

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

EFFECTO DE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA, EL SECADO Y EL RECUBRIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE CHOCHO CROCANTE

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERAAGROINDUSTRIAL

LÓPEZ ESPINOZA GINA MARCELA
Ginal_18@yahoo.com

DIRECTOR: ING. CLARA ELENA VILLACRÉS POVEDA M. Sc.
elenavillacres9@hotmail.com

CODIRECTOR: ING. EDWIN VERA Ph.D.
edwin.vera@epn.edu.ec

Quito, junio 2013

© Escuela Politécnica Nacional (2013)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Gina Marcela López Espinoza 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.

Gina Marcela López Espinoza

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Gina Marcela López Espinoza, bajo nuestra supervisión.

Ing. Elena Villacrés Msc.

DIRECTORA DE PROYECTO

Ing. Edwin Vera Ph. D.

CODIRECTOR DEL PROYECTO

AUSPICIO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del Proyecto: Alternativas Tecnológicas para Mejorar la Competitividad de los Granos Andinos: Chocho (*Lupinus mutabilis*), Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd*), Amaranto (*Amaranthus Caudatus L.*), Sangorache (*Amaranthus Hybridus L.*), que se ejecuta en el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Papi, a mi Mami y a mi hermano por ser una familia ejemplar y ser la base de la estabilidad de mi vida, por su comprensión y por su unión.

Agradezco a la Escuela Politécnica Nacional por darme la oportunidad de llegar a ser una profesional eficaz y eficiente.

Agradezco al Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP por su apoyo económico y sobre todo por su apoyo científico para llegar a culminar dicho trabajo.

Agradezco a la ingeniera Elena Villacrés por su apoyo, su acertada guía y por su paciencia para impartir los conocimientos que permitieron realizar el presente trabajo.

Agradezco al ingeniero Edwin Vera Ph. D. por su importante colaboración y por sus sugerencias oportunas en la realización del proyecto de titulación

Agradezco a mis profesores y a todas las personas que me ayudaron en la vida profesional, en especial al Ing. Oswaldo Acuña, al Ing. César León, al Dr. Patricio Castillo, al Ing. Luis Egas, al Ing. Fernando Carrillo y al Ing. Luis Rodríguez.

Agradezco a toda mi familia por su cariño y por hacer de mi vida un sueño hecho realidad, en especial a mi ñaña Nelly, a mi mami Nelly, a mis tías y a mis primos.

A ti, Andrea Naranjo porque lo único que nos falta para ser hermanas es compartir la misma sangre.

A ti, Wladimir De La Cadena por tu apoyo, por la paz, por la tranquilidad y por todo el amor compartido.

A todos mis amigos, Gonza, Andre Gómez, Ricardo, Edu Yépez, Vero, Silva, Carlitos, Dani Villacis, Mabe, Lennin, Estelita, Jorgito, por los momentos compartidos, por la ayuda incondicional, por las risas y por la gran amistad construida.

Agradezco también de manera especial a Pablo Almeida por hacerme soñar más alto y por permanecer conmigo en el camino hacia el éxito.

DEDICATORIA

Al héroe y a la heroína de mi vida:

Mis papitos Marcelo y Gina

Por la vida

Por el amor paciente

Por los cuidados

Por la espera

Por el soporte

En fin por todo...

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	iv
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 El chocho (<i>lupinus mutabilis sweet</i>)	1
1.1.1 Generalidades	1
1.1.2 Clasificación botánica	1
1.1.3 Descripción botánica	2
1.1.4 El cultivo de chocho	3
1.1.5 Cosecha y desamargado del grano	5
1.1.6 Producción de chocho	7
1.1.7 Composición química del chocho	7
1.2 Técnicas de deshidratación	8
1.2.1 Definición e importancia	8
1.2.2 Deshidratación osmótica	9
1.2.3 Secado por conducción	10
1.2.4 Secado por convección	10
1.2.5 Secado por radiación	12
1.3 Modificación de las propiedades de los alimentos durante el procesamiento	16
1.3.1 Cambios durante la deshidratación osmótica	16
1.3.2 Cambios durante la aplicación de calor	17
1.3.2.1 Cambios en el volumen	17
1.3.2.2 Cambios en la textura	18
1.3.2.3 Cambios en el aroma	18
1.3.2.4 Cambios en la actividad de agua	18
1.3.2.5 Cambios en el color	19
1.3.2.6 Cambio en los azúcares	20
1.3.2.7 Cambios en los lípidos	21
1.3.2.8 Cambios en las vitaminas y minerales	23
1.3.2.9 Cambios en las proteínas	23
1.3.3 Cambios durante el secado por microondas	25
1.4 Coberturas amiláceas de los alimentos, para la modificación de la textura	27
1.5 Los snacks	30
2. MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.1 Materiales	32
2.1.1 Materia prima	32
2.1.2 Ingredientes	32

2.1.3	Reactivos	32
2.1.4	Equipos	33
2.2	Determinación de las características físico-químicas del chocho fresco desamargado	34
2.2.1	Desamargado del chocho	34
2.2.2	Determinación de las características físicas del chocho fresco desamargado	34
2.2.3	Determinación de las características química del chocho fresco desamargado	35
2.3	Selección de la formulación para la deshidratación osmótica	36
2.4	Evaluación del efecto de dos técnicas de secado en las características físico químicas del chocho	38
2.5	Determinación de los parámetros óptimos para la aplicación de una cobertura	40
2.6	Determinación de las características físicas y el perfil nutricional del chocho con cobertura crocante	42
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
3.1	Características físico-químicas del chocho fresco desamargado	44
3.1.1	Evaluación de las características físicas del chocho fresco desamargado	44
3.1.2	Evaluación de las características químicas del chocho fresco desamargado	46
3.2	Selección de la formulación para la deshidratación osmótica	49
3.3	Evaluación del efecto de dos técnicas de secado en las características físico químicas del chocho	52
3.3.1	Tamaño del grano	53
3.3.2	Componentes del color	54
3.3.3	Textura del grano	55
3.3.4	Actividad de agua	55
3.3.5	Curvas de secado	56
3.3.6	Biodisponibilidad de nutrientes en el chocho seco	58
3.4	Determinación de los parámetros óptimos para la aplicación de una cobertura	60
3.5	Determinación de las características físicas y el perfil nutricional del chocho con cobertura crocante	68
3.5.1	Evaluación de las características físicas del chocho crocante	68
3.5.2	Evaluación de las características químicas del chocho crocante	73

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
4.1 Conclusiones	80
4.2 Recomendaciones	82
BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1. 1.	Clasificación taxonómica de <i>Lupinus mutabilis</i> Sweet	2
Tabla 1. 2.	Composición nutricional del chocho amargo y desamargado	7
Tabla 2. 1.	Tipos de soluciones y tratamientos para la deshidratación osmótica del chocho	37
Tabla 2. 2.	Tratamientos para determinar el efecto del secado, sobre las características físico-químicas del chocho	39
Tabla 2. 3.	Factores en estudio para la aplicación de la cobertura	41
Tabla 2. 4.	Tratamientos para la aplicación de una cobertura en el grano de chocho deshidratado	42
Tabla 3. 1.	Caracterización física del chocho fresco desamargado	44
Tabla 3. 2.	Composición proximal del chocho fresco desamargado	46
Tabla 3. 3.	Contenido mineral del chocho fresco desamargado	47
Tabla 3. 4.	Biodisponibilidad de Fe, Zn, Ca, P y proteína (%) para el chocho fresco desamargado	48
Tabla 3. 5.	Efecto de la deshidratación osmótica en la pérdida de peso y humedad del chocho	49
Tabla 3.6.	Aceptabilidad general del chocho sumergido en diferentes soluciones osmóticas	50
Tabla 3. 7.	Características físicas del chocho desamargado seco	53
Tabla 3. 8.	Biodisponibilidad de nutrientes del chocho secado por aire forzado y microondas	58
Tabla 3. 9.	Calificaciones promedio del chocho con diferentes tratamientos de recubrimiento	60
Tabla 3. 10.	Sumatoria de los promedios de los diferentes atributos sensoriales evaluados	61
Tabla 3. 11.	Características físicas del chocho con cobertura crocante	68
Tabla 3. 12.	Biodisponibilidad de nutrientes en el chocho con recubrimiento	74
Tabla AXIII. 1.	Tratamientos del snack de chocho	138

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1. 1	Etapas del secado en los alimentos	11
Figura 3.1.	Categoría de aceptación del chocho, en diferentes soluciones osmóticas	51
Figura 3. 2 .	Curva de secado del tratamiento con aire forzado a 60 °C y 70 °C (Curva promedio de tres repeticiones).	56
Figura 3. 3 .	Curva de secado del chocho secado con microondas. (Curva promedio de tres repeticiones)	57
Figura 3. 4.	Respuestas sensoriales descriptivas para el chocho con recubrimiento de los tratamientos T1 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de agua, 30 minutos de horneó), T2 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de cerveza, 30 minutos de horneó) y T3 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de agua, 30 minutos de horneó)	62
Figura 3. 5.	Respuestas sensoriales descriptivas para el chocho con recubrimiento de los tratamientos T4 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de cerveza, 30 minutos de horneó), T5 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de agua, 30 minutos de horneó) y T6 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de cerveza, 30 minutos de horneó)	63
Figura 3. 6.	Respuestas sensoriales descriptivas para el chocho con recubrimiento de los tratamientos T7 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de agua, 35 minutos de horneó), T8 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de cerveza, 35 minutos de horneó) y T9 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de agua, 35 minutos de horneó)	64
Figura 3. 7.	Respuestas sensoriales descriptivas para el chocho con recubrimiento de los tratamientos T10 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de cerveza, 35 minutos de horneó), T11 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de agua, 35 minutos de horneó) y T12 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de cerveza, 35 minutos de horneó)	65
Figura 3. 8.	Comparación de la dureza entre el producto final y el fresco	69
Figura 3. 9.	Diferencias del tamaño entre el producto final y el fresco	70

Figura 3. 10.	Diferencia del color entre el chocho fresco y el producto final	71
Figura 3. 11.	Diferencia de la actividad de agua entre el chocho fresco y el producto final	72
Figura 3. 12.	Diferencia de la humedad entre el chocho fresco y el producto final	72
Figura 3. 13.	Diferencia del peso de 100 granos entre el chocho fresco y el producto final	73
Figura 3. 14.	Biodisponibilidad de minerales en el chocho desamargado y con recubrimiento	74
Figura 3. 15.	Digestibilidad de la proteína del chocho desamargado y con recubrimiento	75
Figura 3. 16.	Composición proximal del chocho fresco y con recubrimiento	76
Figura 3. 17.	Diagrama de bloques de los procesos de deshidratación osmótica, secado y recubrimiento del chocho	77
Figura 3. 18.	Contenido de macrominerales del chocho desamargado y con recubrimiento	79
Figura 3. 19.	Contenido de microminerales del chocho desamargado y con recubrimiento	79
Figura AVI. 1.	Formato de la prueba de ordenamiento por preferencia	119
Figura VII. 1.	Formato de la prueba de aceptabilidad y cata (parte 1)	122
Figura VII. 2.	Formato de la prueba de aceptabilidad y cata (parte 2)	123
Figura VIII. 1.	Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la pérdida de peso	124
Figura VIII. 2.	Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la pérdida de humedad	125
Figura X. 1.	Estadístico “t student” para la textura del grano seco	127
Figura X. 2.	Estadístico “t student” para el tamaño del grano seco	127
Figura X. 3.	Estadístico “t student” para las coordenadas de color del grano seco	128
Figura X. 4.	Estadístico “t student” para la humedad del grano seco	128

Figura X. 5.	Estadístico “t student” para la actividad de agua del grano seco	128
Figura X. 6.	Estadístico “t student” para el rendimiento del grano seco	129
Figura X. 7.	Estadístico “t student” para la digestibilidad de la proteína del grano seco	129
Figura X. 8.	Estadístico “t student” para la biodisponibilidad de Fe, Ca, Zn y P del grano seco	129
Figura XI. 1.	Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la apariencia global.	130
Figura XI. 2.	Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la apariencia	131
Figura XI. 3.	Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para el color	131
Figura XI. 4.	Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para el olor	132
Figura XI. 5.	Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para el sabor	132
Figura XI. 6.	Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la crocancia	133
Figura XII. 1.	Estadístico “t student” para la textura del grano seco	134
Figura XII. 2.	Estadístico “t student” para el tamaño del grano fresco y del grano crocante	134
Figura XII. 3.	Estadístico “t student” para las coordenadas de color del grano fresco y del grano crocante	135
Figura XII. 4.	Estadístico “t student” para la actividad de agua del grano fresco y del grano crocante	135
Figura XII. 5.	Estadístico “t student” para el peso de 100 granos del grano fresco y del grano crocante	135
Figura XII. 6.	Estadístico “t student” para la humedad del grano fresco y del grano crocante	135
Figura XII. 7.	Estadístico “t student” para la biodisponibilidad de Fe, Ca, Zn y del grano fresco y del grano crocante	136
Figura XII. 8.	Estadístico “t student” para el análisis proximal del grano fresco y del grano crocante	136

Figura XII. 9.	Estadístico “t student” para el contenido mineral del grano fresco y del grano crocante	136
Figura XIII. 1.	Imágenes del chocho secado por aire forzado en estufa a 60 `C, por aire forzado en estufa a 70 `C y por microondas	137
Figura XIII. 2.	Comparación del chocho secado por aire forzado y por microondas	137

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Método de evaluación de la textura	103
ANEXO II Método de evaluación de color	105
ANEXO III Métodos utilizados para determinar el contenido de minerales	107
ANEXO IV Método utilizado para determinar la digestibilidad de la proteína	113
ANEXO V Método utilizado para determinar la biodisponibilidad de minerales	115
ANEXO VI Análisis sensorial para preferencia global y sabor del grano - prueba de ordenamiento por preferencia	118
ANEXO VII Análisis sensorial para aceptabilidad de un snack de chocho - Prueba de aceptabilidad y cata (Check all that applies o Tildar todo lo que corresponda)	120
ANEXO VIII Análisis de varianza y prueba de de tuckey al 5% para la pérdida de peso y la pérdida de humedad del grano de chocho en distintas soluciones osmóticas.	124
ANEXO IX Ensayo de friedman para la aceptabilidad del chocho sumergido en distintas soluciones osmóticas	126
ANEXO X Prueba no paramétrica “t student” para la evaluación de las distintas técnicas de secado	127
ANEXO XI Análisis de varianza y prueba de de tuckey al 5% para los parámetros de evaluación en el análisis sensorial del chocho crocante	130
ANEXO XII Prueba no paramétrica “t student” para la comparación entre el chocho fresco y el snack de chocho crocante	134
ANEXO XIII Fotos	137

RESUMEN

Debido a la necesidad de contribuir a una adecuada nutrición de los consumidores, la investigación del presente trabajo se enfocó en evaluar el efecto de la deshidratación osmótica, la técnica de secado y la aplicación de una cobertura en la obtención de chocho crocante, para lo cual en primera instancia se determinó las características físico-químicas del *Lupinus mutabilis* Sweet fresco desamargado (variedad INIAP-450 Andino). El grano presentó un promedio de 13,46 mm de largo, 11,6 mm de ancho y 6,49 mm de espesor. Para la actividad de agua, se registró un valor de 0,96, con un contenido de humedad del 74,25%. En base seca el contenido de proteína del grano fue de 51,72% y la grasa de 21,63%. El calcio (0,50%) y el fósforo (0,43%) fueron los macrominerales mayoritarios y los microelementos presentes fueron el hierro (99,33 ppm) y el zinc (54,33 ppm). La digestibilidad de la proteína alcanzó un valor promedio 89,98%.

Posteriormente se sometió al chocho a deshidratación osmótica sumergiéndolo en soluciones salina, de cebolla con sal, de ácido cítrico con sal y de ají con sal. Al realizar una prueba sensorial de ordenamiento por preferencia; los consumidores seleccionaron el chocho sumergido en solución salina, tratamiento que se utilizó para las siguientes etapas.

El chocho deshidratado osmóticamente, fue luego sometido a 2 métodos de secado hasta alcanzar una humedad aproximada del 10% y se evaluó su efecto en las características físico químicas del chocho. El primer método fue por secado con aire forzado, usando dos temperaturas (60 y 70°C) y el segundo método de secado fue la aplicación de microondas.

El mayor tamaño lo presentó el grano secado mediante la aplicación de microondas, la digestibilidad de la proteína bajo hasta el 85% aproximadamente en los tres tratamientos y en general, el secado del grano con aire caliente a una temperatura de 60°C, afectó en menor grado a la disponibilidad de los nutrientes evaluados.

Por las características físicas se escogió el tratamiento con microondas, el cual fue posteriormente sometido a 12 tratamientos de recubrimiento que combinaban tres variables: relación grano:cobertura, formulación del jarabe de cobertura y tiempo de horneado. Los tratamientos fueron evaluados sensorialmente por 50 consumidores, con la finalidad de determinar los parámetros óptimos para la aplicación de la cobertura en el grano deshidratado.

El tratamiento escogido como el de mayor preferencia fue el que incluyó condiciones de proporción de chocho: jarabe de cobertura de 1:1,25; con una formulación de jarabe de cobertura de agua (5,22%), cerveza (15,55%), harina de trigo (70,73%), sal (1,00%), azúcar (7,50%) y 35 minutos de horneado.

Finalmente se determinaron las características físicas y el perfil nutricional del chocho con cobertura crocante. El producto crocante presentó una dureza 3,4 veces mayor al grano fresco, un tamaño promedio de 12,84 mm de largo, 10,75 mm de ancho, y 7,27 mm de espesor y actividad de agua de apenas 0,15. Se obtuvo un incremento en la biodisponibilidad de minerales y una disminución en la digestibilidad de la proteína (82,85%).

Se encontró que mediante los procesos aplicados al chocho fresco desamargado, se obtuvo un producto crocante de gran aceptación por parte de los consumidores y con mejores características de conservación.

INTRODUCCIÓN

La tendencia actual de la alimentación se orienta al consumo de productos que contribuyan a la nutrición, a la salud y que cubran las necesidades, en especial, las proteicas (Figuroa, Lama y Carrillo, 2006), cuya ingesta diaria recomendada es de 0,6 gramos por cada kilogramo de peso. Las proteínas pueden ser de origen animal y vegetal como las legumbres, los cereales y los tubérculos-raíces. Es necesario combinar varias de ellas para obtener todos los aminoácidos esenciales (Vélez, 2008, p. 3).

Pese a las recomendaciones de los especialistas, el consumo de proteína en los países en vías de desarrollo es muy limitado, menor al 10% de los requerimientos diarios. La proteína de origen animal es escasa y más costosa, es por ello que la proteína de origen vegetal constituye una buena fuente alternativa de dicho nutriente, más aún cuando los cereales, las raíces y los tubérculos componen casi las tres cuartas partes de la dieta diaria en los países en vías de desarrollo. Una situación similar ocurre con el consumo de grasas donde el 63% de la población mundial tiene a su disposición menos de 60 g de grasas por persona por día, mientras que el 11,5% dispone de más de 120 g. La mayor disponibilidad de dicho nutriente está en los países desarrollados, los cuales también tienen un mayor consumo de ácidos grasos insaturados (Vélez, 2008, p. 3; FAO, 1993).

