

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

APROVECHAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DEL JENGIBRE (*Zingiber officinale*) EN LA ELABORACIÓN DE CONDIMENTO EN POLVO, INFUSIÓN FILTRANTE Y AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL

MAYRA ALEJANDRA TORRES MONTENEGRO
ardnajela_matm20@hotmail.com

DIRECTOR: ING. OSWALDO ACUÑA
oswaldo.acuna@epn.edu.ec,

Quito, Abril 2011

DERECHOS DE AUTOR

© Escuela Politécnica Nacional 2011

Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Mayra Alejandra Torres Montenegro, 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.

Mayra Alejandra Torres Montenegro

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Mayra Alejandra Torres Montenegro, bajo mi supervisión.

Ing. Oswaldo Acuña
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Jehová Dios, agradezco su infinita guía y apoyo, y por haberme enseñado a valorar lo que realmente es importante en la vida.

A mi familia, por su amor y apoyo incondicional. A mi padre, Raúl, gracias por su gran ejemplo de constancia y responsabilidad que me han servido para seguir adelante. A mi madre, María, le agradezco por estar a mi lado en las dificultades y valoro enormemente los esfuerzos que siempre ha realizado por ayudarme a alcanzar mis objetivos. A ustedes mil gracias, por haber contribuido en la culminación de mis estudios y espero retribuir de alguna forma todo lo que han hecho por mí. A mis hermanos: Ximena, Raúl, Erika, Daniel y Miguel, porque me apoyaron y escucharon en todo momento. Los quiero con todo mi corazón.

Al Ing. Oswaldo Acuña, por su paciencia, confianza, amistad, hospitalidad, empuje, consejos, enseñanzas y por el tiempo brindado para escuchar, corregir y pulir la tesis. A los miembros de mi comisión, Ing. Catalina y el Ing. Bolívar, por su gran ayuda para culminar con el proyecto.

A mis queridas amigas Carli, Lis, Dany, Moni, gracias por brindarme su amistad, confianza, consejos, comprensión y por haber sido un gran apoyo durante los años transcurridos en la universidad. A mi amigo Edy, por sus palabras de ánimo y por todo el tiempo compartido.

A mis amigas y amigos de toda la vida, Alexandra, Andre, Gaby Ch, Gaby E, Judith, Mary, Paty, Piedad, Sulí, Carlitos, Danny, Dennis, Edison, Fau, Guchy, Omar, Raulito, a ustedes mil gracias por todas sus palabras de ánimo, y principalmente, por ayudarme a pensar en nuevas metas que espero llegar a cumplirlas.

A Don Germán, Don Héctor, a Carlitos y a todo el personal del DECAB, mi profundo agradecimiento por su colaboración en el transcurso de mi vida universitaria y hacer posible finalización de este proyecto.

DEDICATORIA

A Jehová, el Creador Celestial,
por ser la guía confiable y apoyo
que me ha permitido hacer frente a las adversidades

A mis padres,
por ser las personas más importantes en mi vida

A mis hermanos,
por ser mis mejores amigos

A mis cuñados, José Luis y Paty,
por formar parte de mi familia

A Hadassá y a mi nuevo sobrino/a,
por ser motivos de alegría para la familia

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
1 PARTE TEÓRICA	1
1.1 Alimentos funcionales	1
1.1.1 Antecedentes	1
1.1.2 Propiedades de los alimentos	1
1.1.3 Definición de los alimentos funcionales	2
1.1.4 Componentes fisiológicamente activos	3
1.1.4.1 Tradicionales	3
1.1.4.2 Prebióticos y carbohidratos	4
1.1.4.3 Fitoquímicos o no nutrientes	4
1.1.5 Clasificación de los alimentos funcionales	7
1.1.6 Los alimentos funcionales y la salud	7
1.1.6.1 Crecimiento, desarrollo y diferenciación en la infancia	7
1.1.6.2 Metabolismo de nutrientes	8
1.1.6.3 Sistema cardiovascular	8
1.1.6.4 Función digestiva	8
1.1.6.5 Defensa antioxidante	9
1.1.6.6 Rendimiento cognitivo y mental	9
1.2 Generalidades y usos del jengibre	10
1.2.1 Generalidades del jengibre	10
1.2.1.1 Origen y distribución geográfica	10
1.2.1.2 Taxonomía del jengibre	10
1.2.1.3 Diversidad genética	11
1.2.1.4 Descripción botánica	12
1.2.1.5 Composición proximal y química del rizoma de jengibre	14
1.2.1.6 Disposiciones relativas a calidad	16
1.2.1.7 Situación del cultivo de jengibre a nivel nacional	16
1.2.2 Usos del jengibre	18
1.2.2.1 Usos medicinales y sus propiedades funcionales	18
1.2.2.2 Usos culinarios	21
1.3 Industrialización y procesamiento del jengibre	22
1.3.1 El secado importante en el procesamiento del jengibre	22
1.3.1.1 Secado por aire caliente	23
1.3.1.2 Propiedades importantes del alimento en el secado	24
1.3.1.3 Curvas de secado	24
1.3.2 Productos industrializados a base de jengibre	27
1.3.2.1 Jengibre deshidratado	27
1.3.2.2 Aceite esencial	28
1.3.2.3 Oleorresina	28
1.3.2.4 Jengibre en conserva	28

2	PARTE EXPERIMENTAL	29
2.1	Materiales	29
2.1.1	Materias primas	29
2.1.1.1	Materia prima principal	29
2.1.1.2	Materias primas secundarias	29
2.1.2	Materiales y equipos	30
2.1.2.1	Materiales	30
2.1.2.2	Equipos	30
2.2	Caracterización físico química de los rizomas de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	31
2.2.1	Caracterización física	31
2.2.1.1	Determinación de peso	31
2.2.1.2	Determinación de tamaño y forma	31
2.2.1.3	Determinación del número de ramificaciones o brotes	32
2.2.1.4	Determinación de volumen	32
2.2.1.5	Determinación de color	32
2.2.2.	Caracterización química	33
2.3	Determinación de las variables de proceso en la obtención del deshidratado de jengibre	34
2.3.1	Preparación de la materia prima	34
2.3.1.1	Recepción de la materia prima	34
2.3.1.2	Selección	34
2.3.1.3	Lavado	35
2.3.1.4	Cortado	35
2.3.2	Secado de los rizomas de jengibre a diferentes temperaturas	35
2.3.3	Extracción de la oleorresina del rizoma de jengibre fresco y deshidratado	36
2.3.4	Selección de la temperatura, tiempo y humedad de equilibrio adecuado en la obtención del jengibre deshidratado para la elaboración de los productos	38
2.3.5	Desarrollo de los conceptos de productos a base de jengibre deshidratado	38
2.4	Elaboración de la infusión filtrante a partir del deshidratado de jengibre	40
2.4.1	Molienda y tamizado	40
2.4.2	Selección del tamaño de partícula	40
2.4.3	Formulación de la infusión filtrante	41
2.4.3.1	Desarrollo de las formulaciones	41
2.4.3.2	Análisis de aceptabilidad de las formulaciones desarrolladas	41
2.4.4	Llenado y sellado del producto final	43
2.4.5	Empacado	43
2.5	Elaboración del condimento en polvo a partir del deshidratado de jengibre	43
2.5.1	Molienda y tamizado	43
2.5.2	Selección del tamaño de partícula	44
2.5.3	Formulación del condimento en polvo	44
2.5.3.1	Desarrollo de las formulaciones	44

2.5.3.2	Análisis de aceptabilidad de las formulaciones desarrolladas	45
2.5.4	Mezclado y envasado del producto final	46
2.6	Elaboración del aromatizante para quema directa a partir del deshidratado de jengibre	46
2.6.1	Molienda y tamizado	46
2.6.2	Selección del tamaño de partícula	46
2.6.3	Formulación del aromatizante para quema directa	47
2.6.3.1	Desarrollo de la formulación de la base aromática	47
2.6.3.2	Desarrollo de la formulación del mucílago	48
2.6.3.3	Desarrollo de la formulación del nitrato de potasio	49
2.6.4	Moldeo y secado de los aromatizantes	49
2.6.5	Pruebas de control	50
2.6.6	Empacado del producto final	50
2.7	Evaluación de la aceptabilidad del condimento en polvo, infusión filtrante y aromatizante para quema directa	51
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
3.1	Caracterización físico química del jengibre	53
3.1.1	Caracterización física	53
3.1.1.1	Determinación del peso, tamaño, volumen, número de ramificaciones y forma	53
3.1.1.2	Determinación del color	54
3.1.2	Caracterización química	55
3.2	Determinación de las variables de proceso en la obtención del deshidratado de jengibre	56
3.2.1	Proceso de secado de los rizomas a diferentes temperaturas	56
3.2.2	Extracción de la oleorresina del rizoma de jengibre fresco y deshidratado	61
3.2.3	Selección de la temperatura, tiempo y humedad de equilibrio en la obtención del jengibre deshidratado para la elaboración de los productos	63
3.2.4	Desarrollo de los conceptos de productos a base de jengibre deshidratado	64
3.3	Elaboración de la infusión filtrante a partir del deshidratado de jengibre	65
3.3.1	Molienda y tamizado	65
3.3.2	Selección del tamaño de partícula	66
3.3.3	Formulación de la infusión filtrante y análisis de aceptabilidad	67
3.3.4	Llenado y sellado de bolsas filtrantes	69
3.4	Elaboración del condimento en polvo a partir del deshidratado de jengibre	69
3.4.1	Molienda y tamizado	70
3.4.2	Selección del tamaño de partícula	70
3.4.3	Formulación del condimento en polvo y análisis de aceptabilidad	71

3.5	Elaboración del aromatizante para quema directa a partir del deshidratado de jengibre	73
3.5.1	Molienda y tamizado	73
3.5.2	Selección del tamaño de partícula	73
3.5.3	Moldeo y secado de las formulaciones desarrolladas de aromatizante para quema directa	73
3.5.4	Pruebas de control	75
3.6	Evaluación del grado de aceptabilidad del condimento en polvo, infusión filtrante y aromatizante para quema directa	76
3.6.1	Aceptabilidad de la infusión filtrante	77
3.6.2	Aceptabilidad del condimento en polvo	78
3.6.3	Aceptabilidad del aromatizante para quema directa	79
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
4.1	Conclusiones	81
4.2	Recomendaciones	83
	BIBLIOGRAFÍA	84
	ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.	Variedades del rizoma de jengibre según el lugar de cultivo	11
Tabla 2.	Composición proximal del rizoma de jengibre fresco (g/100 g)	14
Tabla 3.	Clasificación del rizoma de jengibre por categorías según su grado de calidad	16
Tabla 4.	Principales productores de jengibre en Ecuador	17
Tabla 5.	Principales propiedades funcionales de los componentes químicos presentes en el rizoma de jengibre	21
Tabla 6.	Métodos aplicados para el análisis proximal de los rizomas de jengibre	33
Tabla 7.	Formulaciones desarrolladas de infusión filtrante (%)	41
Tabla 8.	Escala hedónica utilizada en el análisis de aceptabilidad de las formulaciones desarrolladas	42
Tabla 9.	Formulaciones desarrolladas del condimento en polvo (%)	44
Tabla 10.	Formulación desarrollada de la base aromática (%)	48
Tabla 11.	Formulaciones desarrolladas del mucílago y material comburente (%)	49
Tabla 12.	Relación de equivalencia de la escala de 4 puntos correspondiente a la encuesta de aceptabilidad de los productos finales	52
Tabla 13.	Determinaciones de tamaño, peso, volumen y número de ramificaciones en el rizoma de jengibre	53
Tabla 14.	Datos del color interno y externo de los rizomas de jengibre	54
Tabla 15.	Composición proximal de los rizomas de jengibre (g/100 g)	56
Tabla 16.	Variación de la humedad libre y de la velocidad en los períodos de secado a 55, 65 y 75 °C	58
Tabla 17.	Humedad inicial del rizoma fresco y humedad de equilibrio alcanzado después del proceso de secado	60
Tabla 18.	Sólidos en suspensión de infusiones preparadas con diferentes tamaños de partículas	66

Tabla 19.	Análisis de aceptabilidad y estadístico de los atributos organolépticos de 3 formulaciones de infusión filtrante a base de stevia y jengibre deshidratado	67
Tabla 20.	Análisis de aceptabilidad y estadístico de los atributos organolépticos de 3 formulaciones de condimento en polvo a base de jengibre deshidratado	71
Tabla 21.	Calificaciones del grado de aceptabilidad en la escala de 4 puntos aplicada en la encuesta de aceptación sensorial	76
Tabla 22.	Determinaciones del tamaño de los rizomas de jengibre (cm)	98
Tabla 23.	Determinaciones del peso de los rizomas de jengibre (g)	98
Tabla 24.	Determinación del número de ramificaciones y volumen de los rizomas de jengibre	98
Tabla 25.	Determinación del color externo e interno de los rizomas de jengibre	99
Tabla 26.	Datos experimentales del secado de los rizomas de jengibre a 55, 65 y 75 °C	100
Tabla 27.	Datos experimentales de la pérdida de humedad de los rizomas de jengibre a 55, 65 y 75 °C	101
Tabla 28.	Datos experimentales del perfil granulométrico de la molienda realizada en mortero de porcelana de las hojuelas de jengibre deshidratadas	104
Tabla 29.	Datos experimentales del perfil granulométrico de la molienda realizada en molino de cuchillas de las hojuelas de jengibre deshidratadas	104
Tabla 30.	Análisis de sólidos en suspensión de las infusiones filtrantes preparadas con tamaños de partículas de 2000, 850, 300 y 150 μm , obtenidas de la molienda realizada en el mortero de porcelana	106
Tabla 31.	Análisis de varianza (One-Way ANOVA) de tres formulaciones de infusión filtrante según sus atributos organolépticos: color, aroma, sabor y pungencia	107
Tabla 32.	Prueba de significancia (Tukey 95 %) de los atributos organolépticos: color, aroma, sabor y pungencia de las formulaciones de infusión filtrante	108
Tabla 33.	Análisis de varianza (One-Way ANOVA) de tres formulaciones de condimento en polvo según sus atributos organolépticos: aroma, sabor y pungencia	110

Tabla 34.	Prueba de significancia (Tukey 95 %) de los atributos organolépticos: aroma, sabor y pungencia de las formulaciones del condimento en polvo	111
------------------	---	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1.	Descripción botánica del <i>Zingiber officinale</i>	12
Figura 2.	Estructura morfológica del rizoma de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	13
Figura 3.	Estructura química de los principios pungentes del rizoma de jengibre	15
Figura 4.	Canales de comercialización del rizoma de jengibre	18
Figura 5.	Primera curva de secado	26
Figura 6.	Segunda curva de secado	27
Figura 7.	Eje mayor, eje menor y espesor del rizoma de jengibre	32
Figura 8.	Diagrama de la cartilla cromática y escala L del color	33
Figura 9.	Diagrama del proceso de extracción de oleorresina del jengibre fresco y de las muestras deshidratadas a tres temperaturas	36
Figura 10.	Diagrama de flujo integral de la obtención de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante para quema directa a base de jengibre deshidratado	39
Figura 11.	Cartilla cromática y escala L correspondiente al color interno y externo de los rizomas de jengibre	55
Figura 12.	(a) Cambios de la humedad libre en función del tiempo y (b) variación de la velocidad con respecto a la humedad libre en cada período de secado (A-B, B-C, C-D, C-E, C-F) durante el tratamiento de las hojuelas de jengibre a 55, 65 y 75 °C	57
Figura 13.	Porcentaje de extracción de oleorresina obtenida a partir de los rizomas de jengibre deshidratados a 55, 65 y 75 °C	62
Figura 14.	Procesamiento preliminar de los rizomas de jengibre frescos en la obtención de hojuelas de jengibre deshidratadas	64
Figura 15.	Perfil granulométrico de las hojuelas de jengibre deshidratadas molturadas en mortero de porcelana	65
Figura 16.	Perfil granulométrico de las hojuelas de jengibre deshidratadas pulverizadas en molino de cuchillas	70
Figura 17.	Espesor del aromatizante alcanzado en cada periodo de	75

inmersión en las formulaciones desarrolladas

Figura 18.	Porcentajes de aceptabilidad de los atributos (a) color; (b) aroma; (c) sabor; y (d) opción de compra en la infusión filtrante	77
Figura 19.	Porcentajes de aceptabilidad de los atributos (a) color; (b) aroma; (c) sabor; (d) opción de compra en el condimento en polvo	78
Figura 20.	Porcentajes de aceptabilidad de los atributos (a) aroma y (b) opción de compra en el aromatizante para quema directa	79
Figura 21.	Tamaños de partículas obtenidos en la molienda realizada en mortero de porcelana (a) 2000 μm del material pasante en el tamiz #10 y retenido en el tamiz #20; (b) 850 μm del material pasante en el tamiz #20 y retenido en el tamiz #50; (c) 300 μm del material pasante en el tamiz #50 y retenido en el tamiz #100 y; (d) 150 μm del material pasante en el tamiz #100 y retenido en el fondo.	105
Figura 22.	Tamaños de partículas obtenidos en la molienda realizada en el molino de cuchillas (a) 2000 μm del material pasante en el tamiz #10 y retenido en el tamiz #20; (b) 850 μm del material pasante en el tamiz #20 y retenido en el tamiz #50; (c) 300 μm del material pasante en el tamiz #50 y retenido en el tamiz #100 y; (d) 150 μm del material pasante en el tamiz #100 y retenido en el fondo.	109
Figura 23.	Bolsas filtrantes de jengibre con stevia (a) bolsas llenadas con hilo, (b) sellado térmico, (c) enfriamiento; (d) almacenamiento, (e) etiquetado, y (f) empacado	112
Figura 24.	Envasado del condimento en polvo a base de jengibre deshidratado	113
Figura 25.	Preparación de la base aromática para la elaboración del aromatizante de quema directa	113
Figura 26.	Mezcla base aromática – mucílago para la elaboración del aromatizante de quema directa	113
Figura 27.	Etapas de moldeo de los aromatizantes	114
Figura 28.	Etapas de secado de los aromatizantes	114
Figura 29.	Pruebas de control de los aromatizantes	114

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Evaluación sensorial del grado de aceptabilidad de diferentes formulaciones de infusión filtrante de jengibre	93
ANEXO II Evaluación sensorial del grado de aceptabilidad de diferentes formulaciones de condimento en polvo a base de jengibre	94
ANEXO III Encuesta de aceptabilidad para la infusión filtrante	95
ANEXO IV Encuesta de aceptabilidad para el condimento en polvo	96
ANEXO V Encuesta de aceptabilidad para el aromatizante para quema directa	97
ANEXO VI Caracterización física de los rizomas de jengibre	98
ANEXO VII Datos experimentales de la primera y segunda curva de secado de los rizomas de jengibre a 55, 65 y 75 °C	100
ANEXO VIII Datos experimentales de la pérdida de humedad de los rizomas de jengibre a 55, 65 y 75 °C	101
ANEXO IX Diagrama del proceso de extracción de oleorresina del jengibre fresco y muestras deshidratadas a 55, 65 y 75 °C	102
ANEXO X Diagrama de flujo de los resultados del proceso de elaboración de los productos desarrollados	103
ANEXO XI Datos experimentales del perfil granulométrico de la molienda realizada en el mortero de porcelana y en el molino de cuchillas de las hojuelas de jengibre deshidratadas	104
ANEXO XII Tamaños de partículas derivadas del proceso de tamizado correspondiente a la molienda realizada en mortero de porcelana de las hojuelas deshidratadas de jengibre	105

ANEXO XIII	
Datos experimentales del análisis de sólidos en suspensión de las infusiones filtrantes	106
ANEXO XIV	
Análisis estadístico de la aceptabilidad de tres formulaciones de infusión filtrante a base de stevia y jengibre deshidratado	107
ANEXO XV	
Tamaños de partículas derivadas del proceso de tamizado correspondiente a la molienda realizada en el molino de cuchillas de las hojuelas deshidratadas de jengibre	109
ANEXO XVI	
Análisis estadístico de la aceptabilidad de tres formulaciones de condimento en polvo a base de jengibre deshidratado	110
ANEXO XVII	
Fotografías de la parte experimental	112

RESUMEN

En el presente trabajo se utilizaron rizomas de jengibre frescos, adquiridos en el Supermercado Santa María, cuyas características de peso lo ubican según el Codex Alimentarius, 2007, en la categoría C, con tamaños entre 13.81 y 8.05 cm, 3 ramificaciones/rizoma y color externo e interno amarillento. La composición química registra un contenido de agua de 86.50 %, carbohidratos 8.30 % y grasa 2.20 %. El desarrollo de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante para quema directa se basó en la utilización de jengibre deshidratado. Los rizomas frescos fueron sometidos a selección, lavado y cortado en hojuelas de 3 mm. La deshidratación se realizó en una estufa con corriente de aire (3 m/s) a temperaturas de 55, 65 y 75 °C, hasta llegar a peso constante, y se determinaron las curvas de pérdida de peso y velocidad de secado. Los materiales deshidratados fueron sometidos a extracción de oleorresina, con acetona en una relación 1:10. El mejor grado de extracción se obtuvo en el secado a 75 °C (7.60 %). Se elaboró jengibre deshidratado a 75 °C, por 90 min, con enfriamiento a temperatura ambiente por 10 min y secado a 55 °C, por 90 min, con el propósito de evitar la pérdida de propiedades funcionales. El deshidratado fue sometido a molienda, por compresión, en un mortero de porcelana y por cizalla, en un molino de cuchillas. El material molido fue tamizado y se seleccionó como tamaño de partícula para la infusión filtrante, el material pasante del tamiz #10 y retenido en el #20. En el condimento en polvo, se usó el pasante del tamiz #50 y retenido en el #100. En el aromatizante, se empleó el pasante del tamiz #100. Se analizaron tres formulaciones de infusión con jengibre y stevia, y se escogió por degustación la mezcla: 83 y 17 %, respectivamente. Se ensayaron tres formulaciones de condimento con jengibre, nuez moscada, pimienta negra y clavo de olor, y se determinó por degustación la mezcla: 70, 10, 20, 10 %, respectivamente. Se estudió la composición del aromatizante, constituido por la base aromática (100 % jengibre, 50 % clavo de olor y 10 % palo santo) y el mucílago (5 % goma de tragacanto, 74 % agua destilada y 67 % alcohol etílico). El tiempo de combustión de un palito, con una longitud de impregnación de 7 cm y un espesor de 2.50 mm, fue de 14 min.

INTRODUCCIÓN

El término “propiedad funcional” se relaciona con ciertos componentes químicos presentes en los alimentos, capaces de promover y/o restaurar la salud. La Comisión Europea de Ciencia de los Alimentos Funcionales, expresa que un alimento, natural o procesado, es funcional cuando afecta beneficiosamente funciones objetivo en el cuerpo, y logra una buena salud, bienestar y/o reducción de enfermedades (Chadwick *et al.*, 2003).

El rizoma de jengibre es un alimento con propiedades funcionales naturales. Según Fonnegra y Jiménez, 2007, el rizoma posee una oleorresina (4 - 7,5 %) que presenta componentes químicos que aportan beneficios a la salud de quien lo ingiere, estos se conocen como principios aromáticos (α -zingibereno, ar-curcumeno, β -bisaboleno) presentes en el aceite esencial y los principios pungentes ([6]-gingerol, [6]-shogaol y zingerona) presentes en la resina (Fonnegra y Jiménez, 2007; Gallouin y Arvy, 2007). Estos son componentes fisiológicamente activos (CFA) o fitoquímicos que confieren al rizoma propiedades funcionales importantes (Kikuzaki, 2000).

Entre sus propiedades se encuentran las carminativas (expulsión de gases desarrollados en el tubo digestivo), antiulcerosas, antiespasmódicas, colagogas (evacuación de la bilis), protector hepático, antitusivas (contra la tos), expectorante y laxante. Es considerado estimulante, rubefaciente y diaforético (estimula la sudoración), y se utiliza cuando hay mala circulación y calambres. En el aspecto psicológico, estos componentes son estimulantes y de efectos fortificantes para aclarar la mente (De los Ríos *et al.*, 2008).

La OMS y la FAO mencionan que los usos de las plantas aromáticas y medicinales han experimentado un crecimiento sin precedentes debido a los cambios de alimentación; sin embargo, la utilización del jengibre en Ecuador no es habitual por su sabor característico, lo que provoca que se desconozcan sus propiedades funcionales. Además, el jengibre como materia prima solamente se localiza en países de escasa tecnología e industria, mientras que la fabricación de

productos intermedios y finales esta en países con desarrollo tecnológico. Esto indica que el procesamiento agroindustrial en Ecuador es limitado y que las importantes propiedades del jengibre no han sido aprovechadas suficientemente para la obtención de productos funcionales (Colorado y López, 2003; Arraiza, 2009; SICA, 2001).

El presente trabajo tiene como finalidad aprovechar las propiedades funcionales del jengibre en la elaboración de productos que las familias ecuatorianas consumen y utilizan, como son: los condimentos, infusiones filtrantes y aromatizantes, y evaluar el grado de aceptabilidad que tiene cada producto en consumidores potenciales.

ABREVIATURAS

CFA	:	Componentes fisiológicamente activos
h_{bs}	:	Humedad en base seca
h_{bh}	:	Humedad en base húmeda
m_{ss}	:	Masa de sólidos secos
m_{sh}	:	Masa de sólidos húmedos
m_{H_2O}	:	Masa de agua
HR	:	Humedad relativa (%)
Xw ó HL	:	Humedad libre
X* ó Heq*	:	Humedad de equilibrio
Xwc	:	Humedad crítica

1. PARTE TEÓRICA

1.1. ALIMENTOS FUNCIONALES

1.1.1. ANTECEDENTES

La ciencia ha promovido el cambio de los hábitos alimentarios debido a la asociación entre la salud y la alimentación. En el siglo XX, se estudió la relación alimentación-salud basados en los nutrientes y se promovió el consumo de cantidades suficientes de alimentos sin adulteración para cubrir las necesidades metabólicas del individuo. En los años 50 y 80, se investigó la relación de los hábitos dietéticos con ciertas enfermedades, especialmente crónico-degenerativas, y se propuso reducir los alimentos con efectos nocivos en la salud. En los últimos años, la ciencia plantea mejorar la salud con la “alimentación funcional”, que emplea ciertos componentes generalmente presentes en alimentos de origen vegetal que reducen el riesgo de enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes producidas por la mala alimentación, rica en grasa animal saturada y productos refinados (Gimeno, 2003; Guarner y Azpiroz, 2005).

1.1.2. PROPIEDADES DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos, naturales o procesados, otorgan al organismo los nutrientes y la energía necesarios para mantenerse en buen estado de salud. Esto permite que los alimentos posean diversas propiedades (Palencia, 2005):

Propiedad nutricional - “función primaria”: La propiedad nutricional se relaciona con los nutrientes que el organismo utiliza, transforma e incorpora a sus propios tejidos para cumplir tres objetivos: a) aportar energía, b) formar estructuras y c) regular el metabolismo. Ej: Proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales, vitaminas y agua.

Propiedad sensorial - “función secundaria”: La propiedad sensorial se refiere a la capacidad que tienen los alimentos para estimular el apetito (aceptación y/o rechazo) a través de sus características organolépticas: color, sabor, aroma y textura. Estas características estimulan las funciones psicosensoriales que influyen favorablemente en las secreciones gástricas, hepáticas y pancreáticas; y, en la motilidad del tubo digestivo.

Propiedad funcional o saludable - “función terciaria”: La propiedad funcional corresponde a ciertos componentes fisiológicamente activos (CFA), presentes en los alimentos, capaces de tener efectos positivos para promover y/o restaurar la salud. Se relaciona con la modulación de los sistemas fisiológicos, como el sistema inmune, endocrino, nervioso, circulatorio y digestivo, que incluye la disminución de la presión sanguínea, reducción de los niveles de colesterol, mejoría de la microflora y del funcionamiento intestinal, etc. Los alimentos con dichas propiedades se conocen como “alimentos funcionales”.

1.1.3. DEFINICIÓN DE ALIMENTOS FUNCIONALES

En la actualidad, no existe un consenso universalmente aceptado para definir en forma precisa a esta categoría de alimentos. A continuación, se recopila algunas de las definiciones más importantes propuestas para los “alimentos funcionales”:

Según la Comisión Europea de Ciencia de los Alimentos Funcionales (*FUFOSE*) de 1999, dice que *“un alimento puede considerarse funcional si se demuestra que afecta beneficiosamente una o más funciones objetivo en el cuerpo, más allá de los efectos nutricionales adecuados, de manera que se logre un mejor estado de salud, bienestar y/o reducción de riesgo de la enfermedad, siendo su presentación en forma de alimentos normales y nunca como píldoras, tabletas o suplementos dietéticos”*. La *FUFOSE* considera que los alimentos naturales son funcionales ya que contienen compuestos con efectos beneficiosos sobre el organismo (Chadwick *et al.*, 2003).

El Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile, indica que los alimentos funcionales son *“aquellos alimentos que en forma natural o procesada, contienen componentes que ejercen efectos beneficiosos para la salud, que van más allá de la nutrición”* (Wildman y Kelley, 2007).

La expresión “funcional” indica que el alimento posee un componente químico identificado como componente fisiológicamente activo (CFA) que beneficia la salud de quien lo ingiere (Aguirre *et al.*, 2003).

1.1.4. COMPONENTES FISIOLÓGICAMENTE ACTIVOS

Los CFA son principios o sustancias químicas, que por sus propiedades y composición, ejercen efectos fisiológicos positivos sobre la salud del consumidor (Calixto y Goñi, 2005; Silla, 2004). Se clasifican en los siguientes grupos:

1.1.4.1. Tradicionales

Son componentes que se han utilizado hace décadas, entre estos se encuentran: las proteínas que se forman de unidades de aminoácidos que el organismo sintetiza, desdobla y utiliza para cumplir con diversas funciones metabólicas. Las grasas o lípidos, compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno, participan en la síntesis y reparación de las células, proporcionan energía y ácidos grasos esenciales y facilitan la absorción de las vitaminas liposolubles A, D, E, K. Las vitaminas, constituidas por carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, fósforo y otros elementos, actúan como antioxidantes frente a radicales libres y participan en la regulación de numerosas reacciones químicas que permiten obtener la energía de las proteínas, grasas y carbohidratos. Los minerales, sustancias inorgánicas que forman parte de varias estructuras corporales, participan en los procesos metabólicos y ayudan al balance de los líquidos en el cuerpo. Los probióticos, que son microorganismos vivos (bifidobacterias y lactobacilos), ejercen efectos beneficiosos en el tracto gastrointestinal de las personas (Kohen y Nogueira, 2009; Roberts *et al.*, 2003; Rodríguez, 2006; Velásquez, 2006).

