	2,16		
TOTAL	11	436,65			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXX.8.** ANOVA para la actividad peroxidasa en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	2,14E+00	7,15E-01	61,22	0,0000*
ERROR	8	9,34E-02	1,17E-02		
TOTAL	11	2,24E+00			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**Tabla AXXX.9.** ANOVA para la actividad polifenoloxidasa en muestras seleccionadas de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Variedad	3	2,01	0,67	2,17	0,1697
ERROR	8	2,47	0,31		
TOTAL	11	4,48			

FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza

**ANEXO XXXI**

**RESULTADOS TOTALES DE LA PRUEBA SENSORIAL DE  
ORDENAMIENTO PARA MUESTRAS DE MANZANA HORNEADA  
EN MICROONDAS DE ACUERDO A CADA PANELISTA**

**Tabla AXXXI.1.** Valores asignados por cada panelista en la prueba sensorial de ordenamiento para las muestras de manzana horneada en microondas

PANELISTA	TRATAMIENTOS			
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1	2	4	3	1
2	3	4	2	1
3	4	3	2	1
4	3	4	2	1
5	4	3	2	1
6	1	3	4	2
7	3	4	2	1
8	3	2	4	1
9	4	3	2	1
10	4	3	2	1
11	3	4	2	1
12	2	4	1	3
13	2	4	3	1
14	2	4	3	1
15	4	3	2	1
16	4	3	1	2
17	3	4	2	1
18	2	4	3	1
19	4	3	1	2
20	3	4	1	2
21	3	4	2	1
22	3	4	2	1

**Tabla AXXXI.1.** Valores asignados por cada panelista en la prueba sensorial de ordenamiento para las muestras de manzana horneada en microondas. **Continuación...**

PANELISTA	TRATAMIENTOS			
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
23	3	4	2	1
24	4	3	1	2
25	4	3	2	1
26	3	4	2	1
27	4	3	2	1
28	3	4	2	1
29	3	4	2	1
30	4	3	1	2
<b>SUMATORIA</b>	<b>94</b>	<b>106</b>	<b>62</b>	<b>38</b>

T<sub>0</sub>: Variedad: Jon-a. Tiempo de horneado: 4 minutos  
T<sub>1</sub>: Variedad: Emilia. Tiempo de horneado: 4 minutos  
T<sub>2</sub>: Variedad: Royal Gala. Tiempo de horneado: 4 minutos  
T<sub>3</sub>: Variedad: Granny Smith. Tiempo de horneado: 4 minutos

**ANEXO XXXII**

**RESULTADOS OBTENIDOS DE CADA PANELISTA Y ANÁLISIS DE  
VARIANZA DE LA PRUEBA HEDÓNICA DE 5 PUNTOS DE  
ACEPTABILIDAD DE MUESTRAS DE MANZANA HORNEADAS EN  
MICROONDAS**

**Tabla AXXXII.1.** Resultados de la prueba hedónica de aceptabilidad de muestras de manzana horneada en microondas según cada panelista

<b>PANELISTA</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
1	5	5	5	2
2	4	5	2	1
3	5	5	3	3
4	4	5	3	2
5	5	4	4	3
6	3	4	5	3
7	5	5	4	5
8	5	2	5	3
9	3	4	2	5
10	5	4	2	2
11	5	5	4	4
12	4	5	3	4
13	4	5	5	1
14	1	4	4	1
15	4	4	3	4
16	4	3	5	2
17	3	4	2	2
18	4	5	2	1
19	4	4	3	4
20	5	5	4	4
21	4	5	3	2
22	3	5	3	2

**Tabla AXXXII.1.** Resultados de la prueba hedónica de aceptabilidad de muestras de manzana horneada en microondas según cada panelista. **Continuación...**

PANELISTA	T0	T1	T2	T3
23	5	5	4	4
24	5	4	1	2
25	5	4	1	2
26	3	4	5	2
27	5	5	3	3
28	3	5	4	2
29	4	5	3	2
30	3	5	3	2

T<sub>0</sub>: Variedad: Jon-a. Tiempo de horneado: 4 minutos  
T<sub>1</sub>: Variedad: Emilia. Tiempo de horneado: 4 minutos  
T<sub>2</sub>: Variedad: Royal Gala. Tiempo de horneado: 4 minutos  
T<sub>3</sub>: Variedad: Granny Smith. Tiempo de horneado: 4 minutos

**Tabla AXXXII.2.** ANOVA para los resultados de la prueba hedónica de aceptabilidad de muestras de manzana horneada en microondas

FV	GL	SC	CM	Razón F	p (5%)
A: Aceptabilidad del producto	3	60,63	20,21	20,30	0,0000*
B: Panelistas	29	34,88	1,20	1,21	0,2483
ERROR	87	86,63	1,00		
TOTAL	119	182,13			

\*Existe diferencia significativa para 95%. FV = Fuente de variación. GL = Grados de libertad. SC = Suma de cuadrados. CM = Cuadrado medio. Razón F = Valor F calculado. p = Probabilidad al 95% de confianza