La disponibilidad energética ha aumentado en un 3% para América Latina y en Ecuador este aumento ha sido del 16% entre los años 1979 al 2001. Así mismo, la disponibilidad de proteínas se incrementó a nivel mundial en el mismo período de tiempo, la cual pasó de 67 g per cápita/día a 76 g, pero en América Latina permaneció en 67 g (Morón, Alonso y Crovetto, 2005, p. 5).

El país de América Latina con mayor consumo de proteínas es Brasil, con un consumo de 80 a 104g per cápita/día, y los países con menor consumo son República Dominicana y Haití, con 45 y 50 g, respectivamente (Morón et al., 2005, pp. 7-8).

Desde 1979 hasta el 2001, la disponibilidad de grasas a nivel mundial aumentó de 59 g per cápita/día a 76 g y en América Latina el incremento fue de 62 g a 71 g per cápita/día. El Ecuador tuvo un aumento significativo de 60 g per cápita/día en 1979 a 90 g per cápita/día en el 2001 (Morón et al., 2005, p. 9).

En este contexto, el desarrollo o mejora de productos que contribuyan a la nutrición es importante para la industria de alimentos y el chocho constituye un alimento apropiado y de interés para satisfacer estas demandas. El grano desamargado presenta alto valor nutritivo, con un alto contenido de proteína, grasas no saturadas, fibra y minerales. En base seca, posee un contenido de proteína de alrededor de 51% y un contenido de aceite de alrededor de 29% en el que predomina los ácidos oleico, linoleico y linolénico (Cortés, Chiralt y Puente, 2005, p. 2; Villacrés, Rubio, Egas y Segovia, 2006, p. 3).

Sin embargo la diversificación del uso del grano aún es muy limitada por lo que el objetivo general de este estudio se orienta a evaluar el efecto de la deshidratación osmótica, la técnica de secado y la aplicación de una cobertura crocante, en la obtención de un producto crocante, para lo cual se determinó las características físico-químicas del chocho fresco desamargado, con énfasis en la textura del grano. Se seleccionó la formulación de mayor preferencia para la deshidratación osmótica. Se evaluó el efecto de 2 técnicas de secado en las características físico químicas del chocho. Se determinó los parámetros óptimos para la aplicación de una cobertura, en el grano deshidratado y se determinó las características físicas y el perfil nutricional del chocho con cobertura crocante.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 EL CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet)

1.1.1 GENERALIDADES

El tarwi, chocho, lupino o lupin (*Lupinus mutabilis* Sweet) es una leguminosa que se la encuentra en la zona andina de Perú, Bolivia, el Ecuador, Argentina y Chile, cuyas semillas se emplean en la zona que abarcan esos países desde la época preincaica, para la nutrición humana y animal (Jacobsen y Mujica, 2006, p.459)

Existen gran cantidad de variedades de *Lupinus mutabilis* Sweet, la más utilizada en el Ecuador es la variedad INIAP 450 Andino que es además la variedad utilizada en la presente investigación. Esta procede de una población de germoplasma del Perú, introducida en Ecuador en 1992, su mejoramiento genético se realizó por selección y como línea promisoría fue evaluada en diferentes ambientes a partir de 1993, habiéndose entregado a los agricultores, seis años después como variedad mejorada con la denominación anteriormente citada (Peralta, Mazón, Murillo, Villacrés, Rivera y Subía, 2009, p. 4).

1.1.2 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

La clasificación taxonómica de *Lupinus mutabilis* Sweet se presenta en la tabla 1.1.

Tabla 1. 1. Clasificación taxonómica de *Lupinus mutabilis* Sweet*

División	Espermatofita
Sub-división	Angiosperma
Clase	Dicotilénóneas
Sub-clase	Arquiclamideas
Orden	Rosales
Familia	Leguminosas
Sub-familia	Popilionoideas
Tribu	Genisteas
Género	<i>Lupinus</i>
Especie	<i>Mutabilis</i>
Nombre científico	<i>Lupinus mutabilis</i> Sweet
Nombres comunes	Chocho, tarwi

*(Caicedo, Peralta y Rivera, 2001, p. 4)

1.1.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El *Lupinus mutabilis* Sweet posee una raíz pivotante y robusta, que alcanza una profundidad de hasta 2 metros y su desarrollo es influenciado por factores intrínsecos y extrínsecos (Peralta, Mazón, Murillo, Villacrés, Rivera y Subía, 2009). La raíz posee nódulos simbióticos con bacterias del género *Rhizobium*, con una producción de hasta 50 g de nódulos (Tapia, 2000).

La altura del tallo fluctúa de 0,50 a 2,50 metros y un promedio de 1,80 metros. El tallo es cilíndrico y leñoso, tiene ramificación en forma de V y un color que varía de verde a gris-castaño, según el grado de tejido leñoso (Villacrés, Rubio, Egas y Segovia, 2006, p. 2)

Las hojas son palmeadas y digitadas, contienen entre 5 a 12 folíolos oblongo lanceolados y delgados. Se presentan pequeñas hojas estipulares en la base del pecíolo, cuyo color varía entre verde y morado según el contenido de antocianina de la planta (Caicedo, Peralta y Rivera, 2001, p. 3).

La inflorescencia es racemosa terminal con varios verticilios florales, mayor en longitud en el eje principal que disminuye en las laterales, cada una de 5 flores, las cuales tienen colores que varían por las antocianinas y flavonas que contenga la planta, desde el azul, morado, púrpura, celeste y rosado, hasta el amarillo, crema y blanco. La corola está formada por cinco pétalos: un estandarte, dos quillas y dos alas. La quilla envuelve al pistilo y a los diez estambres monadelfos. Las anteras son de dos tamaños dispuestas en forma alternada. El estilo de la flor es encorvado y el cáliz presenta un borde dentado y pubescente (Caicedo et al. 2001, p. 3).

EL fruto es en legumbre pubescente, indehiscente en las cultivadas y con cierta dehiscencia en las semicultivadas y silvestres. De forma elíptica u oblonga. La vaina es alargada de 5 a 12 centímetros, según el número de semilla y pueden contener hasta 9 semillas (Tapia, 2000).

Existe amplia variabilidad genética en cuanto a la coloración de la semilla, desde el blanco puro hasta el negro, pasando por colores intermedios como el amarillo, bayo, pardo, gris, etc., con una gama amplia de pigmentaciones secundarias en el tegumento (Villacrés et al., 2006, p. 3). La semilla es lenticular, de 8-10 milímetros de largo y 6-8 milímetros de ancho, con tegumento endurecido que representa el 10 por ciento de la semilla y contiene alcaloides (Tapia, 2000).

1.1.4 EL CULTIVO DE CHOCHO

Las áreas agroecológicas ideales para el cultivo del chocho son las secas y arenosas y templadas-frías, de los valles interandinos y altiplanos (Caicedo y Peralta, 2000, p. 3).

El chocho es una planta herbácea anual que se adapta a diferentes tipos de suelos, siendo los apropiados los arenosos y franco arenosos, con balance adecuado de nutrientes y buen drenaje. Se adapta en suelos con pH de 5,5 a 7,6

y se cultiva en una altitud entre 2000 y 3800 metros sobre el nivel del mar (Caicedo et al., 2001, p. 4; Tapia, 2000).

No tolera las heladas en la fase de formación del racimo y madurez, la temperatura debe fluctuar entre 7 y 14 grados centígrados, posteriormente tolera nubosidad, sequía, granizo leve y es susceptible a excesos de humedad (Caicedo et al., 2001, p. 4; Tapia, 2000). Sus requerimientos de precipitación se sitúan en 300 milímetros en el ciclo (Peralta et al., 2009).

En el Ecuador la mayor producción de chocho se centra en el sector andino central, en especial, en el sector rural de las provincias de Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo (Caicedo y Peralta, 2000, p. 5).

Para cultivar chocho se realizan tres labores para la preparación del suelo: arada, rastrada y surcada o “huachada” con tractor o yunta. En Cotopaxi y en la mayor parte de Chimborazo se utilizan terrenos de buena calidad en nutrientes, en tanto que en el resto de Chimborazo, Pichincha e Imbabura se utiliza cualquier tipo de terreno a fin de aprovechar en mayor medida la reducida extensión de las explotaciones agrícolas o fincas (Moncayo, Barrera, Caicedo, Peralta y Rivera, 2000, p. 21).

Se siembra entre enero a abril y de septiembre a diciembre. La mayor parte de productores desean sembrar una variedad precoz (6 a 7 meses) aunque hay quienes desearían seguir con las variedades locales tradicionales. La mayoría de productores usan semilla de cosechas anteriores y el resto adquieren en el mercado. Hay variabilidad en la cantidad de semilla utilizada para la siembra (Moncayo et al., 2000, p. 21).

Sólo algunos productores utilizan fertilizantes, debido a que se elevan los costos de producción. En otros casos se realiza la siembra de chocho tras cultivar papa en el ciclo anterior (Moncayo et al., 2000, p. 22).

Algunos productores realizan la deshierba, en forma manual o con yunta, en tanto que el aporque se lo efectúa con yunta o no se lo hace, a fin de aprovechar la maleza para alimentar animales menores (Moncayo et al.,2000, p. 21).

Entre las principales plagas se identifican: a) plagas del suelo como cutzo (*Barotheus castaneus*), trozador, choclocuro, ayabala (*Agrotis ypsilon*) y barrenador menor del tallo (*Elasnopalpus lignosellus*); b) plagas aéreas como chinche del chocho (*Proba sallei*), barrenador del ápice del tallo (*Díptero*) y trips de la flor del chocho (*Frankiniella* sp); c) plagas de grano almacenado, se han observado por lo menos dos, una de las cuales ha sido diagnosticada como *Nemapogon granellus* (L), de la familia Tineidae, orden Lepidoptera (Rivera y Gallegos, 2001, pp. 31-34).

Entre las principales enfermedades se identifican: a) pudriciones radiculares como Fusariosis, mal del talluelo, rhizoctoniosis y b) enfermedades foliares como antracnosis, cercosporiosis, mancha anular, mancha del tallo o Ascoquita, pudrición blanca y roya (Castillo y Ochoa, 2001, pp. 20-30).

1.1.5 COSECHA Y DESAMARGADO DEL GRANO

Procede la cosecha del chocho cuando las hojas se amarillan y caen, el tallo se endurece, las vainas se secan y los granos presentan consistencia. Se efectúan dos cosechas: la primera de granos de mayor tamaño para ser utilizados como semilla y la segunda 20 o 30 días. En forma tradicional se utilizan hoces para cortar las plantas o las vainas y luego la trilla se efectúa mediante el golpe de las vainas secas con varas de madera, para luego aventar y seleccionar el grano. La trilla tecnificada incluye la utilización de trilladoras, provistas de un sistema de limpieza y clasificación del grano (Caicedo, Peralta, Villacrés y Rivera, 2001, p. 1)

Después de la cosecha se hace una limpieza y clasificación del grano o semilla que se puede realizar manualmente con cribas o artificialmente con máquinas clasificadoras de semillas (Peralta, Mazón, Murillo, Rivera y Monar, 2009, p.

24) después se procede al secado en dos modalidades: a) si el grano es para semilla lo recomendable es secarlo a la sombra b) si el grano es para el consumo el secado puede ser natural o artificial, el primero al sol y el segundo con secadores (Caicedo et al., 2001, p. 4)

El grano se almacena en bodegas de baja humedad relativa, con ventilación y libre de insectos. Para el almacenamiento, el grano debe tener una humedad inferior al 13% (Peralta et al., 2009, p. 28).

El grano de chocho no puede ser consumido directamente después de ser cosechado por su alto contenido de alcaloidesquinolizidínicos, los cuales le dan un sabor amargo, por ello es necesario proporcionarle un tratamiento de eliminación de dichas sustancias para su utilización aplicando un proceso térmico-hídrico (Caicedo et al., 2001, p. 4; Villacrés, Caicedo y Peralta, 2000, p. 28; Villacrés, Peralta, Cuadrado, Revelo, Abdo y Aldáz, 2009, p. 6)

El grano seco seleccionado debe ser remojado durante 12 a 14 horas en agua potable (Peralta et al., 2009, p. 29). Los granos que flotan en el recipiente deben ser desechados y se puede usar como abono (Villacrés et al., 2000, p. 29)

Tras su hidratación el grano debe ser sometido a cocción entre 30 y 40 minutos (Peralta et al., 2009, p. 29). Se determina el punto final de cocción presionando el grano entre los dedos: si la cáscara se desprende con facilidad el grano está listo para el lavado (Villacrés et al., 2000, p. 30).

Luego de la cocción al grano se lo mantiene en agua por cuatro a cinco días para la eliminación de alcaloides remanentes de los procesos de remojo y cocción. El proceso de desamargado presenta ventajas y desventajas. Entre las primeras, se cita, la destrucción de la viabilidad de las semillas y de enzimas y la desaparición del sabor amargo características. Las desventajas del proceso se refieren al tiempo prolongado en la eliminación de alcaloides, pérdida de nutrientes como carbohidratos y algunos minerales (Villacrés et al., 2000, p. 30).

El grano listo para el consumo se lo envasa en fundas de plástico y se lo conserva en refrigeración o congelado hasta por 3 meses(Peralta et al., 2009, p. 30).

1.1.6 PRODUCCIÓN DE CHOCHO

El último censo agropecuario reveló que para el año 2000 existían 4217 ha de chocho en monocultivo y 1757 ha en asociación con otros cultivos. La producción aproximada fue de 789 Tm/año de las cuales solo 601 Tm/año fueron vendidas (MAGAP, 2002).

La variedad más utilizada es la desarrollada por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) que lleva el nombre de INIAP 450 Andino. Esta se desarrolla en óptimas condiciones en Ecuador, y se considera como una variedad resistente (Peralta, Caicedo, Murillo, Rivera y Pinzón, 2010, p. 1).

1.1.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CHOCHO

La composición nutricional del chocho amargo y desamargado se presenta en la Tabla 1.2. En ella se destaca el alto contenido de proteína de esta la leguminosa. Se observa también la presencia de macrominerales como el calcio, magnesio, fósforo, potasio y de microminerales como el hierro, zinc, manganeso y cobre.

Tabla 1. 2. Composición nutricional del chocho amargo y desamargado

COMPONENTE	CHOCHO AMARGO	CHOCHO DESAMARGADO
Proteína (%)	47,8	54,05
Grasa (%)	18,80	21,22
Fibra (%)	11,07	10,37
Cenizas (%)	4,52	2,54
Humedad (%)	10,13	77,05
ELN (%)	17,02	11,62
Alcaloides (%)	3,26	0,03
Azúcares totales (%)	1,95	0,73
Azúcares reductores (%)	0,42	0,61
Almidón total (%)	4,34	2,88
K (%)	1,22	0,02
Mg (%)	0,24	0,07
Ca (%)	0,12	0,48
P (%)	0,60	0,43
Fe (ppm)	78,45	74,25
Zn (ppm)	42,84	63,21
Mn (ppm)	36,72	18,47
Cu (ppm)	12,05	7,99

(Villacrés et al., 2006, p. 5)

1.2 TÉCNICAS DE DESHIDRATACIÓN

1.2.1 DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

El secado es la eliminación de la mayor cantidad de agua presente en un alimento, mediante la aplicación de calor bajo condiciones controladas y consiste en la difusión del agua en el interior del alimento hasta su evaporación por acción del calor suministrado. Según la humedad final del alimento se puede considerar a este como seco o como deshidratado. “Un producto deshidratado es el que no contiene más de 2,5% de agua, mientras que el alimento seco es todo producto

alimenticio que ha sido expuesto a un proceso de eliminación del agua y que contiene más de 2,5% de agua” (Barat, Grau y Maupoey, 1998, p. 3; Cañizares, Bonafine y Laverde, 2007, p. 11)

El secado de alimentos es un método muy antiguo para la conservación de productos perecederos pues al eliminar el agua libre presente en el alimento se reduce la actividad microbiana y enzimática. Se ha registrado que la técnica de secado al sol es la más antigua, luego se desarrolló el secado con humo de combustión de carbón pero con limitaciones debido al cambio de sabor de los alimentos. La industria de alimentos utiliza el secado para un sin número de aplicaciones en varios alimentos (Almada, Cáceres, Machaín-Singer y Pulfer, 2005, p. 5; Casp y Abril, 2003, p. 20).

1.2.2 DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

En la deshidratación osmótica se sumerge el alimento en una solución de alta concentración de solutos. Los gradientes de agua y solutos presentados en la solución y en el alimento provocan un flujo de agua del producto a la solución y una migración de los sólidos de la solución hacia el producto a través de la membrana semipermeable del alimento. Así los fenómenos de transporte que intervienen en el proceso son el transporte de materia y de energía (Barat et al., 1998, pp. 3-5; Brennan, 2008, pp. 104-105).

Se utilizan como solutos por lo general glucosa, fructosa, sacarosa, cloruro de sodio e hidrolizados de almidones. Los solutos de menor peso molecular reducen más la actividad de agua de la solución y pasan más fácilmente a través de la membrana del alimento. La concentración de la solución osmótica influye también en la viscosidad de la solución, y por consiguiente en la velocidad de deshidratación (Barat et al., 1998, p. 13; Torregiani, 1993, p. 59).

La temperatura del proceso influye en la velocidad de transferencia de materia, la cual aumenta con el incremento de la temperatura, sin dejar de lado los cambios

propios de aplicación de altas temperaturas (Barat et al., 1998, p. 12; Torregiani, 1993, p. 60).

1.2.3 SECADO POR CONDUCCIÓN

Esta clase de transferencia de calor se da a un medio inmóvil (sólido) a través de una superficie caliente, es interna y lenta. El calor se desplaza lentamente por propagación progresiva de la agitación molecular (Mafart, 1994, p. 5; Mujumdar, 2006, p. 22).

La velocidad de transporte depende de la conductividad térmica, característica inherente de los cuerpos. En el caso de los alimentos es difícil de determinar ya que estos son sistemas complejos de estructuras heterogéneas (Mafart, 1994, p. 6).

1.2.4 SECADO POR CONVECCIÓN

En el secado por convección el calor lo dona un fluido. El “fluido calefactor” es aquel que almacena el calor y está en movimiento (aire caliente, vapor, agua)(Mafart, 1994, p. 3; Mujumdar, 2006, p. 21). Aun cuando se llama secado por convección en realidad el mecanismo de transferencia de calor del medio calefactor y la superficie del alimento es la convección, mientras que el mecanismo de transferencia de calor entre la superficie del producto y su centro es la conducción (Mafart, 1994, p. 10).