1.1.4.2. Prebióticos y carbohidratos

Los prebióticos y carbohidratos constituyen el 50 % de los componentes que se comercializan actualmente:

Prebióticos o fibra dietética: Son ingredientes alimenticios no asimilados pero fermentados por el intestino grueso y delgado del organismo. Estos componentes son utilizados por microorganismos benéficos (bifidobacterias y lactobacilos) del colon para estimular el crecimiento y actividad en la microflora intestinal que contribuye a mejorar la salud del ser humano. Los prebióticos más reconocidos son aquellos que se encuentran en el grupo de los carbohidratos y que forman parte de la fibra soluble, por ejemplo, la inulina, los fructo-oligosacáridos (FOS) y los galacto-oligosacáridos (GOS).

Carbohidratos: Son unidades estructurales de azúcares que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno; se clasifican en simples (monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos) y complejos (polisacáridos de reserva y estructurales). Los carbohidratos aumentan la saciedad, controlan la glucosa sanguínea y la insulina, disminuyen la cantidad de colesterol y participan en la fermentación de los productos para producir energía en el cuerpo (Bartrina y Majem, 2008; Rodríguez y Magro, 2008; Velásquez, 2006).

1.1.4.3. Fitoquímicos o no nutrientes

Los alimentos de origen vegetal permiten al organismo tener una buena salud debido a su contenido en agua, fibra, vitaminas y minerales pero cabe destacar que contienen otra clase de compuestos responsables del color, aroma y sabor de las plantas relacionado con la prevención y tratamiento de diversas enfermedades. Estas sustancias son llamados fitoquímicos y su uso es casi incipiente por lo que se denominan los componentes del futuro (Velásquez, 2006).

Los fitoquímicos son no nutrientes, dicha designación se debe a la falta de pruebas que demuestren que la ausencia de dichas sustancias en el organismo

retarde el crecimiento o produzca algún tipo de deficiencia, pero a pesar de estas limitaciones, los estudios indican que proporcionan propiedades fisiológicas que van más allá de las propiedades nutricionales (Velásquez, 2006).

A continuación se describen las propiedades de algunos fitoquímicos de origen vegetal:

Compuestos fenólicos: Son compuestos orgánicos con actividad antioxidante, derivados del metabolismo secundario de las plantas, que se caracterizan por la presencia en su estructura de un esqueleto fenólico, conformado por un anillo bencénico con, al menos, un grupo hidroxilo. Entre estos compuestos se encuentran los flavonoides y los ácidos fenólicos (Castillo y Martínez, 2007; Drago *et al.*, 2006):

- a) Los flavonoides se dividen principalmente en flavonas, flavanonas, catequinas y antocianinas, y están presentes en la cebolla, lechuga, vino rojo, té, cerezas, cáscara de frutas, extractos de semilla de uva y en la uva.
- b) Los ácidos fenólicos más abundantes en la naturaleza son los derivados del ácido benzoico (gálico, vainílico, *p*-hidroxibenzoico) y del ácido cinámico (*p*-cumárico, cafeico, ferúlico), y están presentes en las frutas, semillas de café y soya.

Los compuestos fenólicos en el organismo humano bloquean la acción de las enzimas que causan inflamación, modifican los pasos metabólicos de las prostaglandinas, atrapan los radicales libres que causan los procesos de carcinogénesis y la peroxidación de lípidos que afectan al crecimiento y proliferación de células normales (Aguirre *et al.*, 2003).

Fitoestrógenos: Son un grupo de compuestos encontrados en las plantas con similitud estructural con los estrógenos esteroidales, entre este grupo se encuentran (Drago *et al.*, 2006; Kohen y Nogueira, 2009):

- a) Las isoflavonas presentes en la soya y en sus derivados (leche, harina, tofu).

- b) Los cumestanos presentes en el trébol, alfalfa, germen de soya.
- c) Los lignanos que se encuentran almacenados en vacuolas, son convertidos en fitoestrógenos por la microflora del colon intestinal. Se encuentran en las semillas de linaza, ajonjolí, centeno y soya.

Los fitoestrógenos son empleados en terapias de reemplazo hormonal para tratar los síntomas de la menopausia, en el tratamiento de osteoporosis, puede prevenir el cáncer de próstata, obesidad y diabetes, así como la inflamación, artritis, infarto miocárdico, neuro-degeneración y cáncer de mama (Drago *et al.*, 2006).

Fitoesteroles: Son sustancias con una estructura similar al colesterol, naturalmente encontradas, aunque en bajas concentraciones, en aceites vegetales (maíz, soya y trigo), legumbres, cereales y frutos secos. El consumo en grandes cantidades de fitoesteroles afecta la absorción de los betacarotenos y vitaminas liposolubles por lo que se recomienda que su ingesta vaya acompañada de frutas y verduras ricas en estos nutrientes. La dosis recomendada está entre 1 a 3 g/día. Los fitoesteroles bloquean la absorción del colesterol, además, impiden el desarrollo de tumores en el colon, en las glándulas mamarias y próstata (Aguirre *et al.*, 2003; Kohen y Nogueira, 2009).

Existen otros componentes fenólicos que tienen beneficios sobre la salud, estos son (Kohen y Nogueira, 2009):

- a) La capsaina, presente en pimientos picantes y en la pimienta, tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y actúan contra el dolor.
- b) Los taninos, encontrados en las uvas, vino tinto, lentejas, pera, manzana, chocolate, etc, poseen acción antioxidante, antidiarreico, reduce el colesterol y favorece la cicatrización.
- c) El estilbeno y resveratrol se encuentran en la uva, vino tinto, cacahuates y moras, y son conocidos como antioxidantes y antiplaquetarios.
- d) Las cumarinas, presentes en los cítricos, perejil, yucas, higos y apios, tienen propiedades antioxidantes y efectos diuréticos.

- e) Los curcuminoides, propios de la cúrcuma, tienen potente acción antioxidante contra los radicales libres y es un protector cardiovascular y hepático.
- f) Los gingeroles, presentes en el rizoma de jengibre, tienen innumerables propiedades benéficas que se abarcará en las secciones posteriores.

1.1.5. CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS FUNCIONALES

Según Bartrina y Majem, 2008, un alimento funcional debe estar modificado con respecto al convencional, ya que si esto no sucediera así, todos los alimentos serían considerados funcionales, pero desde un punto de vista práctico, los alimentos funcionales se pueden clasificar en: Alimentos naturales, ya que poseen compuestos beneficiosos en forma natural como el licopeno en el tomate y las antocianinas en los arándanos. Alimentos enriquecidos, que son productos en donde se añaden componentes que no están presentes en la mayoría de alimentos, por ejemplo, huevos con omega-3. Alimentos que no contienen ciertos componentes causantes de determinadas enfermedades, como la leche deslactosada. Alimentos fortificados, que tienen mayor concentración de un componente funcional que está presente en el mismo alimento, como los jugos con vitamina C, leche con Ca, etc; y, alimentos modificados, que reemplazan un componente por otro potencialmente benéfico, como los edulcorantes no calóricos que sustituyen a la sacarosa.

1.1.6. LOS ALIMENTOS FUNCIONALES Y LA SALUD

1.1.6.1. Crecimiento, desarrollo y diferenciación en la infancia

La alimentación durante el embarazo, desarrollo fetal, lactancia e infancia es vital para evitar anomalías fetales y desórdenes fisiológicos en el niño, por esta razón, la ingesta de componentes fisiológicamente activos (ácidos grasos, minerales, antioxidantes, probióticos y vitaminas) como parte de los alimentos funcionales es esencial ya que puede influir en la composición de la leche materna, crecimiento, maduración, adaptación y función intestinal del niño (Ashwell, 2004).

1.1.6.2. Metabolismo de nutrientes

La mala alimentación se ha considerado como uno de los factores que influye negativamente en los procesos metabólicos y fisiológicos de la persona, lo que ha provocado la manifestación de trastornos en el organismo como la obesidad, diabetes y síndrome de resistencia a la insulina (Ashwell, 2004). En este campo se buscan alimentos que disminuyan la absorción de glucosa en el torrente sanguíneo para que el requerimiento de insulina sea bajo, entre estos se encuentran ciertas clases de almidón, fibra dietética de tipo soluble y viscoso, ácidos grasos, etc (Kohen y Nogueira, 2009).

1.1.6.3. Sistema Cardiovascular

Los alimentos funcionales podrían intervenir en los factores que causan las enfermedades cardiovasculares, por ejemplo, los lípidos sanguíneos se pueden modificar si se ingiere ciertos ácidos grasos, fibra y antioxidantes como los flavonoides; los componentes vegetales, como los fitosteroles, pueden ser capaces de reducir las lipoproteínas de baja densidad (LDL); la concentración en la dieta de folatos, vitamina B6 y B12, puede reducir los niveles elevados de homocisteína que evita que el tejido de las paredes arteriales resulten afectadas y disminuye el riesgo de bloqueo en los vasos sanguíneos por la formación de coágulos (Ashwell, 2004).

1.1.6.4. Función Digestiva

El intestino grueso es un órgano completamente complejo, posee la flora microbiana que representa el 90 % del total de las células del cuerpo humano por lo que es esencial mantener su equilibrio ya que reporta una variedad de beneficios en la salud, por ejemplo, incrementa la biodisponibilidad de nutrientes, mejora del tránsito intestinal, proliferación celular y fermentación de sustratos. Actualmente, existen tres componentes funcionales empleados para el mantenimiento de la flora intestinal: prebióticos, probióticos y simbióticos. Una dieta basada en estos componentes puede causar un aumento de la respuesta

inmunitaria, reducción del colesterol sérico, prevención de alergias alimentarias y aumento de la absorción intestinal del calcio en la osteoporosis (Ashwell, 2004).

1.1.6.5. Defensa antioxidante

Las reacciones de oxidación se producen en cada célula del cuerpo debido a la presencia de radicales libres que se fabrican en el propio organismo humano o que se adquieren en el medio externo (humo de tabaco, luz solar). Los radicales libres son moléculas tóxicas-reactivas que necesitan sustraer de una molécula estable un electrón para alcanzar su estabilidad ya que poseen un electrón desapareado. La molécula estable que cede, se transforma en radical libre, lo que provoca una reacción en cadena, que destruye varias células y afecta las funciones del sistema inmunológico y aumenta las enfermedades degenerativas. La defensa antioxidante consiste en neutralizar la acción de los radicales libres a través de sustancias antioxidantes, que liberan electrones en la sangre, para que los radicales libres capten y puedan estabilizarse (Avello y Suwalshy, 2006).

Dentro de los compuestos con actividad antioxidante se encuentran las vitaminas A, E y C, minerales (zinc y selenio); en alimentos, como la fresa, mora, etc.; en frutos secos, como las nueces; en las semillas enteras de cereales; en los fitatos (cereales y legumbres), en los compuestos organosulfurados (ajo, cebolla); y, en las isoflavonas de la soja (Kohen y Nogueira, 2009).

1.1.6.6. Rendimiento cognitivo y mental

Algunos componentes presentes en los alimentos tienen la habilidad de influir en el comportamiento, estado emocional y rendimiento cognitivo del ser humano, lo que permite crear una sensación de bienestar a corto y largo plazo en la salud. En esta área se encuentran las comidas ricas en carbohidratos que producen sensaciones de sopor, somnolencia y placidez; la cafeína que mejora el estado de alerta, memoria y coordinación psicomotriz; la melisa que actúa como tranquilizante; y el aminoácido triptófano que promueve sensaciones de somnolencia en niños y adultos (Ashwell, 2004; Monereo, 2008).

1.2. GENERALIDADES Y USOS DEL JENGIBRE

1.2.1. GENERALIDADES DEL JENGIBRE

1.2.1.1. Origen y distribución geográfica

El término jengibre viene del lenguaje clásico de la India que significa en forma de cuerno, trascendió al persa como *dzungebir*, al griego como *dzigibris*, al latín cambió a *zingiber* y en español como *jengibre* (Neira, 2007).

El jengibre se originó en la India y China hace 3000 años y es importante en la zona por sus múltiples usos. En los grandes imperios el rizoma fue indispensable en el comercio. Los fenicios fueron los primeros en comercializar con el antiguo Egipto, Grecia y Roma y en el siglo IX se amplió por Europa. En el siglo XVI, se introdujo por los españoles a las Antillas y a Centro América, desde entonces, ha sido distribuido a otras partes del mundo hasta nuestros tiempos (Colorado y López, 2003; Dávila, 1973; Kikuzaki, 2000; Valle, 2005).

Actualmente se cultiva en la India, China, Japón, Indonesia, Islas del Cribre y en zonas de Latinoamérica. Los productores son Indonesia, India, China y Jamaica; y los importadores son Arabia Saudita, Yemen, Estados Unidos, Japón y Europa (Kikuzaki, 2000; Washington y Ulloa, 2005).

1.2.1.2. Taxonomía del jengibre

Las Zingiberáceas son plantas tropicales usadas como condimentos. Los rizomas tienen internamente aceites que dan pungencia y aroma agradable a las comidas. Hay especies usadas en decoración floral (Gallouin y Arvy, 2007; León, 1987).

La familia consta de 47 géneros, y alrededor de 1400 especies. Los géneros más importantes son: *Zingiber*, *Curcuma*, *Alpinia*, *Amomum*, *Elettaria*, *Kaempferia* y *Hedychium* (Kikuzaki, 2000).

Según, Gallouin y Arvy, 2007, el género *Zingiber* consta de cuatro especies que se consumen habitualmente: 1) *Zingiber officinale* r, muy aromático y utilizado como condimento, 2) *Zingiber mioga* r, brote joven y no posee sabor ardiente, 3) *Zingiber cassumunar* r, tiene un característico sabor a pimienta; y, 4) *Zingiber zerumbet* s, tiene un sabor amargo y oscuro.

Según Colorado y López, 2003, el jengibre presenta la siguiente taxonomía:

Reino:	Vegetal	Nombre científico:	<i>Zingiber officinale</i> Roscoe
Clase:	Angiospermae	Sinónimos del nombre científico:	
Subclase:	Monocotyledoneae		<i>Amomum zingiber</i> L.
Orden:	Escitamíneas		<i>Zingiber majus</i> (Rumph)
Familia:	Zingiberaceae		<i>Zingiber blanco</i> (Messk)
Género:	Zingiber	Nombres populares:	
Especie:	Officinale		Ajengibre, Gingembre, Ginger, Gengibre
		Nombre Común:	Jengibre

1.2.1.3. Diversidad genética

En la Tabla 1, se indican las variedades de jengibre, según el lugar de cultivo.

Tabla 1. Variedades del rizoma jengibre según el lugar de cultivo

Lugar de cultivo	Variedad	Características
	Jengibre verdadero (<i>halyia betul</i>)	-
Malasia	Halyia padi	Planta pequeña con hojas estrechas Rizoma amarillento usado en medicina
	Jengibre rojo	Tiene rojiza la base del tallo
Jamaica	Jengibre blanco o amarillo (<i>turmeric ginger</i>)	Mejor calidad
	Jengibre azul o jengibre corneo	Rizomas fibrosos, duros, molienda difícil, sabor menos ardiente y de baja calidad
India	Cochin	Rizomas largos
	Calicut	Baja calidad
	Hawaiano o crema	Productivo y vigoroso
	Brasileña	Rizomas con grandes dimensiones, alto rendimiento y alto % de agua

Fuente: Washington y Ulloa, 2005

La única variedad cultivada en el Ecuador, es el *jengibre hawaiano* o *crema*, ya que solamente se dispone de esta semilla. Estados Unidos es el mayor demandante, donde se dirige el 80 % de las exportaciones ecuatorianas (Washington y Ulloa, 2005).

1.2.1.4. Descripción botánica

En la Figura 1, se indica la descripción botánica del jengibre.

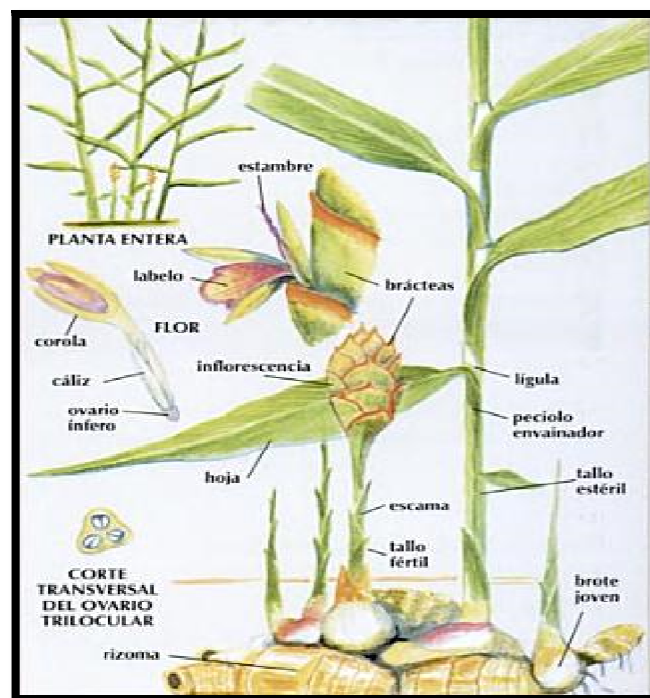


Figura 1. Descripción botánica del *Zingiber officinale* (Gallouin y Arvy, 2007)

El jengibre es una planta herbácea formada a partir de un rizoma subterráneo del que parten brotes aéreos en posición inclinada, cubiertos por las vainas envolventes de las hojas. El follaje presenta un color verde pálido y alcanza hasta 1 m de alto (León, 1987).

En la Figura 2, se presenta la estructura morfológica del jengibre. El rizoma es irregular y alargado, de 10 a 30 cm, carnoso y aromático, tiene ramificaciones tuberosas, escamosas y nudosas, y está constituido por las siguientes partes (Gallouin y Arvy, 2007; León, 1987):



Figura 2. Estructura morfológica del rizoma de jengibre (*Zingiber officinale*)
(León, 1987)

Capas de corcho (externa): producidas en la hipodermis y forman de 4 a 8 estratos de células de parénquima que se renuevan constantemente. Tienen el aspecto seco, corchoso y se desprende al preparar el producto comercial. *Región cortical (media):* capa oscura y grisácea constituida por un tejido básico de parénquima que posee muchas células que contienen oleoresinas, las cuales son cuerpos elipsoides u ovoides y rellenan casi todo el espacio celular. *Parte central (interna):* separado de los tejidos corticales por la endodermis, que es una banda más clara cuyas células no contienen almidón. El tejido básico es el parénquima, rico en almidón, además, se encuentra abundantes granos de oleoresinas. Hay numerosos haces vasculares, la mayoría de ellos con bandas de colénquima que al secarse el rizoma aparecen como fibras suaves.

Los tallos aéreos pueden ser estériles con hojas o fértiles sin hojas y miden 1.50 m y de 10 a 30 cm de altura por 1 cm de diámetro, respectivamente. Los fértiles llevan una inflorescencia ovoide que está compuesta de brácteas imbricadas (2 a 3 cm de largo por 10 a 15 cm de ancho) y en su axila nacen las flores (Gallouin y Arvy, 2007; León, 1987).

Las flores son amarillo-verdosas e irregulares (flores zigomorfas), está rodeada por dos brácteas, una anterior grande y verde claro con el borde amarillento, y otra posterior más pequeña (León, 1987).

La hoja tiene una vaina envolvente que termina en una lígula pequeña, el peciolo mide de 15 a 20 cm de largo y 2 cm de ancho. Las hojas inferiores son horizontales y las hojas superiores son oblicuas (Gallouin y Arvy, 2007).

1.2.1.5. Composición proximal y química del rizoma de jengibre

Composición proximal: En la Tabla 2, se indica la composición proximal del jengibre fresco.

Tabla 2. Composición proximal del rizoma de jengibre fresco (g/100 g)

Composición	base húmeda
Humedad	87.60
Proteína	1.60
Grasa	0.80
Carbohidratos totales	9.00
Fibra	0.90
Cenizas	1.00

Fuente: Montaldo, 1991

Composición química: Contiene una oleorresina (4.0 – 7.5 %), que está compuesta de aceite esencial y resina (Fonnegra y Jiménez, 2007):

Aceite esencial (1.5 – 3.0 %): Constituye la fracción volátil o aromática de los principios activos del jengibre, en donde los compuestos que mas predominan son los terpenoides, responsables del olor agradable, alcanforado y sabor cálido del rizoma (Arraiza, 2009; Gallouin y Arvy, 2007).

Los principales componentes terpenoides son: los **sesquiterpenos** (50 – 66 % predominantes), como los α – β zingiberenos (de trazas al 35 %), ar-curcumeno (5 a 35 %), β -bisaboleno (de trazas al 60 %), β -bisabolena, (EE)- α -farneseno y B-sesquifelandrol (de trazas a un 2 %), y los **monoterpenos**, como el alcanfor, β -felandreno (de trazas a un 12 %), geranial (hasta un 15 %), neral (5 a 35 %) , linalol (hasta un 5 %), entre otros (Fonnegra y Jiménez, 2007; Gallouin y Arvy, 2007).

Resina (5.0 - 8.0 %): Es la fracción no volátil o pungente de los principios activos del jengibre que contiene compuestos químicos como los gingeroles, shogaoles y zingeronas (Fonnegra y Jiménez, 2007; Rosella *et al.*, 1996).

- a) Los gingeroles son fenilalcanonas no volátiles que poseen cadenas de diferente longitud. En la Figura 3, se observa que el gingerol es un decano acíclico que tiene en el Carbono 1, un grupo 4-hidroxi-3-metoxifenil, en el Carbono 3, un grupo carbonilo; y, en el Carbono 5, un grupo hidroxilo. El [6]-gingerol es catalogado como el principal componente de acción pungente presente en el jengibre fresco. La cantidad de [6]-gingerol en rizomas frescos de jengibre cultivado en China y Japón fue aproximadamente 0.3 – 0.5% (Cañigueral, 2003; Kikuzaki, 2000).

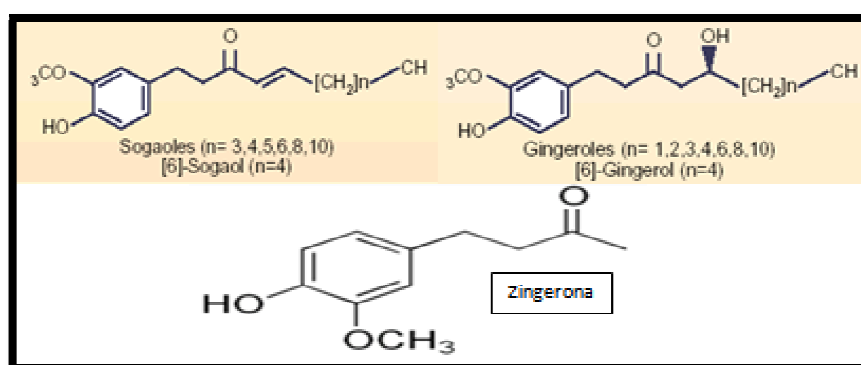


Figura 3. Estructura química de los principios pungentes del rizoma del jengibre (Cañigueral, 2003)

- b) En la Figura 3, se presenta la estructura química del shogaol. Los shogaoles, similares a los gingeroles, poseen un doble enlace 4-5 que resulta de la eliminación del grupo 5-OH. Normalmente, el rizoma fresco no contiene shogaoles, mientras que el rizoma deshidratado es rico en shogaoles. Los shogaoles se forman durante la deshidratación del rizoma fresco. El [6]-shogaol es el más importante y la proporción de [6]-gingerol a [6]-shogaol en el rizoma fresco es de 7:1. Cuando se somete a deshidratación por 10 horas, la proporción es 1:1, es decir, la conversión de gingerol a shogaol depende del tiempo de deshidratación (Kikuzaki, 2000; Rosella *et al.*, 1996).
- c) En la Figura 3, se muestra la estructura química de la zingerona que se origina del procedimiento de deshidratación que convierte al gingerol en zingerona, por esta razón, no se encuentra en el jengibre fresco (Rosella *et al.*, 1996). Es un sólido cristalino y poco soluble en agua, pero soluble en éter. Su pungencia se destruye por contacto prolongado con hidróxido sódico al 5 % (SISIB, 2009).

Además, el rizoma contiene diarilheptanoides como las gingerenonas A, B y C, lípidos, carbohidratos (50 - 60 %) en forma de celulosa, almidón (50 %) y pentosanas, proteínas, materias minerales, una enzima (zingibaína), aminoácidos y ácidos grasos (Fonnegra y Jiménez, 2007; Gallouin y Arvy, 2007).

1.2.1.6. Disposiciones relativas a la calidad

El jengibre debe presentarse entero y de consistencia firme, sano, sin deterioro, limpio, exento de cualquier materia extraña visible, libres de daños causados por plagas, sin humedad externa anormal y exenta de cualquier olor y sabor extraños.

En la Tabla 3, se presenta la clasificación del jengibre en categorías según el grado de calidad.

Tabla 3. Clasificación del rizoma de jengibre por categorías según su grado de calidad

CATEGORÍA	GRADO DE CALIDAD	DEFECTOS PERMITIDOS
Extra	Calidad superior	
	limpios, bien formados	✓ defectos muy leves que no afectan la calidad del producto
I	Buena calidad	
	consistencia firme, sin señales de marchitamiento o deshidratación, sin señales de brotación	✓ defectos leves de la piel por el roce que deben ser cicatrizados y secos ✓ el total de la superficie afectada no debe superar el 10 %
	Calidad inferior	✓ defectos de la piel por el roce que deben estar cicatrizados y secos
II	deben cumplir los requisitos mínimos citados anteriormente	✓ el total de la superficie afectada no debe superar el 15 % ✓ no debe superar el 10 % en peso en señales de brotación ✓ heridas cicatrizadas ✓ magulladuras

Fuente: Codex, 2007

1.2.1.7. Situación del cultivo de jengibre a nivel nacional

El jengibre es un cultivo no tradicional en Ecuador que se cultiva en zonas húmedas tropicales y subtropicales como: Esmeraldas, San Lorenzo, Quinindé, La Concordia, Santo Domingo de los Colorados, Quevedo, El triunfo, Tena, Misahuallí, Macas, El Coca (SICA, 2001).

Las mejores cosechas de jengibre se dan del mes de Octubre hasta el mes de Marzo pero la época de mayor demanda es Diciembre por el requerimiento del mercado estadounidense. Actualmente en el país hay alrededor de 45 ha de jengibre cultivadas y cada productor cuenta aproximadamente con 8 o 13 ha de terreno con rendimientos de 18 a 20 t/ha. En la Tabla 4, se indican los principales productores de jengibre en el Ecuador (Washington y Ulloa, 2005).

Tabla 4. Principales productores de jengibre en Ecuador

PRODUCTOR	UBICACIÓN DE LOS CULTIVOS
Guillermo Cabrera Larrea	Quevedo, Los ríos
Innovex S.A	Guayaquil, Guayas
Refin S.A	Guayaquil, Guayas
Roberto Soto Romero	Santo Domingo de los Colorados
Three Point Corporation S.A	Santo Domingo de los Colorados
Compeira S.A	Santo Domingo de los Colorados
Agro Trading Cia. Ltda	Quevedo, Santo Domingo de los Colorados
Inexa	Santo Domingo de los Colorados
Fundación Chankuap – Recursos para el futuro	Macas

Fuente: Washington y Ulloa, 2005

La producción de jengibre como materia prima se localiza en países de escasa tecnología e industrias y la fabricación de productos intermedios y finales está en países con desarrollo tecnológico. Esto es un gran problema para el Ecuador ya que no cuenta con suficientes industrias que den valor agregado al producto. Las empresas ecuatorianas que industrializan el jengibre para la obtención de aceite esencial son Agro Trading Cia. Ltda, Fundación Chankuap, Inexa (Colorado y López, 2003; Washington y Ulloa, 2005).

En la Figura 4, se indican los canales de comercialización del jengibre en el Ecuador. Las importaciones son manejadas por grandes empresas que necesitan del jengibre como valor agregado para los productos finales. Los restaurantes, especialmente los orientales, negocian directamente con los productores si son grandes, pero si son pequeños realizan sus compras en los supermercados. Los consumidores obtienen el producto en supermercados y tiendas mayoristas. En el

aceite esencial, los productores venden a los exportadores, los mismos que venden a los importadores del país de destino y estos distribuyen el producto a las industrias alimenticias, farmacéuticas y de cosméticos (Colorado y López, 2003; Washington y Ulloa, 2005).

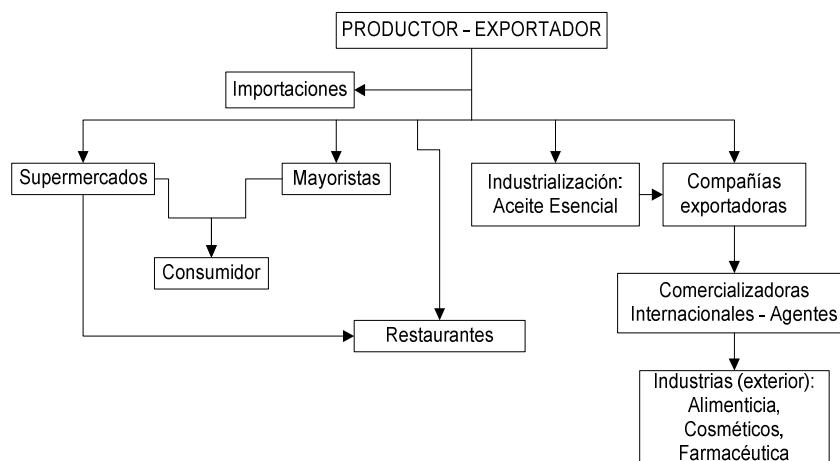


Figura 4. Canales de comercialización del rizoma de jengibre (Colorado y López, 2003)

1.2.2. USOS DEL JENGIBRE

1.2.2.1. Usos medicinales y sus propiedades funcionales

Desde el siglo V, el jengibre se ha utilizado para aliviar la sensación de mareos en viajes largos y actualmente ha sido recomendado, en pequeñas dosis, a mujeres embarazadas que tienen náuseas matutinas. Además, ejerce efectos sobre el aparato digestivo, regula la presión arterial, actúa contra las migrañas y es considerado un antihistamínico, por esta razón, es usado tradicionalmente como remedio para la gripa, dolor de garganta y la tos. El rizoma alivia los dolores musculares, mejora la circulación de la sangre y disminuye los niveles de azúcar por lo que es importante en el tratamiento de la diabetes (Neira, 2007).