El proceso de secado por aire caliente se compone de cuatro períodos: la etapa de precalentamiento, el periodo de velocidad constante, el periodo de velocidad decreciente y un segundo periodo de velocidad decreciente (Casp y Abril, 2003, p. 334). La figura 1.1. muestra las etapas del secado.

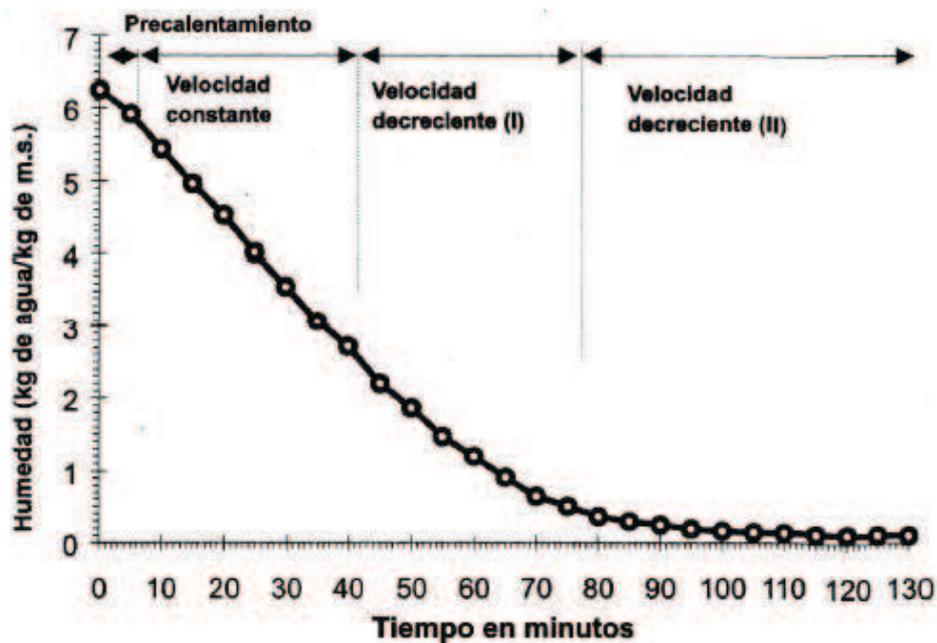


Figura 1. 1. Etapas del secado en los alimentos
(Casp y Abril, 2003, p. 334)

La primera etapa se refiere al precalentamiento donde el alimento y su contenido acuoso alcanzan la temperatura de bulbo húmedo del entorno secante. Como el producto tiene una temperatura menor que el aire caliente, la presión de vapor del alimento es baja pero el gradiente de temperatura entre el producto y el aire de secado es elevado. El calor del aire se emplea más para calentar la superficie del alimento que para lograr la evaporación del agua. Este periodo termina cuando se alcanza el equilibrio estacionario (Casp y Abril, 2003, p. 335).

En el periodo de velocidad constante, el alimento tiene la temperatura del bulbo húmedo del aire caliente y el flujo de calor intercambiado se emplea para evaporar el agua que sale a la superficie del producto desde su interior principalmente por capilaridad. Es un periodo donde existe una reducción del contenido de agua del alimento. El flujo de agua del producto arrastra solutos que se quedan en la superficie del alimento y dificultan la eliminación de agua posterior. Esta etapa finaliza cuando “la superficie del alimento deja de estar saturada” y el producto alcanza la humedad crítica. En las curvas de secado, este periodo se grafica como una recta y la humedad crítica es el punto en que la recta pasa nuevamente a ser una curva (Brennan, 2008, p. 88).

El primer periodo de velocidad decreciente comienza cuando el alimento alcanza la humedad crítica y el lugar de evaporación, que antes era en la superficie, se traslada hacia el interior del alimento, debido a la falta de saturación de agua en la superficie del alimento que se encuentra ya con muchos solutos acumulados. La salida de agua es más difícil, por lo que en este periodo prevalece la difusión de vapor desde el interior del alimento hacia la superficie. Esto produce un decremento en la velocidad de secado (Brennan, 2008, p. 89)

El segundo periodo de velocidad decreciente solo se da en alimentos higroscópicos, en este la velocidad de secado se reduce más rápido. En el producto solo permanece el agua ligada que tiene una disminución lenta por difusión o sorción. La etapa culmina cuando el alimento alcanza la humedad de equilibrio (Casp y Abril, 2003, p. 337).

La velocidad de transporte de calor depende de la superficie externa del sólido, de la temperatura del medio calefactor, de la naturaleza del fluido y del coeficiente de transferencia superficial de calor. En el secado por convección, lo más común es utilizar aire como vehículo de la energía (Mafart, 1994, p. 3; Mujumdar, 2006, p. 22).

1.2.5 SECADO POR RADIACIÓN

Este tipo de secado utiliza radiaciones electromagnéticas, las cuales se transfieren en forma de ondas y según el tipo tienen características específicas de longitud y de frecuencia. Así mismo la interacción con los distintos materiales depende del tipo de onda (Mujumdar, 2006, p. 22; Cambero, Fernández, García, García, Selgas y Hoz, 1998, p. 156).

Se distinguen dos tipos de radiaciones, las ionizantes y las no ionizantes. Las primeras tienen ondas electromagnéticas con energía suficiente para ionizar y su aplicación en la industria de alimentos es generalmente con el fin de esterilizar los productos. Las radiaciones no ionizantes son penetrantes y producen calor, entre

ellas se tiene a la radiación infrarroja, dieléctrica, óhmica y microonda (Cambero et al., 1998, p. 156).

Dentro de las radiaciones no ionizantes se encuentra el procesado con microondas. El microondas aparece después de la Segunda Guerra Mundial y su funcionamiento se basa en la generación de “un campo eléctrico y un campo magnético perpendiculares entre sí”. Las microondas son no ionizantes y pueden penetrar más que la radiación infrarroja (Cambero et al., 1998, p. 161). En este caso, se utiliza un tipo de onda electromagnética con una banda de frecuencia de 300 MHz a 300 GHz (Regier y Schubert, 2005, p. 191).

Los mecanismos de generación de calor son la conducción iónica y la rotación de dipolos, en la primera los iones de los alimentos se mueven según el campo eléctrico generado, esto provoca choques que se convierten en energía cinética, dicha velocidad genera calor. Este tipo de calentamiento tiene especial valor en alimentos ricos en sal (Cambero et al., 1998, pp. 161-162; Singh y Heldman, 2009, p. 227).

El segundo mecanismo se refiere a la rotación que sufren las moléculas polares como respuesta al campo eléctrico, cuando sus dipolos giran, la fricción aumenta, es así que sube la temperatura y genera calor. Este es el mecanismo más importante de calentamiento debido a que el agua es una molécula polar. La mayor interacción se da con el agua debido a que este es el constituyente mayoritario en los alimentos. Los alcoholes y los azúcares también son moléculas polares que rotan por este segundo mecanismo (Cambero et al., 1998, p. 162; Singh y Heldman, 2009, p. 227). El calor que se produce se transmite por conducción y por convección dentro del alimento (Fellows, 2007, p. 254).

El calentamiento por microondas depende de algunos factores entre ellos las propiedades de las microondas y las propiedades de los alimentos. Entre las primeras tenemos la frecuencia y la potencia de las microondas mientras que para las segundas tenemos a las propiedades dieléctricas (que dependen de la composición química y de la temperatura); a las propiedades geométricas (es

decir de su tamaño o forma) y a las propiedades físicas de los alimentos (como el calor específico, la conductividad térmica, la viscosidad y la porosidad) (Cambero et al., 1998, p. 165).

La constante dieléctrica o permitividad de los productos y el factor de pérdida dieléctrica son “un reflejo de la capacidad de un material de almacenar y disipar la energía de las microondas”, es decir, la interacción entre el campo eléctrico con la materia. Según la interacción que tienen los distintos materiales con las microondas se pueden encontrar materiales conductores, transparentes y absorbentes (Cambero et al., 1998, p. 164-165; Regier y Schubert, 2005, pp. 197-199; Ohlsson y Bengtsson, 2001, p. 72).

El calentamiento también varía según el contenido de agua y de sal. Estos son los de mayor importancia pues los otros componentes tienen una constante dieléctrica menor. El agua por el mayor movimiento de dipolos y la sal porque tiene mayor conductividad, por ello para deshidratar un producto con microondas es importante que tenga un buen contenido de agua (Cambero et al., 1998, p. 165; Fellows, 2007, p. 254).

Otro factor de influencia se refiere a la temperatura, cuando esta es mayor a 0°C y continúa subiendo aumenta la penetración de las ondas pero baja la absorción, pero en alimentos con alto contenido de sal se aprecia el fenómeno contrario (Cambero et al., 1998, pp. 165-166).

Los alimentos congelados también tienen distinto calentamiento ya que el hielo se considera transparente pues deja pasar las ondas sin absorber nada. Las partículas de agua contenidas en los congelados tienen poco movimiento pero a medida que la temperatura se incrementa, el descongelamiento del agua provoca calentamientos no uniformes en el producto (Singh y Heldman, 2009, p. 232).

La potencia de las microondas tiene gran influencia ya que a mayor potencia el calentamiento es más rápido (Cambero et al., 1998, p. 166).

La forma del alimento puede causar imperfecciones en el calentamiento como el sobrecalentamiento de los bordes y del centro en alimentos esféricos y cilíndricos (Cambero et al., 1998, p. 166).

Las aplicaciones industriales del microondas son limitadas debido a la poca investigación sobre su adecuado funcionamiento. Buenos resultados en el procesado con microondas necesitan un gran conocimiento para comprender y moderar efectos indeseables, como el calentamiento no uniforme o el descontrol térmico (Regier y Schubert, 2005, p. 208). Cambero *et al.* (1998) describe que la potencia de los equipos industriales suele estar entre 5 y 100 kW y la de los equipos domésticos entre 1 y 2 kW. Los hornos microondas industriales utilizan procesos batch o continuos y se utilizan bandas transportadoras (p. 166).

Las ventajas del uso del microondas son amplias, una de ellas tiene que ver con el calor, pues este se genera dentro del producto, restando importancia la conductividad y coeficientes de transmisión de los alimentos. El tiempo de procesado es la principal ventaja, pues es más bajo que el de los sistemas tradicionales y esto se refleja en una mayor velocidad de producción. La casi total conversión energética de la radiación electromagnética en calor es otra ventaja importante (Cambero et al., 1998, p. 170-171; Regier y Schubert, 2005, pp. 190-191).

Las desventajas para la industrialización son de tipo económico, ya que se necesita energía eléctrica para su funcionamiento (Regier y Schubert, 2005, p. 190), la cual resulta costosa. Por ello se recomienda su uso solo cuando los beneficios generados por este método no se puedan conseguir con otra clase de secado (Cambero et al., 1998, p. 170).

1.3 MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS ALIMENTOS DURANTE EL PROCESAMIENTO

1.3.1 CAMBIOS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

Durante la deshidratación osmótica se evidencia pérdida de peso, pérdida de humedad y ganancia de sólidos. Se presentan también cambios composicionales por el ingreso de los solutos presentes en la solución osmótica. En estudios con diversos alimentos sumergidos en soluciones de sacarosa, se observó aumento en los sólidos solubles presentes en el alimento al final del tratamiento (Ceballos, 2005, p. 113; Giraldo, Chiralt y Fito, 2011, p. 47; Manivannan y Rajasimman, 2008, p. 216; Mouraa, Massona y Yamamotoa, 2005, p. 47). Los cambios estructurales también están presentes como lo demuestran varias investigaciones en frutas pues la muestra se encoge por el colapso de la estructura, esta modificación provoca una alteración de la textura como por ejemplo el ablandamiento por la disminución de la turgencia celular y la hidrólisis enzimática (Barat et al., 1998, p. 10; Rojas, Arango y Pinzón, 2006, p. 5).

Las características físicas y químicas se ven afectadas y la capacidad de las proteínas de retener agua disminuye, ya que las moléculas de agua se ligan a los iones de sal y causa una deshidratación de las proteínas. Así mismo la carga de sales o azúcares a la solución puede proteger parcialmente a la proteína de la desnaturalización (Barat et al., 1998, pp. 55-56; Gálvez, Flores y González, 2006, p. 170).

El cambio en el sabor es probablemente el más notorio gracias a la migración de los solutos de la solución osmótica hacia el alimento y a la capacidad de las proteínas para ligar dichos sabores y cambiar las propiedades organolépticas de los alimentos. La presencia de agua influye en el mecanismo de unir sabores pues a mayor humedad mayor es la interacción. Los sabores se unen por interacciones de Van der Waals, puentes hidrógeno e interacciones

electrostáticas. En pH alcalinos la unión puede ser mayor y la temperatura parece no tener influencia sobre el proceso (Gálvez et al., 2006, p. 201).

1.3.2 CAMBIOS DURANTE LA APLICACIÓN DE CALOR

La deshidratación, secado y horneado trae cambios profundos en las propiedades organolépticas como la textura, el gusto y el aspecto de los productos (Casp y Abril, 2003, p. 127).

Durante el secado se produce la deshidratación del producto, aumento de las posibilidades de conservación, reducción de tamaño, reducción de peso y con esto la disminución de costos de almacenamiento y transporte (Casp y Abril, 2003, p. 136; De-Dios, 1996).

1.3.2.1 Cambios en el volumen

Los cambios en el volumen son evidentes. Ciertas investigaciones en cebolla, papa y otros productos vegetales (Crapiste, Whitaker y Rotstein, 1985, p. 293; Karathanos, Kanellopoulos y Belessictis, 1996, p. 176; Mazza y LeMaguer, 1980, p. 191; Suarez y Viollaz, 1991, p. 108) muestran que la variación en el volumen es equivalente al volumen de agua evaporada. Sin embargo, en algunas publicaciones de estudios realizados en papa, ajo, vegetales y frutas (Lewicki, Rajchert y Lazuka, 1994, p. 159; Lewicki y Witrowa, 1992, p. 889; Lozano, Rotstein y Urbican, 1980, p. 1405; Madamba, Driscoll y Buckle, 1994, p. 318; McMinn y Magee, 1997, p. 52) se muestra que la contracción del alimento no representa la cantidad de agua evaporada durante el secado, sino que es un resultado del proceso conjunto, esto se debe a que las capas superficiales aumentan su resistencia mecánica y la contracción del material se ve obstaculizada.

1.3.2.2 Cambios en la textura

La estructura de los alimentos está definida por la resistencia y elasticidad de las paredes celulares, las cuales soportan cierto esfuerzo, pero excedido ese máximo el cambio es irreversible, presentándose así deformaciones y modificación en la estructura, excepto en la deshidratación por liofilización. Los esfuerzos de contracción creados pueden destruir paredes celulares y dañar la estructura interna debido al aumento de la porosidad del alimento, estos cambios estructurales han sido observados por algunos investigadores en productos como manzana, zanahoria, col, ajo y papa (Karathanos et al., 1996, p. 169; Lozano et al., 1980, p. 1404; Madamba et al., 1994, p. 316; Wang y Brennan, 1995, p. 72; Zogzas, Maroulis, Marinos-Kouris y Saravacos, 1994, p. 1655).

Durante el secado puede afectarse la textura también por el fenómeno denominado transición vítrea, el cual se describe como el cambio de un estado "vítrea" a un estado "gomoso". La humedad y contenido de azúcares del alimento determinan la severidad del tal efecto (Cañizares et al., 2007, p. 13; Casp y Abril, 2003, pp. 345-346; Camacho, 2006).

1.3.2.3 Cambios en el aroma

Durante la aplicación de calor se produce un colapso de la estructura interna que provoca la liberación de componentes del aroma y como muchos aromas son más volátiles que el agua, su pérdida es inevitable (Casp y Abril, 2003, p. 346; Brennan, 2008, p. 74; Del-Valle, 2002, p. 4).

1.3.2.4 Cambios en la actividad de agua

La actividad de agua varía con la temperatura y el tipo de alimento. Los cambios de temperatura pueden modificar la unión del agua, la disociación de agua, la solubilidad de los solutos en el agua, o el estado de la matriz. El estado de la

matriz (estado vítreo o estado gomoso) depende de la temperatura y afecta la actividad de agua del alimento. Algunos productos muestran un aumento en la actividad de agua cuando se eleva la temperatura, otros disminuyen su actividad de agua al aumentar la temperatura, mientras que la mayoría de alimentos de alta humedad tienen un cambio insignificante con la temperatura. No se puede predecir por lo tanto, el cambio de la actividad de agua con la temperatura, ya que depende de cómo la temperatura afecta a los factores que controlan la actividad del agua en el alimento (Jangam y Mujumdar, 2010, p. 9).

En la deshidratación se observa que primero se evapora el agua libre que tiene un comportamiento igual al agua pura, después las moléculas de agua menos ligadas y solo hasta el final, se elimina el agua perteneciente a la estructura, la cual suele estar unida por reacciones muy fuertes. Esta se elimina solo con grandes gastos de energía (Casp y Abril, 2003, p. 328; De-Man, 1999, p. 347).

Algunos investigadores han encontrado que la aplicación de aire caliente para secar el producto ha producido en primera instancia un aumento en la actividad de agua, pero con el paso del tiempo o el aumento de la temperatura se produce un descenso de dicho parámetro. Ciertamente la temperatura juega un rol importante sobre el agua libre y ligada del alimento (Guzmán, Torán, Guzmán y Casares, 2006, p. 7).

1.3.2.5 Cambios en el color

El color de los alimentos se ve afectado por el secado pues su superficie al deshidratarse modifica las propiedades de reflejar, dispersar, absorber o transmitir la luz visible (Casp y Abril, 2003, p. 344; Camacho, 2006).

Así mismo el color puede cambiar por las reacciones de oscurecimiento o empardeamiento, tanto las enzimáticas como las no enzimáticas, que suceden al aplicar grandes temperaturas provocando que los alimentos se vuelvan desde amarillos hasta café oscuro (Badui, 2006, p. 59; Chaves y Avanza, 2006, p. 2).

En investigaciones realizadas se ha encontrado que el proceso de secado cambia los tres parámetros de color (L, a, b), causando una modificación de color hacia la región más oscura. Los parámetros L y b disminuyen y el valor de la coordenada incrementa durante el secado (Maskan, 2001, p. 174; Özdemira y Devresb, 2000, p. 36).

El secado también produce cambios en los componentes químicos de los alimentos, dichos cambios dependen del tiempo y temperatura del secado, pues existen reacciones que se presentan con altas temperatura u otras que se aceleran a causa de esta. Así mismo otras reacciones se pueden ver afectadas y dejar de existir (Casp y Abril, 2003, p. 340).

En ciertas investigaciones se ha encontrado que el secado no afecta de manera significativa, la composición proximal de los alimentos sometidos al proceso, se exceptúa de dicha afirmación el contenido de humedad el cual disminuye (Ghadge, Shewalkar y Wankhede, 2008, p. 22).

1.3.2.6 Cambio en los azúcares

El calentamiento y deshidratación tiene influencia sobre ciertas reacciones en los carbohidratos, como la hidrólisis, caramelización, oscurecimientos por reacciones de Maillard, etc (Marín, Lemus, Flores y Vega, 2006).

La denominada caramelización o pirólisis “sucede cuando los azúcares se calientan por encima del punto de fusión”. Cuando el tratamiento térmico es agresivo existe más probabilidad de manifestación. El proceso trae consigo la síntesis de sustancias de bajo peso molecular, que producen cambio en el olor y color, como furonas, pironas, aldehidos, entre otras. La caramelización de la sacarosa puede dar como resultado compuestos de sabor amargo y en mayor proporción cuando se somete a calentamiento excesivo (Valdés, 2006, p. 60).

Otra reacción que provoca la aplicación de calor es el pardeamiento o reacción de Maillard, la cual se da en los azúcares (carbohidratos) y la mezcla de estos con aminoácidos. Esta no es producto de enzimas e induce al apareamiento de compuestos que contienen grupos aldehído y cetona e influyen en el sabor, aroma y valor nutritivo de los azúcares. Un ejemplo de esta reacción lo constituye el color café característico de los productos horneados. Este fenómeno se acelera a pHs alcalinos, temperaturas elevadas y actividad de agua entre 0,6-0,9. Mediante su control se puede reducir su incidencia, sin embargo puede resultar técnica y económicamente difícil. La reacción disminuye si el secado baja rápidamente la actividad de agua (menor a 0,5) y si la temperatura es inferior a la crítica (50 °C a 55 °C aproximadamente) (Casp y Abril, 2003, p. 343; Valdés, 2006, p. 61-62).

Las reacciones de oscurecimiento de los azúcares a veces mejoran las propiedades sensoriales pues provocan la aparición de ciertas sustancias responsables de sabor y aroma, además producen cambios en la apariencia (Valdés, 2006, p. 62).

Diversos investigadores han encontrado que la digestibilidad del almidón aumenta en procesos de cocción pero el efecto depende del tipo de cereal (Bishnoi y Khetarpaul, 1993, p. 180; Jood, Chauhan y Kapoor, 1988, p. 126; Kaur y Kapoor, 1990, p. 266). En otros estudios se observó que las temperaturas altas entre 80 °C a 150 °C aumentaron la digestibilidad del almidón de arroz y trigo pero con la aplicación de agitación esta disminuyó (Dahlin y Lorenz, 1993, p. 17)

1.3.2.7 Cambios en los lípidos

La principal transformación que sufren los lípidos es la rancidez y se produce la pérdida de valor nutritivo, pérdida de vitaminas liposolubles y la aparición de sabor y olores desagradables. Los dos fenómenos que causan esta transformación son la lipólisis y la autooxidación (Badui, 2006, p. 283; Belitz y Grosch, 1997, p. 226).

Tiene influencia sobre este proceso también el tipo de sustrato, es decir si es elevado en grasas o no, el contenido de oxígeno, la temperatura, contenido de proteínas y la porosidad del alimento (Casp y Abril, 2003, p. 341).

La lipólisis según Badui (2006), se da por la acción de lipasas en condiciones de altas temperaturas en presencia de agua. Se produce una fractura en los triglicéridos en el enlace éster y se expulsan los ácidos grasos (p. 283)

La autooxidación es más frecuente y se da con ácidos grasos insaturados donde se produce la donación de un electrón de un átomo a otro (proceso de reducción). Esto se produce cuando los lípidos quedan expuestos al oxígeno y a promotores como la lipoxidasa. Las grasas oxidadas benefician a la reacción. Los compuestos generados en este fenómeno ayudan a que el lípido continúe enranciándose y son los responsables del sabor desagradable (Badui, 2006, p. 284). Para prevenir la oxidación se debe bajar el contenido de oxígeno en el proceso. (Casp y Abril, 2003, p. 342).

El aumento de la temperatura acelera la reacción, pues la aplicación de calor con presencia de oxígeno baja el punto de fusión y la grasa se vuelve más ácida. Además el calor reduce el valor nutrimental de la grasa (Casp y Abril, 2003, p. 342; Badui, 2006, p. 288).

La aplicación de calor junto con la aplicación de presión aumentan la disponibilidad de la grasa porque se liberan los lípidos encapsulados en el interior, de esta manera aumenta el valor energético del alimento. Se produce también la desactivación de las lipasas y peroxidasas (Vogt, 1987, p. 52)

En un estudio de extracción de aceite de aguacate se pudo identificar que el aceite extraído con hexano y con calor incrementó la oxidación de los ácidos grasos insaturados en comparación a las muestras extraídas por hexano a temperatura ambiente y a las extraídas por centrifugación (Ariza, López, Coyotl, Ramos, Reyes y Martínez, 2011, p. 271). Sin embargo también se observa que la composición de ácidos grasos influye en el estado de oxidación de las grasas; el

aceite de semillas de sésamo presentó mayor estabilidad a la oxidación que otros aceites procesados y otro estudio al respecto mostró que el aceite de girasol Natreon fue más estable a la oxidación que el aceite de girasol convencional (Abou-Gharbia, Adel y Shahidi, 2000, p. 339; Valenzuela, Sanhueza, Nieto, Petersen y Tavella, 2003, p. 573). Otra investigación sobre la oxidación de los lípidos en la precocción de bandejas de carne reveló que el proceso aceleró la oxidación de los lípidos (Güntensperger, Hämmerli-Meier y Escher, 2006, p. 956).

1.3.2.8 Cambios en las vitaminas y minerales

El contenido de minerales en los alimentos depende de las labores agrícolas, uso de fertilizante y calidad del suelo. Su biodisponibilidad no es del 100% y depende del origen del alimento y de la presencia de otros componentes. En general no son tan susceptibles al calor como las vitaminas y su principal limitante es la presencia de otros constituyentes en los alimentos (Belitz y Grosch, 1997, p. 310; Badui, 2006, p. 395).

Las altas temperaturas afectan a las vitaminas pero en realidad es un proceso complejo pues la presencia de otros componentes como proteínas, hidratos de carbono e incluso otras vitaminas tienen influencia sobre la pérdida de estos constituyentes. El daño puede ser reducido si se aplican altas temperaturas por poco tiempo (segundos) En los alimentos desecados se presentan pérdidas de vitaminas como la tiamina, riboflavina y niacina. La vitamina C también es muy sensible al calor por lo que se ve gravemente afectada (Casp y Abril, 2003, p. 344; Badui, 2006, p. 391).

1.3.2.9 Cambios en las proteínas

La aplicación del calor y esfuerzos mecánicos como la agitación, provocan la desnaturalización de las proteínas que se define como un cambio en la estructura y conformación tridimensional de la proteína a causa de un cambio en los enlaces

no covalentes de las moléculas, “se considera como una pérdida de la estructura ordenada” (Belitz y Grosch, 1997, p. 46).

Por la desnaturalización, las proteínas pueden perder ciertas funciones, en el caso de las enzimas se produce la pérdida de la actividad enzimática, sin embargo la desnaturalización puede ayudar a mejorar su digestibilidad ya sea por un efecto sobre las mismas o por la inactivación de ciertas enzimas (inhibidores de proteasas) que impiden el aprovechamiento completo de las proteínas. Cuando el tratamiento térmico no es severo los cambios en el valor nutricional son muy pocos pero si la exposición a la temperatura es prolongada se reduce su rehidratabilidad y muchas veces disminuye su valor biológico (Casp y Abril, 2003, p. 137; Belitz y Grosch, 1997, p. 67).

La desnaturalización se produce por arriba de los 60 y 70 °C. y depende también del contenido de aminoácidos presentes, por ejemplo las proteínas que tienen mayor contenido de aminoácidos como valina leucina, isoleucina y fenilalanina son más estables. Si la proteína está deshidratada también será más estable pero si se encuentra en solución es más fácil de desnaturalizar puesto que al ingresar el agua a la matriz de la proteína disminuye la temperatura de desnaturalización. La añadidura de sales o azúcares a la solución puede proteger en parte a la proteína de la desnaturalización. La desnaturalización puede darse no solo por aplicación de calor sino también por cambios en el pH, por adición de detergentes, de urea o de disolventes orgánicos, por acciones mecánicas, entre otras (Gálvez et al., 2006, p. 169, 177).

Otro efecto del calor en los aminoácidos es la pirolisis, que se da por la aplicación de temperaturas muy altas a los alimentos, su consecuencia es la aparición de mutágenos que son tóxicos. El procesamiento de alimentos puede también causar proteólisis en las proteínas debido a una acción enzimática de las proteasa, esta no es considerada una desnaturalización puesto que no solo se trata de un cambio de conformación de la proteína sino que es una fractura en los enlaces covalentes (Gálvez et al., 2006, p. 170-171, 176; Belitz y Grosch, 1997, p. 80).

La racemización, otra reacción de las proteínas, sucede en condiciones alcalinas y se trata de la aparición de aminoácidos poco comunes como la ornitina. Este fenómeno causa una baja en el valor nutricional de la proteína pues, estos no son digeribles para el ser humano (Gálvez et al., 2006, p. 179).

Los entrecruzamientos son otra reacción de las proteínas tratadas con álcalis, se dan entre proteínas y también causan la presencia de aminoácidos raros, poco digeribles para el ser humano. Las temperaturas drásticas también causan pérdida de lisina por entrecruzamientos y con ello la aparición de otros aminoácidos, “los enlaces isopeptídicos formados de esta manera no son digeribles y se presentan con mayor frecuencia en alimentos altos en proteínas y bajos en carbohidratos, que de otra forma producirían reacciones de Maillard”. Los entrecruzamientos también se pueden dar en tratamientos con calor moderado (60-70°C) cuando existe un intercambio S-S, sin embargo los aminoácidos indispensables no se ven alterados en su valor nutricional (Gálvez et al., 2006, p. 180-181).

Algunos autores han estudiado a ciertas variedades de fréjol y encontraron que la cocción disminuye la digestibilidad in vitro de la proteína, tanto en los granos germinados como en los granos no germinados (Satwadhhar, Kadam y Salunkhe, 1981, p. 74), sin embargo otros autores determinaron que la digestibilidad también en fréjol y guisantes aumentó en el proceso de cocción y de autoclave, una de las razones es la degradación de los antinutricionales (Kaur y Kapoor, 1990, p. 271; Bishnoi y Khetarpaul, 1994, p. 180; Kataria, Chauhan y Punia, 1989, p. 14).

1.3.3 CAMBIOS DURANTE EL SECADO POR MICROONDAS

El calentamiento por microonda provoca que la temperatura suba de manera muy acelerada y la energía suministrada solo se convierte en calor en los materiales absorbentes y no en todo el ambiente y se puede propagar a grandes distancias. El calentamiento no es uniforme debido a la heterogeneidad del producto (Cambero et al., 1998, p. 169).

La reacción de pardeamiento, formación de corteza superficial y generación de sabor y aroma son procesos que no se dan en este tipo de calentamiento debido al incremento rápido de la temperatura pero sin sobrepasar el punto de ebullición (Cambero et al., 1998, p. 170).

Algunos autores reportan que el tratamiento microondas mantiene el color natural de los alimentos, así como sus nutrientes, no obstante puede tener un efecto sobre la estructura del alimento y en especial sobre la desnaturalización de las proteínas del mismo (Giese, 1992, p. 122; IFT, 1998, p. 61). Sin embargo en otra investigación se reporta que el kiwi si cambió sus coordenadas de color L, a y b hacia la región más oscura después de la aplicación de microondas (Maskan, 2001, p. 174)

Un estudio de deshidratación de aguacate por tecnología microondas muestra que la técnica logró conservar el color característico del aguacate fresco y los índices químicos obtenidos fueron parecidos a los reportados para la fruta deshidratada por otros métodos, de igual manera no se observó daños químicos en el aceite de la misma (Jiménez, Aguilar, Zambrano y Kolar, 2001, p. 92).

Con respecto al color también se ha investigado que el escaldado con microondas en las frutas favorece el incremento de color y lo mantiene estable, también disminuye la actividad de la polifenoloxidasas con lo que se asegura que el color no sea afectado por el oscurecimiento enzimático (Jiménez, Zambrano y Aguilar, 2004, p. 65).

Con aplicación de microondas los alimentos necesitan menos tiempos para deshidratarse que con las técnicas tradicionales, pero su costo es mayor, por ello es recomendable combinar el proceso con los tradicionales (Cambero et al., 1998, p. 170).

Según Maskan (2001) el secado con microondas ayuda al aumento de las tasas de secado y acorta el tiempo de secado, en sus investigaciones sobre

deshidratación de kiwi encontró que la contracción de la fruta en la aplicación del secado con microondas fue mayor que el secado con aire caliente. Así mismo observó que las rodajas de kiwi secas por microondas mostraron una menor capacidad de rehidratación y una mayor velocidad de absorción de agua que otros métodos de secado estudiados (p. 181).

En un estudio realizado en naranja, la aplicación de microondas produjo cambio en la estructura del alimento destrucción de las células parenquimáticas e inactivación de las enzimas de la cáscara. Esto dio como resultado una extracción más fácil de la pectina de la fruta y su calidad fue superior. (Kratchanovaa, Pavlovaa y Panchevb, 2004, pp. 183-185).

1.4 COBERTURAS AMILÁCEAS DE LOS ALIMENTOS, PARA LA MODIFICACIÓN DE LA TEXTURA

El almidón es un carbohidrato que se ubica dentro del grupo de los polisacáridos (carbohidratos con más de 10 monosacáridos) cuyos componentes son la amilosa y la amilopectina, su estructura química le confiere la funcionalidad y características con respecto al sabor, viscosidad, estructura y color. Es incapaz de formar una verdadera solución, más bien forma un coloide. El almidón tiene pocos puentes de hidrógeno, es soluble en agua caliente y no produce fibras. Está formado por la amilosa y la amilopectina distribuidas en capas concéntricas, por lo general la amilosa forma las zonas cristalinas y la amilopectina forma zonas amorfas. Se lo puede hallar en los cereales y tubérculos como reserva energética (Valdés, 2006, p. 81; Valclavik, 2002, p. 45).

La composición de amilosa y amilopectina interviene en las características sensoriales y reológicas pero en general los almidones pueden ayudar a la textura, pues son fácilmente adheribles y aportan con resistencia. La mayoría de almidones contiene entre un 12-27% de amilosa y un 88-73% de amilopectina, sin embargo algunas variedades de maíz sorgo y arroz pueden estar constituidas

solo por amilopectina. Esto depende de la genética del cereal (Valdés, 2006, p. 83; Valclavik, 2002, p. 46).

La retrogradación es una propiedad de los almidones que define la textura de los productos amiláceos después del proceso térmico. Se define este fenómeno como “la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan de forma paralela y reaccionan entre sí”. Las soluciones concentradas forman un gel rígido cuando son sometidas a altas temperaturas y enfriadas rápidamente, pero las soluciones diluidas precipitan solo si se dejan reposar y enfriar lentamente. Las fracciones de amilosa o las secciones lineales de amilopectina que retrogradan, forman zonas con una organización cristalina muy rígida que, para romperse y permitir la gelatinización del almidón requiere alta energía. En las mezclas de almidón, los gránulos de amilosa se desplazan fuera del gránulo y puede darse la retrogradación en el momento del enfriamiento. Este fenómeno es distinto con cada tipo de almidón, según su contenido de amilosa (Valdés, 2006, p. 86-87; Atwell, Hood, Lineback y Varriano-Marston, 1988, p. 309).

Los almidones en combinación con otros monosacáridos o disacáridos le confieren también textura a los productos pues estos tienen la capacidad de formar cristales ya que presentan polimorfismo, este fenómeno depende del grado de saturación de la solución y la forma del cristal depende del compuesto. Estas propiedades son aprovechadas por la industria de confitería y lácteos pues influyen en la textura de los productos según la concentración de los azúcares amorfos y cristalinos (Valdés, 2006, p. 73).

Los almidones son utilizados para lograr una sensación crujiente para lo cual se usan almidones ricos en amilosa y amilopectina, con ellos también se obtienen snacks con un alto grado de fusión en la boca, menos carácter céreo, textura mejorada y mayor nitidez (Sajilata y Singhal, 2005, p. 136).

La cobertura amilacea ha sido una técnica ampliamente usada en productos snacks. Estos suelen elaborarse en grageadores con flujo de aire y con aplicación

de temperatura. Después de la cobertura (dulce o salada), los snacks también son secados para fijar y endurecer el recubrimiento, crear una apariencia uniforme y sucesiva y para eliminar el exceso de humedad. El producto suele salir del secador con una humedad aproximada del 2,5% (Miller y Gillespy, 2000, p. 149).

Se busca que los almidones relacionados con la producción de snacks aporten con propiedades como la viscosidad, resistencia a la cizalladura, bajo pH, alta temperatura, ayuden a la textura, tengan robustez y soporten las condiciones severas del procesamiento. Además se busca almidones que tengan reducidos costos para poder mezclarlos con otros productos como frutas deshidratadas. En dicho contexto se busca el desarrollo de almidones especiales que sean capaces de cumplir con los requisitos mencionados (Sajilata y Singhal, 2005, p. 148).

Los almidones se han utilizado como adhesivos comestibles de protección en productos snack un ejemplo lo constituye la amilosa derivada del maíz pues es permeable al aire y oxígeno. Estos tienen que ser delgados pero al mismo tiempo gozar de fuerza. Las coberturas de protección se emplean para caramelos, nueces y caramelos de chocolates o para sellar los productos horneados y así evitar la migración de humedad. Han sido utilizados para cubrir almendras con lo cual se ha conseguido que lleguen a estar más crujientes. La finalidad de las películas es la de lograr una barrera para la transferencia del oxígeno (Sajilata y Singhal, 2005, p. 136).

Muchos almidones también se utilizan como adhesivos, son rociados y mezclados con aceites para pegar gránulos de sal o azúcar. En aperitivos extruidos se utiliza un sin número de almidones como por ejemplo de maíz o aquellos ricos en amilosa, los cuales después de la fritura gozan de apariencia fresca y dorado uniforme (Sajilata y Singhal, 2005, p. 136).

1.5 LOS SNACKS

Un snack se define como una comida ligera que se come entre las comidas regulares. Estos incluyen una gran variedad de productos que pueden tomar muchas formas. La definición de snack ha sido desde hace algunos años modificado para incluir sánduches, yogurt e incluso helados (Sajilata y Singhal, 2005, p. 131).

Un snack es un aperitivo adecuado para el consumo directo, es decir no necesita cocinarse, debe ser estable, ligero y conveniente para vender y almacenar (Fast, 2000, p. 17).

El mercado de los snacks busca propiedades relacionadas con la estructura, así como la estética, pues la apariencia y presentación debe ser atractiva. Las propiedades organolépticas como el sabor, textura son muy importantes como también la estabilidad en el almacenamiento (Sajilata y Singhal, 2005, p. 132).