Los usos medicinales mencionados se atribuyen a la bio-actividad que poseen los fitoquímicos, los cuales tienen efectos selectivos sobre una o varias funciones del organismo y cuyos resultados positivos demuestran que es un producto con “propiedades funcionales” o saludables (Astiasarán *et al.*, 2003).

Durante algunos años se han llevado a cabo investigaciones científicas sobre las propiedades funcionales del jengibre que prueban la validez de sus usos medicinales. A continuación, se citan investigaciones científicas realizadas sobre sus propiedades funcionales:

Actividad antioxidante y anti-cancerígena: Shukla y Singh (2006) atribuyeron las propiedades anticancerígenas a la presencia de componentes pungentes como el [6]-gingerol y los [6]-paradoles, shogaoles, zingerona, etc. Un tratamiento a base de jengibre podría estar relacionado con la reducción significativa del cáncer (Kikuzaki, 2000; Vasala, 2001; Zachariah, 2008).

Los estudios realizados individualmente a cada componente indicaron que los gingeroles y sus análogos constituían un complejo antioxidante natural que anulaban la actividad de los radicales libres, ya sea interna o externamente, y los transformaba en compuestos más simples e inoocuos (Rosella *et al.*, 1996).

Actividad antiemética, antiespasmódica y anti-ulcerosa: Las investigaciones indican que los componentes del jengibre como el [6]-gingerol y el [6]-shogaol tonifican la musculatura y aumenta la motilidad del intestino de los seres humanos (peristalsis), además, su acción dual ha demostrado que tienen efectos contra los factores que causan el vómito (antiemético) por mareo, embarazo y operaciones (Kikuzaki, 2000).

Los sesquiterpenos, α -zingibereno, β -sesquifelandreno, β -bisaboleno y el ar-curcumeno, pueden actuar sobre las úlceras gástricas. El [6]-shogaol y el β -sesquifelandreno causaron el 70.20 % y el 61.10 % de inhibición de las úlceras gástricas, respectivamente (Zachariah, 2008).

Actividad antimicrobiana: Investigaciones indican que los gingeroles y shogaoles tienen un amplio rango de efecto antimicrobiano relacionado con las especies: *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Mycobacterium*, *M. avium*, *M. tuberculosis* (Kikuzaki, 2000).

Además, el gingerol, shogaol y zingerona tienen actividad antimicrobiana contra la *Salmonella typhi*, *Trichophyton violaceum*, *Vibrio cholerae* y *Trichomonads vaginalis*. Los gingeroles y shogaoles actúan en contra de la *E. coli*, *Proteus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Salmonella*, y estimulan el crecimiento del *Lactobacillus*, saludable en la microflora del estómago (Kuss, 2005; Pakrashi, 2003).

Otras actividades de los componentes químicos: El [6]-shogaol ha demostrado una eficacia significativamente mayor al [6]-gingerol en la supresión del sistema nervioso central y en lo relacionado con los efectos antipiréticos y analgésicos (Kikuzaki, 2000).

Los gingeroles mostraron una acción regulada sobre el miocardio, en orden decreciente a partir de [8]-gingerol, [8]-gingerol y [6]-gingerol (Kikuzaki, 2000). Otros estudios señalan que el [6]-gingerol y el [6]-shogaol, debido a su propiedad de inhibir la biosíntesis y liberación de las prostaglandinas, son agentes analgésicos y antipiréticos, funcionan como cicatrizadores de heridas, inflamación y agregación plaquetaria, y participa en enfermedades como la arteriosclerosis, además, el [6]-shogaol disminuye la frecuencia e intensidad de la tos y disminuyen los niveles de colesterol (Rosella *et al.*, 1996; Vasala, 2001).

El jengibre posee una enzima proteolítica llamada zingibaína que puede descomponer las proteínas para mejorar el sistema digestivo, la motilidad gastrointestinal, la acción de la vesícula biliar, protege al hígado contra las toxinas y se utiliza tradicionalmente para el tratamiento de dolor de estómago, vómitos, indigestión y artritis, también se ha investigado por su actividad gastroprotectora y anti-ulcerosa. La zingibaína ocupa el 2 % en el rizoma fresco y contiene 180 veces más enzimas proteolíticas que la planta de papaya (Duke, 1998; Pakrashi, 2003).

En la Tabla 5, se resume las principales propiedades funcionales de los componentes químicos presentes en el rizoma de jengibre.

Tabla 5. Principales propiedades funcionales de los componentes químicos presentes en el rizoma de jengibre

PROPIEDAD FUNCIONAL	COMPONENTES QUÍMICOS
Antioxidante	[6]-gingerol*, [6]-shogaol, zingerona
Antimicrobiano	[6]-gingerol, [6]-shogaol, zingerona
Inhibición de la agregación plaquetaria	[6]-gingerol, [6]-shogaol,
Anti-hepatóxica	[6]-gingerol, [6]-shogaol, zingibaína
Anti-ulcerosa	[6]-gingerol y [6]-shogaol, α -zingibereno, β -sesquifelandreno, β -bisaboleno, ar-curcumeno, enzima (zingibaína)
Anti-cancerígena	[6]-gingerol, [6]-shogaol, zingerona
Aumento de la motilidad gastrointestinal	[6]-gingerol
Supresión del sistema nervioso central	[6]-gingerol, [6]-shogaol
Anti-hemético	gingeroles, shogaoles, zingibaína
Anti-pirético y analgésico	[6]-gingerol, [6]-shogaol
Cardiotónico	[6]-gingerol
Antitusivo	[6]-shogaol
Inhibición de la biosíntesis del colesterol	[6]-gingerol y sus análogos

Fuente: Kikuzaki, 2000

*El gingerol no está presente en el jengibre deshidratado

El jengibre deshidratado y el jengibre fresco no cumplen las mismas funciones, por ejemplo: el fresco se consume en caso de vómito, tos, distensión abdominal, pirexia; el seco se usa cuando existe dolores abdominales y diarrea; el seco pulverizado, estimula el estómago y pulmones, evita las náuseas del embarazo; y, el aceite esencial se aplica en caso de fiebres y estimula el apetito (Colorado y López, 2003).

1.2.2.2. Usos culinarios

El jengibre se usa generalmente fresco, encurtido, preservado (pickles), seco, en polvo, en aceites y oleorresinas. Estas presentaciones se utilizan en una variedad de preparaciones, desde ensaladas de frutas y vegetales hasta platos de cocina gourmet y, además, es usado en bebidas y cócteles (SICA, 2001).

El jengibre fresco se usa en comida de mar, carne y pollo, porque neutraliza sus olores; se combina con chiles y se mezcla con leche de coco para elaborar curris cremosos y pastas picantes; es mezclado con ajo y cebolla para aromatizar el aceite antes de poner a freír carne y vegetales; se combina con chiles, ajo, cúrcuma o jugo de limón, para elaborar marinadas, aderezos y en ensaladas de todo tipo y fabricar dulces; y se usa en platos dulces como panes, pasteles y galletas, para aromatizar sopas, vinagretas, marinadas y salsas (Neira, 2007).

El jengibre en conserva se utiliza como fruto en ciertos pasteles o panes de especias y en la elaboración de sorbetes, también saboriza galletas, ponqués, helados, salsas dulces y bebidas refrescantes. El jengibre en polvo es usado en curris y mezclas picantes de especias, también es ideal para utilizar en panes, galletas y pasteles, para aromatizar algunos vegetales, platos agridulces o dulces, pescados que se consumen crudos al estilo japonés (sushi), y mermeladas con frutas. Interviene en la preparación y aromatización de bebidas como cerveza, limonada, licor, té y café (Gallouin y Arvy, 2007; Neira, 2007).

El aceite esencial se utiliza en confitería, perfumes y para aromatizar bebidas alcohólicas y no alcohólicas. La oleorresina se utiliza en panadería, pastelería y como aditivo de productos cárnicos, encurtidos, vinos y bebidas. La oleorresina y el aceite esencial, encuentran un lugar en el arte culinario de países desarrollados y de los estratos superiores de la sociedad de los países en desarrollo (Gallouin y Arvy, 2007; Vasala, 2001).

1.3. INDUSTRIALIZACIÓN Y PROCESAMIENTO DEL JENGIBRE

1.3.1. EL SECADO IMPORTANTE EN EL PROCESAMIENTO DEL JENGIBRE

El secado es un proceso importante en el procesamiento del jengibre y de otros alimentos como frutas, vegetales, hierbas, especias ya que permite incorporar alimentos deshidratados en diversas preparaciones como (FIAGRO, 2003):

- a) Mezcla de frutas con cereales para el desayuno.
- b) Vegetales deshidratados en concentrados, salsas, consomés, sopas, y otros.
- c) Hierbas en la elaboración de aceites esenciales, infusiones y condimentos.
- d) Hierbas medicinales para fitoterapia y la nueva industria medica homeopática.

1.3.1.1. Secado por aire caliente

El secado es una operación de transferencia simultánea de calor y masa debido a la diferencia de temperatura y presión parcial del vapor de agua entre el alimento húmedo y la atmósfera que lo rodea (Albors *et al.*, 2001).

En el proceso de secado ocurren dos mecanismos (Fellows *et al.*, 2001):

- 1) El mecanismo interno se relaciona con la transferencia de humedad cuando la presión parcial del vapor de agua en el alimento es mayor que la presión parcial del vapor de agua del aire. El aire caliente que penetra en el alimento húmedo provoca un cambio de fase que transforma el agua en vapor. La remoción del vapor de agua desde el interior del alimento hacia su superficie, produce una zona de baja presión entre el aire y el alimento debido al arrastre del vapor de agua a través del aire en movimiento. Esta zona de baja presión es la fuerza impulsora que permite eliminar el agua.
- 2) El mecanismo externo se refiere a la transferencia de calor cuando la temperatura del aire es mayor que la temperatura del alimento. El aire caliente actúa como un medio de calentamiento y de arrastre del agua evaporada desde la superficie del alimento hacia el ambiente externo.

La velocidad y la uniformidad de secado se relacionan con la calidad del proceso y evitan las pérdidas físicas, estructurales, químicas y nutricionales del alimento. El secado rápido ocasiona endurecimiento en la capa superficial del material y humedad en su interior e impide que se produzca una correcta deshidratación. El secado lento ocasiona un gasto energético alto por el tiempo (FIAGRO, 2003).

1.3.1.2. Propiedades importantes del alimento en el secado

Humedad: Es el principal factor que determina el grado de alteración de un alimento y se expresa como el contenido de agua en kg por unidad de peso del material, en base húmeda o en base seca. La ecuación [1] es la más empleada (Orrego, 2003):

$$h_{bs} = \frac{m_{H_2O}(kg)}{m_{ss}(kg)} \quad [1]$$

$$h_{bh} = \frac{m_{H_2O}(kg)}{m_{sh}(kg)} * 100 = \frac{m_{H_2O}(kg)}{m_{ss}(kg) + m_{H_2O}(kg)} * 100 \quad [2]$$

Donde:

- h_{bs} : humedad en base seca (kg_{H₂O}/kg_{ss})
- h_{bh} : humedad en base húmeda (%)
- m_{H_2O} : masa de agua (kg_{H₂O})
- m_{ss} : masa de sólidos secos (kg_{ss})
- m_{sh} : masa de sólido húmedo o masa total del alimento (kg_{sh})

La humedad en base seca se expresa en unidades del SI: kg agua/kg sólido seco, y en base húmeda se expresa en porcentaje (%). En los cálculos de proceso, el contenido de agua se enuncia en base seca, mientras que en las tablas de composición se representa generalmente en base húmeda (Fellows, 1994).

Humedad de equilibrio: Se produce cuando la presión de vapor de agua en el alimento alcanza el equilibrio con la presión parcial del vapor de agua en el aire circundante. En estas condiciones, durante su almacenamiento, el alimento no gana ni pierde peso. Esta humedad se expresa en base seca (Fellows, 1994).

1.3.1.3. Curvas de secado

Las curvas de secado se obtienen a partir de pruebas experimentales de secado, en donde se grafica el contenido de humedad del material (X_m) frente al tiempo transcurrido desde que se inicio el secado (t) (Albors *et al.*, 2001).

En la obtención de datos para construir las curvas de secado, se parte de una masa inicial conocida (m_0), la cual se expone a una corriente de aire de características conocidas: velocidad, humedad relativa y temperatura. Durante el proceso de secado, se registra el peso del sólido a intervalos regulares, de forma que se obtienen datos de masa m frente al tiempo t (Fernández, 2003).

Los datos del proceso se expresan como peso total del sólido húmedo (sólido seco más humedad) a diferentes tiempos. Dichos valores se convierten a datos de velocidad de secado: primero se recalculan los datos para obtener la humedad en base seca a un tiempo t , con la ecuación:

$$h_{bs} = \frac{m(t) - m_{ss}}{m_{ss}} \quad [3]$$

Donde:

- $m(t)$: masa del alimento húmedo para cada tiempo (kg_{sh})
 m_{ss} : masa del sólido seco (kg_{ss})
 $h_{bs}(t)$: humedad base seca al tiempo t ($\text{kg}_{H_2O}/\text{kg}_{ss}$)

A partir de la ecuación [3], se determina el contenido de humedad de equilibrio (X^*) y con este dato se realiza el cálculo del contenido de humedad libre, para cada valor de X_t , con la siguiente ecuación:

$$X_w(t) = h_{bs}(t) - X^* \quad [4]$$

Donde:

- $X_w(t)$: humedad libre seca para cada tiempo ($\text{kg}_{H_2O}/\text{kg}_{ss}$)

En la Figura 5, se presenta la primera curva de secado que se construye a partir de los datos calculados en la ecuación [4], que relaciona el contenido de humedad libre X_w en función del tiempo t (Williams, 1971).

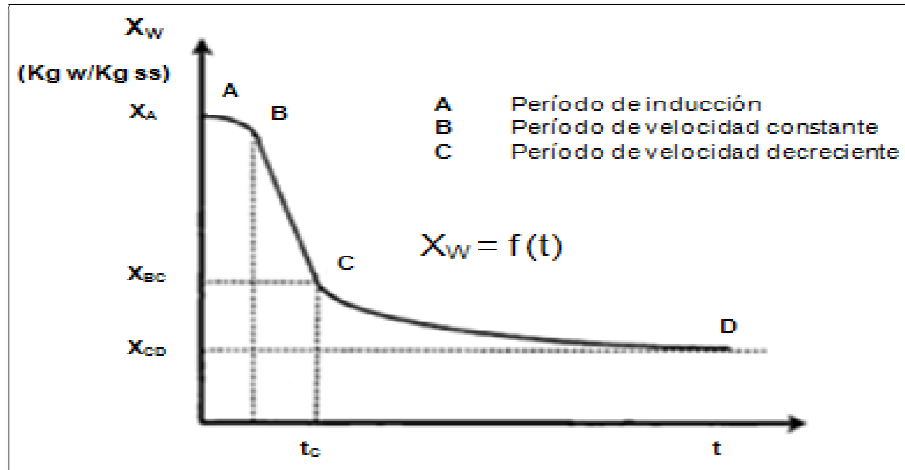


Figura 5. Primera curva de secado
(Albors *et al.*, 2001)

Se puede calcular la velocidad de secado si se deriva la primera curva de secado, con lo cual se obtendrán valores de dx/dt para ciertos valores de t , y la velocidad de secado se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{---} \quad [5]$$

Donde:

- R : velocidad de secado ($\text{kg}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{hm}^2$)
 m_{ss} : masa de sólido seco (kg_{ss})
 A : área superficial al secado (m^2)

En la Figura 6, se observa la segunda curva de secado que se obtiene cuando se grafica R contra X_w . El material deshidratado se encuentra en el punto A. La etapa inicial (AB) inicia con un calentamiento o enfriamiento del sólido de poca duración y ocurre una reducción progresiva de la humedad del sólido. Luego, se reduce el contenido de agua y se mantiene a velocidad constante (BC), posteriormente el periodo de velocidad constante termina y alcanza la humedad crítica (X_C) (C) en donde no llega suficiente agua a la superficie para mantener la máxima evaporación. La velocidad de secado empieza a decrecer (CD) y se hace cero conforme se acerca a la humedad de equilibrio (X_{CD}), pueden existir varios periodos de velocidad decreciente CE y DE. El punto E es el momento en que la

superficie expuesta se convierte completamente en insaturada y se inicia la parte en el proceso de secado en donde la velocidad del movimiento de la humedad interna controla la velocidad de secado (Albors *et al.*, 2001).

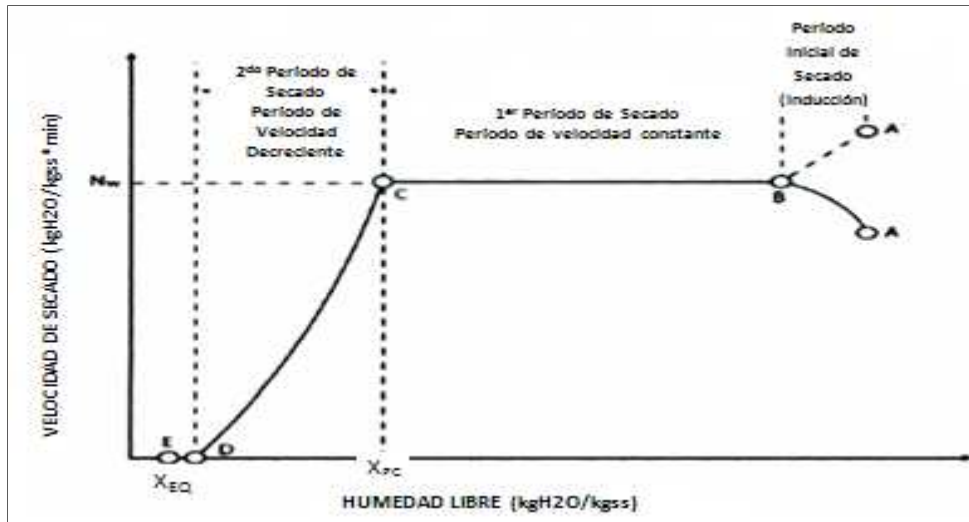


Figura 6. Segunda curva de secado
(Williams, 1971)

1.3.2. PRODUCTOS INDUSTRIALIZADOS A BASE DE JENGIBRE

En la industrialización del jengibre se obtiene principalmente cuatro productos: jengibre deshidratado, aceite esencial, oleoresina y jengibre preservado.

1.3.2.1. Jengibre deshidratado

El jengibre deshidratado se obtiene a partir del secado de los rizomas frescos y maduros ya que poseen mayor aroma, sabor y pungencia. La cosecha se realiza, generalmente, entre los 8 y 9 meses después de la siembra (Vasala, 2001).

El jengibre deshidratado se obtiene al disminuir el porcentaje de humedad del rizoma fresco de un 70 - 75 % a un 10 %, mediante la aplicación de calor con secadores solares o con estufas de aire caliente. Los procesos aplicados en el jengibre deshidratado pueden variar, por ejemplo, el jengibre se puede utilizar pelado o sin pelar y aunque generalmente se realiza una reducción del tamaño para facilitar la evaporación del agua también se lo puede secar entero. A partir

del jengibre deshidratado se elabora el jengibre en polvo, aceite esencial y oleorresina. El producto se almacena en lugares oscuros y ventilados para evitar la oxidación y pérdida de propiedades funcionales (Colorado y López, 2003).

1.3.2.2. Aceite esencial

El aceite esencial se obtiene mediante la destilación con vapor de los rizomas deshidratados. El producto posee el aroma y sabor característico del jengibre pero no contiene la sustancia responsable de la pungencia. Tienen un color amarillo – verdoso, viscoso y difícilmente soluble en alcohol y en agua. El rendimiento que se obtiene a partir de la especia es muy bajo y oscilan entre un 2 a un 3 % a partir del jengibre fresco, por lo que es importante realizar una selección minuciosa de la materia prima para lograr buenos rendimientos (Colorado y López, 2003).

1.3.2.3. Oleorresina

La oleorresina es un extracto que se obtiene por tratamiento de la especia seca con solventes como la acetona, alcohol y etileno diclorado. Este producto contiene el aceite esencial responsable del aroma característico del jengibre y la resina que es la encargada de otorgar la pungencia por medio de uno sus componentes conocido como gingerol (Colorado y López, 2003; Sharapin, 2000).

1.3.2.4. Jengibre en conserva

El jengibre en conserva se prepara con los rizomas cosechados antes de la madurez por tener menor pungencia, los cuales no se pelan y se someten a un proceso de ebullición con soluciones concentradas de azúcar hasta conseguir que la materia prima se cristalice (Colorado y López, 2003; Gallouin y Arvy, 2007).

Los jarabes se componen generalmente de agua con un porcentaje de azúcar aproximado de 80 % del peso de la materia prima. La concentración ideal del producto se logra en la tercera ebullición con una concentración más alta de azúcar. El producto se almacena en barriles de metal (Colorado y López, 2003).

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. MATERIALES

2.1.1. MATERIAS PRIMAS

2.1.1.1. Materia prima principal

En la obtención de jengibre deshidratado, para la elaboración de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante para quema directa, se empleó como principal materia prima los rizomas de jengibre (*Zingiber officinale*) frescos, adquiridos en el supermercado Santa María, ubicado en la parroquia Tumbaco, Cantón Quito.

2.1.1.2. Materias primas secundarias

Las materias primas secundarias empleadas en el desarrollo de los productos fueron las siguientes:

El condimento en polvo se elaboró con clavo de olor (*Eugenia caryophyllus*) (Ind. Ecuatoriana – Granos del campo), nuez moscada (*Myristica fragans*) (McCormick-ALIMEC S.A) y pimienta negra (*Piper nigrum*) (McCormick-Corporación Favorita C.A). Los insumos se adquirieron en polvo en el Supermaxi, ubicado en Cumbayá, Cantón Quito.

En la infusión filtrante se emplearon hojas de stevia deshidratada (*Stevia rebaudiana*) (El Edén – Hierbas aromáticas) adquiridas en tiendas naturistas ubicadas en Cumbayá, Cantón Quito.

El aromatizante para quema directa se fabricó con madera de palo santo (*Bursera graveolens*), clavo de olor (*Eugenia caryophyllus*) en polvo, goma de tragacanto

adquirida en la Droguería y Botica Alemana, nitrato de potasio (KNO_3) y agua destilada.

2.1.2. EQUIPOS Y ACCESORIOS

2.1.2.1. Materiales

- Acetona $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ – J.T. BAKER
- Bolsas filtrantes
- Bandejas de acero inoxidable
- Bomba de vacío
- Buretas, pipetas y vasos de precipitación graduados
- Cajas petris
- Crisoles de placa filtrante
- Cuchillo de acero inoxidable de hoja roma
- Frascos de vidrio para maceración de 500 mL
- Embudos de vidrio
- Envases para condimento
- Kitasatos
- Matraces de fondo redondo
- Mortero de porcelana con pistilo
- Palos de bambú (matriz de soporte)
- Termómetro y tubos de ensayo

2.1.2.2. Equipos

- Balanza digital portátil Traveler, modelo TA3001, 3 kg de capacidad, sensibilidad 0.1 g
- Balanza electrónica Mettler, modelo PE3600, 2 kg de capacidad, sensibilidad 0.01 g
- Calibrador pie de rey T&O, modelo 605-TL
- Colorímetro de Minolta, modelo CR-200

- Cortadora de cuchillas Hobart acoplada a una mezcladora Crypto Peerlees, modelo EC-30
- Estufa de conducción Blue M, modelo OV-18C
- Estufa de convección Treas, modelo 625-A
- Marmita de acero inoxidable Hamilton, modelo M40V, 40 gal de capacidad
- Mezclador Vortex – Genie 2, modelo G-560
- Molino de cuchillas Cyclotec, modelo 1093
- Tamices U.S.A. Standard Test Sieve # (10, 20, 50, 100)
- Tamizador Portable Sieve Shaker, modelo RX-20
- Rota vapor (Flash – evaporator), marca Buchler, modelo RV-05-S1
- Selladora térmica de fundas portátil Audion Futura, modelo 150C

2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LOS RIZOMAS DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*)

2.2.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

2.2.1.1. Determinación de peso

El peso de los rizomas se determinó con la ayuda de una balanza electrónica Mettler. Se registró el peso del rizoma entero, de la pulpa y del corcho (piel o capa externa). El corcho se retiró de forma manual con la utilización de cuchillos de acero inoxidable.

En la determinación del peso se clasificó a los rizomas en tres categorías: grandes (A), medianos (B) y pequeños (C).

2.2.1.2. Determinación de tamaño y forma

En la Figura 7, se observan las dimensiones que se tomaron en cuenta en la determinación del tamaño del rizoma. El tamaño se midió con un calibrador pie de rey y se registraron las medidas del espesor, eje mayor y eje menor.



Figura 7. Eje mayor, eje menor y espesor del rizoma de jengibre

2.2.1.3. Determinación del número de ramificaciones o brotes

La determinación consistió en el conteo de las ramificaciones más predominantes procedentes del cuerpo central del rizoma de jengibre.

2.2.1.4. Determinación de volumen

El volumen se determinó mediante la inmersión de los rizomas en vasos de precipitación, donde la cantidad de agua desalojada constituyó el volumen de los rizomas.

2.2.1.5. Determinación de color

En la medición del color externo e interno de los rizomas se utilizó el colorímetro de Minolta que expresa los resultados en los siguientes parámetros:

- L* : indicador de luminosidad
- a* : cromaticidad de rojo (+) a verde (-)
- b* : cromaticidad de amarillo (+) a azul (-)

La medición del color se realizó por triplicado, y los valores promedios de los parámetros se ubicaron en la cartilla cromática y escala L del color, que se muestra en la Figura 8.

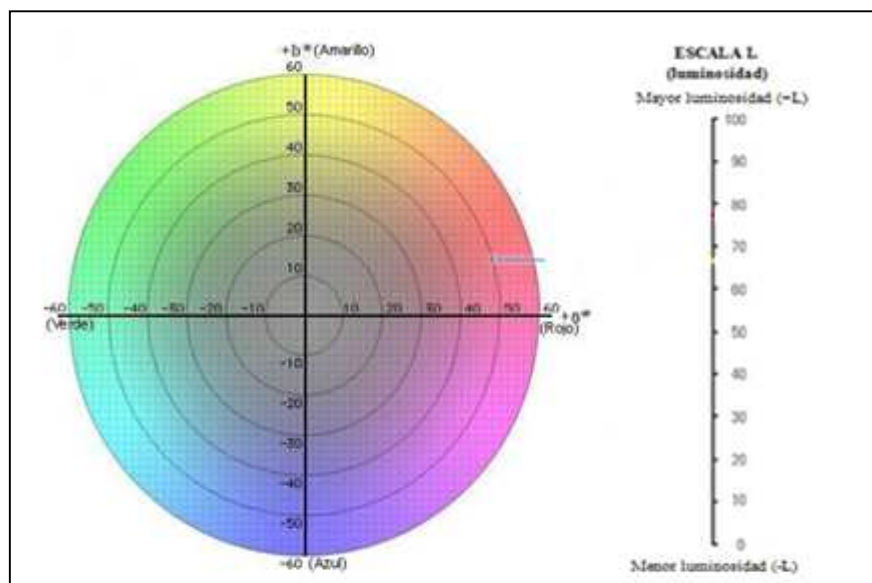


Figura 8. Diagrama de la cartilla cromática y escala L del color

El valor del parámetro a se ubicó en el eje de las abscisas (x) y el valor del parámetro b se localizó en el eje de las ordenadas (y), el punto de intersección de a y b determinó el color de los rizomas.

Los valores de L se señalaron en la escala L de la cartilla cromática y se interpretaron sus resultados.

2.2.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

En la Tabla 6, se indican las técnicas del AOAC, 2005, empleadas en el análisis proximal de los rizomas de jengibre frescos.

Tabla 6. Métodos aplicados para el análisis proximal de los rizomas de jengibre frescos

PARÁMETRO	MÉTODO
Humedad (%)	AOAC Official Method 925.10 – Air Oven Method
Proteína (%)	AOAC Official Method 920.165 – Kjeldahl Method
Extracto etéreo (%)	AOAC Official Method 920.39 – Direct Method
Cenizas (%)	AOAC Official Method 941.12 – Gravimetric Method
Fibra cruda (%)	AOAC Official Method 962.09 – Ceramic Fiber Filter Method
Carbohidratos Totales (%)	Cálculo por diferencia

Fuente: AOAC, 2005

2.3. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA OBTENCIÓN DEL DESHIDRATADO DE JENGIBRE

La oleorresina es un extracto que se obtiene por el tratamiento de la especie deshidratada con disolventes orgánicos que posteriormente son eliminados por evaporación, el líquido resultante contiene una mezcla de componentes volátiles y no volátiles, en donde se encuentran los principios activos que conceden al jengibre de propiedades funcionales. Estos principios, especialmente los componentes volátiles del aceite esencial, pueden ser destruidos total o parcialmente a temperaturas elevadas en el proceso de secado (Sharapin, 2000).

El desarrollo de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante para quema directa se enfocó en el aprovechamiento de los principios activos, presentes en el jengibre deshidratado, por esta razón, se analizó entre las temperaturas a 55, 65 y 75 °C, las mejores condiciones de secado (tiempo t , temperatura T , humedad de equilibrio h_e), que minimizan las pérdidas de los principios activos, en función del grado de extracción de oleorresina.