Muchos snacks tienen procesos de secado, tostación y horneado con el fin de eliminar agua y de esa manera aumentar la vida útil de los productos. Algunos también tienen procesos de presecado para evitar la aglomeración y uniformizar la humedad en el posterior proceso de formación de hojuelas o copos (Miller y Gillespy, 2000, p. 133).

Existe una gran diversidad de snacks formados con cereales como el maíz, el trigo, la avena o el arroz. Su tecnología incluye también la adición de sabores e ingredientes fortificantes (Sajilata y Singhal, 2005, p. 134; Fast, 2000, pp. 17-18).

Una técnica usada con mucha frecuencia en productos snack es la cobertura que generalmente consta de un jarabe que actúa como adhesivo y el cereal, los cuales mezclados tienen una humedad de alrededor del 8 al 12%. El snack después del secado tiene una humedad de 2 al 3%. La adición de otros ingredientes como pedazos de frutas requiere una rehidratación o menos secado para prevenir la migración de la humedad entre los aditivos y el cereal. El diseño

del proceso de secado debe asegurar la dureza y solidificación de la cobertura final y la prevención de la acción mecánica o los disturbios durante las partes críticas del proceso. La etapa posterior al secado es importante porque la temperatura final alcanzada determina la dureza y la apariencia de la cobertura. Si el snack cubierto no es enfriado ocurren condensaciones indeseables y migración de humedad (Miller y Gillespy, 2000, pp. 149-150).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado en el Departamento de Nutrición y Calidad, área de Investigación y Desarrollo de Procesos y Productos de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP).

2.1 MATERIALES

2.1.1 MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada en la presente investigación fue el chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), variedad INIAP 450 Andino proporcionada por el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA) de la Estación Experimental Santa Catalina (INIAP).

2.1.2 INGREDIENTES

Para el proceso de deshidratación osmótica se utilizó sal yodada y fluorada (marca Crisal), cebolla en polvo (marca McCormick), ají seco molido (marca McCormick) y ácido cítrico.

Para el proceso de cobertura se utilizó harina de trigo (marca YA), azúcar (marca Valdez), sal (marca Crisal), agua y cerveza (marca Pilsener).

2.1.3 REACTIVOS

- Peptidasa casa comercial FLUKA CHEMIKA
- Tripsina casa comercial SIGMA
- α -chymotripsina casa comercial ALDRICH CHEMISTRY

- Acido clorhídrico casa comercial MERCK
- Hidróxido de Sodio casa comercial MERCK
- α -amilasa de Bacillus licheniformis casa comercial ALDRICH CHEMISTRY
- Pepsina casa comercial FLUKA CHEMIKA
- Pancreatina casa comercial FLUKA CHEMIKA
- Extracto de bilis casa comercial ALDRICH CHEMISTRY
- Buffer PIPES
- Ácido nítrico casa comercial MERCK
- Ácido perclórico casa comercial MERCK

2.1.4 EQUIPOS

- Balanza digital de precisión Adventurer Pro, modelo AV 213. USA.
- Determinador de actividad de agua Testo 650
- Estufa de aire forzado HS 122^a
- Colorímetro Expectro color DR LANGE spectro-color, modelo LZM 268.
- Microondas marca Panasonic de alta Potencia 1200W
- Grageador de construcción nacional
- Paquímetro digital MITUTOYO modelo CD8'' C-B,
- Baño maría ISOTEMP 2100
- Molino de café Cuicinar Modelado DCG-20N Series,
- pHmetro Metrohm 827
- Agitadores magnéticos,
- Espectrofotómetro de absorción atómica.
- Penetrómetro de precisión Junior Penetrometer K-195-10P
- Selladora Magvac 300
- Horno a gas marca ANDINO

2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL CHOCHO FRESCO DESAMARGADO

2.2.1 DESAMARGADO DEL CHOCHO

El grano se desamargó en la planta piloto de la Estación Experimental Santa Catalina, mediante el proceso termo-hídrico. Para lo cual fue sometido a 16 horas de remojo en agua potable con una relación 1:1,25 (chocho:agua), luego fue cocido a 92 °C por 30 minutos con una proporción de chocho:agua 1:1,25 y desaguado por 5 días con agua potable en piscinas. El agua fue cambiada cada 8 horas. Luego de este proceso la mitad de la muestra fue liofilizada, molida y almacenada en recipientes herméticos para la determinación de sus propiedades químicas, en tanto que lo restante fue evaluado de forma física.

2.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CHOCHO FRESCO DESAMARGADO

Para determinar las características físicas se siguieron los siguientes métodos:

Textura. Se evaluó por medio del penetrómetro Junior Penetrometer, modelo K195-10P. Se determinó la distancia de penetración de la aguja en el grano, con un peso de cono y altura conocidos. Los resultados fueron expresados en mm de penetración. La descripción del método y el cálculo para el cambio de unidades se encuentra detallada en el anexo I.

Tamaño. Se determinó mediante el uso del calibrador o paquímetro digital MITUTOYO, modelo CD8" C-B. Se tomaron datos de largo, ancho y espesor del grano, los cuales fueron expresados en mm.

Color. Se estableció por medio del colorímetro marca DR LANGE expectro-color, modelo LZM 268. El color se midió sobre la superficie del grano y los valores obtenidos fueron: L= claridad, C= cromaticidad, H°= matiz o tono, "a" coordenada

de rojo a verde y “b” coordenada de amarillo a azul. El método se encuentra detallado en el anexo II.

Humedad. Se evaluó con el método 925.1 de la A.O.A.C. Se determinó la cantidad de agua presente en la muestra y se expresó en porcentaje de humedad (AOAC, 2000),

Actividad de agua. Se realizó mediante el uso del sensor de humedad marca TESTO, modelo 650. Se determinó la disponibilidad de agua de la muestra y se expresó en valores de 0 a 1.

Peso. Se obtuvo mediante la balanza analítica Adventurer Pro, modelo AV 213. Se tomó el peso de 100 gramos y el resultado fue expresado en gramos.

2.2.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICA DEL CHOCHO FRESCO DESAMARGADO

Para determinar las características químicas se utilizaron los siguientes métodos:

Análisis proximal. Se realizó en el laboratorio certificado LSAIA del departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP mediante los métodos oficiales (AOAC, 2000). Se realizaron los análisis de proteína, humedad, cenizas, extracto libre de nitrógeno, grasa y materia seca. Para la determinación de proteína se utilizó el método de Kjeldahl (A.O.A.C. 2001.11), para determinar cenizas se utilizó el método oficial de la A.O.A.C. 923.03 y para determinar grasa se utilizó el método oficial de la A.O.A.C. 945.38F.

Análisis de minerales. Se realizó en el laboratorio certificado LSAIA del departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina INIAP. Se realizaron los análisis de K, Mg, Ca, P, Fe, Zn, Mn y Cu. Los métodos utilizados se refieren en el anexo III.

Digestibilidad de la proteína. Se determinó mediante un método que simula el proceso digestivo con enzimas de origen animal como la tripsina, quimotripsina y peptidasa pancreática (Hsu, Vavak, Satterlee y Miller, 1977, p. 1270). Los resultados son expresados en porcentaje. El método se detalla en el anexo IV.

Biodisponibilidad de Fe, Zn, Ca y P. Se utilizó el método descrito por Binaghi et al. (2007). El procedimiento involucra una digestión enzimática en condiciones que simulan las fisiológicas. Los resultados fueron calculados con una fórmula y expresados en porcentajes (p. 57). El método se detalla en el anexo V.

2.3 SELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN PARA LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

El grano con cáscara fue sumergido en las cuatro soluciones especificadas en el tabla 2.1 y se aplicó un diseño completamente al azar (DCA). Estas formulaciones fueron seleccionadas en base a pruebas preliminares de intensidad del sabor, con inclusión de otros ingredientes (formulaciones de T2, T3 y T4) como el ají, la cebolla y el ácido cítrico. La relación de grano:agua fue de 1:1,25. El proceso se realizó a 50 °C por dos h, al término del cual, 200 gramos de muestra de cada tratamiento fue retirado de la solución osmótica, escurrido y pesado, para determinar la pérdida de peso, humedad y realizar los análisis sensoriales.

Tabla 2. 1.Tipos de soluciones y tratamientos para la deshidratación osmótica del chocho

Tipo de solución	Nombre de los tratamientos	Formulación de la solución osmótica
Solución 1	T1	Solución salina al 7%
Solución 2	T2	Solución con 3% de cebolla y 4% de sal
Solución 3	T3	Solución con 7% de ají y 4% de sal
Solución 4	T4	Solución con 2% de ácido cítrico y 4% de sal

El análisis estadístico de los resultados de la pérdida de humedad y peso se realizó en el software estadístico Infostat versión 5.1. Y se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

Para la preferencia se aplicó el test de Friedman que esta dado por la ecuación 2.1

$$F = \frac{12}{Nk(k+1)} R_1^2 + R_2^2 + \dots + R_k^2 - 3N(k+1) \quad [2.1]$$

Donde:

N: número de consumidores = 60

k: número de muestras = 4

R1...Rk: sumatorias de los ordenamientos de cada muestra

Para la deshidratación osmótica se evaluó:

Pérdida de peso. Se tomó el peso con la balanza analítica antes y después del proceso de deshidratación osmótica y mediante la fórmula 2.2 se determinó el porcentaje de pérdida de peso. Se realizaron tres repeticiones.

$$\% \text{pérdida de peso} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100 \quad [2.2]$$

Pérdida de humedad del grano. Se midió la humedad con el método 925.1 de la A.O.A.C. (2000) antes y después del proceso de deshidratación osmótica y mediante el cálculo de la ecuación 2.3, se determinó el porcentaje de pérdida de humedad. Se realizaron tres repeticiones.

$$\% \text{pérdida de humedad} = \frac{\text{humedad inicial} - \text{humedad final}}{\text{humedad inicial}} \times 100 \quad [2.3]$$

Para la preferencia global se realizó:

Análisis sensorial. Se efectuó una prueba de preferencia, para lo cual se entregó a cada consumidor 5 g de cada una de las cuatro muestras obtenidas en los diferentes tratamientos y se solicitó que ordenen según su grado de preferencia en base a diferentes atributos. El formulario empleado se presenta en el anexo VI. Las evaluaciones se hicieron con 60 consumidores.

2.4 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS TÉCNICAS DE SECADO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL CHOCHO

Para realizar estas pruebas, las muestras fueron primero deshidratadas osmóticamente usando una formulación que fue seleccionada en base a la preferencia de los consumidores.

Se usaron dos técnicas de secado con un diseño completamente al azar (DCA) de tres tratamientos los cuales se pueden observar en la tabla 2.2: por microondas utilizando un horno microondas marca Panasonic a su máxima potencia (1200 W) y secado por aire forzado utilizando una estufa de aire forzado a dos rangos de temperatura 60 °C y 70 °C, hasta alcanzar una humedad entre 10 a 12%. En las bandejas del secador por aire forzado, las cuales tenía un área de 3500 cm², se colocó 1000 g del grano fresco; la carga fue de 0,286 g/cm². Para el secado en microondas se colocó 200 g sobre un plato tendido de 452 cm² de área, con una

carga de 0,442 g/cm². Para cada técnica se elaboraron las curvas de secado con el objetivo de definir el tiempo necesario para alcanzar la humedad definida. En el caso del secado por aire forzado se tomaron muestras cada 20 minutos y para el caso del microondas se tomaron muestras cada minuto. Cada proceso se realizó por triplicado.

Tabla 2. 2. Tratamientos para determinar el efecto del secado, sobre las características físico-químicas del chocho

Tratamientos	Técnicas de secado
T1	Secado en microondas
T2	Secado en estufa de aire forzado a 60 °C
T3	Secado en estufa de aire forzado a 70 °C

En las muestras secas se realizaron los siguientes análisis: para la textura y el tamaño del grano se realizaron 30 repeticiones, para el color se realizaron 20 repeticiones, para la humedad, actividad de agua, rendimiento, la digestibilidad de la proteína y la biodisponibilidad de Fe, Ca, P y Zn se realizaron 3 repeticiones. Los análisis se realizaron siguiendo los métodos indicados en el inciso 2.2.2 y 2.2.3.

Además se determinó el rendimiento, el cual se obtuvo mediante la relación entre el peso final (después del secado) y el peso inicial (antes del secado) expresada según la ecuación 2.4.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad [2.4]$$

El análisis estadístico de los resultados se realizó en el programa estadístico Infostat versión 5.1. Aplicando el estadístico "t student".

2.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA APLICACIÓN DE UNA COBERTURA

Durante la aplicación de la cobertura se evaluaron tres variables: relación grano:jarabe de cobertura, formulación del jarabe de cobertura y tiempo de horneado.

La incorporación de las coberturas al grano deshidratado se lo realizó mediante el siguiente procedimiento: En un grageador rotatorio provisto de aire forzado interno a 70 °C, se vertió el grano y la mitad del jarabe de cobertura, al cabo de 10 minutos se agregó el resto de jarabe de cobertura. Se usó una rotación de 30 rpm para evitar la aglomeración de los granos. Cuando los granos se desprendieron fácilmente del grageador y mostraban una baja tendencia a la aglomeración, se colocaron en una bandeja, extendiéndoles a un espesor uniforme de 2 cm y se llevaron a un horno a gas marca ANDINO, a una temperatura fluctuante en el rango de 190 °C a 210 °C por diferentes tiempos. El grano recubierto fue enfriado a temperatura ambiente y envasado en fundas de material flexible (BOPP metalizado 20 μ) hasta el momento del análisis sensorial, el cual sirvió para escoger el tratamiento final.

Para la relación grano: jarabe de cobertura (en peso) se emplearon tres niveles que se describen en la tabla 2.3.

Se probaron dos formulaciones para el jarabe de cobertura una con agua (20,77%), harina de trigo (70,73%) sal (1,00%), azúcar (7,5%) y la otra con agua (5,22%), cerveza (15,55%), harina de trigo (70,73%), sal (1,00%), azúcar (7,50%). Los ingredientes fueron escogidos en base a pruebas preliminares tomando como base bibliográfica las investigaciones de (Fernandez, 2008) sobre maní japonés e investigaciones de la cerveza de (Romeo, Díaz, González, Wärnberg y Marcos, 2006).

Para el tiempo de horneado se emplearon 30 y 35 min como se muestra en la tabla 2.3.

En el producto obtenido se realizó un análisis sensorial de aceptabilidad y descriptivo para seleccionar la formulación y las condiciones de proceso que permitan obtener un producto crocante y agradable al consumidor. Se realizaron 3 sesiones, en cada una se presentó a los catadores 4 muestras, de esta manera se completaron los 12 tratamientos. Los formularios entregados a los consumidores incluyeron una parte de aceptabilidad y otra parte descriptiva que tenía la finalidad de encontrar las características que los consumidores pensaban que tenía cada tratamiento del snack de chocho. El método detallado se encuentra descrito en el anexo VII. Para seleccionar el mejor tratamiento se realizó la sumatoria de los promedios de cada categoría evaluada en el análisis sensorial y se escogió el de mayor puntaje.

Tabla 2. 3. Factores en estudio para la aplicación de la cobertura

Factor	Descripción	Niveles	Descripción
A	Relación grano: jarabe de cobertura	a ₀	1:1,25
		a ₁	1:1,50
		a ₂	1:1,75
B	Formulación del jarabe de cobertura	b ₀	Agua (20,77%), harina de trigo (70,73%) sal (1,00%), azúcar (7,50%)
		b ₁	Agua (5,22%), Cerveza (15,55%), harina de trigo (70,73%), sal (1,00%), azúcar (7,50%).
C	Tiempo de horneado (min.)	c ₀	30
		c ₁	35

Se aplicó un diseño completamente al azar en arreglo factorial $A \times B \times C$, con 3 repeticiones. Los tratamientos se presentan en la Tabla 2.4.

Tabla 2. 4. Tratamientos para la aplicación de una cobertura en el grano de chocho deshidratado

Tratamiento	Combinación de los niveles que determinan el tratamiento
T1	$a_0b_0c_0$
T2	$a_0b_1c_0$
T3	$a_1b_0c_0$
T4	$a_1b_1c_0$
T5	$a_2b_0c_0$
T6	$a_2b_1c_0$
T7	$a_0b_0c_1$
T8	$a_0b_1c_1$
T9	$a_1b_0c_1$
T10	$a_1b_1c_1$
T11	$a_2b_0c_1$
T12	$a_2b_1c_1$

El análisis estadístico de los resultados fue procesado en el programa estadístico Infostat versión 5.1. Y se aplicó la prueba de Tukey al 5%.

2.6 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y EL PERFIL NUTRICIONAL DEL CHOCHO CON COBERTURA CROCANTE

Se analizaron las características físico-químicas del tratamiento de mayor aceptabilidad otorgada por los potenciales consumidores del producto.

Se realizó también una comparación entre las características físico-químicas del chocho fresco desamargado y del producto snack seleccionado mediante la prueba estadística no paramétrica "t student".

Los parámetros físicos que se evaluaron fueron la textura, el tamaño, el color, la humedad, la actividad de agua y el peso de manera similar a la descrita en el inciso 2.2.2.

Los parámetros químicos evaluados fueron la digestibilidad de la proteína, la biodisponibilidad de Fe, Zn, Ca y P, el análisis proximal y el análisis de minerales tal y como se describe en el inciso 2.2.3.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL CHOCHO FRESCO DESAMARGADO

3.1.1 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CHOCHO FRESCO DESAMARGADO

Entre las características físicas del chocho después del proceso de desamargado se evaluaron el tamaño (largo, ancho y espesor), la actividad de agua, la humedad, el peso de 100 granos, el color y la textura del grano. Los datos obtenidos en la caracterización física se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1. Caracterización física del chocho fresco desamargado

Parámetro		Unidad	Valor*
Tamaño	Largo	mm	13,46 ± 0,98
	Ancho	mm	11,06 ± 0,86
	Espesor	mm	6,49 ± 0,48
Aw		---	0,96 ± 0,004
Humedad		%	74,25 ± 0,004
Peso		g	59,74±1,59
Color	L	---	35,38±7,94
	a	---	1,84±0,53
	b	---	24,72±5,59
	C	---	24,49±5,73
	H	---	85,49±1,84
Textura		mm penetración	5,78 ± 0,57

*Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar.

En cuanto al tamaño, la variedad INIAP-450 Andino presentó un promedio de 13,46 mm de largo, 11,06mm de ancho y 6,49mm de espesor. Estos valores concuerdan con los obtenidos en otras investigaciones para el chocho desamargado fresco, con valores promedio de 13,22; 10,73 y 5,90 mm para el

largo, ancho y espesor, respectivamente, a una humedad promedio de 69%(Ortega, Rodríguez, David y Burbano, 2010, p. 117).

Para la actividad de agua, se registró un valor de 0,96, próximo a la unidad e indicativa de la cantidad de agua disponible, lo que determina la elevada susceptibilidad del grano para el deterioro, especialmente por el ataque de microorganismos (Cambero et al., 1998, p. 33).

El contenido de humedad fue del 74,25%, valor que concuerda con el dato citado por otro autor (Caicedo et al., 2001) quien reporta una humedad del 75%, para el grano fresco. Este nivel junto con la proteína y otros nutrientes del grano lo convierten en un alimento altamente perecedero y de poca vida en percha (Belitz y Grosch, 1997, p. 4; Casa, 2007, p. 75).

El peso de 100 granos está en función del tamaño, densidad y uniformidad del grano, varía en razón de la densidad de la vaina, el clima y la fertilidad del suelo donde se realizó el cultivo (Figuroa, 1985). Para el grano experimental se registró un valor de 59,74 g, indicativo del buen llenado de grano en su etapa de desarrollo (INIAP, 1998, p. 64).

En el análisis del color, se determinaron las coordenadas a y b que fluctuaron entre valores positivos y negativos para a+ (rojo), a- (verde), b+ (azul) y b- (amarillo), el ángulo hue (H) varió entre 0 a 360°, la cromaticidad (C) entre valores de 0 a 100, siendo 0 (oscuro) y 100 (saturado), y la luminosidad (L) entre valores de 0 a 100, el valor 0 corresponde al color negro y 100 al color blanco (BIC, 2005, p. 9).

En la variedad desamargada de chocho se determinó que la coordenada a con un valor de 1,84 presentó tendencia hacia el color verde, la coordenada b presentó un valor positivo de 24,72, correspondiente al color amarillo para el ángulo Hue (H) se registró 87,64°, correspondiente al primer cuadrante de coordenadas, en el que se enmarca los colores crema-amarillo. Para la luminosidad (L) se registró un valor de 35,38, con tendencia al color negro y con una cromaticidad (C) de 24,49.

La coloración crema determinada instrumentalmente, concuerda con las descripciones de varios investigadores (Jacobsen y Mujica, 2006, p. 463; Peralta et al., 2009, p. 30).

El grano con 74,25% de humedad, presentó poca resistencia a la penetración del punzón, registrándose un valor de 5,78 mm de penetración lo que evidencia su textura suave, propia de los productos cocidos y con alto contenido de humedad (Wittig, 2001, p. 25)

3.1.2 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CHOCHO FRESCO DESAMARGADO

La caracterización química incluyó el análisis proximal, contenido de minerales, biodisponibilidad de Fe, Zn, Ca y P y digestibilidad de la proteína.

La Tabla 3.2. muestra los componentes de proteína, grasa, fibra y ceniza del chocho fresco desamargado en base seca. La humedad del chocho fresco fue de 74,25%.

Tabla 3. 2. Composición proximal del chocho fresco desamargado

COMPONENTE	VALOR *
Proteína (%)	51,72 ± 0,304
Grasa (%)	21,63 ± 0,295
Fibra (%)	8,33 ± 0,448
Cenizas (%)	2,41 ± 0,117
ELN (Extracto libre de N) (%)	15,91 ± 0,581

*Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar. Porcentajes reportados en base seca

La proteína fue el componente mayoritario con un promedio de 51,72%, seguido de la grasa con 21,63%, resultados que concuerdan con los obtenidos por otros autores (Villacrés et al., 2006, p. 5; Allauca, 2005, p. 243).

El contenido mineral presente en el chocho fresco desamargado se presenta en la tabla 3.3.

Tabla 3. 3.Contenido mineral del chocho fresco desamargado

COMPONENTE	VALOR*
Na (%)	0,04±0,001
K (%)	0,02 ± 0,002
Mg (%)	0,16 ± 0,010
Ca (%)	0,50 ± 0,025
P (%)	0,43 ± 0,006
Fe (ppm)	99,33 ± 6,658
Zn (ppm)	54,33 ± 4,163
Mn (ppm)	24,00 ± 2,000
Cu (ppm)	9,23 ± 0,929

*Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar.
Valores expresados en base seca.

El calcio (0,50%) y el fósforo (0,43%) fueron los macrominerales que se encontraron en mayor cantidad en el grano desamargado, resultados que concuerdan con las determinaciones realizadas por Alluca (2005) (p. 243).

Los microelementos que se encontraron en mayor concentración en el chocho fresco desamargado fueron el hierro (99,33 ppm) y el zinc (54,33 ppm). En sus estudios Alluca (2005) reporta valores similares para hierro y zinc (p. 243).

En la Tabla 3.4 se presentan los valores obtenidos para la biodisponibilidad de minerales y digestibilidad de la proteína.

Tabla 3. 4. Biodisponibilidad de Fe, Zn, Ca, P y proteína (%) para el chocho fresco desamargado

PARÁMETRO	VALOR
Biodisponibilidad Fe (%)	3,38±0,11
Biodisponibilidad Zn (%)	0,92±0,03
Biodisponibilidad Ca (%)	0,94±0,01
Biodisponibilidad P (%)	1,74±0,04
Digestibilidad Proteína (%)	89,98±0,38

*Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar.

La digestibilidad de la proteína alcanzó un valor promedio 89,98%, el cual concuerda con la determinación realizada en un estudio anterior, cuya autora reporta una digestibilidad del 90% (Riera, 2011, p. 132).

En general la biodisponibilidad de minerales fue baja con valores de 3,38% para el Fe, 0,92% para el Zn, 0,94% para el Ca y 1,74% para el P. Estos valores fueron similares a los datos presentados por Riera (2011) quien reportó una biodisponibilidad de Fe de 0,19 %, Zn 1,46 %, Ca 2,41 % y P 0,24 % en el chocho fresco desamargado (p. 133).

La baja biodisponibilidad de minerales puede deberse a la forma como se presentan estos. Existen investigaciones que demuestran que los alimentos de origen animal poseen mayor biodisponibilidad de minerales que los alimentos de origen vegetal y en el caso del chocho la baja biodisponibilidad es causada por la presencia del ácido fítico (Riera, 2011, p. 132; Martínez, Ibáñez y Rincón, 2002).

3.2 SELECCIÓN DE LA FORMULACIÓN PARA LA DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

En la Tabla 3.5. se presentan los datos de la pérdida de peso y humedad que se determinaron en el grano luego de su inmersión en las diferentes soluciones osmóticas.

Tabla 3. 5. Efecto de la deshidratación osmótica en la pérdida de peso y humedad del chocho

SOLUCIONES OSMÓTICAS	PÉRDIDA DE PESO (%)	PÉRDIDA DE HUMEDAD (%)
Salina	2,22± 0,15 ^a	10,06± 0,88 ^a
Sal + Cebolla	2.13± 0,08 ^a	9,66± 0,21 ^a
Sal + Ácido cítrico	2,16± 0,11 ^a	9,71± 0,52 ^a
Sal + Ají	2,19± 0,13 ^a	9,76± 0,11 ^a

*Valores promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar. Los exponentes indican grupos estadísticamente homogéneos comparados por filas.

Se evidencia que en este proceso, el transporte de materia es una combinación de procesos simultáneos de transferencia de agua y soluto pues el producto al final del proceso tiene menor humedad y el grano ha adquirido el sabor proporcionado en la solución osmótica. La mayor pérdida de peso del grano, se registró en la solución salina (2,22%), sin embargo este valor no varió significativamente del obtenido mediante inmersión del grano en la soluciones de cebolla con sal, ácido cítrico con sal y ají con sal. El análisis estadístico se encuentra referido en el anexo VIII. El agua se elimina por difusión y por flujo capilar, mientras que la captación de soluto o lixiviación se produce solamente por difusión, este proceso es causado por los gradientes de concentración tanto de la solución como del alimento (Hough, Chirife y Marini, 1993, p. 152; Rahman y Perera, 1996, p. 144).

La pérdida de humedad del grano en las diferentes soluciones (salina, de cebolla con sal, de ácido cítrico con sal y de ají con sal) no son significativamente diferentes como lo muestra el anexo VIII.

La semejanza observada podría atribuirse a la igualdad de muchos factores influyentes en el proceso. Estos factores fueron la temperatura de la solución osmótica, la geometría del producto, la relación de la masa de solución a la masa del producto, las propiedades fisicoquímicas del alimento, la presión de operación y la agitación inexistente. En el proceso de deshidratación osmótica, cuando se emplean solutos de alto peso molecular en la solución osmótica se produce una velocidad de eliminación de agua mayor y una menor transferencia de soluto que con una solución rica en solutos de bajo peso molecular. En los casos presentados el soluto de menor peso molecular fue el cloruro de sodio que estuvo presente en los cuatro tratamientos y determinó en gran parte las condiciones de la solución osmótica, fue este mismo compuesto el que definió los resultados finales semejantes puesto que se encontraba en una concentración y solubilidad parecida en los cuatro tratamientos. Los otros solutos empleados al estar formados por compuestos orgánicos tenían un mayor peso molecular y su transferencia fue más baja (Rahman y Perera, 1996, p. 144; Heng, Guilbert y Cuq, 1990, p. 832; Torreggiani, 1996, p. 52).

Otro parámetro de evaluación lo constituyó la prueba sensorial y para determinar el grado de aceptación del chocho sumergido en las diferentes soluciones osmóticas. Se realizó un análisis sensorial de ordenamiento por preferencia, con panelistas no entrenados, quienes categorizaron los tratamientos en forma descendente. Los resultados obtenidos, se presentan en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Aceptabilidad general del chocho sumergido en diferentes soluciones osmóticas

Categorías	Soluciones osmóticas			
	Con sal ^a	Cebolla con sal ^{a,b}	Ácido cítrico con sal ^b	Ají con sal ^b
Me gusta mucho	26	14	12	8
Me gusta	17	19	14	10
Ni me gusta, ni me disgusta	11	14	17	18
Me gusta poco	6	13	17	24
Total de panelistas	60	60	60	60

Se destaca la mayor aceptabilidad (26) del chocho sumergido en solución salina, en la categoría “me gusta mucho”, esta cifra representa el 43,33%, con respecto al total de panelistas, seguido por un 23,33% que prefirió el chocho sumergido en una solución de cebolla con sal. Según la prueba Friedman el tratamiento de mayor aceptación y diferente estadísticamente a los demás es el del grano sumergido en solución salina.

El grano tratado con soluciones de ají con sal y ácido cítrico con sal obtuvo a un menor número de panelistas en la categoría “me gusta mucho”, como se observa en la Figura 3.1.

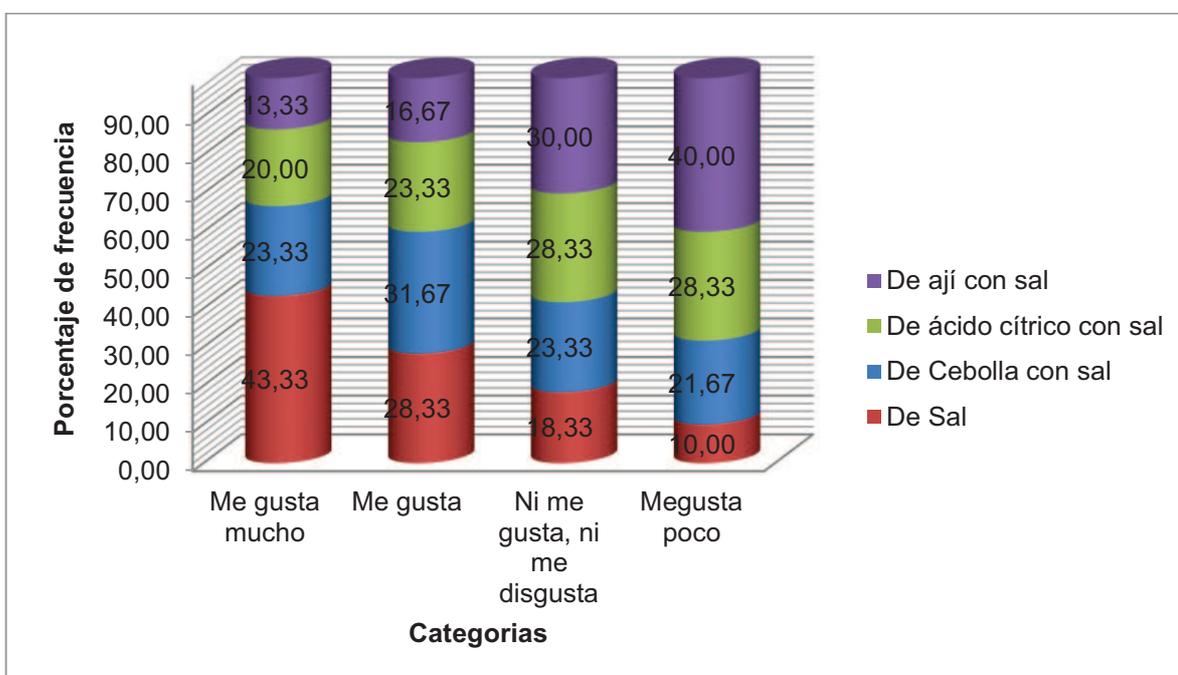


Figura 3.1. Categoría de aceptación del chocho, en diferentes soluciones osmóticas

El nivel de aceptabilidad fue evaluado estadísticamente aplicando la prueba de Friedman, cuyos resultados se presentan en el anexo IX.

El grano sumergido en solución salina pura, alcanzó el mayor nivel de aceptación, seguido por el grano sumergido en una solución de cebolla con sal. El grano

tratado en soluciones de ácido cítrico con sal y ají con sal, alcanzó un menor nivel de aceptación (20% y 13 %, respectivamente) en la categoría “me gusta mucho”.

El tratamiento con mayor nivel de aceptación por los consumidores (solución salina pura) y diferente estadísticamente de los demás, se seleccionó para las siguientes fases de la investigación a fin de lograr un snack agradable para los potenciales consumidores.

3.3 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DOS TÉCNICAS DE SECADO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL CHOCHO

En la Tabla 3.7 se presentan las características físicas del chocho desamargado secado con aire caliente (estufa de aire forzado) y por aplicación de microondas. En el anexo X se muestra el análisis estadístico “t student” de los distintos parámetros evaluados en el chocho seco.

La finalidad de los tratamientos de secado aplicados fue bajar la humedad del grano desde el 74,25% hasta una humedad aproximada del 10% por lo que el rendimiento en todos los tratamientos fue de aproximadamente el 36% a causa de la pérdida similar de humedad en los tres casos.

Tabla 3. 7. Características físicas del chocho desamargado seco

Parámetro		Unidad	Técnica de Secado		
			Con aire caliente		Microondas
			60°C	70°C	
Tamaño	Largo	mm	11,45±1,19 ^a	11,89±0,71 ^a	12,07±0,72 ^a
	Ancho	mm	9,82±0,96 ^a	9,94±0,57 ^a	10,05±0,68 ^a
	Espesor	mm	3,95±0,89 ^a	4,19±0,69 ^a	7,33±0,88 ^b
Aw		---	0,66±0,006 ^a	0,66±0,005 ^a	0,64±0,011 ^a
Humedad		%	10,13±0,42 ^a	10,29±0,20 ^a	10,52±0,017 ^a
Componentes del color	L	---	34,92±4,94 ^a	37,61±4,40 ^a	34,87±3,90 ^a
	a	---	2,19±0,50 ^a	2,34±0,56 ^a	-1,52±0,45 ^b
	b	---	7,91±1,55 ^a	9,16±2,13 ^a	-6,88±1,90 ^b
	C	---	8,21±1,57 ^{ab}	9,46±2,27 ^a	7,04±1,42 ^b
	H	---	74,43±3,03 ^a	73,18±6,24 ^a	257,92±3,13 ^b
Rendimiento		%	35,62±0,39 ^a	35,39±0,12 ^a	35,63±0,13 ^a
Textura		mm de penetración	0,50±0,08 ^a	0,64±0,11 ^b	1,18±0,25 ^c

*Los valores mostrados constituyen el promedio de varias repeticiones (dependiendo el caso) ± la desviación estándar. Los exponentes indican grupos estadísticamente homogéneos comparados por filas.

3.3.1 TAMAÑO DEL GRANO

El espesor del grano secado por microondas, resultó estadísticamente diferente del valor registrado para el grano secado con aire caliente a 60 y 70°C.

En general, el secado por microondas, produjo un menor efecto reductivo en las dimensiones del grano. Según Brennan (2008), la rápida generación de calor dentro del grano lleva a una rápida evaporación del agua. Esto da lugar a un gradiente de presión total que origina un rápido movimiento del agua líquida y del vapor de agua a la superficie del sólido. Este mecanismo da como resultado menor tiempo de secado y temperaturas del grano inferiores, comparado con el secado con aire caliente (p. 103). La técnica de secado por microondas es uniforme, los gradientes térmicos y de concentración son comparativamente menores.

Existe un menor movimiento de solutos dentro del material y el recalentamiento de las superficie es menos probable que cuando se aplica calor por convección (Quintana y Cleves, 1986, p. 2).

3.3.2 COMPONENTES DEL COLOR

La tonalidad (H), es la característica cromática más afectada por la técnica de secado en microondas, con un rango de variación de 35,38° para el grano fresco a 257,92° para el grano deshidratado. Las coordenadas colorimétricas a y b, también experimentaron un cambio brusco, pasando de 1,84 a -1,52 en el caso de la coordenada "a" y de 24,72 a -6,88 en el caso de la coordenada "b". La intensidad del color, expresada en el croma (C), varió de 24,49 en el grano fresco a 8,21 en el grano secado a 60°C, a 9,46 a 70°C y a 7,04 en el grano secado por microondas. Las dos técnicas de secado no afectaron a la luminosidad del grano.

A pesar de que el producto final se orienta a la obtención de chocho seco con cobertura amilácea, en el que requiere enfatizarse el color de la cobertura y no del grano, sin embargo fue necesario conocer el efecto de cada técnica de secado en las características cromáticas del grano con el fin de cumplir con los objetivos del estudio.

La intensidad de los cambios colorimétricos, guardan relación con el proceso de secado aplicado, la deshidratación cambia la textura del alimento y su reflectancia, mientras mayor es el tiempo de aplicación y más elevada es la temperatura del proceso, se producen cambios más drásticos en las coordenadas colorimétricas (Cañizares et al., 2007, p. 14).

3.3.3 TEXTURA DEL GRANO

La mayor dureza (0,5 mm), expresada como resistencia a la penetración de la punta del penetrómetro, presentó el grano secado con aire forzado a 60°C, en contraste, la menor dureza (1,18 mm) se determinó para el grano deshidratado en microondas. La dureza del grano difiere estadísticamente, según el sistema de secado utilizado. El grano secado en estufa de aire forzado a 60 y 70 °C presentó una mayor dureza, debido a un fenómeno llamado “acortezamiento” o “endurecimiento en caja” que provoca una mayor dureza en la superficie del grano, mientras el interior se mantiene suave (Cañizares et al., 2007, p. 13). Este fenómeno es indeseable para alcanzar un grano crocante, debido al alto gradiente de humedad en el interior del grano. El secado por microondas es más rápido y uniforme que el secado por aire caliente, lo que se traduce en una mayor calidad organoléptica del producto (Della, 2010, p. 131).