2.3.1. PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los procesos citados a continuación corresponden a la preparación de la materia prima para la extracción de la oleorresina.

2.3.1.1. Recepción de la materia prima

En el proceso de extracción se empleó 500 g de jengibre fresco para cada proceso de secado a 55, 65 y 75 °C. Los rizomas fueron recibidos en bandejas de acero inoxidable.

2.3.1.2. Selección

La selección de la materia prima se efectuó según los resultados obtenidos en la caracterización física y de acuerdo con los requisitos del Codex Alimentario, 2007,

que estipula que los rizomas deben ser enteros, firmes, sanos, exentos de cualquier materia extraña visible, libres de daños causados por plagas, sin señales de marchitamiento, exentos de olores y sabores extraños.

2.3.1.3. Lavado

Los rizomas se colocaron en una marmita de acero inoxidable y mediante un flujo continuo de agua se retiró la tierra y raicillas adheridas a la superficie con la ayuda de un cuchillo de hoja roma.

2.3.1.4. Cortado

El cortado se realizó en forma de hojuelas con un espesor de 3 mm, que permitió disminuir el tiempo de secado de los rizomas. La operación se efectuó con la cortadora de cuchillas Hobart.

2.3.2. SECADO DE LOS RIZOMAS DE JENGIBRE A DIFERENTES TEMPERATURAS

Las hojuelas de los rizomas se sometieron a secado en una estufa de transferencia de calor por convección, a escala laboratorio. El secado por aire caliente se efectuó a tres temperaturas de proceso recomendadas por la CORPEI, 2001, para la deshidratación de los rizomas, estas fueron de 55, 65 y 75 °C, con un flujo de aire de 3 m/s.

En cada proceso de secado se utilizó por triplicado 150 g de rizomas cortados en hojuelas. El aire atravesó horizontalmente a 3 m/s el lecho de carga con aproximadamente 0.50 cm de espesor. En el secado se llevó un registro de la pérdida de peso y humedad cada 30 min, con una balanza digital Traveler, hasta llegar a peso constante, con los datos registrados se construyó la primera curva de secado que relacionó los cambios de la humedad libre con respecto al tiempo y la segunda curva de secado que mostró los cambios de velocidad de secado en

función de la humedad libre, además, se obtuvo la humedad de equilibrio y el tiempo de secado.

2.3.3. EXTRACCIÓN DE LA OLEORRESINA DEL RIZOMA DE JENGIBRE FRESCO Y DESHIDRATADO

En la Figura 9, se presenta el diagrama de flujo de los procesos realizados para la extracción de la oleorresina.

En la extracción de la oleorresina de los rizomas de jengibre, se utilizó la técnica de maceración, donde se puso en contacto el jengibre seco y molido con acetona.

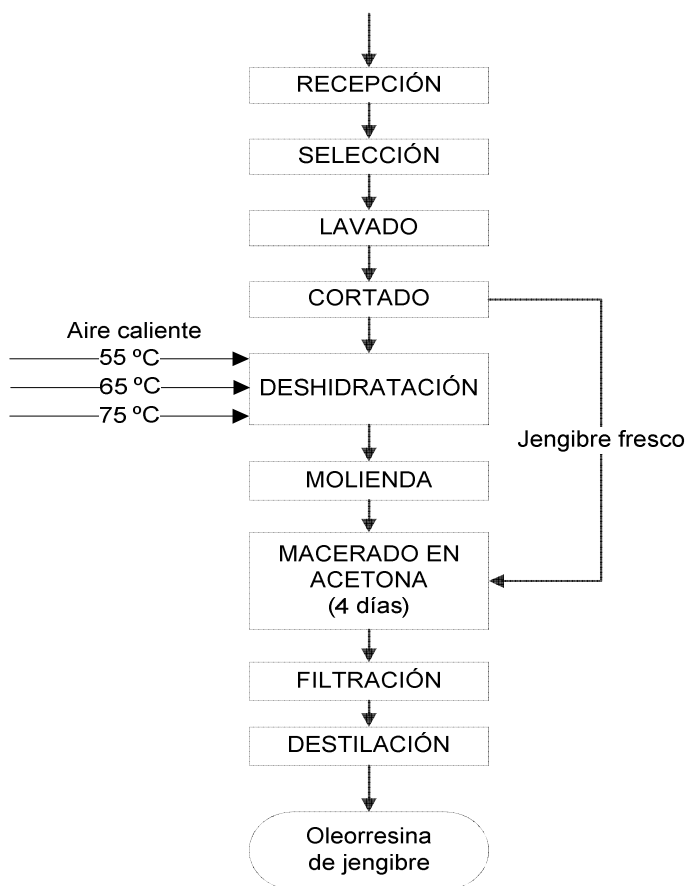


Figura 9. Diagrama del proceso de extracción de oleorresina del jengibre fresco y de las muestras deshidratadas a tres temperaturas

La maceración es un proceso de extracción sólido-líquido que emplea solventes orgánicos para disolver los compuestos presentes en la matriz vegetal deshidratada. Esta técnica es recomendada a nivel de laboratorio porque genera

un rendimiento duplicado ya que se extrae los componentes volátiles y no volátiles de la especia (Vásquez *et al.*, 2001; Arraiza, 2009).

En la muestra fresca, para la extracción de la oleorresina se realizó la selección, lavado y corte del rizoma, en trozos finos; y en las muestras deshidratadas a 55, 65 y 75 °C, se efectuó la molienda en un mortero de porcelana y se homogenizó el tamaño de las partículas en tamices # 10, 20, 50 y 100. El tamaño de partícula que se empleó tuvo una granulometría de –malla10 / +malla 50.

Los procesos descritos a continuación fueron aplicados en las muestras frescas y deshidratadas:

Maceración en acetona: en un frasco de vidrio de 500 mL de capacidad, se colocaron 25 g de muestra y 250 mL de acetona. La mezcla se mantuvo en maceración y agitación manual (2 agitaciones por día) durante 4 días.

Filtración: la muestra macerada se filtró con la ayuda de un equipo de filtración compuesto de un crisol filtrante, embudo de vidrio, kitasato y bomba de vacío. La muestra filtrada se trasvasó a un balón.

Evaporación del solvente (acetona): el matraz con la muestra filtrada se acopló a un rotavapor para extraer la oleorresina, dicho matraz se sumergió parcialmente en baño maría termostatazada a 56.3 °C (temperatura de ebullición de la acetona) hasta la evaporación total del solvente y obtención de la fracción deseada de oleorresina. El solvente evaporado se condensó y recuperó en un colector. Se registró el peso final del matraz ($P_{\text{matraz}} + P_{\text{oleorresina}}$).

Determinación del porcentaje de extracción de oleorresina: se determinó mediante diferencia de pesos, según la siguiente relación:

$$P_{OLEORRESINA} = Pf - Po$$

$$PEO = \frac{P_{OLEORRESINA}}{P_{MUESTRA}} * 100 \quad [7]$$

Donde:

PEO	:	porcentaje de extracción de oleorresina
$P_{oleo.}$:	cantidad de oleorresina obtenida (g)
P_o	:	peso inicial del matraz (g)
P_f	:	peso final del matraz ($P_{matraz} + P_{oleorresina}$) (g)
$P_{muestra}$:	pesos de las muestras deshidratadas y frescas (g)

El rendimiento porcentual de extracción de oleorresina en cada muestra deshidratada se comparó con el rendimiento de extracción de oleorresina de los rizomas frescos.

2.3.4. SELECCIÓN DE LA TEMPERATURA, TIEMPO Y HUMEDAD DE EQUILIBRIO ADECUADO EN LA OBTENCIÓN DEL JENGIBRE DESHIDRATADO

Las mejores condiciones de secado para la obtención de jengibre deshidratado se determinaron en función a los resultados alcanzados en la extracción de oleorresina de las muestras de jengibre frescas y deshidratadas a 55, 65 y 75 °C.

La muestra deshidratada con mayor grado extracción de oleorresina, en relación con el jengibre fresco, determinó las mejores condiciones de secado: tiempo (t), temperatura (T) y humedad de equilibrio (he), en la elaboración de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante para quema directa. De la misma forma, los resultados obtenidos en la primera curva de secado también se pusieron en consideración para determinar las mejores condiciones de secado.

2.3.5. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS DE PRODUCTOS A BASE DE JENGIBRE DESHIDRATADO

El procesamiento preliminar para la preparación de la materia prima previo a la elaboración de los productos se realizó según el acápite 2.3.1.

En el desarrollo de los productos se adquirió 2 kg de rizomas de jengibres frescos. Después de la etapa de recepción, selección, lavado y cortado se efectuó el secado de los rizomas en una estufa de convección, a una velocidad de aire 3 m/s y a las condiciones de secado seleccionadas de acuerdo con los resultados obtenidos en la sección 3.2.3.

El jengibre deshidratado se empleó para la elaboración de los productos del presente proyecto.

En la Figura 10, se presenta el diagrama de flujo de las etapas realizadas para la elaboración de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante de quema directa.

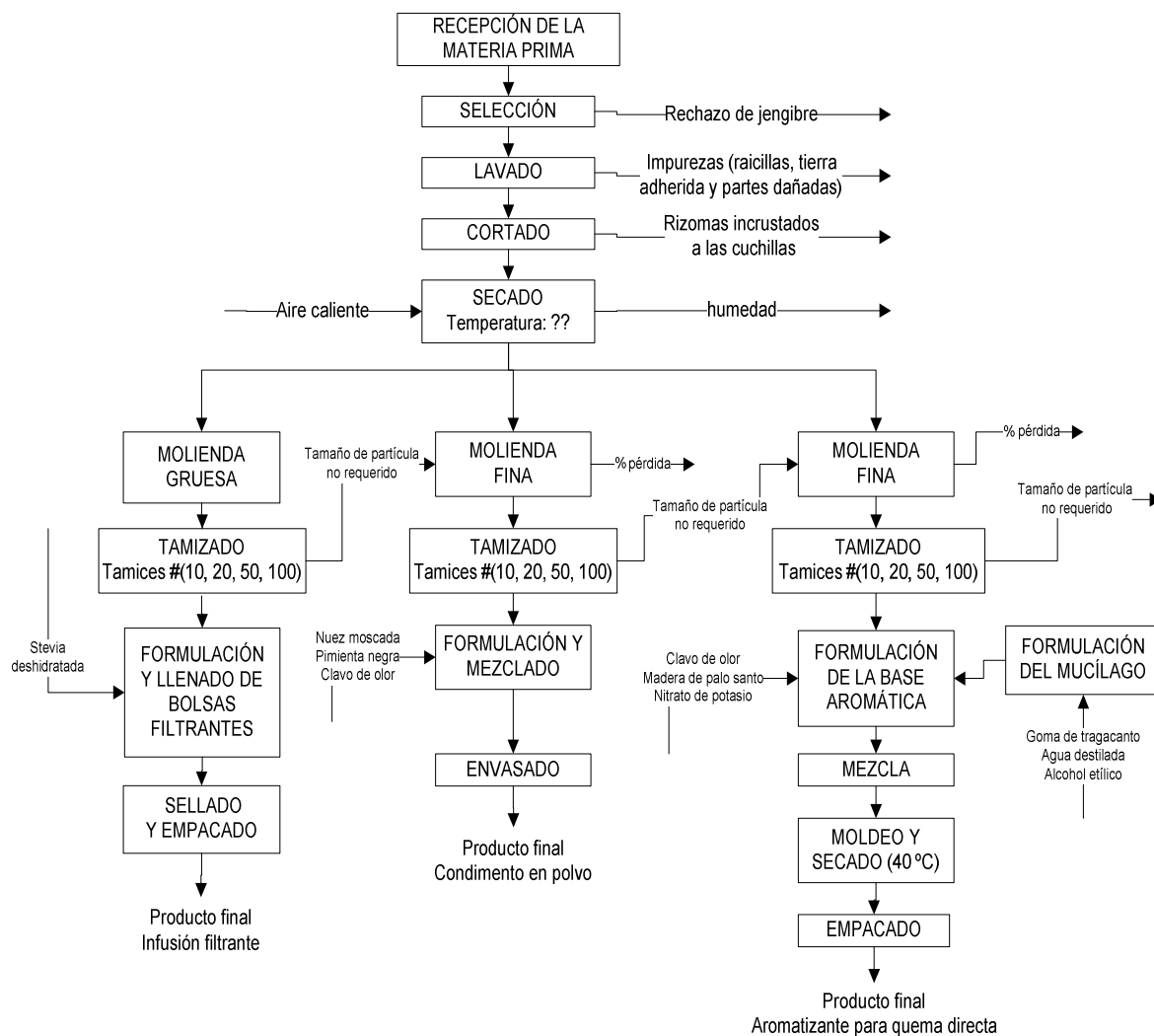


Figura 10. Diagrama de flujo integral de la obtención de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante para quema directa a base de jengibre deshidratado

2.4. ELABORACIÓN DE LA INFUSIÓN FILTRANTE A PARTIR DEL DESHIDRATADO DE JENGIBRE

Las infusiones son preparaciones obtenidas por la acción de agua caliente sobre el material vegetal fresco o seco durante varios minutos (Arraiza, 2009).

2.4.1. MOLIENDA Y TAMIZADO

La molienda del jengibre deshidratado se llevó a cabo en un mortero de porcelana. El material molturado se pasó a través de tamices No. (10, 20, 50, 100), dispuestos en cascadas y colocados en un tamizador portátil con vibración, durante 15 min. Posteriormente, se pesó y se determinó el porcentaje de material retenido y pasante de cada tamiz, con estos resultados se realizó el perfil granulométrico para la determinación del tamaño de partícula.

2.4.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA

La selección del tamaño de partícula entre los tamices No. 10, 20, 50 y 100, se determinó con el análisis de los sólidos en suspensión de las infusiones.

El análisis de sólidos en suspensión se efectuó mediante la infusión de las bolsas filtrantes con 1 g del material pasante de los tamices # (10, 20, 50, 100), en 240 mL de agua a 80 °C por 3 min. En seguida, se transfirieron 10 mL de cada infusión a cajas petri, que fueron colocadas en una estufa de conducción a 50 °C hasta la evaporación total del agua. Finalmente, se registró el peso final de cada caja petri para obtener la cantidad de sólidos suspendidos en las muestras de infusión.

En la elaboración del producto final fue importante la pungencia y color de la infusión, por esta razón, la muestra que se seleccionó en el análisis de sólidos en suspensión fue aquella que presentó menor cantidad de sólidos en suspensión.

2.4.3. FORMULACIÓN DE LA INFUSIÓN FILTRANTE

2.4.3.1. Desarrollo de las formulaciones

En el desarrollo de la infusión filtrante se establecieron tres formulaciones con diferentes cantidades de stevia deshidratada y una cantidad establecida de jengibre deshidratado, molido y tamizado. La cantidad de jengibre para cada bolsita filtrante se relacionó con la dosis máxima que una persona puede consumir al día que corresponde de 0.5 a 2.0 g/día para adultos y mayores de 6 años (Pizzorno, 2009; Vanaclocha, 2003).

La stevia en forma de hojas deshidratadas es de 20 a 35 veces más dulce que el azúcar (Martínez, 2002), por esta razón, se emplearon pequeñas cantidades de stevia: 0.20 g, 0.10 g y 0.05 g en la formulación 1, 2 y 3, respectivamente. Cada cantidad de stevia se combinó con 1.00 g de jengibre deshidratado. En la Tabla 7, se presenta la proporción de stevia y jengibre deshidratado en la formulación 1, 2 y 3 para la elaboración de la infusión filtrante.

Tabla 7. Formulaciones desarrolladas de infusión filtrante (%)

COMPONENTES	FORMULACIONES		
	F ₁	F ₂	F ₃
Jengibre deshidratado	83	91	95
Hojas de stevia deshidratada	17	9	5
Total	100	100	100

2.4.3.2. Análisis de aceptabilidad de las formulaciones desarrolladas

El análisis de aceptabilidad se llevó a cabo a través de la infusión, en agua caliente, de bolsas filtrantes con su respectiva formulación. Se evaluó, sensorialmente, el grado de aceptabilidad de los atributos organolépticos de cada formulación desarrollada, mediante la aplicación de una escala hedónica de 7 puntos, que se detalla en la Tabla 8. Los atributos organolépticos evaluados

fueron: color, aroma, sabor y pungencia. Además, se pidió el comentario de cada panelista para conocer la formulación que prefiere y las razones de su elección.

Tabla 8. Escala hedónica utilizada en el análisis de aceptabilidad de las formulaciones desarrolladas

ESCALA	PUNTAJE
Me gusta muchísimo	7
Me gusta mucho	6
Me gusta un poco	5
No me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta un poco	3
Me disgusta mucho	2
Me disgusta muchísimo	1

El panel de catación estuvo conformado por 15 panelistas no entrenados, mayores a 25 años y de ambos sexos.

Los resultados del análisis de aceptabilidad se evaluaron con el programa estadístico Statgraphics Plus 4.0 mediante un análisis de varianza One-Way ANOVA que utiliza un diseño completamente al azar (DCA) y se ejecutó la prueba de significancia de Tukey al 95 % de confiabilidad, para determinar qué tipo de formulación induce a un grado significativo en la aceptabilidad de los atributos organolépticos.

En el programa estadístico, el análisis de aceptabilidad se planteó como sigue:

Planteamiento del análisis: Observar cómo influye el tipo de formulación en el grado de aceptabilidad de los atributos organolépticos

Factor: Tipo de formulación

Nivel del factor: Formulación 1, 2 y 3

Variable de respuesta: Grado de aceptabilidad de los atributos organolépticos en las infusiones desarrolladas (color, aroma, sabor y pungencia)

Repeticiones: 15

En el ANEXO I, se encuentra la encuesta de aceptabilidad aplicada en las infusiones filtrantes desarrolladas.

2.4.4. LLENADO Y SELLADO DEL PRODUCTO FINAL

La formulación que obtuvo el mayor grado de aceptabilidad se colocó en bolsas filtrantes, adquiridas en la Empresa de té “Hornimans”, para la obtención del producto final: *infusión de jengibre con stevia*. En la parte superior de la bolsa se introdujo internamente una punta de hilo de cáñamo que facilita la manipulación del producto. Se selló con una selladora térmica de impulso y en el extremo del hilo de cáñamo se adhirió una etiqueta para la identificación del producto.

2.4.5. EMPACADO

El producto final se empacó en cajas de cartón con capacidad para 10 bolsas filtrantes de infusión de jengibre y stevia.

2.5. ELABORACIÓN DEL CONDIMENTO EN POLVO A PARTIR DEL DESHIDRATADO DE JENGIBRE

La elaboración del condimento en polvo pretende aprovechar los principios pungentes del jengibre en polvo como el shogaol y la zingerona, a excepción del gingerol que solamente se encuentra en el rizoma fresco (Kikuzaki, 2000).

2.5.1. MOLIENDA Y TAMIZADO

En la elaboración del condimento en polvo se utilizó el molino de cuchillas. El material molturado se pasó a través de tamices No. (10, 20, 50, 100), dispuestos en cascadas, y colocados en un tamizador portátil con vibración, durante 15 min. Posteriormente, se pesó y se determinó el porcentaje de material retenido y pasante de cada tamiz, con estos resultados se realizó el perfil granulométrico para la determinación del tamaño de partícula.

2.5.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA

El tamaño de partícula apropiada para la elaboración del producto se seleccionó a partir de la información bibliográfica.

2.5.3. FORMULACIÓN DEL CONDIMENTO EN POLVO

El condimento se basó en una mezcla en polvo típicamente francesa que contiene jengibre, nuez moscada, pimienta negra y clavo de olor, y es empleada principalmente para adobar carne de cerdo, carnes rojas, estofados, sopas y vegetales (Neira, 2007).

2.5.3.1. Desarrollo de las formulaciones

Para determinar la proporción de los componentes en el condimento en polvo se desarrollaron tres formulaciones que combinaron distintas cantidades de jengibre, nuez moscada, pimienta negra y clavo de olor. En las formulaciones, se consideró que el jengibre, por ser el componente principal en el producto, debería estar en mayor cantidad que los demás componentes.

En la Tabla 9, se indica los porcentajes de cada especia en las formulaciones desarrolladas.

Tabla 9. Formulaciones desarrolladas del condimento en polvo (%)

Especias	Formulaciones		
	F ₁	F ₂	F ₃
Jengibre en polvo	55	70	40
Nuez moscada en polvo	15	10	20
Pimienta negra en polvo	20	15	25
Clavo de olor en polvo	10	5	15
Total	100	100	100

2.5.3.2. Análisis de aceptabilidad de las formulaciones desarrolladas

En el análisis de aceptabilidad se aplicaron las diferentes formulaciones sobre muestras de carnes rojas para su posterior fritura y degustación. Se evaluó sensorialmente el grado de aceptabilidad de los atributos organolépticos de cada formulación mediante el uso de una escala hedónica de 7 puntos, que se indica en la Tabla 8.

Los atributos organolépticos evaluados fueron: aroma, sabor y pungencia. Además, se pidió el comentario de cada panelista para conocer la formulación que prefiere y las razones de su elección.

El panel de catación estuvo conformado por 15 panelistas no entrenados, mayores a 25 años y de ambos sexos.

Los resultados del análisis de aceptabilidad se evaluaron con el programa estadístico Statgraphics Plus 4.0 mediante un análisis de varianza One-Way ANOVA que utiliza un diseño completamente al azar (DCA) y se ejecutó la prueba de significancia de Tukey al 95 %, para determinar qué tipo de formulación induce a un grado de aceptabilidad significativo de sus atributos organolépticos.

En el programa estadístico, el análisis de aceptabilidad se planteó así:

Planteamiento del análisis: Observar cómo influye el tipo de formulación en el grado de aceptabilidad de los atributos organolépticos

Factor: Tipo de formulación

Nivel del factor: Formulación 1, 2 y 3

Variable de respuesta: Grado de aceptabilidad de los atributos organolépticos (aroma, sabor y pungencia)

Repeticiones: 15

En el ANEXO II, se presenta la encuesta de aceptabilidad utilizada en las formulaciones de condimento en polvo desarrolladas.

2.5.4. MEZCLADO Y ENVASADO DEL PRODUCTO FINAL

La formulación con el mayor grado de aceptabilidad se envasó en botellas de plástico PET con 10 g de la mezcla y se utilizó un Vortex para fusionar todos los componentes del condimento.

2.6. ELABORACIÓN DEL AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA A PARTIR DEL DESHIDRATADO DE JENGIBRE

La elaboración del aromatizante pretende aprovechar las propiedades funcionales del jengibre relacionadas con los *principios aromáticos o volátiles*: α -zingibereno, β -sesquifelandreno, β -bisaboleno, ar-curcumeno. En el aspecto psicológico, estos componentes son estimulantes y de efectos fortificantes para aclarar la mente. (Kikuzaki, 2000; Damian y Damian, 1996).

2.6.1. MOLIENDA Y TAMIZADO

El jengibre deshidratado se pulverizó mediante el manejo del molino de cuchillas. El material pulverizado se pasó a través de tamices No. (10, 20, 50, 100), dispuestos en cascadas, y colocados en un tamizador portátil con vibración, durante 15 min. Posteriormente, se pesó y se determinó el porcentaje de material retenido y pasante de cada tamiz. Se realizó el perfil granulométrico para la determinación del tamaño de partícula.

2.6.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA

En la selección del tamaño de partícula se tomó en cuenta que para la elaboración de aromatizantes o “inciensos”, el material debe estar finamente pulverizado, es decir, el tamaño debe tener una granulometría comprendida entre –malla 85 / +malla 120, esto permite que el producto final tenga una quema limpia y uniforme (Sharapin, 2000; Torpógrafo, 2008).

2.6.3. FORMULACIÓN DEL AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA

El aromatizante para quema directa se conformó de tres partes: base aromática, material comburente y mucílago.

Base aromática: Se constituyó por el material aromático y material base.

- ✓ Material aromático: jengibre en polvo
- ✓ Material base: clavo de olor y palo santo en polvo

Mucílago: Se formó por el componente aglomerante y el componente líquido.

- ✓ Aglomerante: Goma de tragacanto
- ✓ Líquidos: agua destilada, alcohol

Material comburente: Nitrato de potasio

2.6.3.1. Desarrollo de la formulación de la base aromática

La base aromática está compuesta del aromático que suministra la fragancia al producto y la base que mejora las propiedades de combustión y aroma del aromatizante.

Se utilizó como aromático el polvo de jengibre y como material base, el palo santo y el clavo de olor. El palo santo es una madera blanda con aroma agradable y el clavo de olor, aunque no es una madera, es considerado una base importante que permite la combustión del aromatizante. Según Neal, 2005, el material base ayuda a la combustión de muchos aromáticos que son resistentes a quemarse, por esta razón, se realizaron pruebas preliminares de combustión en el material aromático y en el material base para determinar que material permite la fácil combustión de los materiales resistentes al encendido, y así, establecer la formulación de la base aromática.

En la Tabla 10, se observa la formulación de la base aromática que indica los porcentajes de composición de cada material en función de la rapidez de combustión. El clavo de olor presenta mejor propiedad de encendido que la madera de palo santo, por lo que ocupa un mayor porcentaje entre los materiales base, y en cuanto al jengibre, es importante resaltar que aunque sea resistente a la combustión, debe ser siempre mayor a la cantidad del material base por ser el principal componente que suministra fragancia al aromatizante (Neal, 2005).

Tabla 10. Formulación desarrollada de la base aromática (%)

COMPONENTES DE LA BASE AROMÁTICA		COMPOSICIÓN
Material aromático	Jengibre en polvo	100
Material base	Clavo de olor	50
	Madera de palo santo	10

2.6.3.2. Desarrollo de la formulación del mucílago

El mucílago se forma por la unión del material aglomerante que da consistencia y forma al aromatizante y el componente líquido que activa el aglomerante y une fuertemente a los componentes de la mezcla.

En la formulación del mucílago se empleó la goma de tragacanto que es un hidrocoloide y excelente aglomerante que da flexibilidad y firmeza a la mezcla, y como líquido se utilizó agua destilada y alcohol etílico al 70 %. El agua destilada se utilizó para evitar que los químicos y minerales tengan un impacto negativo en el aromatizante (Neal, 2005).

La cantidad de aglomerante y líquido requerido para la formación del mucílago, se basó en la consistencia de la mezcla entre la base aromática y el mucílago que depende de la forma del aromatizante, por este motivo, se establecieron tres formulaciones con diferentes cantidades de goma de tragacanto, agua destilada y alcohol al 70 % que se combinaron con la formulación de la base aromática que se muestra en la Tabla 10, hasta obtener mezclas ligeramente espesas con

distinta viscosidad que permitan elaborar aromatizantes con una matriz de soporte (palos de bambú).

En la Tabla 11, se observan las tres formulaciones desarrolladas para el mucílago.

2.6.3.3. Desarrollo de la formulación del nitrato de potasio

El nitrato de potasio es considerado como controlador de la combustión (Torpografo, 2008). Se manejó diferentes cantidades de nitrato de potasio no superiores al 10 % del total de la base aromática y se mezclaron con los componentes de la base aromática y el mucílago.

En la Tabla 11, se indican las cantidades de nitrato de potasio empleadas en cada formulación.

Tabla 11. Formulaciones desarrolladas del mucílago y material comburente (%)

COMPONENTES			FORMULACIONES		
			F ₁	F ₂	F ₃
MUCÍLAGO	Aglomerante	Goma de tragacanto	5.00	5.00	10.00
	Líquido	Agua destilada	-	74.28	79.74
		Alcohol al 70 %	66.91	66.91	-
	Material comburente	Nitrato de potasio	6.50	6.50	10.00

2.6.4. MOLDEO Y SECADO DE LOS AROMATIZANTES

En el moldeo, se empleó matrices de soporte (palos de bambú) para dar forma al producto. Cada matriz se introdujo en tubos de ensayo de 7 cm de longitud donde se encontraban las formulaciones desarrolladas. En la elaboración de los aromatizantes fue importante el espesor y el grado de impregnación de la mezcla del aromatizante en la matriz de soporte, por este motivo, se tomó en cuenta que mientras mayor es la longitud de impregnación mayor es el espesor de los

“inciensos”. Los inciensos comerciales, tienen una longitud de impregnación de 17.50 cm y un espesor de 3.50 mm, pero en el caso del aromatizante a elaborarse, el espesor fue de 2.50 mm ya que la longitud de impregnación de 7 cm, fue menor al incienso comercial. En el proceso de moldeo se observó el grado o fuerza de impregnación de cada mezcla o formulación en la matriz de soporte.

La inmersión de cada matriz se efectuó hasta obtener el espesor deseado del aromatizante (2.50 mm) y se evitó la sobrecarga de la mezcla ya puede causar problemas en el proceso de secado y combustión. La primera inmersión se denominó punto de partida o punto cero.

Después de cada inmersión, las matrices se secaron en una estufa de conducción a 40 °C, temperatura recomendada para materiales vegetales que poseen sustancias volátiles (Sung, 2002) en períodos de tiempo de 15 min. Se llevó un registro del número de inmersiones realizadas y el espesor alcanzado después del secado en cada formulación.

2.6.5. PRUEBA DE CONTROL

La prueba de control consistió en verificar el tiempo y longitud de combustión de los aromatizantes desarrollados y compararlos con un “incienso” comercial. Se utilizaron tres aromatizantes por formulación y tres inciensos comerciales para la comparación. El aromatizante que mostró una mejor capacidad de encendido frente al resto de los aromatizantes, determinó el proceso adecuado para su elaboración.

2.6.6. EMPACADO DEL PRODUCTO FINAL

El producto final se cubrió con bolsas de plástico y se empacaron en cajas de cartón rectangulares con capacidad para cinco unidades.

2.7. EVALUACIÓN DE LA ACEPTABILIDAD DEL CONDIMENTO EN POLVO, INFUSION FILTRANTE Y AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA

Los productos desarrollados a las condiciones ideales fueron sometidos a un análisis sensorial de aceptabilidad, dirigido a un panel no entrenado de 15 personas que estuvo conformado por estudiantes y empleados de la EPN, mayores a 25 años y de ambos sexos.