En general, la textura del grano presentó un cambio con respecto al producto fresco debido a la reducción de humedad, resultado en el que influyen el tratamiento previo y la intensidad del tratamiento aplicado (Cañizares et al., 2007, p. 13).

3.3.4 ACTIVIDAD DE AGUA

El agua disponible es mucho más importante para la estabilidad y las características sensoriales de los alimentos, que la cantidad total de agua presente. Se evaluó la actividad de agua del chocho deshidratado con aplicación de aire caliente y microondas. Por este último sistema, el grano presentó un valor de actividad de agua de 0,64, pero no difiere estadísticamente del promedio (0,67) presentado por el grano secado con aire caliente como se muestra en el anexo X, numeral 5. Sin embargo esta reducción de la actividad de agua, no es suficiente para garantizar la preservación del chocho, ya que podría favorecer el crecimiento microbiano y las reacciones químicas deteriorativas del producto (Labuza, McNally, Gallagher, Hawkes y Hurtado, 1971, p. 156).

3.3.5 CURVAS DE SECADO

La figura 3.2. muestra la curva de velocidad de secado del chocho con aire caliente a 60 °C y a 70 °C. El grano alcanzó una humedad promedio de 10,13% durante 340 minutos para el tratamiento con aire forzado a 60 °C y una humedad de 10,29% a los 240 min para el tratamiento con aire forzado a 70 °C.

En el gráfico de las curvas de secado por aire forzado se observa el periodo de velocidad constante que se da desde el inicio hasta los 60 minutos en el caso de las dos temperaturas probadas. En ese instante el alimento alcanza la humedad crítica que es aproximadamente de 0,66 kg de agua/kg de masa sólida. A esta etapa le sigue dos periodos de velocidad decreciente. El primer periodo depende de la transferencia tanto interna como externa de humedad, mientras que el segundo periodo depende únicamente de la resistencia a la transferencia interna de humedad. Igual comportamiento se observa para la curva de secado a 70 °C (Rahman, Kasapis, Guizani y Al-Amri, 2003, p. 323).

Las curvas de secado con aire caliente se asemejan a las presentadas por otros autores, quienes identifican en el proceso de secado las etapas de precalentamiento y de velocidad constante (Altan y Maskan, 2005, p. 792).

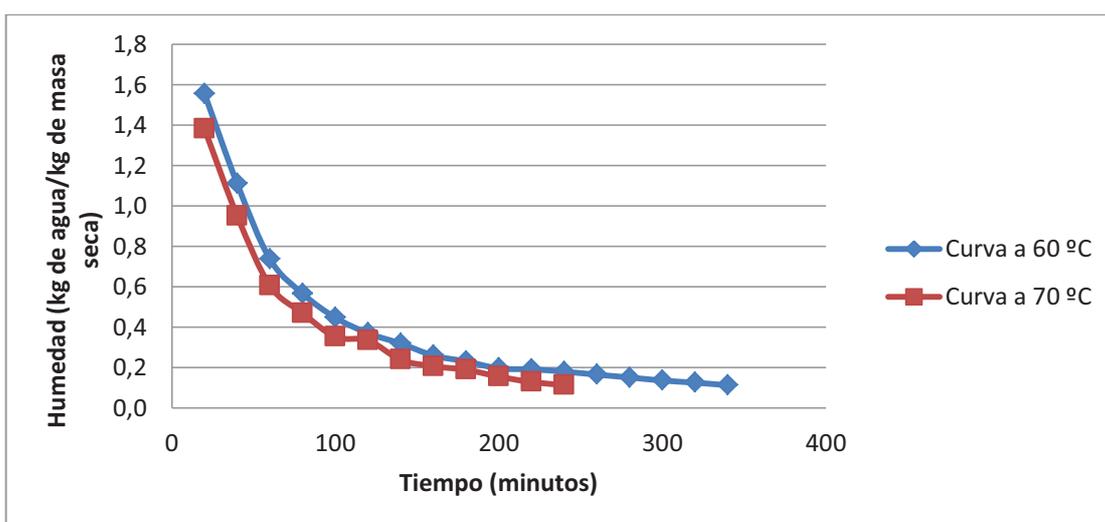


Figura 3. 2. Curva de secado del tratamiento con aire forzado a 60 °C y 70 °C (Curva promedio de tres repeticiones).

El secado por microondas produjo como resultado un descenso sustancial del tiempo, se alcanzó un contenido de humedad de 10,52% a los 9 minutos, 30 segundos de proceso como se puede observar en la figura 3.3., lo que se tradujo en un color más claro y mejor textura del grano. Resultados que concuerdan con lo señalado en otros estudios (Singh y Heldman, 2009, p. 232), los cuales indican que la energía de microondas supera los límites de tiempo y temperatura, además produce un producto de muy alta calidad incluso cuando los materiales que se procesan son bastante gruesos.

La curva de secado por microondas resultó diferente a la del secado con aire caliente, dicha curva mostró una tendencia polinomial para el periodo de estudio, que corresponde a los 9,5 min [$y = 0,011x^2 - 0,328x + 2,189$], con un descenso significativo en la velocidad inicial de secado, dicha tendencia concuerda con otro estudio (Della, 2010, p. 133), dónde se demuestra que el secado por microondas se ajusta a una tendencia polinomial de grado 2.

Sin embargo tanto la curva de secado por aire forzado que muestra la figura 3.2. como la curva de secado por microonda que muestra la figura 3.3. tienen una tendencia asintótica, puesto que el valor de la humedad tiende a mantenerse constante durante la prolongación del tiempo.

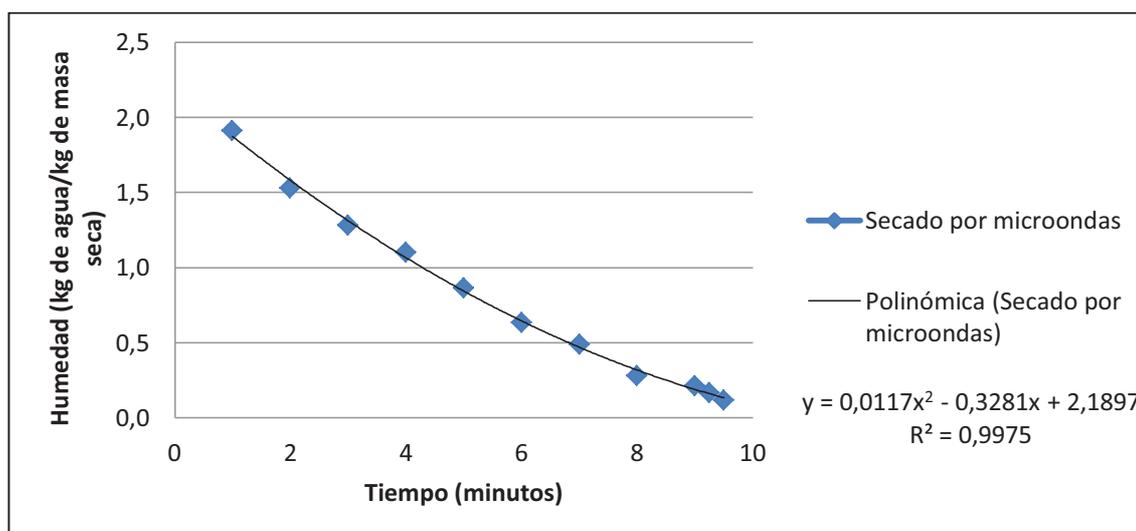


Figura 3. 3. Curva de secado del chocho secado con microondas. (Curva promedio de tres repeticiones)

Al respecto se indica que el calentamiento por microondas usa el espectro de longitudes de onda electromagnética como una forma de energía. Esta energía interactúa con el grano, generando así calor e incrementado sustancialmente la velocidad de secado (Cambero et al., 1998, p. 162).

En esta fase del proceso, para el chocho se estableció un nivel de humedad de alrededor del 10%, aceptable para la aplicación posterior de la cobertura, proceso que junto con el horneado, permitirán reducir la humedad del grano a valores próximos al 1,5%, nivel aceptable para el consumo y seguro para el almacenamiento.

3.3.6 BIODISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN EL CHOCHO SECO

En la Tabla 3.8, se presenta la biodisponibilidad de los minerales: hierro, zinc, calcio y fósforo, así como la digestibilidad de la proteína en el chocho secado mediante dos sistemas de calentamiento.

Tabla 3. 8. Biodisponibilidad de nutrientes del chocho secado por aire forzado y microondas

	Parámetro	Técnica de Secado		
		Por aire forzado		Microondas
		60 °C	70 °C	
Biodisponibilidad (%)	Hierro	1,10±0,015 ^a	0,16±0,01 ^b	0,14±0,006 ^b
	Zinc	1,34±0,01 ^a	0,09±0,01 ^b	0,11±0,01 ^b
	Calcio	0,93±0,006 ^a	0,43±0,007 ^b	0,38±0,005 ^c
	Fósforo	3,02±0,01 ^a	2,75±0,01 ^b	2,88±0,01 ^c
Digestibilidad (%)	Proteína	85,29±0,477 ^a	85,40±0,277 ^a	85,73±0,206 ^a

*Los valores mostrados constituyen el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar. Los exponentes indican grupos estadísticamente homogéneos comparados por filas.

El mayor promedio para la biodisponibilidad de hierro (1,10%) presentó el chocho secado con aire caliente a 60°C. Este valor es estadísticamente diferente a la biodisponibilidad del mineral en el grano secado a 70°C y por microondas. Con

esta última técnica, el grano presentó la menor biodisponibilidad de hierro (0,14%), posiblemente por la modalidad de secado.

Para la biodisponibilidad del zinc se obtuvo un resultado similar al del hierro, con un mayor valor (1,34%) para el grano secado con aire caliente a 60°C, el cual difiere estadísticamente del grano secado a 70°C (0,09%) y por microondas (0,11%). Igualmente el mayor valor de biodisponibilidad del calcio (0,93%) se obtuvo en el grano secado a 60°C, seguido por el procesado a 70°C con 0,43 %.

En cuanto al fósforo, los valores de biodisponibilidad resultaron estadísticamente diferentes en el grano secado por las dos técnicas (aire caliente y microondas), el mayor valor (3,02%) se registró en el chocho secado a menor temperatura (60°C), mientras que el menor valor (2,75%) se obtuvo en el grano secado a 70°C.

La digestibilidad de la proteína no presentó diferencias significativas en función de la técnica de secado, según lo reveló la prueba no paramétrica "t student".

En general, el secado del grano con aire caliente a una temperatura de 60°C, afectó en menor grado a la disponibilidad de los nutrientes evaluados. Al respecto se ha investigado que un calentamiento excesivo puede resultar en una menor disponibilidad de nutrientes, afectando especialmente a la digestibilidad de la proteína y los aminoácidos (Wiseman, 1993, p. 6).

A pesar de su efecto en la menor biodisponibilidad de nutrientes, el chocho deshidratado por microondas presentó un mejor tamaño de grano, actividad de agua y textura, características deseables para el recubrimiento del grano. Por lo que se seleccionó esta técnica para el secado del grano a ser recubierto.

3.4 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS ÓPTIMOS PARA LA APLICACIÓN DE UNA COBERTURA

Las muestras de chocho sometidas a 12 tratamientos fueron evaluadas sensorialmente por 50 consumidores, con el fin de identificar la formulación y las condiciones de proceso que permitan obtener chocho crocante de gran aceptabilidad por el consumidor. En el anexo VII, se adjunta el formulario de evaluación utilizado.

El ensayo se llevó a cabo en la Escuela Politécnica Nacional en horas de la mañana, con catadores entre 18 y 25 años, a cada uno de los cuales, se le presentó 4 muestras codificadas por día.

En la Tabla 3.9. se presentan los resultados de las calificaciones otorgadas por los panelistas en los atributos: apariencia, color, olor, sabor, crocancia y preferencia global.

Tabla 3. 9. Calificaciones promedio del chocho con diferentes tratamientos de recubrimiento

Tratamiento	Parámetros de evaluación					
	Preferencia global	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Crocancia
T1	6,58±1,87 ^a	6,02±1,93 ^a	6,04±2,75 ^a	5,36±3,04 ^a	5,42±1,81 ^a	6,16±2,68 ^a
T2	6,42±1,62 ^a	5,26±1,66 ^a	6,00±2,43 ^a	6,24±2,65 ^a	5,74±1,85 ^a	6,16±2,97 ^a
T3	6,36±1,97 ^a	5,42±1,76 ^a	5,88±2,46 ^a	5,72±2,73 ^a	5,48±2,03 ^a	5,84±2,80 ^a
T4	6,58±1,99 ^a	5,54±1,89 ^a	6,12±3,31 ^a	5,32±3,24 ^a	5,38±2,08 ^a	6,40 ±2,63 ^a
T5	6,66±1,87 ^a	5,58±1,97 ^a	5,72±2,93 ^a	4,88±3,14 ^a	5,62±2,21 ^a	5,40 ±3,28 ^a
T6	6,78±1,95 ^a	5,14±1,95 ^a	6,64±2,61 ^a	6,12±2,97 ^a	5,80 ±2,20 ^a	5,16±3,10 ^a
T7	6,98±2,00 ^a	5,26±2,11 ^a	6,32±2,67 ^a	5,04±3,14 ^a	6,62±2,19 ^a	5,68±3,12 ^a
T8	7,06±1,86 ^a	5,82±1,57 ^a	7,12±2,40 ^a	5,12±3,34 ^a	6,36±1,72 ^a	5,8±3,13 ^a
T9	6,64±1,66 ^a	5,32±1,74 ^a	5,36±2,67 ^a	6,12±2,92 ^a	5,94±1,88 ^a	6,16±2,80 ^a
T10	6,98±1,66 ^a	6,06±1,71 ^a	6,24±2,97 ^a	5,36±3,12 ^a	6±1,88 ^a	6,04±2,75 ^a
T11	6,58±1,79 ^a	5,48±1,68 ^a	6,20±2,62 ^a	6,20 ±3,08 ^a	5,64±1,92 ^a	5,84±2,71 ^a
T12	6,56±1,66 ^a	5,18±1,7 ^a	5,88±2,75 ^a	5,76±2,91 ^a	5,7±1,83 ^a	5,2±3,03 ^a

*Los valores mostrados constituyen el promedio de 50 repeticiones ± la desviación estándar.

No se encontró significancia estadística en las calificaciones de los atributos: color, olor, sabor, crocancia, apariencia y preferencia global del chocho recubierto con diferentes tratamientos como se muestra en el anexo XI.

Para seleccionar el tratamiento apropiado para la obtención de chocho recubierto con mayor aceptabilidad por los potenciales consumidores, se realizó una sumatoria de los promedios de todas las categorías evaluadas y se escogió el de mayor sumatoria total. Los resultados de la suma de los promedios se muestran en la tabla 3.10.

Tabla 3. 10 Sumatoria de los promedios de los diferentes atributos sensoriales evaluados

Tratamiento	Descripción			Sumatoria total de las categorías evaluadas (Puntaje evaluado sobre 40)
	Proporción Chocho: Jarabe de cobertura	Base del Jarabe	Tiempo de horneado (min)	
T1	1:1,25	Agua	30	35,58
T2	1:1,25	Cerveza	30	35,82
T3	1:1,50	Agua	30	34,7
T4	1:1,50	Cerveza	30	35,34
T5	1:1,75	Agua	30	33,86
T6	1:1,75	Cerveza	30	35,64
T7	1:1,25	Agua	35	35,9
T8	1:1,25	Cerveza	35	37,28
T9	1:1,50	Agua	35	35,54
T10	1:1,50	Cerveza	35	36,68
T11	1:1,75	Agua	35	35,94
T12	1:1,75	Cerveza	35	34,28

Según lo establecido en la Tabla 3.10., los tratamientos T7, T8 y T10 presentaron la mayor calificación total con 35,9; 37,28 y 36,68 respectivamente. En base a estos resultados, se seleccionó el tratamiento T8 para continuar con la caracterización físico-química por poseer el mayor puntaje acumulado.

El tratamiento T8 hace referencia a la relación chocho: jarabe de cobertura (1:1,25); formulación: agua (5,22%), cerveza (15,55%), harina de trigo (70,73%), sal (1,00%), azúcar (7,50%) y tiempo de horneado (35 minutos).

Adicionalmente, se realizó una evaluación sensorial descriptiva de los 12 tratamientos ensayados para el recubrimiento del grano, con 50 panelistas no entrenados. Los resultados se muestran en las figuras 3.4., 3.5., 3.6. y 3.7.

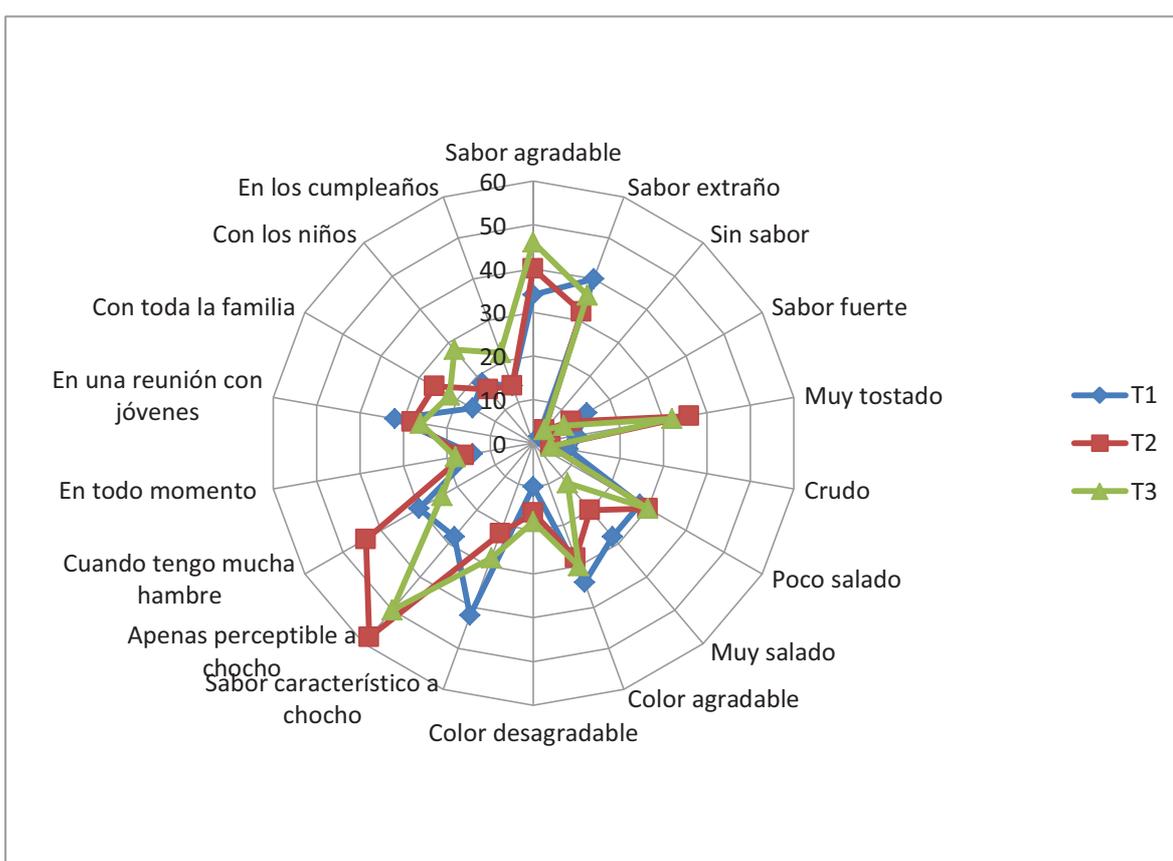


Figura 3. 4. Respuestas sensoriales descriptivas para el chocho con recubrimiento de los tratamientos T1(proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de agua, 30 minutos de horneado), T2(proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de cerveza, 30 minutos de horneado)y T3 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de agua, 30 minutos de horneado)

El 40% de panelistas opinaron que el tratamiento T1 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de agua, 30 minutos de horneado); presentó un sabor extraño, mientras que el 34% señaló que el color y sabor de este tratamiento eran

agradables, posiblemente por el color que presentó el snack después del horneado. El tratamiento T2 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de cerveza, 30 minutos de horneado) y el tratamiento T3 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de agua, 30 minutos de horneado) se destacan por sus características de sabor: “apenas perceptible a chocho” (58% y 50%, respectivamente) posiblemente porque el sabor del chocho se fusiona con el de la cobertura.