El análisis de aceptabilidad se evaluó en la funcionalidad del producto. La infusión filtrante se preparó colocando una bolsa filtrante en una taza de agua a una temperatura de 90 °C y se dejó en reposo de 3 a 5 min hasta conseguir una mejor concentración del color y sabor. El condimento en polvo a base de jengibre se aplicó en carnes rojas preparadas con apanadura y sal para mejorar la textura y sabor, respectivamente. El aromatizante para quema directa se evaluó mediante la combustión del aromatizante, en un ambiente cerrado en donde se percibió su aroma.

En la encuesta se valoró los atributos color, aroma y sabor de la infusión filtrante; sabor, aroma y textura del condimento; aroma en el aromatizante y se evaluó la opción de compra en todos los productos desarrollados.

La encuesta usó la escala de 4 puntos, con categorías correspondientes a “muy bueno”, “bueno”, “regular” y “malo” para el color, sabor, aroma y textura. Además, se consultó la opción de compra con las alternativas de “sí” y “no”.

En el análisis de datos, las categorías se convirtieron en puntajes numéricos que se tabularon y analizaron.

En la Tabla 12, se presenta la equivalencia para transformar las categorías de aceptabilidad en puntajes numéricos.

Tabla 12. Relación de equivalencia de la escala de 4 puntos correspondiente a la encuesta de aceptabilidad de los productos finales

ESCALA	PUNTAJE NUMÉRICO
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Malo	1

En el ANEXO III, IV, y V, se observan las encuestas empleadas en la evaluación de aceptabilidad de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante para quema directa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL JENGIBRE

3.1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICA

3.1.1.1. Determinación del peso, tamaño, volumen, número de ramificaciones y forma

En la Tabla 13, se presentan los promedios de las determinaciones de tamaño, peso, volumen y número de ramificaciones realizadas en los rizomas de jengibre comerciales.

Tabla 13. Determinaciones de tamaño, peso, volumen y número de ramificaciones en el rizoma de jengibre

Categorías	Dimensiones (cm)			Peso (g)			Volm. (mL)	# Ramif.
	Eje mayor	Eje menor	Espesor	Total	Pulpa	Corcho		
A	13.81±0.86	7.72±1.11	3.28±0.36	118.66±24.49	114.18±23.36	4.47±1.14	133±28	3 ± 1
B	11.16±0.44	7.31±0.76	2.96±0.11	83.93±10.18	81.30±9.70	2.64±0.49	85±13	3 ± 1
C	8.05±0.23	5.38±0.65	2.54±0.22	45.84±1.88	44.53±1.78	1.31±0.11	53±10	3 ± 1

$\bar{X} \pm \sigma$; n = 4

Según el Codex Alimentarius, 2007, el calibre del rizoma se clasifica por su peso en las categorías: (A) grandes, (B) medianos y (C) pequeños, que corresponden a 300, 200 y 150 g, respectivamente. Los rizomas adquiridos en el presente proyecto registraron pesos totales de 118.66, 83.93 y 45.84 g, datos que difieren de las categorías especificadas por el Codex pero que se podrían ubicar en la categoría C por tener pesos inferiores a 150 g. Dentro de esta categoría se realizó una clasificación similar con los pesos obtenidos como se indica en la Tabla 13.

Los rizomas presentaron formas irregulares por las numerosas ramificaciones que se desprenden de su cuerpo central. El número promedio de ramificaciones indica

que existen aproximadamente 3 por rizoma en todas las categorías. Los rizomas de la categoría C mostraron mayor uniformidad debido a que sus ramificaciones fueron menos pronunciadas, en comparación con los de la categoría A, cuyas ramificaciones fueron más pronunciadas, alargadas y carnosas. La categoría B presentó características medias entre A y C.

3.1.1.2. Determinación del color

En la Tabla 14, se indican las lecturas registradas de los parámetros *a* (rojo-verde), *b* (azul-amarillo) y *L* (luminosidad). En relación a los parámetros *a* y *b*, los resultados muestran que el color externo se encuentra en el cuadrante (+*a* : +*b*) y el color interno en el cuadrante (– *a* : +*b*), y con respecto al parámetro *L*, las lecturas manifiestan que el valor *L* del color interno es mayor que el valor *L* del color externo.

Tabla 14. Datos de color interno y externo de los rizomas de jengibre

Parámetro	LECTURA	
	Color externo	Color interno
L	69.58 ± 2.56	76.29 ± 2.53
a	+2.48 ± 0.31	-5.37 ± 2.25
b	+20.42 ± 0.92	+28.08 ± 3.78

$\bar{X} \pm \sigma ; n = 3$

En la Figura 11, se puede observar la cartilla cromática y la escala *L*, con los resultados de los parámetros *a*, *b* y *L*, correspondientes al color interno y externo de los rizomas de jengibre.

La ubicación de los parámetros *a*, *b* y *L*, indican que los rizomas exhiben un color externo amarillento con luminosidad baja y un color interno amarillento con luminosidad clara y brillante.

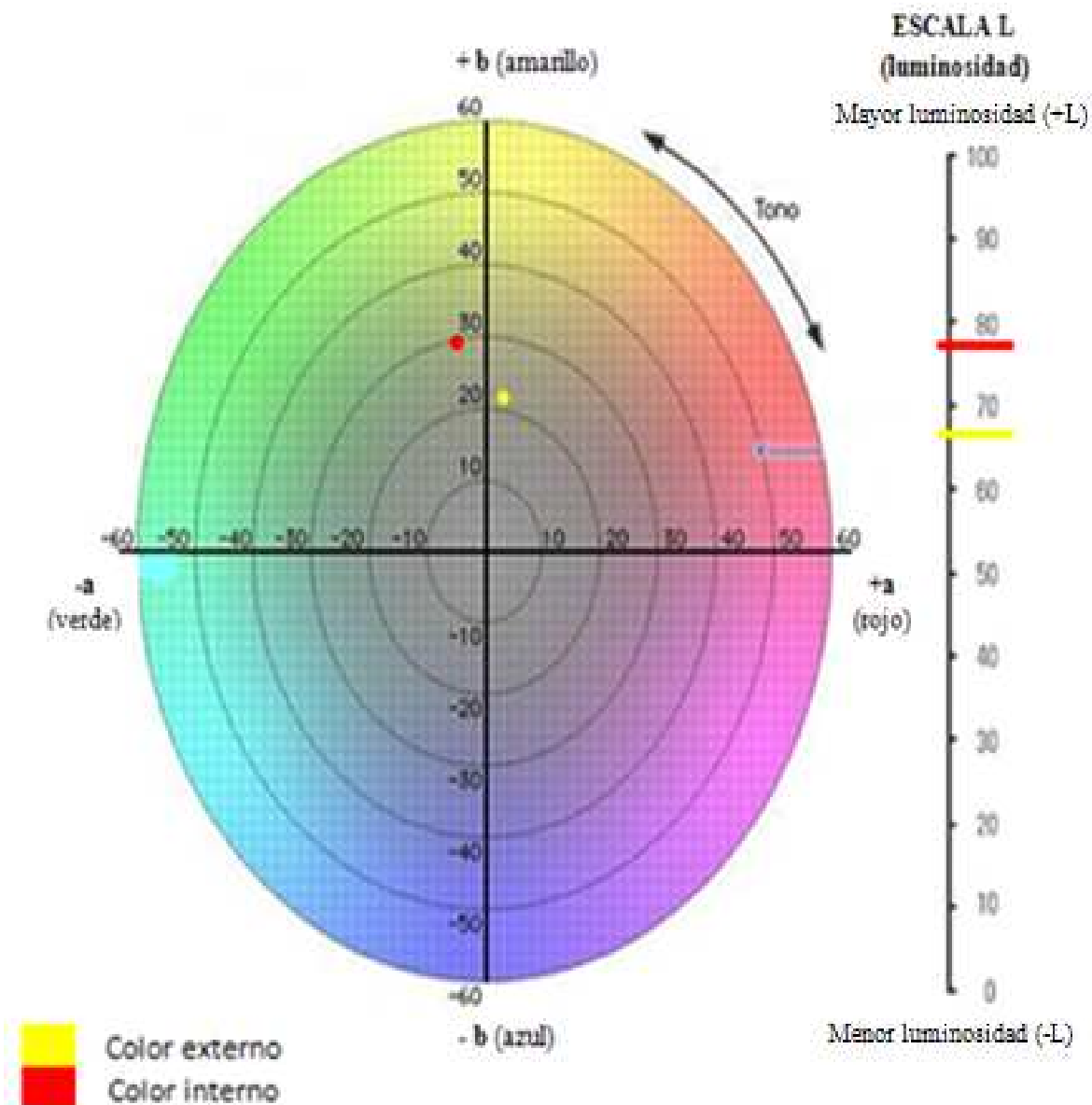


Figura 11. Cartilla cromática y escala L correspondiente al color interno y externo de los rizomas de jengibre

En el ANEXO VI, se presentan los datos experimentales de la caracterización física de los rizomas que se detallan en la Tabla 13 y 14.

3.1.2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

En la Tabla 15, se presenta la composición proximal del jengibre fresco. Los resultados muestran que el agua ocupa el 86.50 %, los carbohidratos el 8.30 % y la grasa el 2.20 % del total de los componentes. Según Montaldo, 1991, la grasa

aporta un 0.80 %, dicha diferencia de porcentajes podría deberse a la variedad que se cultiva en el Ecuador, el jengibre hawaiano o crema. En relación al contenido de proteína y cenizas del 1.82 % y 1.18 % respectivamente, se puede decir que los resultados son similares a los reportados en la literatura: 1.60 % de proteína y 1.00 % de cenizas (Montaldo, 1991; Washington y Ulloa, 2005).

Tabla 15. Composición proximal de los rizomas de jengibre (g/100 g)

EXPRESIÓN	JENGIBRE FRESCO
Humedad	86.50 ± 0.45
Cenizas	1.18 ± 0.15
Proteína	1.82 ± 0.25
Grasa	2.20 ± 0.10
Fibra	0.80 ± 0.02
Carbohidratos Totales	8.30 ± 0.15

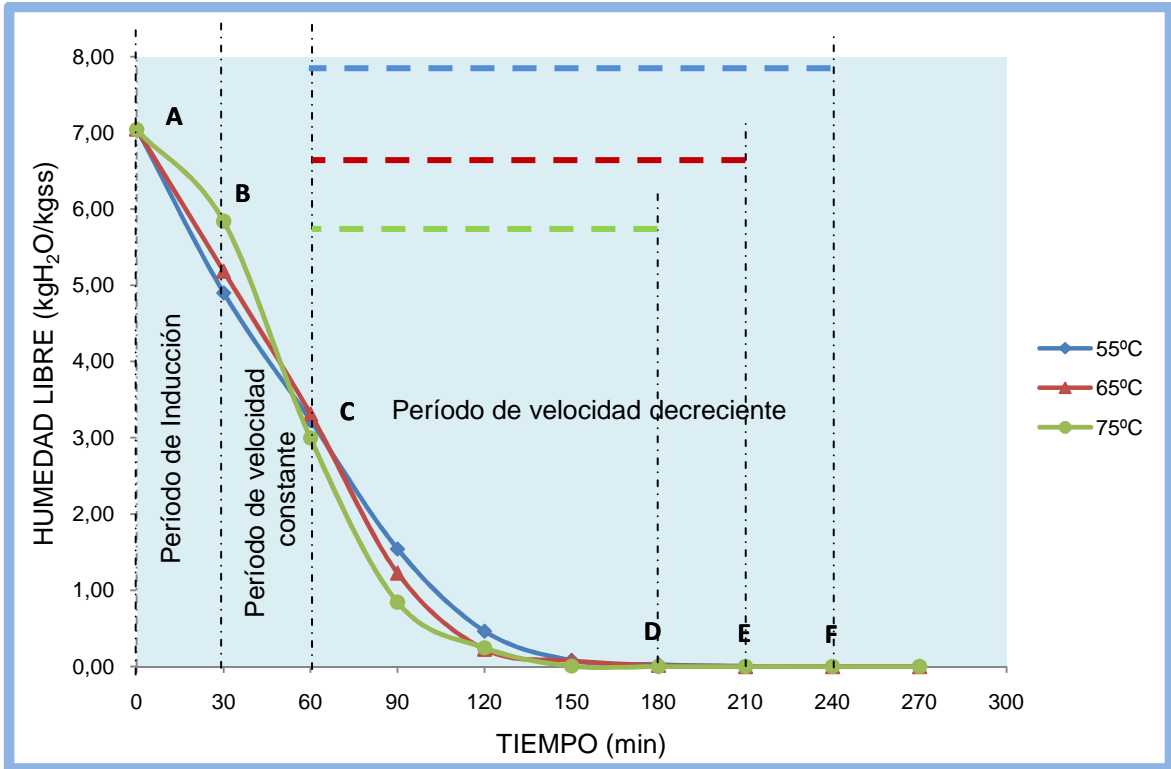
$\bar{X} \pm \sigma ; n = 2$

3.2. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO EN LA OBTENCIÓN DEL DESHIDRATADO DE JENGIBRE

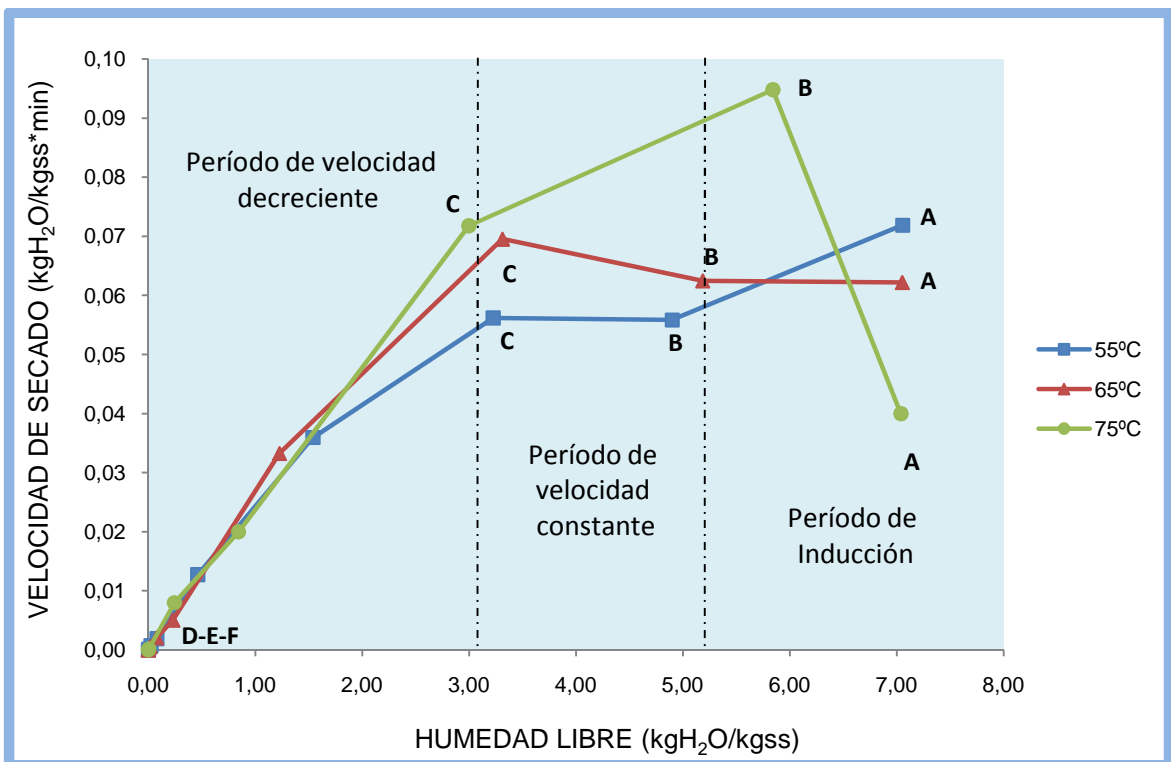
La determinación de las variables de proceso en la obtención de jengibre deshidratado para la elaboración de los productos se relacionó con el grado de extracción de la oleorresina de los rizomas frescos y deshidratados a 55, 65 y 75 °C.

3.2.1. PROCESO DE SECADO DE LOS RIZOMAS A DIFERENTES TEMPERATURAS

En la Figura 12, se observan las curvas de secado obtenidas a partir del tratamiento de las hojuelas de jengibre a 55, 65 y 75 °C. La primera curva (a) indica los cambios de humedad libre (kgH₂O/kgss) en función del tiempo (min) y la segunda curva (b) muestra los cambios de la velocidad de secado (kgH₂O/kgss*min) con respecto a la humedad libre (kgH₂O/kgss).



(a)



(b)

Figura 12. (a) Cambios de la humedad libre en función del tiempo y (b) variación de la velocidad con respecto a la humedad libre en cada período de secado (A-B, B-C, C-D, C-E, C-F) durante el tratamiento de las hojuelas de jengibre a 55, 65 y 75 °C

A partir de la Figura 12 (a) y (b), se obtuvo los resultados expuestos en la Tabla 16, en donde se evidencian tres períodos de secado, además, se indican las variaciones de la humedad libre y de la velocidad a 55, 65 y 75 °C.

Tabla 16. Variación de la humedad libre y de la velocidad en los periodos de secado a 55, 65 y 75 °C.

Períodos de secado		Temperatura (°C)	Δ HL (kgH ₂ O/kgss)	% pérdida de humedad	Δ V (kgH ₂ O/kgss*min)
Inducción	A - B (0 - 30) min	55	-2.16	30.55	-1.60E-2
		65	-1.87	26.46	0.03E-2
		75	-1.20	17.03	5.48E-2
Velocidad Constante	B - C (30 - 60) min	55	-1.68	23.73	0.04E-2
		65	-1.87	26.57	0.71E-2
		75	-2.84	40.40	-2.30E-2
Velocidad Decreciente	C - F (60 - 240) min	55	-3.23	45.71	-5.62E-2
		65	-3.31	46.97	-6.95E-2
		75	-3.00	42.57	-7.18E-2

Δ HL: variación de la humedad libre; Δ V: variación de la velocidad de secado

Los periodos se dividieron de acuerdo con el comportamiento de la primera y segunda curva de secado que se observa en la Figura 12 (a) y (b), respectivamente.

Período de inducción. El período transcurre durante los primeros 30 min (AB). En la Tabla 16, los resultados indican que el secado a 55 °C produjo una pérdida de humedad del 30.55 %, mayor a la pérdida alcanzada a 65 y 75 °C, que corresponde al 26.46 y 17.03 %, respectivamente.

En la Figura 12a, se observa una reducción progresiva de la humedad libre del sólido, pero solamente en el secado a 75 °C, se aprecia un aumento ligero de la pendiente de la curva. En el secado a 55 y 65 °C no es posible visualizar la pendiente ya que en 30 min hubo una mayor variación de la humedad, por lo que se necesita de un lapso de tiempo menor para notar cambios en la pendiente.

En la Figura 12b, se puede apreciar variaciones en la velocidad de secado. Según, Albors *et al.*, 2001, la temperatura del aire influye en la velocidad de secado, es decir, mientras mayor sea la temperatura mayor será la velocidad y viceversa. Además, la cantidad de agua evaporada influye en el enfriamiento del aire (Fellows, 1994). A 55 °C, se observa una reducción de la velocidad de secado ya que la cantidad de agua evaporada (30.55 %) enfrió el aire y provocó la caída de la temperatura. A 75 °C, la velocidad de secado aumenta debido a que la evaporación del agua no fue suficiente para enfriar el aire, y a 65 °C se visualiza un leve incremento de la velocidad de secado.

Período de velocidad constante. En los ensayos realizados, el período se hace evidente a partir de los 30 min y culmina aproximadamente a los 60 min. En la Figura 12a, se observa una reducción de la humedad en forma lineal que corresponde a una pérdida del 23.73, 26.57 y 40.40 % a 55, 65 y 75 °C, respectivamente.

En la Figura 12b, se puede notar que a pesar de encontrarse en el período de velocidad constante existen pequeñas variaciones. A 75 °C se observa que la velocidad de secado disminuye por la cantidad de agua evaporada (40.40 %) que enfría el aire, y a 55 y 65 °C ocurre lo contrario ya que la evaporación no alcanza para disminuir la temperatura del aire. Estas variaciones se deben a que las distintas partes del alimento no se deshidratan a la misma velocidad, por lo que, la velocidad de deshidratación global cambia gradualmente durante el transcurso de este período (Fellows, 1994).

Período de velocidad decreciente. A 55, 65 y 75 °C, el período empieza en la primera hora de secado, en donde el contenido de humedad sobrepasa el contenido de humedad crítica de 3.23, 3.31 y 3.00 kgH₂O/kgss, respectivamente, y se produce un aumento en la temperatura del sólido y un descenso de la velocidad de secado al no llegar suficiente agua a la superficie del producto para mantener la máxima evaporación, como se distingue en la Figura 12b. La velocidad de secado tiende a hacerse cero conforme se acerca a la humedad de equilibrio (Fellows, 1994).

Las humedades de equilibrio alcanzadas a los 240, 210 y 180 min a 55, 65 y 75 °C, fueron de 0.01, 0.01 y 0.02 kgH₂O/kgss, con una pérdida de humedad del 45.71, 46.97 y 42.57 %, respectivamente, como se muestra en la Tabla 16. En este período se produjo mayor evaporación del agua pero fue menor en cada intervalo de tiempo, en donde la temperatura aumentó hasta alcanzar la temperatura del aire en el deshidratador (Fellows, 1994).

En la Figura 12a, se visualiza que las líneas obtenidas en este período son rectas porque se supone que la evaporación del agua del sólido continua de la misma forma que en el período de velocidad constante, con la excepción de que no ocurre en toda la superficie, ya que hay presencia de zonas secas, de manera que la velocidad de secado disminuye a medida que lo hace la superficie mojada hasta que toda la superficie queda seca. A partir de los 90 min, las líneas obtenidas son curvas debido a que en este momento la cantidad de agua evaporada de la superficie se hizo paulatinamente menor, por lo que empezó a removerse el agua interna del producto, hasta llegar a la humedad de equilibrio (Albors *et al.*, 2001; Fellows, 1994).

En el ANEXO VII, se encuentran los datos experimentales para la construcción de la 1^{era} y 2^{da} curva de secado de los rizomas de jengibre a 55, 65 y 75 °C.

En la Tabla 17, se presentan los valores promedios de humedad inicial en estado fresco de los rizomas de jengibre, así como la humedad de equilibrio alcanzadas después del proceso de secado a 55, 65 y 75 °C.

Tabla 17. Humedad inicial del rizoma fresco y humedad de equilibrio alcanzado después del proceso de secado

Temperatura (°C)	Humedad Inicial (%)	Humedad de equilibrio (%)
55	85.16 ± 0.10	12.64 ± 0.07
65	83.82 ± 0.04	13.56 ± 0.03
75	83.31 ± 0.04	13.90 ± 0.03

$\bar{X} \pm \sigma$; n = 3

Según Montaldo, 1991, el jengibre fresco debe poseer una humedad cercana al 87.60 % y el producto deshidratado una humedad de equilibrio o final del 7 % al 12 %. Los resultados muestran que la humedad inicial del jengibre se encuentra entre el 83 % al 85 % y la humedad de equilibrio en un rango del 12.64 % al 13.90 %, valores cercanos a los mencionados en la literatura.

El alto porcentaje de humedad convierte al jengibre en un alimento perecedero a temperatura ambiente en un lapso de tiempo de 1 mes. La pérdida de humedad produce en el rizoma encogimiento y es una de las causas para la presencia de coloración púrpura en la piel, aparición de brotes y ablandamiento, por esta razón, se deben mantener para su conservación en refrigeración por 6 meses a 13 °C bajo una humedad relativa de 65 %, temperaturas inferiores producen daños por frío (Hardenburg *et al.*, 1988).

En el ANEXO VIII, se indican los datos experimentales de la pérdida de humedad de los rizomas de jengibre en el proceso de secado a 55, 65 y 75 °C.

3.2.2. EXTRACCIÓN DE LA OLEORRESINA DEL RIZOMA DE JENGIBRE FRESCO Y DESHIDRATADO

En la Figura 13, se observa que el porcentaje de extracción de oleorresina de la muestra fresca es del 4 %, dicho resultado es inferior a los porcentajes obtenidos a partir de las muestras deshidratadas a 55, 65 y 75 °C.

Estos resultados se deben a que en los ensayos realizados se observó que la humedad presente en la muestra fresca dificultó la extracción de oleorresina por lo que se precisó de una temperatura de ebullición mayor a la de la acetona (56.30 °C) y cercana a la del agua (90.10 °C) para su eliminación. El manejo de esta temperatura posiblemente disminuyó la conservación y el grado de extracción de los principios activos presentes en la oleorresina ya que los componentes volátiles del jengibre se pierden a temperaturas mayores a 85 °C. En las muestras deshidratadas se obtuvo mayores porcentajes porque no había

presencia de agua que afecte la extracción de la oleorresina a la temperatura de ebullición de la acetona.

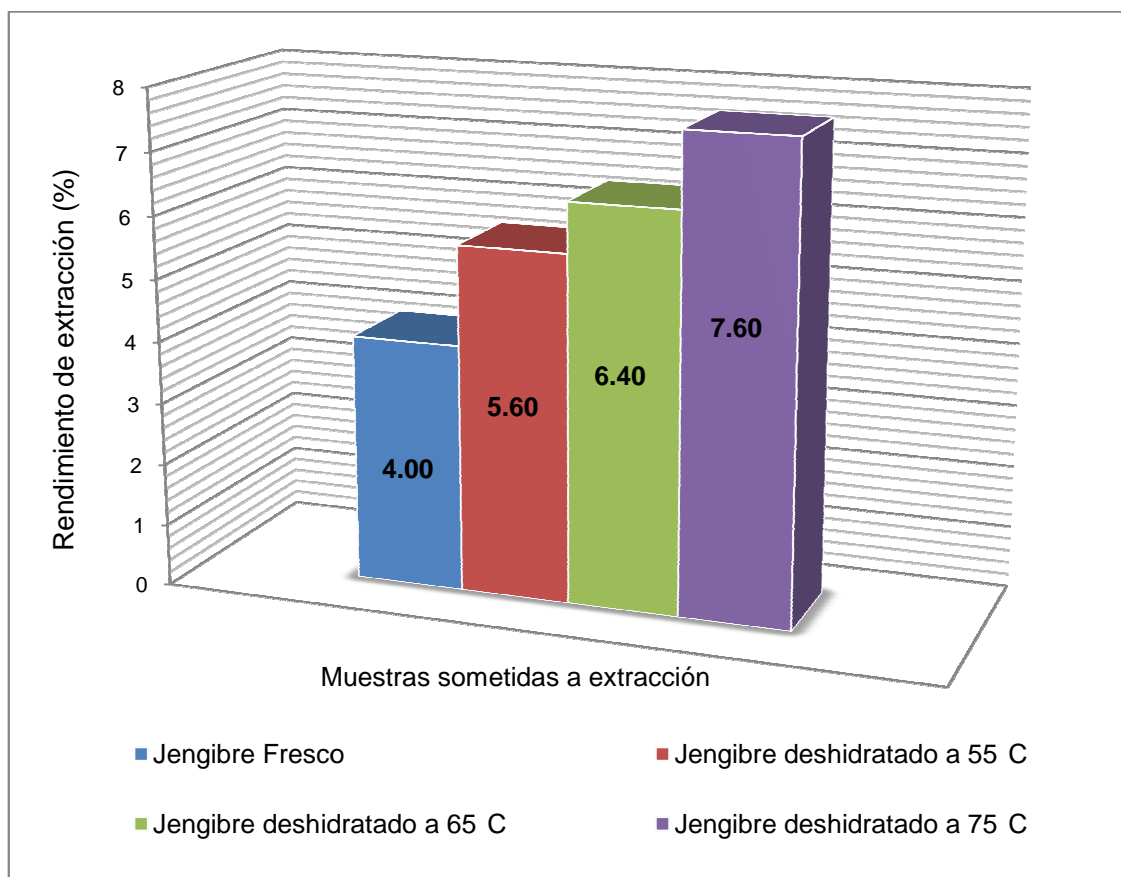


Figura 13. Porcentaje de extracción de oleorresina obtenida a partir de los rizomas de jengibres frescos y deshidratados a 55, 65 y 75 °C

El factor humedad impidió tomar los resultados del grado de extracción de oleorresina de la muestra fresca como base de comparación con los porcentajes de oleorresina de las muestras deshidratadas, por ese motivo, solamente se tomó en cuenta las diferencias existentes entre las muestras deshidratadas.

La muestra deshidratada a 75 °C obtuvo un porcentaje de extracción del 7.60 %, mayor a los resultados alcanzados a 55 y 65 °C, esto probablemente debido que al manejar una alta temperatura (75 °C) en el proceso de secado, el tiempo de exposición de la muestra al calentamiento fue menor (180 min) a los tiempos registrados a 55 °C (240 min) y 65 °C (210 min), esto probablemente produjo una

mayor conservación de los principios volátiles y, por ende, un mayor grado de extracción de oleorresina a 75 °C.

En el ANEXO IX se presenta el diagrama de flujo del proceso de extracción de oleorresina del jengibre fresco y de las muestras deshidratadas a 55, 65 y 75°C.

3.2.3. SELECCIÓN DE LA TEMPERATURA, TIEMPO Y HUMEDAD DE EQUILIBRIO EN LA OBTENCIÓN DEL JENGIBRE DESHIDRATADO PARA LA ELABORACIÓN DE LOS PRODUCTOS

Los resultados del inciso 3.2.2, indican que el proceso de secado a 75 °C evidencia mayor conservación de los principios activos (aromáticos y pungentes) del jengibre, debido a que hubo mayor grado de extracción de oleorresina.

Con respecto a los resultados de la primera curva de secado que se observa en la Figura 12a, es interesante destacar que durante la primera hora y media (90 min) de secado a 75 °C, se genera una mayor pérdida de humedad del 88 %, en contraste con las temperaturas de 65 °C y 55 °C, que pierden un 83 % y 78 %, respectivamente. Esto es importante porque los procesos de secado que involucran temperaturas bajas y tiempos excesivos de calentamiento provocan importantes pérdidas de las características nutricionales y funcionales ya que existe una mayor exposición de los poros del alimento al calor, por esta razón, los actuales procesos térmicos están diseñados para emplear altas temperaturas a cortos tiempos, y evitar la pérdida de propiedades esenciales de los alimentos.

Según las apreciaciones anteriores, se propuso iniciar el proceso de secado a 75 °C durante los primeros 90 min, con un enfriamiento a temperatura ambiente por 10 min para el acondicionamiento del material deshidratado, y terminar a 55 °C, por 90 min. Este cambio puede permitir que el proceso de secado sea en menor tiempo y exista una menor pérdida de nutrientes y componentes funcionales, debido a la menor exposición del alimento a altas temperaturas.

3.2.4. DESARROLLO DE LOS CONCEPTOS DE PRODUCTOS A BASE DE JENGIBRE DESHIDRATADO

En la Figura 14, se presentan los resultados del procesamiento preliminar de los rizomas de jengibre frescos para la obtención de las hojuelas de jengibre deshidratadas.

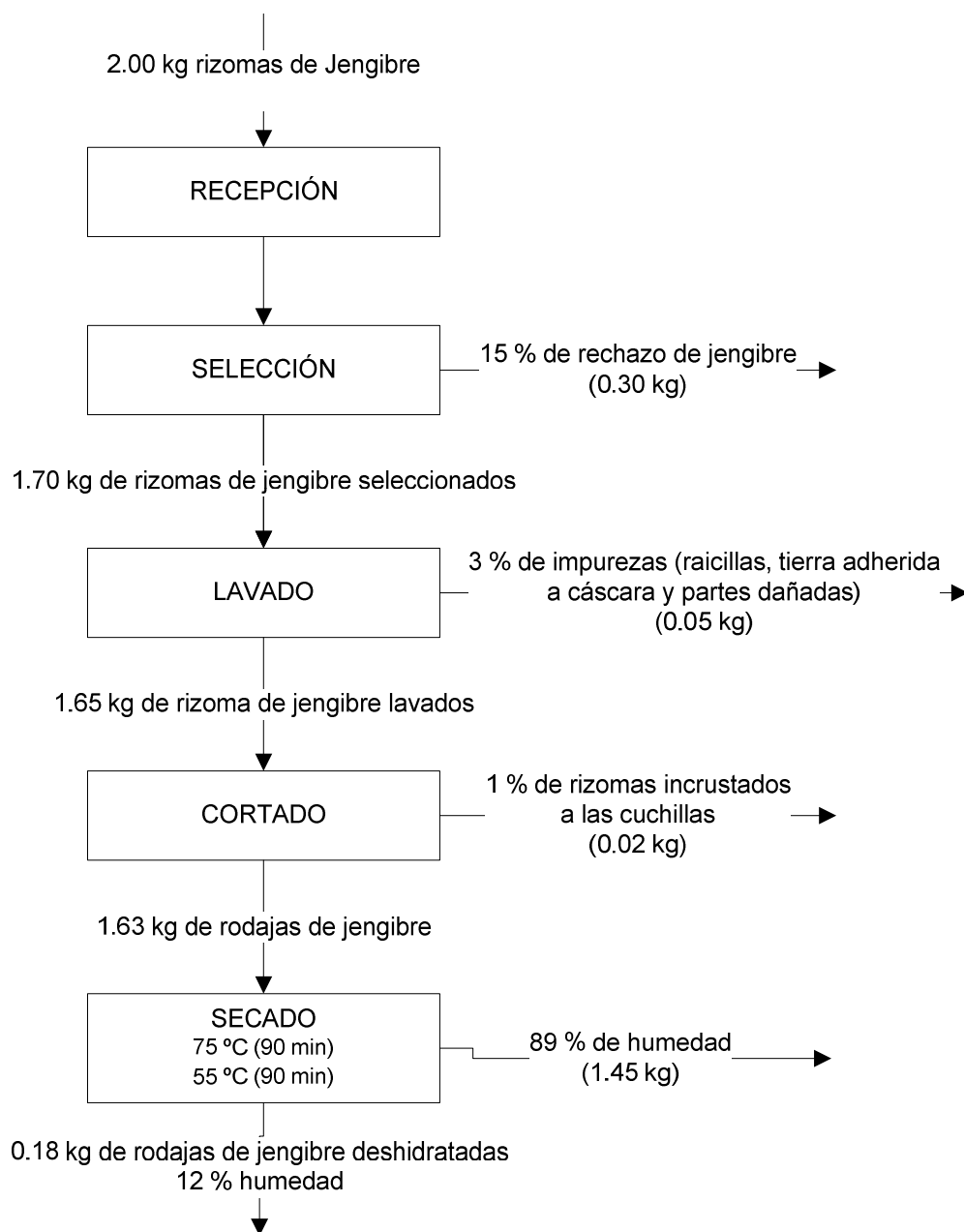


Figura 14. Procesamiento preliminar de los rizomas de jengibre frescos en la obtención de hojuelas de jengibre deshidratadas

3.3. ELABORACIÓN DE LA INFUSIÓN FILTRANTE A PARTIR DEL DESHIDRATADO DE JENGIBRE

En el ANEXO X, se observa el diagrama de flujo del proceso de elaboración de la infusión filtrante que detalla los resultados obtenidos en cada etapa.

3.3.1. MOLIENDA Y TAMIZADO

En la Figura 15, se muestra el perfil granulométrico de las hojuelas molturadas en el mortero de porcelana. El análisis determinó que el 81.40 % del jengibre molturado tiene un tamaño menor a 2000 μm y el 18.60 % una granulometría mayor a 2000 μm . Estos datos muestran que el 81.40 % del material total pasó por el tamiz No.10, lo que indica que este tipo de molienda da como resultado polvos gruesos y moderadamente gruesos que son utilizados en la preparación de tés medicinales (Sharapin, 2000).

En el ANEXO XI, se presentan los datos experimentales del tamizado de las hojuelas de jengibre molturadas en el mortero de porcelana, y en el ANEXO XII, se observan los diferentes tamaños de partículas obtenidas en este proceso.

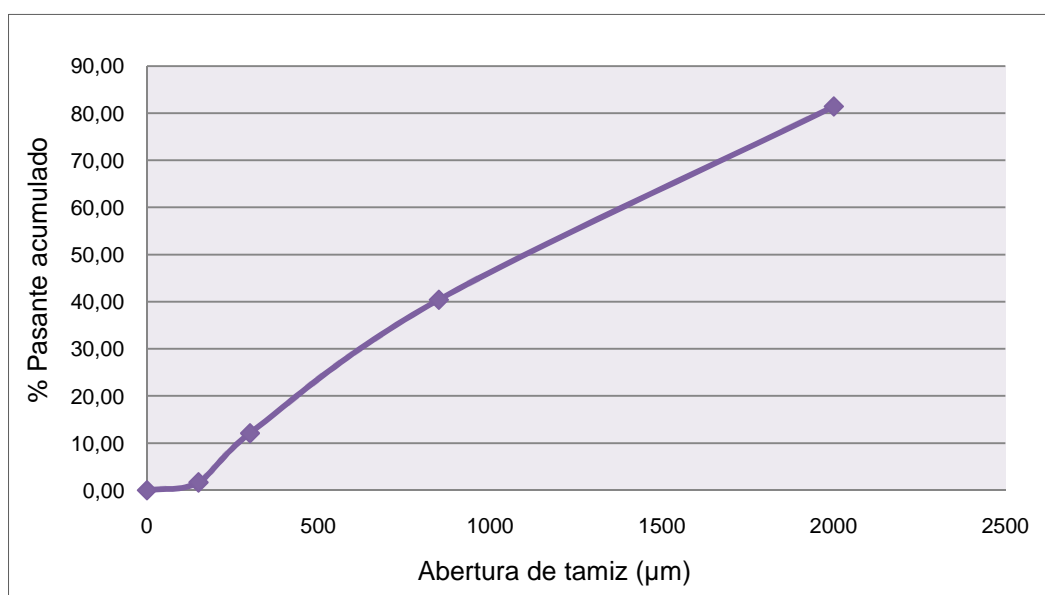


Figura 15. Perfil granulométrico de las hojuelas de jengibre deshidratadas molturadas en mortero de porcelana

3.3.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA

En la Tabla 18, se presentan los resultados del análisis de sólidos en suspensión de las infusiones, el cual indica que a mayor tamaño de partícula (2000 μm), menor es la cantidad de sólidos en suspensión (2 %), y que a menor tamaño de partícula (150 μm), mayor es la cantidad de sólidos en suspensión (12 %) en las infusiones.

Tabla 18. Sólidos en suspensión de infusiones preparadas con diferentes tamaños de partículas

# Tamiz	Tamaño de partícula (μm)	Sólidos en suspensión (%)
10	2000	2 \pm 1
20	850	5 \pm 2
50	300	10 \pm 1
100	150	12 \pm 2

$\bar{X} \pm \sigma ; n = 3$

En los ensayos se observó que los sólidos en suspensión afectaron el color y pungencia de las infusiones ya que mientras mayor es la cantidad de sólidos en suspensión, el color de la infusión se torna más turbio y la pungencia aumenta debido al mayor grado de concentración de los principios pungentes en el medio acuoso, y cuando la cantidad de sólidos en suspensión es menor, el color de la infusión es más clara y la pungencia es menor.

Por lo tanto, se determinó que el tamaño de partícula adecuado para la elaboración de la infusión filtrante es de 2000 μm (material pasante del tamiz #10) ya que la muestra obtuvo un 2 % de sólidos en suspensión, y por lo tanto, la infusión presentó un color claro y una pungencia atenuada.

Los datos experimentales del análisis de sólidos en suspensión se muestran en el ANEXO XIII.

3.3.3. FORMULACIÓN DE LA INFUSIÓN FILTRANTE Y ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD

En la Tabla 19, se presentan los resultados más importantes del análisis de aceptabilidad y estadístico de las diferentes formulaciones de infusión filtrante.

El análisis estadístico muestra las diferencias significativas entre las medias de las formulaciones por atributo organoléptico (color, aroma, sabor, pungencia); es decir, que las medias seguidas con diferentes letras (A y B), fueron significativamente diferentes a un nivel de confianza del 95 %. Los resultados del análisis estadístico del color, aroma, sabor y pungencia, se detallan en el ANEXO XIV.

Tabla 19. Análisis de aceptabilidad y estadístico de los atributos organolépticos de 3 formulaciones de infusión filtrante a base de stevia y jengibre deshidratado

COLOR		AROMA	
Formulación	Calificación	Formulación	Calificación
1	5.40 A	3	5.87 A
2	4.87 A	1	5.60 A
3	4.80 A	2	5.40 A
SABOR		PUNGENCIA	
Formulación	Calificación	Formulación	Calificación
1	5.73 A	1	5.33 A
2	4.33 B	2	3.73 BA
3	3.87 B	3	3.67 B

n = 15 panelistas

El análisis de varianza para los atributos *color* y *aroma*, indica que no existe diferencias significativas entre las medias de las formulaciones debido a que presentaron valores p mayores a 0.05, lo cual significa que estos atributos, no son estadísticamente diferentes a un nivel de confianza del 95 %.

Estos resultados, muestran que las variaciones de stevia en las diferentes formulaciones, no tuvieron un efecto significativo sobre el color y aroma de las infusiones, por lo que los panelistas no detectaron mayores diferencias y calificaron los atributos, en la escala hedónica, en un mismo rango de

aceptabilidad que comprenden las categorías: “No me gusta ni me disgusta”, “Me gusta poco” y “Me gusta mucho”. Las calificaciones demuestran que estos atributos no fueron del desagrado de la mayoría de los panelistas, sin embargo, no se consideraron decisivos en la selección de la mejor formulación para la elaboración del producto final.

El análisis de varianza para los atributos *sabor* y *pungencia*, muestra que hay diferencias significativas entre las medias de las formulaciones ya que presentan valores p menor a 0.05, lo cual indica que es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 95 %; es decir, que las diferentes cantidades de stevia aplicadas en las formulaciones, influyeron en las calificaciones que los panelistas dieron al sabor y pungencia en las infusiones.

Los resultados señalaron que había diferencias significativas en el sabor y pungencia de las formulaciones. Para determinar que formulaciones diferían significativamente entre sí, se utilizó la prueba de significancia de Tukey al 95 %.

En el caso del sabor, la prueba de Tukey indicó que la formulación 1 (A) fue significativamente más aceptada que la formulación 2 (B) y 3 (B), a las que se les asignaron letras iguales para señalar que no existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$), como se observa en la Tabla 19. Según los comentarios de los panelistas, la mayoría coincide que la formulación 1, es la muestra que agrado principalmente por su sabor más dulce al tener un 17 % de stevia, en comparación, con la formulación 2 y 3 que fueron menos dulces, al poseer el 9 y 5 % de stevia, respectivamente. Lo anterior, se demuestra en la escala hedónica, donde los panelistas calificaron el sabor en la formulación 1, en las categorías: “Me gusta un poco” y “Me gusta mucho”, y a la formulación 2 y 3, en las categorías: “No me gusta ni me disgusta” y “Me disgusta un poco”.

En el caso de la pungencia, la prueba de Tukey señaló que había diferencias significativas entre las formulaciones 1 y 3. En la Tabla 19, se observa que la formulación 1 (A) fue significativamente más aceptada que la formulación 3 (B), por lo que se les asignó diferentes letras. La formulación 2, se identificó con las

letras AB debido a que no hubo un efecto significativo evidente con relación a la formulación 1 y 3. En los comentarios, los panelistas mencionan que la formulación 1 es la muestra que más les agrado ya que se percibía menos pungencia, por esta razón, en la escala hedónica se ubicó en la categoría “Me gusta poco”. Es importante observar que existe una relación directa entre el sabor y la pungencia de la infusión, mientras más dulce, menos pungente, y por lo tanto, presenta mayor aceptabilidad.

Debido a las diferencias significativas, se consideró el sabor y pungencia como atributos decisivos en la selección de la mejor formulación de infusión filtrante para la elaboración del producto final. Los resultados indican que la formulación 1, con el 83 % de jengibre deshidratado y el 17 % de stevia, constituye la mejor mezcla para elaborar la infusión filtrante.

3.3.4. LLENADO Y SELLADO DE BOLSAS FILTRANTES

Las bolsas filtrantes se llenaron con 1.00 g de jengibre (83 %) y 0.20 g de stevia (17 %). El producto final tuvo un peso de 1.20 g, dicha cantidad es adecuada ya que coincide con los pesos de los filtrantes comerciales, como es el caso de la empresa “Aromas del Tungurahua” que despacha bolsas de infusión de 1.00 g y la empresa HORNIMANS, que expide sobres de 2.00 g.

Se sellaron 50 bolsas filtrantes que se empacaron en cajas con capacidad para 10 unidades, con lo que se obtuvo 5 cajas del producto.

3.4. ELABORACIÓN DEL CONDIMENTO EN POLVO A PARTIR DEL DESHIDRATADO DE JENGIBRE

En el ANEXO X, se observa el diagrama de flujo del proceso de elaboración del condimento en polvo que detalla los resultados obtenidos en cada etapa.

3.4.1. MOLIENDA Y TAMIZADO

En la Figura 16, se presenta el perfil granulométrico efectuado en las hojuelas molturadas en el molino de cuchillas. En el análisis se determinó que el 94.65 % del jengibre pulverizado tiene un tamaño menor a 850 μm y el 5.35 % restante, una granulometría mayor a 850 μm . Estos resultados muestran que el 94.65 % del material total atravesó el tamiz No.20, lo cual indica que este tipo molienda originó polvos moderadamente gruesos a finos, en donde el tamaño de partícula predominante fue 850 μm (Sharapin, 2000).

En el ANEXO XI, se presentan los datos experimentales del tamizado de las hojuelas de jengibre expuestas a molienda en el molino de cuchillas, y en el ANEXO XV, se observan los diferentes tamaños de partículas que se obtuvieron en el proceso.

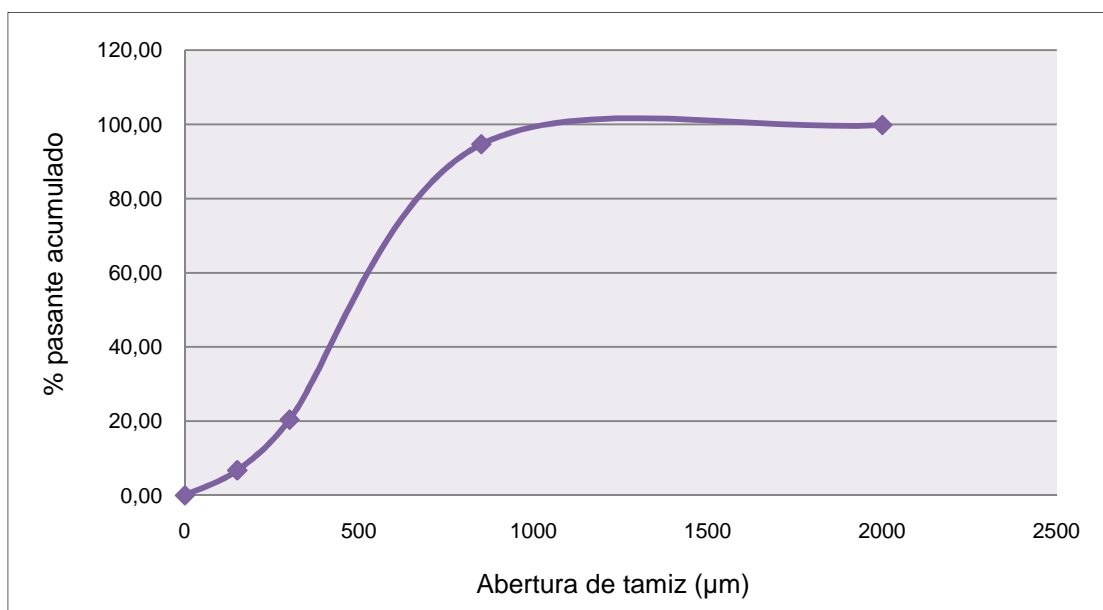


Figura 16. Perfil granulométrico de las hojuelas de jengibre deshidratadas pulverizadas en molino de cuchillas

3.4.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA

Entre los tamices empleados se seleccionó el material pasante del tamiz #50 con el que se obtuvo un tamaño de partícula de 300 μm , correspondiente a un polvo

semi-fino, que es recomendado para esta clase de producto (Peter *et al.*, 2007; Sharapin, 2000).

3.4.3. FORMULACIÓN DEL CONDIMENTO EN POLVO Y ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD

En la Tabla 20, se observan los resultados más relevantes del análisis de aceptabilidad y estadístico de las diferentes formulaciones de condimento en polvo.

El análisis estadístico indica las diferencias significativas entre las medias de las formulaciones por atributo organoléptico (aroma, sabor, pungencia). Las medias seguidas con diferentes letras (A y B), presentaron diferencias significativas, y las medias identificadas con la misma letra, no fueron significativamente diferentes, a un nivel de confianza del 95 %. Los resultados del análisis estadístico del aroma, sabor y pungencia, se detallan en el ANEXO XVI.

Tabla 20. Análisis de aceptabilidad y estadístico de los atributos organolépticos de 3 formulaciones de condimento en polvo a base de jengibre deshidratado

AROMA		SABOR		PUNGENCIA	
Formulación	Calificación	Formulación	Calificación	Formulación	Calificación
1	5.40 A	2	6.73 A	2	6.13 A
3	5.47 A	1	5.53 B	1	5.00 B
2	6.20 A	3	4.87 B	3	4.53 B

n = 15 panelistas

El análisis de varianza para el atributo aroma, muestra que no existe diferencias significativas entre las medias de las formulaciones, ya que, presenta un valor p superior a 0.05, lo que conlleva a decir que no es estadísticamente significativo con un nivel de confianza del 95 %. El efecto no significativo indica que los panelistas no detectaron mayores diferencias cuando percibieron el aroma de las carnes preparadas con las diferentes formulaciones, por lo que calificaron este atributo en un mismo rango de aceptabilidad que corresponde a las categorías: “Me gusta poco” y “Me gusta mucho”. Las calificaciones demuestran que el aroma

fue aceptable por la mayoría de los panelistas, sin embargo, no se lo consideró en la selección de la mejor formulación para la elaboración del producto final ya que no fue significativo.

En el análisis de varianza para el sabor y pungencia del condimento, se observó diferencias significativas entre las medias de las formulaciones, debido a que ambos atributos mostraron un valor p menor al nivel de significancia del 0.05, lo cual indica que son estadísticamente significativos a un nivel de confianza del 95 %; es decir, que los panelistas encontraron diferencias cuando degustaron las carnes preparadas con las diferentes formulaciones de condimento en polvo. Para determinar que formulaciones diferían significativamente entre sí, se utilizó la prueba de significancia de Tukey al 95 %.

En la prueba de Tukey para ambos atributos, se observó que la formulación 2 (A), fue significativamente más aceptada que la formulación 1 (B) y 3 (B), como se muestra en la Tabla 20. Según los comentarios de los panelistas, la formulación 2 fue la muestra que más agradó por el marcado sabor y pungencia que presentaba la carne condimentada. La mayor aceptabilidad hacia la formulación 2 posiblemente se deba a la mayor cantidad de jengibre en polvo (70 %) en su composición, comparado con la formulación 1 y 3 que tienen porcentajes más bajos de jengibre y más altos de pimienta, clavo de olor y nuez moscada. Esta preferencia se demuestra en la escala hedónica, donde el sabor se ubicó en las categorías: “Me gusta mucho” y “Me gusta muchísimo”, y la pungencia, en la categoría: “Me gusta mucho”.

Debido a las diferencias significativas, se consideró el sabor y la pungencia como atributos decisivos en la selección de la mejor formulación de condimento en polvo para la elaboración del producto final. Los resultados indican que la formulación 2, con el 70 % de jengibre deshidratado, 10 % de nuez moscada, 15 % de pimienta negra y 5 % de clavo de olor, constituye la mejor mezcla para elaborar el condimento en polvo. El producto se envasó con la formulación 2.

3.5. ELABORACIÓN DEL AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA A PARTIR DEL DESHIDRATADO DE JENGIBRE

En el ANEXO X, se observa el diagrama de flujo del proceso de elaboración del aromatizante para quema directa, en donde se detalla los resultados obtenidos en cada etapa.

3.5.1. MOLIENDA Y TAMIZADO

Los resultados del perfil granulométrico es el mismo realizado en la molienda y tamizado del condimento en polvo que se indica en la sección 3.4.1. El análisis muestra que este tipo de molienda origina polvos moderadamente gruesos a finos.

3.5.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA

Entre los tamices empleados se escogió el material pasante del tamiz #100 con el que se obtuvo un tamaño de partícula de 100 μm , correspondiente a un polvo fino, recomendado para la fabricación de aromatizantes de quema directa o “inciensos combustibles” (Sharapin, 2000; Torpografo, 2008).

3.5.3. MOLDEO Y SECADO DE LAS FORMULACIONES DESARROLLADAS DE AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA

En el moldeo se pudo observar que las impregnaciones de las mezclas o formulaciones en las matrices de soporte tuvieron diferentes comportamientos que se describen a continuación:

- 1) En la formulación 1, se observó poca viscosidad de la mezcla, la cual se secaba rápidamente y no se adhería uniformemente a la matriz de soporte, por lo que su grado de impregnación fue bajo. Esta reacción posiblemente se debió al uso de alcohol al 70 %, como componente líquido. El alcohol tiene la propiedad de secarse rápidamente a temperatura ambiente, por esta razón, la

mezcla se secaba y no se humectaba con facilidad, además, al tener un grado de alcohol de 70 fue imposible observar una buena modificación del aglomerante y unión de los otros componentes debido a la poca cantidad de agua (30 %) presente en la composición del alcohol.

- 2) La formulación 2, conformada por agua destilada y alcohol al 70 %, presentó una excelente viscosidad y se apreció una mejor unión de los componentes y mayor grado de impregnación de la mezcla a la matriz de soporte ya que se utilizó, a diferencia de la primera formulación, agua destilada para permitir que la mezcla se humecte y no se seque rápidamente con el alcohol.
- 3) En la formulación 3, se observó una alta viscosidad de la mezcla ya que al utilizarse como único componente líquido el agua destilada, permitió que los componentes se unieran con mayor facilidad; sin embargo, el grado de impregnación a la matriz de soporte también fue bajo debido a su alta viscosidad que impedía la formación de una capa gruesa de la mezcla en la matriz de soporte.

En la Figura 17, se observa el espesor alcanzado en la formación del aromatizante en cada período de impregnación correspondiente a cada formulación. Los períodos de impregnación corresponden a la inmersión y secado del aromatizante en intervalos de tiempo de 15 min.

En la formulación 1, se alcanzó el espesor deseado (2.50 mm) en el segundo período de impregnación correspondiente a 45 min y se precisó de 3 inmersiones.

En la formulación 2, el espesor deseado (2.50 mm) se alcanzó en el tercer periodo de impregnación correspondiente a 60 min, con lo que se necesitó de 4 inmersiones.

En la formulación 3, se consiguió el espesor deseado (2.50 mm) en el sexto periodo de impregnación correspondiente a 90 min y se realizó 7 inmersiones.

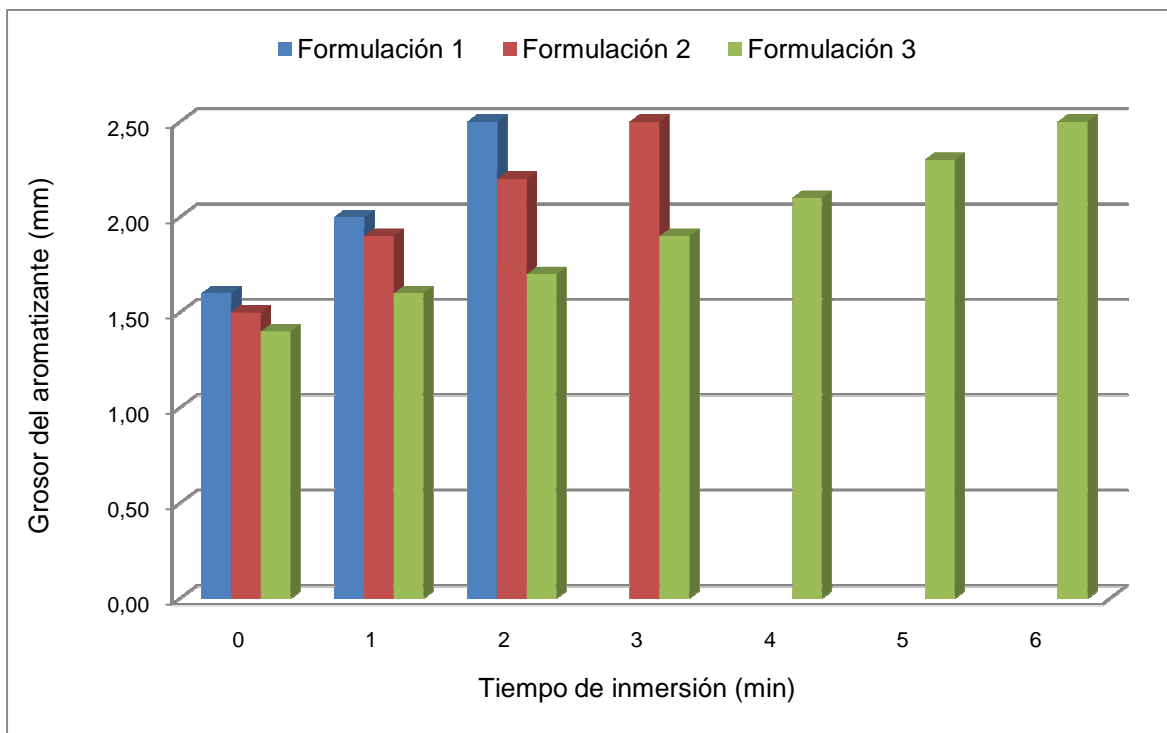


Figura 17. Espesor del aromatizante alcanzado en cada periodo de inmersión en las formulaciones desarrolladas

3.5.4. PRUEBAS DE CONTROL

En las pruebas de control para verificar el tiempo y longitud de encendido, se observaron los siguientes resultados:

- 1) El incienso comercial con 7 cm de longitud se incineró aproximadamente en 15 min.
- 2) El aromatizante de la formulación 1, no alcanzó a completar su total incineración, y se apagó aproximadamente a los 4 min.
- 3) El aromatizante de la formulación 2, se incineró totalmente en un tiempo aproximado de 14 min, que es cercano al tiempo de incineración del incienso comercial.
- 4) En el aromatizante de la formulación 3, la incineración es incompleta, y se apagó aproximadamente a las 2 min.

Según los resultados alcanzados, se puede concluir que la formulación 2, presentó la mejor funcionalidad de uso ya que alcanzó un tiempo de incineración de 14 min, similar al incienso comercial (15 min). Además, esta formulación presentó un mayor grado de impregnación en la etapa de moldeo, en comparación, con la formulación 1 y 3.

El aromatizante de quema directa como producto final tuvo las siguientes características:

- Longitud total: 14 cm
- Longitud de impregnación: 7 cm
- Tiempo de encendido: 14 min
- Espesor: 2.50 mm

3.6. EVALUACIÓN DEL GRADO DE ACEPTABILIDAD DEL CONDIMENTO EN POLVO, INFUSIÓN FILTRANTE Y AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA

En la Tabla 21, se presenta la evaluación del grado de aceptabilidad de los productos elaborados a base de jengibre deshidratado, donde se indican los promedios de las calificaciones que los panelistas dieron a los atributos organolépticos de la infusión filtrante, condimento en polvo y aromatizante para quema directa.

Tabla 21. Calificaciones del grado de aceptabilidad en la escala de 4 puntos aplicada en la encuesta de aceptación sensorial

PRODUCTOS A BASE DE JENGIBRE	CALIFICACIÓN				TOTAL
	ATRIBUTOS ORGANOLÉPTICOS				
	Color	Aroma	Sabor	Textura	
Infusión filtrante	3.87	3.53	3.47	-	3.62
Condimento en polvo	-	3.47	3.33	3.07	3.29
Aromatizante para quema directa	-	1.33	-	-	1.33

3.6.1. ACEPTABILIDAD DE LA INFUSIÓN FILTRANTE

En la Figura 18, se observan los porcentajes de aceptabilidad que los panelistas dieron a los atributos organolépticos y a la opción de compra de la infusión filtrante.

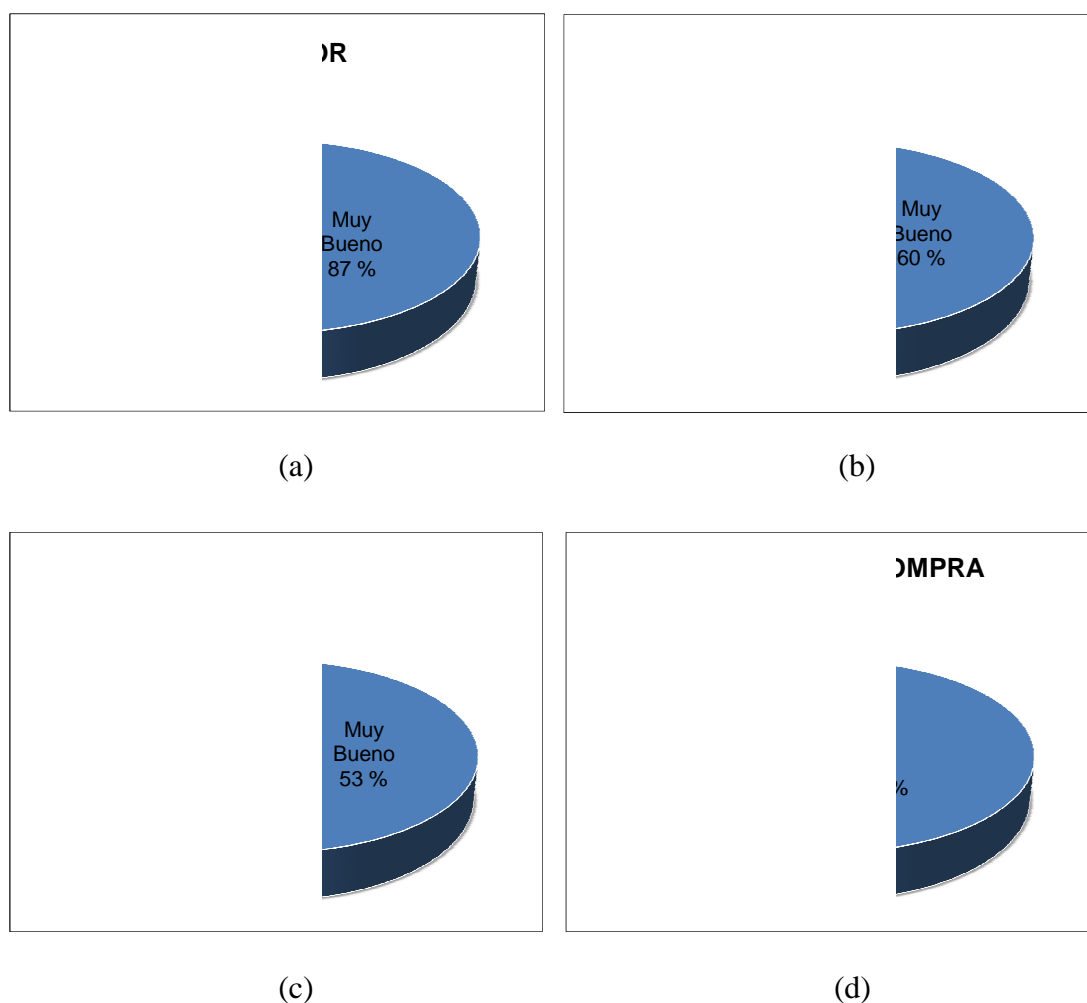


Figura 18. Porcentajes de aceptabilidad de los atributos (a) color, (b) aroma, (c) sabor, y (d) opción de compra en la infusión filtrante

Según la escala de 4 puntos, la infusión filtrante alcanzó una calificación general de 3.62, que la ubicó en las categorías correspondientes a “Muy bueno” y “Bueno”, lo que indica que sus atributos organolépticos fueron aceptables para los panelistas. El color, aroma y sabor obtuvieron mayores porcentajes de aceptabilidad en la categoría “Muy bueno”, correspondientes al 87, 60 y 53 %, respectivamente.

En la opción de compra, el 87 % de panelistas señalaron que estarían dispuestos a comprar este producto; sin embargo, en las observaciones y sugerencias, la mayoría indicó que, aunque el sabor era agradable y especial, se debería disminuir un poco la cantidad de stevia y pungencia del producto, por lo que en la escala de 4 puntos, el sabor obtuvo una calificación de 3.47, menor a los demás atributos.

3.6.2. ACEPTABILIDAD DEL CONDIMENTO EN POLVO

En la Figura 19, se indican los porcentajes de aceptabilidad que los panelistas dieron a los atributos organolépticos y a la opción de compra del condimento en polvo.

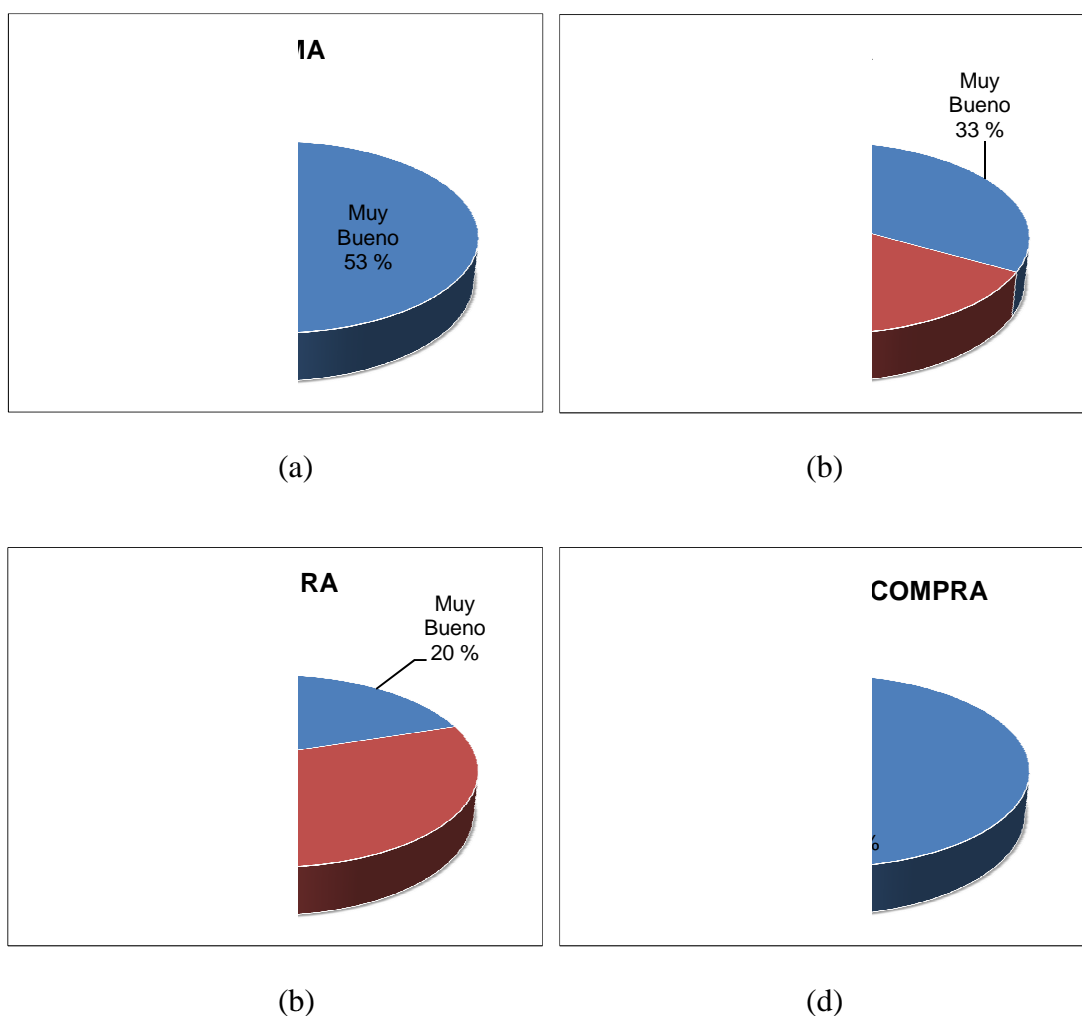


Figura 19. Porcentajes de aceptabilidad de los atributos (a) color; (b) aroma; (c) sabor; y (d) opción de compra en el condimento en polvo

De acuerdo con la escala de 4 puntos, el condimento en polvo obtuvo una calificación total de 3.29, que corresponde a la categoría denominada como “Bueno”, lo cual significa que los atributos organolépticos estuvieron dentro de un rango aceptable para los panelistas. El 67 % de los panelistas consideró que el sabor y la textura eran buenos, y el 53 % señaló que el aroma era muy bueno.

En la opción de compra, el 93 % de panelistas indicaron que estarían dispuestos a comprar este producto. Según los comentarios y sugerencias, los panelistas mencionan que se debería aumentar la cantidad de jengibre en el condimento para mejorar el sabor del producto, por esta razón, el sabor llegó a obtener un porcentaje bajo del 33 %, en la categoría “Muy bueno”.

3.6.3. ACEPTABILIDAD DEL AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA

En la Figura 20, se muestran los porcentajes de aceptabilidad que los panelistas otorgaron a los atributos organolépticos y a la opción de compra del aromatizante para quema directa.

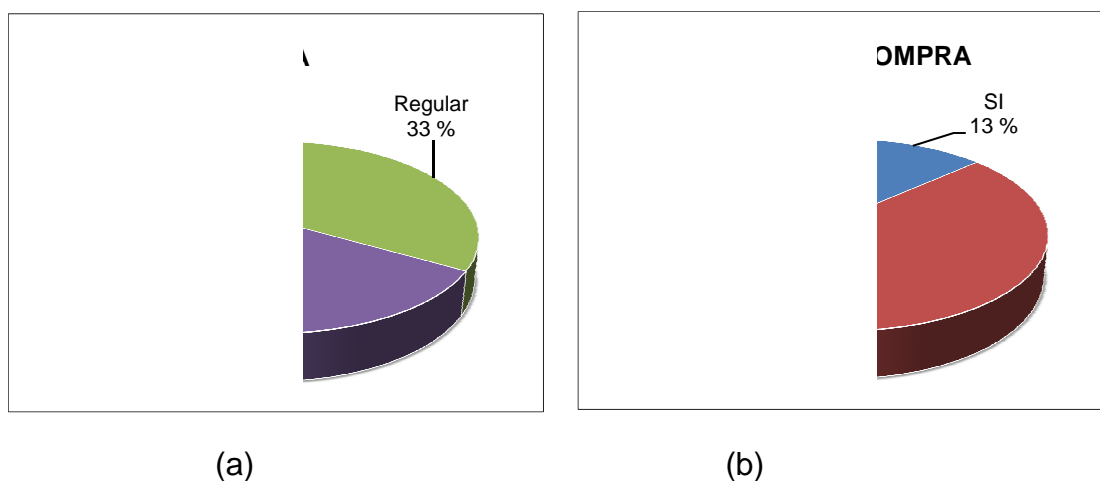


Figura 20. Porcentajes de aceptabilidad de los atributos (a) aroma y (b) opción de compra en el aromatizante para quema directa

Según la escala de 4 puntos, el aromatizante para quema directa obtuvo una calificación de 1.33, lo cual indicó que el 67 % de los panelistas habían

considerado que el atributo organoléptico evaluado estaba en la categoría correspondiente a “Malo”.

De acuerdo con las observaciones y sugerencias, los panelistas mencionaron que el producto fue malo ya que no se percibía el aroma propio del jengibre sino un olor acre que causaba molestias, por esta razón, en la opción de compra, el 87 % de panelistas señalaron que no comprarían el producto.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- ❖ En la obtención de jengibre deshidratado para la elaboración de los productos del presente proyecto se emplearon rizomas de jengibre adquiridos en el Supermercado Santa María que se ubicaron, según el Codex Alimentarius, 2007, en la categoría C, con tamaños comprendidos entre 13.81 y 8.05 cm, con un número de 3 ramificaciones/rizoma, de color externo e interno amarillento, cuya composición química registra un contenido de agua de 86.50 %, carbohidratos 8.30 % y grasa 2.20 %.
- ❖ El proceso de extracción de oleorresina para la determinación de las variables de proceso (T, t, he) en la obtención del jengibre deshidratado, dio como resultado un mayor grado de extracción de oleorresina (7.60 %) en el material deshidratado a 75 °C, en comparación con el material deshidratado a 65 y 55 °C, donde se obtuvo el 6.40 % y 5.60 % de oleorresina, respectivamente.
- ❖ Según los resultados del grado de extracción de oleorresina y del proceso de secado a 55, 65 y 75 °C, las variables de proceso adecuadas para la obtención de jengibre deshidratado, consiste en llevar a cabo el proceso de secado a 75 °C por 90 min, con enfriamiento a temperatura ambiente por 10 min, y finalmente, secado a 55 °C por 90 min, hasta conseguir un material deshidratado con una humedad de equilibrio máxima de 13.90 %.
- ❖ En la elaboración de los productos, se seleccionó como tamaños de partículas para la infusión filtrante, el material pasante del tamiz #10 y el retenido en #20, con un tamaño de 2000 µm; para el condimento en polvo, se empleó el pasante del tamiz #50 y el retenido en #100, con un tamaño de 300 µm; y, para el aromatizante de quema directa, el pasante del tamiz #100, con un tamaño de 150 µm.

- ❖ El análisis estadístico de varianzas aplicado en la comparación del grado de aceptabilidad de las formulaciones desarrolladas de infusión filtrante y condimento en polvo indicó que los atributos sabor y pungencia fueron decisivos en la determinación de la mejor formulación para la elaboración de los productos debido a que las calificaciones de los panelistas presentaron diferencias significativas a un nivel de confianza del 95 %.
- ❖ En la formulación de los productos, la infusión filtrante se elaboró con el 83 % de jengibre deshidratado y 17 % de hojas de stevia deshidratadas, el condimento en polvo se preparó con el 70 % de jengibre deshidratado, 10 % de nuez moscada, 20 % de pimienta negra y 10 % de clavo de olor, y el aromatizante de quema directa se constituyó en la base aromática del 100 % jengibre, 50 % clavo de olor y 10 % palo santo, y en el mucílago del 5 % goma de tragacanto, 74 % agua destilada y 67 % alcohol etílico.
- ❖ El aromatizante de quema directa presentó un tiempo de combustión de 14 min en una longitud de 7 cm y con un peso de 0.50 g.
- ❖ En la evaluación del grado de aceptabilidad del condimento en polvo, se estableció que el 93 % de las personas encuestadas estarían dispuestas a comprar dicho producto, y en función a la escala de 4 puntos, el 67 % de las personas encuestadas ubicaron el sabor del producto en la categoría “Bueno”, y el 53 % consideró que el aroma estaba en la categoría “Muy bueno”, lo cual significa que los atributos organolépticos estuvieron dentro de un rango aceptable.
- ❖ En la evaluación del grado de aceptabilidad de la infusión filtrante, se determinó que el 87 % de las personas encuestadas estarían dispuestas a comprar dicho producto, y en función a la escala de 4 puntos, el 87, 60 y 53 % de las personas encuestadas colocaron el color, aroma y sabor del producto en la categoría “Muy bueno”. Entre las observaciones realizadas en la infusión filtrante, está el de disminuir un poco la cantidad de stevia y pungencia del producto.

- ❖ En la evaluación del grado de aceptabilidad del aromatizante para quema directa, el 87 % de las personas encuestadas señalaron que no comprarían el producto. Entre los argumentos para no adquirirlo está el bajo agrado por el aroma que percibían, por lo que el 67 % de las personas encuestadas ubicaron el producto en la categoría correspondiente a “Malo”.

4.2. RECOMENDACIONES

- ❖ Difundir y promover el uso del jengibre debido a las innumerables propiedades funcionales que otorga al organismo para conseguir buena salud y prevención de enfermedades.
- ❖ Es prioritario estudios más específicos sobre las variedades de rizomas de jengibre existentes en el Ecuador. Cada variedad requiere de un seguimiento individual, y se podría empezar por una identificación genética, características del cultivo, zonas de producción, seguido por el desarrollo industrial.
- ❖ En las muestras deshidratadas a 55, 65 y 75 °C, es necesario realizar la determinación de los principios aromáticos o volátiles y de los principios pungentes o no volatilizables, mediante la técnica de Cromatografía de Gases (CG) y la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC), respectivamente, para determinar la pérdida de los componentes durante la deshidratación.
- ❖ Realizar mejoras en el aromatizante de quema directa con el uso de otros materiales base para obtener un aroma agradable del producto, en beneficio del consumidor.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguirre, R., Bazán, D., Bravo, M., Chasquibol, N., Delmás, I., Lengua, L. y Rivera, D., 2003, "Alimentos Funcionales o Fitoquímicos, clasificación e importancia", *Revista Peruana*, 5 (2), 9.
2. Albors, A., Barat, J., Grau, A. y Fito, P., 2001, "Introducción al secado de alimentos por aire caliente", Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, pp. 8, 9, 45, 290.
3. AOAC, 2005, "Official methods of analysis of AOAC International", 18va edición, Editorial AOAC International, Gaithersburg, Estados Unidos, pp. 4-39, 4-44, 32-1, 43-2, 43-2.
4. Arraiza, M., 2009, "Usos industriales de las plantas aromáticas y medicinales – Tema 8, 9, 12", <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales/material-de-clase/>, (Diciembre, 2009).
5. Ashwell, M., 2004, "Conceptos sobre los alimentos funcionales", ILSI Press, Bruselas, Bélgica, pp. 6 – 15.
6. Astiasarán, I., Ariño, A., Lasheras, B. y Martínez, A., 2003, "Alimentos y nutrición en la práctica sanitaria", Editorial Díaz de Santos, Madrid, España, p. 43.
7. Avello, M. y Suwalsky, M., 2006, "Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección", *Atenea*, (494), 161.
8. Bartrina, J. y Majem, S., 2008, "Guía de la alimentación funcional", Editorial Elsevier Masson, Barcelona, España, pp. 32.

9. Calixto, S. y Goñi, I., 2005, "Fibra dietética y antioxidantes en la dieta española y en alimentos funcionales", en Juárez, M. Olano, A. y Morais, F., "Alimentos Funcionales", Rumagraf S.A, Madrid, España, pp. 12, 13.
10. Cañigüeral, S., 2003, "El Jengibre: *Zingiber officinales* Roscoe (zingiberáceas)", OFFARM, 22 (2), 167.
11. Castillo, E. y Martínez, I., 2007, "Manual de fitoterapia", Editorial Elsevier Masson, Barcelona, España, p. 33.
12. Codex, 2007, "Norma Codex para el Jengibre: CODEX SRAN 218-1999, Codex Alimentarium, Roma, Italia.
13. Colorado, L. y López, M., 2003, "Proyecto de producción y comercialización de Jengibre para consumo local y como alternativa de exportación en el Cantón Marcabelí en la Provincia de El Oro", Tesis previa a la obtención del título de Economista con Mención en Gestión Empresarial e Ingeniería Comercial y Empresarial, especialización: Finanzas, ESPOL, Guayaquil, Ecuador, pp. 32 – 44.
14. CORPEI, 2001, "Product Profile Ginger", <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/raices/principal.htm>, (Octubre, 2009).
15. Chadwick, R., Henson, S. y Monseley, B., 2003, "Functional Foods", Editorial Springer, Berlín, Alemania, p. 219.
16. Damian, P. y Damian, K., 1997, "Aromaterapia: El olor y la psique", Editorial Étolile, México, México, p. 221.
17. Dávila, J., 1973, "El Jengibre y la Cúrcuma en el Ecuador", DECAB, Quito, Ecuador, pp. 6 – 9.

18. Davis, P., 1998, "Aromaterapia de la A a la Z", 10ma edición, Editorial EDAF. S.L, Madrid, España, p. 237.
19. De los Ríos, E., Enríquez, A., Prieto, E. y Ruiz, S., 2008, "Estudio farmacognóstico y fitoquímico del rizoma de Zingiber officinales Roscoe "Jengibre" de la ciudad de Chanchamayo", Revista Médica Vallejana, 5 (1), 50.
20. Drago, M., López, M. y Saíenz, T., 2006, "Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal", Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, 37 (4), 57.
21. Duke, J., 1998, "La farmacia natural", Editorial Rodale, Miami, Estados Unidos, p. 279.
22. Fellows, P., 1994, "Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y prácticas", Editorial Acribia S.A, Zaragoza, España, pp. 21, 42, 43.
23. Fernández, J., 2003, "Deshidratación: secado y liofilización", <http://www.ual.es/~jfernand/TA/Tema11/Tema11-S-D-L.pdf>, (Febrero, 2010).
24. FIAGRO, 2003, "Estrategias en productos deshidratados: Frutas, Vegetales, Hierbas", http://www.fiagro.org.sv/components/com_biblioteca/Archivos/Estrategias%20en%20Productos%20Deshidratados.pdf, (Diciembre, 2009).
25. Fonnegra, G. y Jiménez, S., 2007., "Plantas medicinales aprobadas en Colombia", 2da edición, Editorial Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia, pp. 150 – 152.
26. Gallouin, F. y Arvy, M., 2007, "Especias, aromatizantes y condimentos", Editorial Aedos S.A, Madrid, España, pp. 148 – 150.

27. Gimeno, E., 2003. "Alimentos Funcionales ¿alimentos del futuro?". OFFARM, 22 (7), 68.
28. Guarner, F. y Azpiroz., F., 2005, "La evaluación científica de los alimentos funcionales", en Juárez, M. Olano, A. y Morais, F., "Alimentos Funcionales", Rumagraf S.A, Madrid, España, pp. 12, 13.
29. Hardenburg, R., 1988, "Almacenamiento comercial de frutas, legumbres y existencias de floristerías y viveros", 1era edición, IICA, San José, Costa Rica, p. 73.
30. Hoffman, P., 2005, "Herbolaria y nutrición natural", 1era edición, Editorial Pax, Mexico, México, pp. 89, 125,
31. Kikuzaki, H., 2000, "Ginger for drug and spice purposes", en Mazza, G. y Oomah, B., "Herbs, Botanicals and Teas", Editorial CRC PRESS, Florida, United States America, pp. 75 – 99.
32. Kohen, V. y Nogueira, T., 2009, "Alimentos funcionales de uso más frecuente", <http://www.senba.es/recursos/pdf/Alimentos%20funcionales%20de%20uso%20m%C3%A1s%20frecuente.pdf>, (Febrero, 2010).
33. Kuss, T., 2005, "Benefits of herbal therapies", en Nichols, T. y Faass, N., "Optimal digestive Health: a complete guide", 2da edición, Bear & Company, New York, EUA, p. 340.
34. León, J., 1987, "Botánica de los cultivos tropicales", 2da edición, Editorial IICA, San José, Costa Rica, pp. 99 – 100.
35. López, F., 2007, "Preelaboración y conservación de alimentos", 1era edición, Editorial Libros en Red, p. 78.

36. Martínez, T., 2002, “La hierba dulce: historia, usos y cultivo de la Stevia Rebaudiana Bertoni”, Editorial Libros en Red, Albaceta, España, pp. 7 – 9.
37. Monereo, S., 2008, “La dieta con helados”, Editorial Amat, Barcelona, España, pp. 68 – 71.
38. Montaldo, A., 1991, “Cultivo de raíces y tubérculos tropicales”, 2da edición, Editorial IICA, San José, Costa Rica, pp. 373 – 375.
39. Neal C., 2005, “Incensos: preparación y uso de las esencias mágicas”, 1era edición, Llewellyn Worldwide, New York, Estados Unidos, pp. 11 – 18.
40. Neira, M., 2007, “Jengibre: aplicaciones, recetas, usos alternativos y medicinales”, Editorial Grupo Norma, Bogotá, Colombia, p. 7.
41. Orrego, C., 2003, “Procesamiento de alimentos”, 1era edición, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, pp. 175, 176.
42. Pakrashi, A., 2003, “Ginger; a versátil healing herb”, New Delhi, India, pp. 20 – 30.
43. Palencia, Y., 2005, “¿Qué son los alimentos funcionales?”, http://www.unizar.es/med_naturista/Alimentos%20funcionales.pdf, (Febrero, 2010).
44. Peter, K.V., Raj, N. y Nybe, E., 2007, “Horticulture science series: spices” – 5, Editorial Lamix Art Creations, New Delhi, India, pp. 90, 91.
45. Pitchford, P., 2007, “Sanando con alimentos integrales: tradiciones asiáticas y nutrición moderna”, p. 228.
46. Pizzorno, J., 2009, “Manual de medicina natural”, 2da edición, Editorial ELSEVIER, Barcelona, España, p. 37.

47. Roberts, A., O'Brien, M. y Subak, G., 2003, "Nutraceúticos (suplementos nutricionales, vitaminas, minerales)", Editorial Robinbook, Barcelona, España, pp. 64, 65.
48. Rodríguez, J., 2006, "Microorganismos y salud: bacterias lácticas y bifidobacterias probióticas", 1era edición, Editorial Complutense S.A, Madrid, España, pp. 1, 2.
49. Rodríguez, V. y Magro, E., 2008, "Bases de la alimentación humana", Gesbiblo, S.L, Barcelona, España, pp. 151 – 152.
50. Rosella, M., Pfrifter, G. y Mandrile, E., 1996, "Jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe, Zingiberaceae): Etnofarmacognosia, Cultivo, Composición Química y Farmacología", 15 (1), 35.
51. Sharapin, N., 2000, "Industrialización de plantas aromáticas", en Pinzón, R., "Fundamentos de Tecnología de Productos Fitoterapéuticos", 1era edición, Editorial Andrés Bello, Santa fe de Bogotá, Colombia.
52. SICA, 2001, "Jengibre (*Zingiber officinale* L.: Ginger Root)", <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IICA/productos/jenjibmag.pdf>, (Octubre, 2009).
53. Silla, M., 2004, "Dieta Mediterránea y Alimentos Funcionales: Seguridad Alimentaria", Editorial de la UPV, Valencia, España, pp.47 – 70.
54. SISIB, 2009., "Esencias y resinas: Jengibre", http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/ap/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/apbot-farm2c/evanswc01/27e.html, (Enero, 2010).
55. Sung, I., 2002, "Fitomedicina II: 1100 plantas medicinales", Editorial Isabel, Lima, Perú, p. 24.

56. Torpografo, 2008, "Como fabricar incienso", <http://www.scribd.com/doc/9997481/Como-Fabricar-Incienso>, (Marzo, 2010).
57. Valle, J., 2005, "Efecto de niveles de nitrógeno en el crecimiento y producción del jengibre (*Zingiber officinale*) en un suelo Coto", Proyecto de titulación previo a la obtención del Título en Maestro en Ciencias en Agronomía y Suelos, Universidad de Puerto Rico, Puerto Rico, Mayagüez.
58. Vanaclocha, B., 2003, "Fitoterapia", 4ta edición, Editorial ELSEVIER, Barcelona, España, p. 310.
59. Vasala, P., 2001, "Ginger", en Peter, K., "Handbook of herbs and spices", Editorial Abington Hall, New York, EU, pp. 195 – 206.
60. Vásquez, O., Alva, A. y Marreros, J., 2001, "Extracción y caracterización del aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*)", Revista Amazónica de Investigación Alimentaria, 1 (1), 38.
61. Vásquez, M., 2006, "Guía de elaboración de té de hierbas aromáticas o medicinales en bolsitas", CIAT, Tegucigalpa, Honduras, pp. 4 – 6.
62. Velásquez, G., 2006, "Fundamentos de alimentación saludable", 1era edición, Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, pp. 65 – 70.
63. Washington, J. y Ulloa, P., 2005, "Proyecto de extracción de aceite esencial de Jengibre como alternativa de exportación", Tesis previo a la obtención del título Economista con Mención en Gestión Empresarial e Ingeniería Comercial y Empresarial, especialización: Finanzas, ESPOL, Guayaquil, Ecuador.
64. Wildman, R. y Kelley, M., 2007, "Nutraceuticals and Functional Foods", en Wildman, "Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods", 2da edición, Editorial CRC Press, Washington, Estados Unidos, p. 2.

65. Williams, A., 1971, "Industrial Drying", Editorial Leonard Hill, London, England, pp. 213 – 215.
66. Zachariah, J., 2008, "Ginger", en Parthasarathy, V. Chempakam, B. y Zachariah, T., "Chemistry of spices", Calicut, India, pp. 70 – 96.

ANEXOS

ANEXO I

**EVALUACIÓN SENSORIAL DEL GRADO DE ACEPTABILIDAD DE
DIFERENTES FORMULACIONES DE INFUSIÓN
FILTRANTE DE JENGIBRE**

Nombre:

Fecha:

Observe y pruebe la muestra. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada muestra, haciendo una "X" en la categoría correspondiente.

COLOR

Código de las muestras	Me Gusta			No me gusta ni me disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
3587							
0521							
9528							

AROMA

Código de las muestras	Me Gusta			No me gusta ni me disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
3587							
0521							
9528							

SABOR

Código de las muestras	Me Gusta			No me gusta ni me disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
3587							
0521							
9528							

PUNGENCIA

Código de las muestras	Me Gusta			No me gusta ni me disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
3587							
0521							
9528							

¿Cuál es la muestra que más le gustó y por qué?

.....

ANEXO II

EVALUACIÓN SENSORIAL DEL GRADO DE ACEPTABILIDAD DE DIFERENTES FORMULACIONES DE CONDIMENTO EN POLVO A BASE DE JENGIBRE

Nombre:

Fecha:

Observe y pruebe la muestra. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada muestra, haciendo una “X” en la categoría correspondiente.

AROMA

Código de las muestras	Me Gusta			No me gusta ni me disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
9143							
9529							
7197							

SABOR

Código de las muestras	Me Gusta			No me gusta ni me disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
9143							
9529							
7197							

PUNGENCIA

Código de las muestras	Me Gusta			No me gusta ni me disgusta	Me Disgusta		
	Muchísimo	Mucho	Un poco		Un poco	Mucho	Muchísimo
9143							
9529							
7197							

¿Cuál es la muestra que más le gustó y por qué?

.....
.....

ANEXO III

ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD PARA LA INFUSIÓN FILTRANTE



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA
LABORATORIO DE ANALISIS SENSORIAL

ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD

Producto: Infusión filtrante de jengibre con stevia

Ud. está recibiendo una muestra de infusión filtrante de jengibre con stevia.

Instrucciones: Retire la envoltura de papel, coloque la bolsita en una taza de agua hirviendo y deje reposar de 3 a 5 minutos para obtener una mejor infusión.

Por favor deguste y señale con una cruz la categoría elegida:

Color	Aroma	Sabor
Muy bueno <input type="checkbox"/>	Muy bueno <input type="checkbox"/>	Muy bueno <input type="checkbox"/>
Bueno <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>
Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>
Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>

¿Compraría este producto? Si No

Observaciones y sugerencias: _____

ANEXO IV

ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD PARA EL CONDIMENTO EN POLVO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA
LABORATORIO DE ANALISIS SENSORIAL

ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD

Producto: Condimento en polvo a base de jengibre

Ud. está recibiendo una muestra de carne apanada preparada con un producto sazonador en polvo a base de jengibre.

Por favor pruebe y evalúe cada atributo en el orden indicado. Señale con una cruz la categoría elegida:

Aroma	Sabor	Textura
Muy bueno <input type="checkbox"/>	Muy bueno <input type="checkbox"/>	Muy bueno <input type="checkbox"/>
Bueno <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>	Bueno <input type="checkbox"/>
Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>	Regular <input type="checkbox"/>
Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>	Malo <input type="checkbox"/>

¿Compraría este producto? Si No

Observaciones y sugerencias: _____

ANEXO V**ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD
PARA EL AROMATIZANTE PARA QUEMA DIRECTA**

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS
ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGIA
LABORATORIO DE ANALISIS SENSORIAL

ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD

Producto: Aromatizante para quema directa (incienso)

El área en el que usted acaba de ingresar se encuentra impregnada de un aromatizante elaborado a base de jengibre. Por favor perciba el aroma que origina el producto e indique su grado de aceptabilidad señalando con una cruz la categoría elegida:

Aroma

Muy bueno	<input type="checkbox"/>
Bueno	<input type="checkbox"/>
Regular	<input type="checkbox"/>
Malo	<input type="checkbox"/>

¿Compraría este producto? Si No

Observaciones y sugerencias: _____

ANEXO VI

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RIZOMAS DE JENGIBRE

Tabla 22. Determinaciones del tamaño de los rizomas de jengibre (cm)

TAMAÑO	CALIBRES	A			B			C		
	#Determinaciones	E1	E2	E3	E1	E2	E3	E1	E2	E3
	1	14.34	6.60	3.22	11.64	7.16	2.93	8.34	5.52	2.86
	2	14.22	9.23	2.85	11.43	8.31	3.12	8.12	4.43	2.52
	3	14.17	7.32	3.31	10.82	6.47	2.93	7.93	5.75	2.37
	4	12.52	7.72	3.73	10.75	7.31	2.85	7.82	5.83	2.42
	PROMEDIO	13.81	7.72	3.28	11.16	7.31	2.96	8.05	5.38	2.54
	SD (+/-)	0.86	1.11	0.36	0.44	0.76	0.11	0.23	0.65	0.22

E1: eje mayor; E2: eje menor; E3: espesor

Tabla 23. Determinaciones del peso de los rizomas de jengibre (g)

PESOS	CALIBRES	A			B			C		
	#Determinaciones	Wt	Wp	Wc	Wt	Wp	Wc	Wt	Wp	Wc
	1	154.57	148.46	6.11	97.83	94.50	3.33	43.35	42.18	1.17
	2	112.88	108.59	4.29	82.01	79.55	2.46	47.86	46.47	1.39
	3	106.89	102.89	3.95	82.56	80.00	2.56	45.76	44.48	1.28
	4	100.29	96.78	3.51	73.33	71.13	2.20	46.37	44.98	1.39
	PROMEDIO	118.66	114.18	4.47	83.93	81.30	2.64	45.84	44.53	1.31
	SD (+/-)	24.49	23.36	1.14	10.18	9.70	0.49	1.88	1.78	0.11

Wt: peso total; Wp: peso de la pulpa; Wc: peso de la cáscara

Tabla 24. Determinación del número de ramificaciones y volumen de los rizomas de jengibre

#Determinaciones	RAMIFICACIONES			VOLUMEN (ml)		
	A	B	C	A	B	C
1	3	2	2	150	100	40
2	4	3	5	160	80	60
3	2	4	3	120	90	50
4	2	3	3	100	70	60
PROMEDIO	3	3	3	133	85	53
SD (+/-)	1	1	1	28	13	10

Tabla 25. Determinación del color externo e interno de los rizomas de jengibre

COLOR	# Determinaciones	Color externo			Color interno		
		L	a	b	L	a	b
	1	68.26	2.25	20.64	73.79	-5.23	25.68
	2	67.94	2.83	19.41	78.84	-7.69	32.44
	3	72.53	2.36	21.20	76.25	-3.19	26.13
	PROMEDIO	69.58	+2.48	+20.42	76.29	-5.37	+28.08
	SD (+/-)	2.56	0.31	0.92	2.53	2.25	3.78

ANEXO VII

**DATOS EXPERIMENTALES DEL PROCESO DE SECADO DE LOS
RIZOMAS DE JENGIBRE A 55, 65 Y 75 °C**

Tabla 26. Datos experimentales del secado de los rizomas de jengibre a 55, 65, 75 °C

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Pérdida de peso (gr)			X	Hbs (kgH ₂ O/kgss)	HL (kgH ₂ O/kgss) Hbs – Heq*	V*10 ⁻² (kgH ₂ O/Kgss*min)
		1	2	3				
55	0	150.00	150.00	150.00	150.00	7.07	7.06	-
	30	91.40	88.30	87.70	89.13	4.91	4.90	7.19
	60	51.50	48.20	47.40	49.03	3.23	3.23	5.58
	90	29.00	29.90	30.60	29.83	1.55	1.54	5.62
	120	23.40	23.70	24.90	24.00	0.47	0.46	3.59
	150	22.50	23.00	23.20	22.90	0.09	0.08	1.27
	180	22.30	22.50	22.70	22.50	0.03	0.02	0.19
	210	22.20	22.40	22.50	22.37	0.01	0.00	0.07
	240	22.10	22.30	22.40	22.27	0.01*	0.00	0.01
	270	22.10	22.30	22.40	22.27	0.00	0.00	0.00
65	0	150.00	150.00	150.00	150.00	7.07	7.05	-
	30	85.30	86.30	85.00	85.50	5.20	5.19	6.22
	60	45.30	44.60	43.00	44.30	3.33	3.31	6.25
	90	29.40	28.80	28.60	28.90	1.24	1.23	6.95
	120	26.40	26.00	25.40	25.90	0.24	0.23	3.32
	150	24.90	24.90	24.60	24.80	0.09	0.08	0.50
	180	24.50	24.50	24.30	24.40	0.03	0.02	0.21
	210	24.30	24.30	24.20	24.30	0.01*	0.00	0.05
	240	24.30	24.30	24.20	24.30	0.00	0.00	0.00
75	0	150.00	150.00	150.00	150.00	7.07	7.04	-
	30	76.40	79.60	75.80	77.27	5.87	5.84	4.00
	60	43.60	40.10	35.70	39.80	3.02	3.00	9.48
	90	29.70	29.00	28.40	29.03	0.87	0.84	7.18
	120	25.70	25.80	25.60	25.70	0.27	0.25	2.00
	150	25.60	25.10	25.30	25.33	0.03	0.01	0.80
	180	25.10	25.00	25.00	25.03	0.02*	0.00	0.02
	210	25.10	25.00	25.00	25.03	0.00	0.00	0.00

X: promedio de repeticiones; Hbs: humedad en base seca; HL: humedad libre; V: velocidad de secado
Heq*: humedad de equilibrio

ANEXO VIII

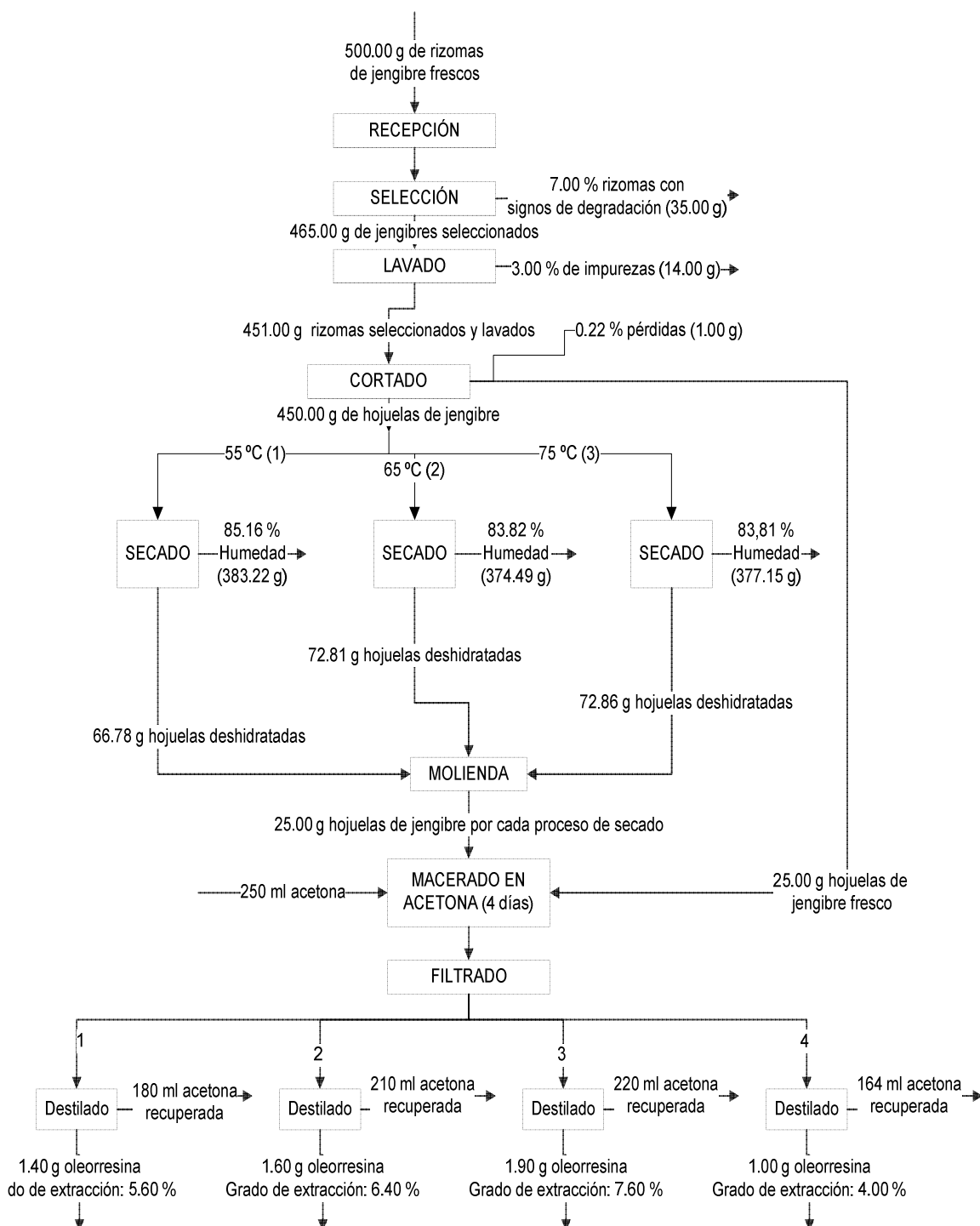
**DATOS EXPERIMENTALES DE LA PÉRDIDA DE HUMEDAD DE
LOS RIZOMAS DE JENGIBRE A 55, 65 Y 75 °C**

Tabla 27. Datos experimentales de la pérdida de humedad de los rizomas de jengibre a 55, 65 y 75 °C

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Peso promedio (gr)	Humedad del producto (%)
55	0	150.00 ± 0.00	85.16 ± 0.10
	30	89.13 ± 1.99	50.60 ± 1.19
	60	49.03 ± 2.17	27.84 ± 1.27
	90	29.83 ± 0.80	16.94 ± 0.44
	120	24.00 ± 0.79	13.62 ± 0.44
	150	22.90 ± 0.36	13.00 ± 0.19
	180	22.50 ± 0.20	12.77 ± 0.10
	210	22.37 ± 0.15	12.70 ± 0.07
	240	22.27 ± 0.15	12.64 ± 0.07
	270	22.27 ± 0.15	12.64 ± 0.07
65	0	150.00 ± 0.00	83.82 ± 0.04
	30	85.53 ± 0.68	47.80 ± 0.37
	60	44.30 ± 1.18	24.76 ± 0.65
	90	28.93 ± 0.42	16.17 ± 0.23
	120	25.93 ± 0.50	14.49 ± 0.28
	150	24.80 ± 0.17	13.86 ± 0.09
	180	24.43 ± 0.12	13.65 ± 0.06
	210	24.27 ± 0.06	13.56 ± 0.03
	240	24.27 ± 0.06	13.56 ± 0.03
	270	24.27 ± 0.06	13.56 ± 0.03
75	0	150.00 ± 0.00	83.31 ± 0.04
	30	77.27 ± 2.04	42.91 ± 1.14
	60	39.80 ± 3.96	22.11 ± 2.19
	90	29.03 ± 0.65	16.13 ± 0.35
	120	25.70 ± 0.10	14.27 ± 0.06
	150	25.33 ± 0.25	14.07 ± 0.13
	180	25.03 ± 0.06	13.90 ± 0.03
	210	25.03 ± 0.06	13.90 ± 0.03
	240	25.03 ± 0.06	13.90 ± 0.03
	270	25.03 ± 0.06	13.90 ± 0.03

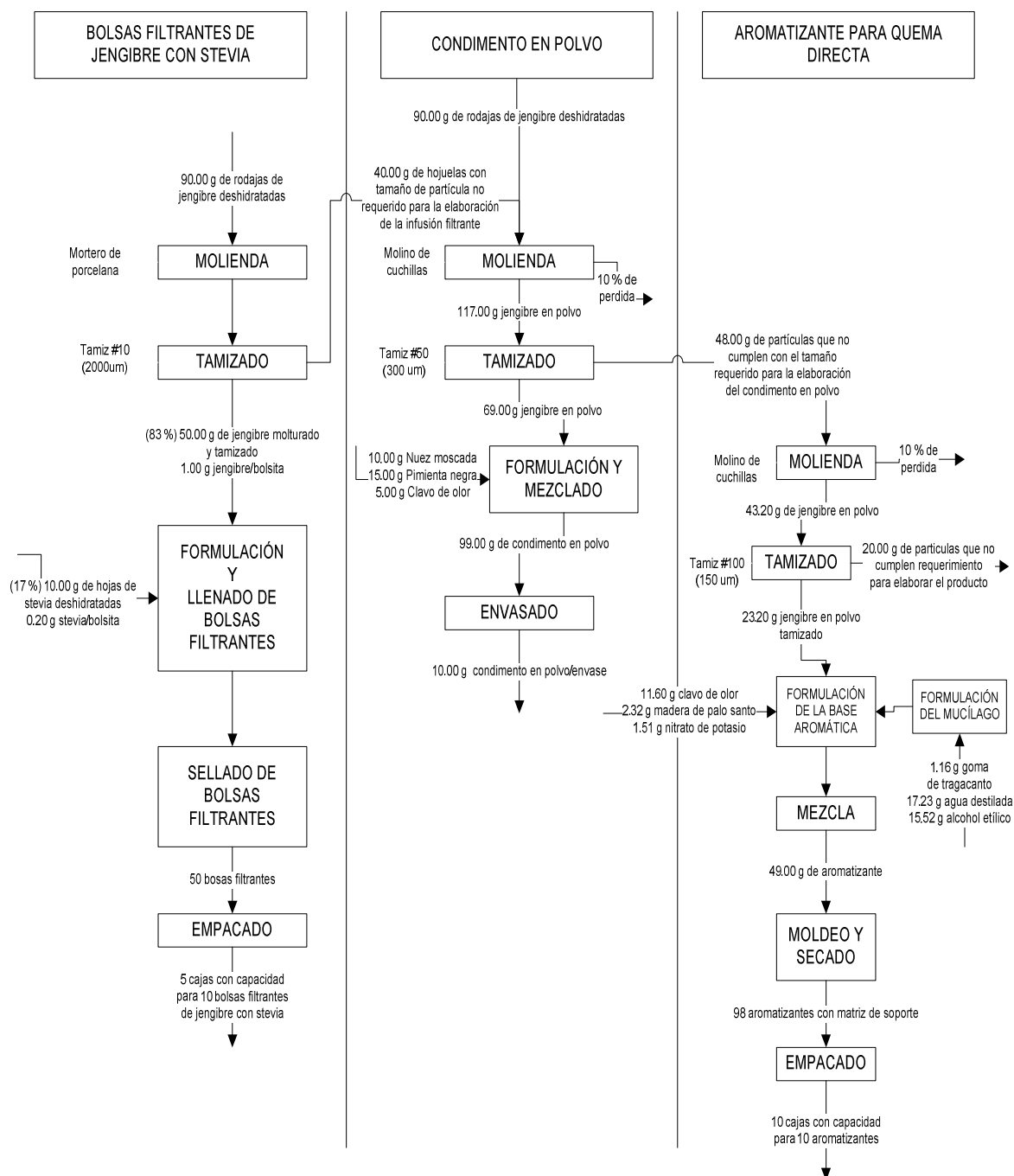
ANEXO IX

**DIAGRAMA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE LA
OLEORRESINA DEL JENGIBRE FRESCO Y MUESTRAS
DESHIDRATADAS A 55, 65 Y 75 °C**



ANEXO X

DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS PRODUCTOS DESARROLLADOS



ANEXO XI

**DATOS EXPERIMENTALES DEL PERFIL GRANULOMÉTRICO DE
LA MOLIENDA REALIZADA EN EL MORTERO DE PORCELANA
Y EN EL MOLINO DE CUCHILLAS DE LAS HOJUELAS DE
JENGIBRE DESHIDRATADAS**

Tabla 28. Datos experimentales del perfil granulométrico de la molienda realizada en mortero de porcelana de las hojuelas de jengibre deshidratadas

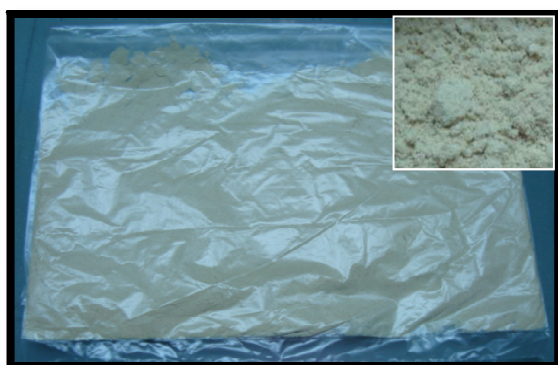
# Tamiz	Abertura del tamiz (µm)	Material retenido (gr)	% Material retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
10	2000	15.70	18.60	18.60	81.40
20	850	34.60	40.99	59.60	40.40
50	300	23.90	28.32	87.91	12.09
100	150	8.80	10.43	98.34	1.66
Fondo	0	1.40	1.66	100.00	0.00
Peso total		84.40	100.00		

Tabla 29. Datos experimentales del perfil granulométrico de la molienda realizada en molino de cuchillas de las hojuelas de jengibre deshidratadas

# Tamiz	Abertura del tamiz (µm)	Material retenido (gr)	% Material retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
10	2000	0.10	0.17	0.17	99.83
20	850	3.00	5.18	5.35	94.65
50	300	43.00	74.27	79.62	20.38
100	150	7.90	13.64	93.26	6.74
Fondo	0	3.90	6.74	100.00	0.00
Peso total		57.90	100		

ANEXO XII**TAMAÑOS DE PARTÍCULAS DERIVADAS DEL PROCESO DE
TAMIZADO CORRESPONDIENTE A LA MOLIENDA REALIZADA
EN MORTERO DE PORCELANA DE LAS HOJUELAS
DESHIDRATADAS DE JENGIBRE**

b)



c)

el mortero de porcelana
: #20; (b) 850 μ m del
del material pasante en
nte en el tamiz #100 y

ANEXO XIII

**DATOS EXPERIMENTALES DEL ANÁLISIS DE SÓLIDOS
EN SUSPENSIÓN DE LAS INFUSIONES FILTRANTES**

Tabla 30. Análisis de sólidos en suspensión de las infusiones filtrantes preparadas con tamaños de partículas de 2000, 850, 300 y 150 μm , obtenidas de la molienda realizada en el mortero de porcelana

# TAMIZ	TAMAÑO DE PARTÍCULA (μm)	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN EN INFUSIONES (g)									PROM.	SD
		1			2			3				
		Wo	Wf	Wss	Wo	Wf	Wss	Wo	Wf	Wss		
10	2000	29.33	29.36	0.03	29.33	29.35	0.02	29.33	29.35	0.02	0.02	0.01
20	850	47.62	47.67	0.05	47.62	47.69	0.07	47.62	47.66	0.04	0.05	0.02
50	300	43.01	43.10	0.09	43.01	43.12	0.11	43.01	43.11	0.10	0.10	0.01
100	150	49.50	49.63	0.13	49.50	49.60	0.10	49.50	49.62	0.12	0.12	0.02

*Wo: peso inicial de caja petri; Wf: peso final de caja petri más sólidos en suspensión; Wss: peso de sólidos en suspensión
SD: desviación estandar

ANEXO XIV

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ACEPTABILIDAD DE TRES
FORMULACIONES DE INFUSIÓN FILTRANTE A BASE DE
STEVIA Y JENGIBRE DESHIDRATADO**

Tabla 31. Análisis de varianza (One-Way ANOVA) de tres formulaciones de infusión filtrante según sus atributos organolépticos: color, aroma, sabor y pungencia

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Valores cuadráticos medios	Relación F	Valor p*
COLOR					
Formulaciones	3.24	2	1.62	0.98	0.38
Error	69.73	42	1.66		
Total	72.98	44			
AROMA					
Formulaciones	1.64	2	0.82	0.74	0.49
Error	46.93	42	1.12		
Total	48.58	44			
SABOR					
Formulaciones	28.31	2	14.16	6.19	0.00
Error	96.00	42	2.29		
Total	124.31	44			
PUNGENCIA					
Formulaciones	26.71	2	13.36	4.02	0.03
Error	139.60	42	3.32		
Total	166.31	44			

* $p < 0.05$, diferencia estadísticamente significativa entre formulaciones por cada atributo organoléptico a un 95 % de confiabilidad

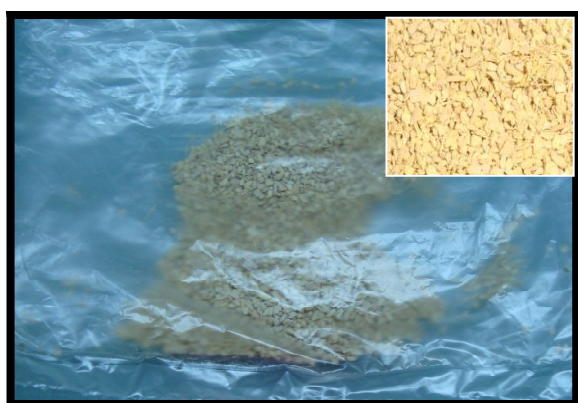
Tabla 32. Prueba de significancia (Tukey 95 %) de los atributos organolépticos: color, aroma, sabor y pungencia de las formulaciones de infusión filtrante

Formulaciones	Recuento	Media de las formulaciones	Grupos Homogéneos
COLOR			
3	15	4.80	A
2	15	4.87	A
1	15	5.40	A
Interacción	Diferencia	+/- Limites	
1 – 2	0.53	1.14	
1 – 3	0.60	1.14	
2 – 3	0.07	1.14	
AROMA			
2	15	5.40	A
1	15	5.60	A
3	15	5.87	A
Interacción	Diferencia	+/- Limites	
1 – 2	0.20	0.94	
1 – 3	-0.27	0.94	
2 – 3	-0.47	0.94	
SABOR			
3	15	3.87	B
2	15	4.33	B
1	15	5.73	A
Interacción	Diferencia	+/- Limites	
1 – 2	*1.40	1.34	
1 – 3	*1.87	1.34	
2 – 3	0.47	1.34	
PUNGENCIA			
3	15	3.67	B
2	15	3.73	BA
1	15	5.33	A
Interacción	Diferencia	+/- Limites	
1 – 2	1.60	1.62	
1 – 3	*1.67	1.62	
2 – 3	0.07	1.62	

*denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO XV

**TAMAÑOS DE PARTÍCULAS DERIVADAS DEL PROCESO DE
TAMIZADO CORRESPONDIENTE A LA MOLIENDA REALIZADA
EN EL MOLINO DE CUCHILLAS DE LAS HOJUELAS
DESHIDRATADAS DE JENGIBRE**



(b)



(d)

Figura 22. Tamaños de partículas obtenidos en la molienda realizada en el molino de cuchillas (a) 2000 μm del material pasante en el tamiz #10 y retenido en el tamiz #20; (b) 850 μm del material pasante en el tamiz #20 y retenido en el tamiz #50; (c) 300 μm del material pasante en el tamiz #50 y retenido en el tamiz #100 y; (d) 150 μm del material pasante en el tamiz #100 y retenido en el fondo.

ANEXO XVI

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA ACEPTABILIDAD DE TRES
FORMULACIONES DE CONDIMENTO EN POLVO A BASE DE
JENGIBRE DESHIDRATADO**

Tabla 33. Análisis de varianza (One-Way ANOVA) de tres formulaciones de condimento en polvo según sus atributos organolépticos: aroma, sabor y pungencia

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Valores cuadráticos medios	Relación F	Valor p
AROMA					
Tratamientos	5.91	2	2.96	2.23	0.12
Error	55.73	42	1.33		
Total	61.64	44			
SABOR					
Tratamientos	26.84	2	13.42	10.36	0.00
Error	54.40	42	1.30		
Total	81.24	44			
PUNGENCIA					
Tratamientos	20.31	2	10.16	6.72	0.00
Error	63.47	42	1.51		
Total	83.78	44			

* $p < 0.05$, diferencia estadísticamente significativa entre formulaciones por cada atributo organoléptico a un 95 % de confiabilidad

Tabla 34. Prueba de significancia (Tukey 95 %) de los atributos organolépticos: aroma, sabor y pungencia de las formulaciones del condimento en polvo

Formulaciones	Recuento	Media de las formulaciones	Grupos Homogéneos
AROMA			
1	15	5.40	A
3	15	5.47	A
2	15	6.20	A
Interacción	Diferencia	+/- Limites	
1 – 2	-0.80	0.85	
1 – 3	-0.07	0.85	
2 – 3	0.73	0.85	
SABOR			
3	15	4.87	B
1	15	5.53	B
2	15	6.73	A
Interacción	Diferencia	+/- Limites	
1 – 2	*-1.20	0.84	
1 – 3	0.67	0.84	
2 – 3	*1.87	0.84	
PUNGENCIA			
3	15	4.53	B
1	15	5.00	B
2	15	6.13	A
Interacción	Diferencia	+/- Limites	
1 – 2	*-1.13	0.91	
1 – 3	0.47	0.91	
2 – 3	*1.60	0.91	

*denota una diferencia estadísticamente significativa

ANEXO XVII

FOTOGRAFÍAS DE LA PARTE EXPERIMENTAL



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura 23. Bolsas filtrantes de jengibre con stevia (a) bolsas llenadas con hilo, (b) sellado térmico, (c) enfriamiento; (d) almacenamiento, (e) etiquetado y (f) empacado



Figura 24. Envasado del condimento en polvo a base de jengibre deshidratado



Figura 25. Preparación de la base aromática para la elaboración del aromatizante de quema directa



Figura 26. Mezcla base aromática – mucílago para la elaboración del aromatizante de quema directa

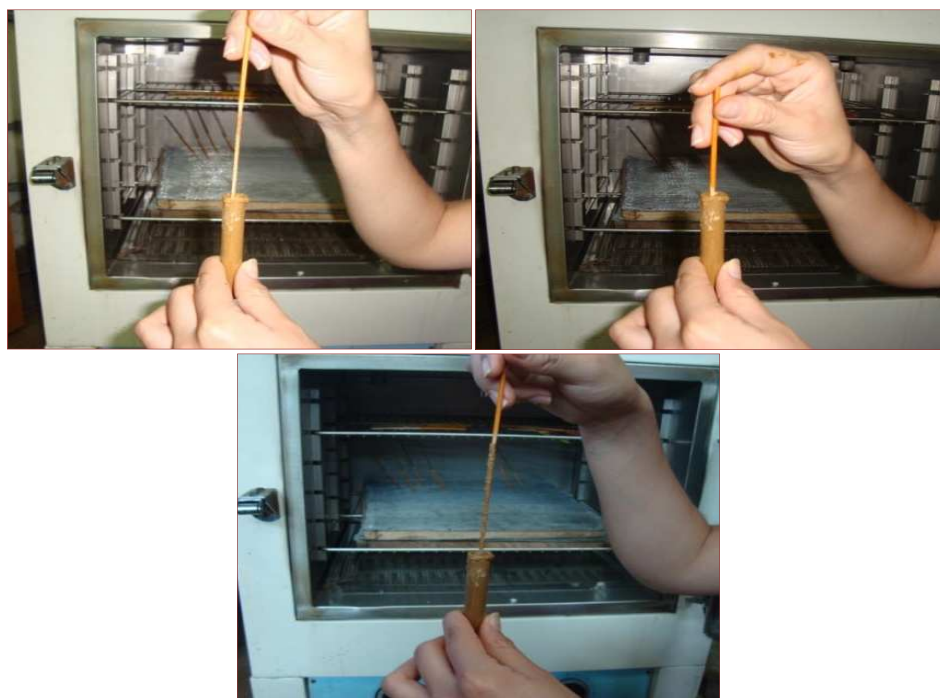


Figura 27. Etapa de moldeo de los aromatizantes



Figura 28. Etapa de secado de los aromatizantes



Figura 29. Pruebas de control de los aromatizantes