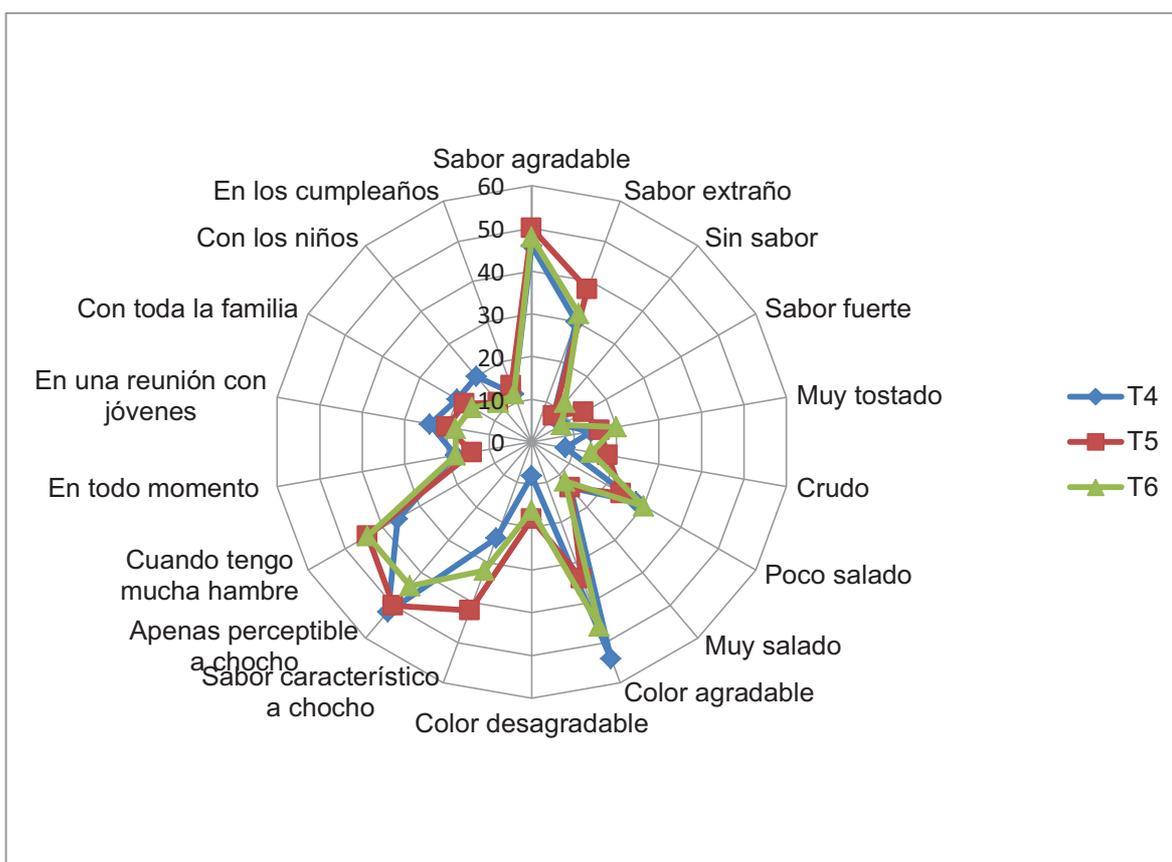


Figura 3. 5. Respuestas sensoriales descriptivas para el chocho con recubrimiento de los tratamientos T4 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de cerveza, 30 minutos de horneado), T5 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de agua, 30 minutos de horneado) y T6 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de cerveza, 30 minutos de horneado)

En los tratamientos T4 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de cerveza, 30 minutos de horneado), T5 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de agua, 30 minutos de horneado) y T6 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de cerveza, 30 minutos de horneado), los consumidores

indicaron que el color y el sabor eran “agradables” y apenas percibieron el sabor característico del grano. A pocas personas les pareció que los tratamientos tenían poco sabor o tenían un sabor fuerte. Estos tres tratamientos comparten el mismo tiempo de secado y por ello su color final fue parecido, así mismo la cantidad de cobertura aplicada enmascaró el sabor del grano y le confirió un sabor diferente al snack.

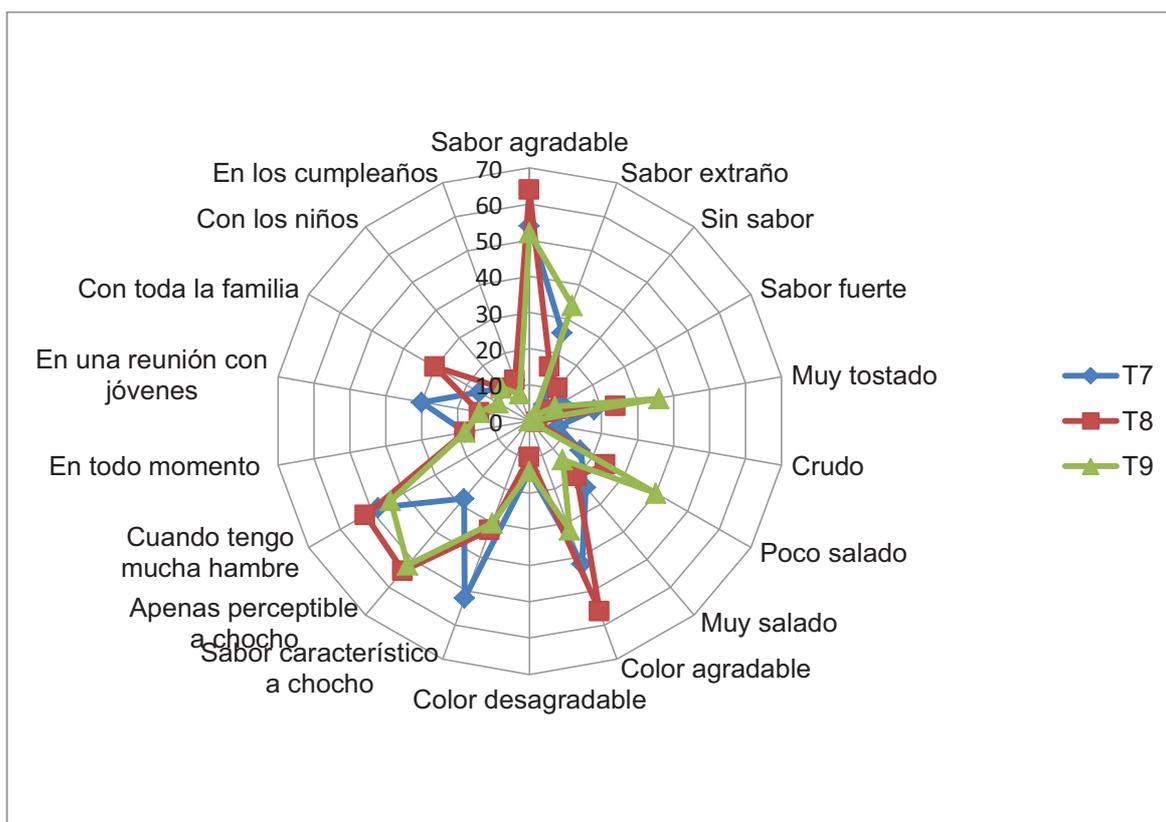


Figura 3. 6. Respuestas sensoriales descriptivas para el chocho con recubrimiento de los tratamientos T7 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de agua, 35 minutos de horneado), T8 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de cerveza, 35 minutos de horneado) y T9 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de agua, 35 minutos de horneado)

El tratamiento T7 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de agua, 35 minutos de horneado) se destacó por su “sabor agradable” (54%). Así mismo los consumidores opinaron que este tratamiento tenía “sabor característico a chocho” (52%) probablemente por la baja cantidad de cobertura aplicada.

El 64% de los consumidores atribuyeron al tratamiento T8 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de cerveza, 35 minutos de horneó) un “sabor agradable” y al 56% le pareció que el color era “agradable”. Este criterio pudo ser emitido debido al uso de cerveza en el jarabe, el cual le confirió un color café claro después del horneó y un sabor particular.

El 52% de los consumidores atribuyeron a T9 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de agua, 35 minutos de horneó) un “sabor agradable” y el mismo porcentaje opinó que el tratamiento tenía un “sabor apenas perceptible a chocho, posiblemente por la cantidad de cobertura aplicada en el tratamiento.

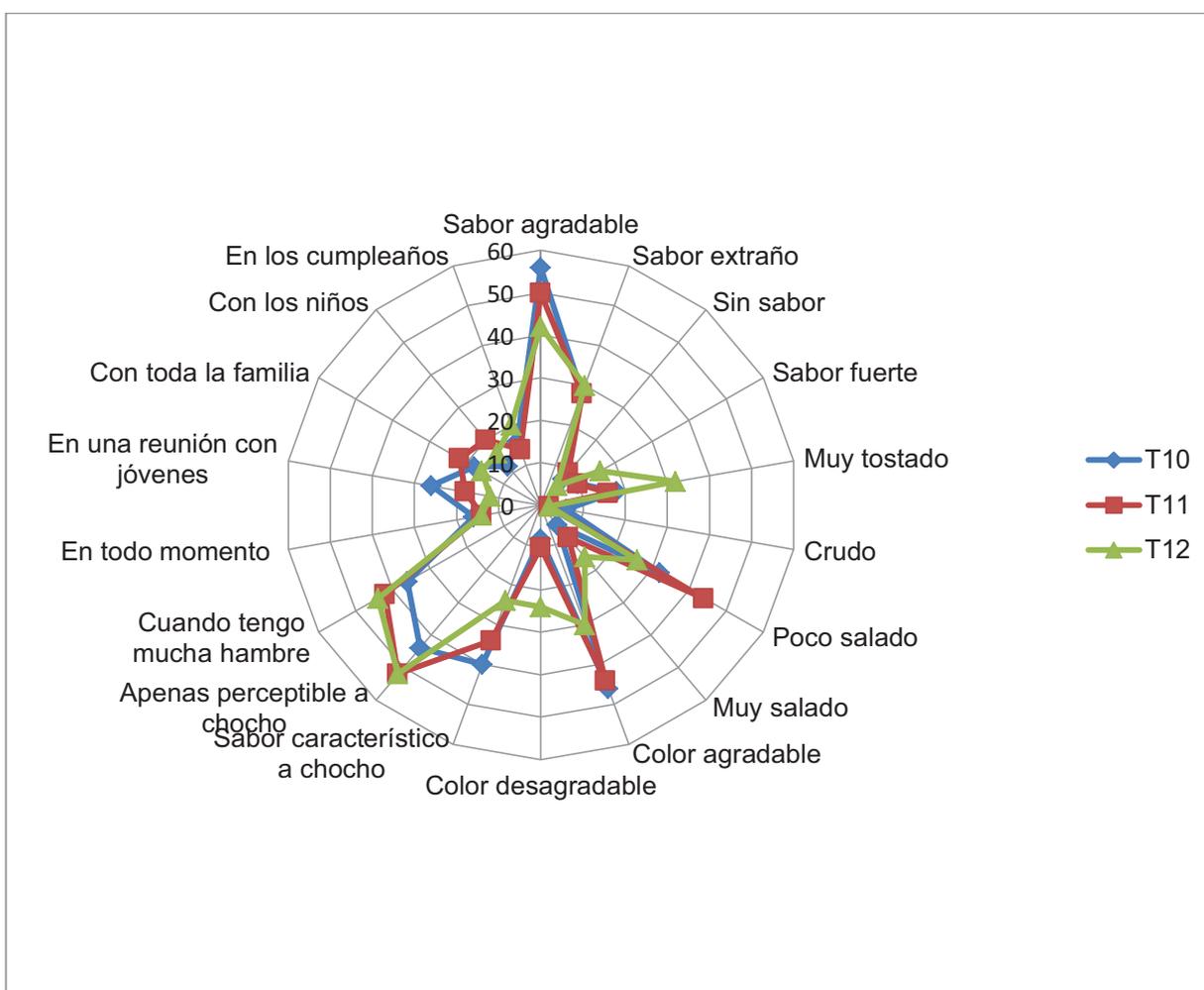


Figura 3. 7. Respuestas sensoriales descriptivas para el chocho con recubrimiento de los tratamientos T10 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de cerveza, 35 minutos de horneó), T11 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de agua, 35 minutos de horneó) y T12 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,75, a base de cerveza, 35 minutos de horneó)

Los consumidores describieron al tratamiento T10 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,50, a base de cerveza, 35 minutos de horneado) como un tratamiento de “sabor agradable” (56%), con “color agradable” (46%) y con “sabor apenas perceptible a chocho” (44%), debido probablemente al uso de cerveza en la cobertura que le confirió un sabor específico y un color café claro.

El 52% de los consumidores apenas percibieron el sabor característico a chocho en el tratamiento T11 y T12 debido posiblemente a que en dichos tratamientos la proporción de chocho: jarabe de cobertura fue la mayor. Así mismo describieron que los tratamientos tenían un “sabor agradable” y un “color agradable”.

Los tratamientos que incidieron en las características sensoriales del producto final fueron: a) El tratamiento T8 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de cerveza, 35 minutos de horneado) alcanzó la mayor frecuencia (64%) de opiniones en la categoría “sabor agradable”; b) En el tratamiento T1 (proporción chocho: jarabe de cobertura 1:1,25, a base de agua, 30 minutos de horneado) los consumidores detectaron “sabor extraño” (40%), posiblemente por la menor proporción de chocho: jarabe de cobertura; c) Del tratamiento T6 y T8 opinaron que el grano “carecía de sabor” (12%). Dichos tratamientos comparten la misma formulación del jarabe de cobertura la cual es base de cerveza; d) En el tratamiento T12, detectaron un “sabor fuerte” (16%), posiblemente porque dicho tratamiento tenía la mayor cantidad proporción grano: jarabe de cobertura y el mayor tiempo de horneado; e) los tratamientos T2 y T9 fueron descritos como “muy tostados” (36%), en el primero pudo influir la poca cantidad de jarabe de cobertura y en el segundo el tiempo de horneado de 35 minutos; f) el tratamiento T5 obtuvo un 18% de consumidores que opinó que el grano estaba “crudo”, probablemente porque la relación de grano: jarabe de cobertura fue la mayor y el tiempo de horneado fue el menor.

La mayor frecuencia para la descripción de “color agradable” la obtuvo el tratamiento T8 con un 56%, seguramente por la aplicación de cerveza en el jarabe y el posterior horneado, mientras que para “color desagradable” fue el tratamiento

T12 con un 24%, dicho tratamiento tuvo la mayor proporción de grano:cobertura y el mayor tiempo de horneado.

En el tratamiento T7 el grano presentó “sabor característico a chocho” (52%), mientras que en el tratamiento T2 el snack tenía “sabor apenas perceptible a chocho” (58%), posiblemente porque el primero tenía una jarabe de cobertura a base de agua y el segundo a base de cerveza.

Para las frecuencias de consumo se observa que el tratamiento T7 se puede consumir cuando se tiene mucha hambre (48%), los tratamientos T3, T4, T6, T7, T8 y T9 obtuvieron mayoría en la categoría de “consumo en todo momento”, el tratamiento T1 fue seleccionado para consumirlo en una “reunión con jóvenes” (32%), el 30% de los consumidores prefirió el tratamiento T8 para comerlo con toda la familia y el tratamiento T3 fue elegido para “degustarlo con los niños (28%) y en los cumpleaños (22%)”. Los resultados se muestran diversos debido a que los consumidores no detectaron diferencias significativas entre todos los tratamientos.

Se observó que los tratamientos de menor tiempo de horneado (T1, T2, T3, T4, T5 y T6) tienen mayor frecuencia en la categoría “crudo”. Los tratamientos que a los consumidores les parecían más agradables (T7, T8 y T10) tenían también la menor frecuencia en la categoría “sabor extraño”. Posiblemente los consumidores relacionen a los sabores extraños como sabores desagradables. Los consumidores pensaron que los tratamientos T2, T3 y T12 estaban muy tostados y son justamente dichos tratamientos los que alcanzaron una alta frecuencia en la categoría “color desagradable”. Los tratamientos T1, T3, T5, T9 y T11 obtuvieron mayores frecuencias en la descripción “sabor extraño”. Dichos tratamientos fueron cubiertos con un jarabe a base de agua, sin la presencia de cerveza.

3.5 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y EL PERFIL NUTRICIONAL DEL CHOCHO CON COBERTURA CROCANTE

3.5.1 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL CHOCHO CROCANTE

Con la prueba no paramétrica “t student” se determinó que las características físicas del chocho con recubrimiento difieren sustancialmente del chocho fresco. Se exceptúan de esta afirmación las dimensiones y las coordenadas colorimétricas L y a como lo muestra el anexo XII.

La Tabla 3.11 muestra las características físicas del chocho con recubrimiento.

Tabla 3. 11. Características físicas del chocho con cobertura crocante

Parámetro		unidad	Valor
Tamaño	Largo	mm	12,84±0,84
	Ancho	mm	10,75±0,75
	Espesor	mm	7,27±0,83
Aw		---	0,15±0,01
Humedad		%	1,52±0,06
Peso		g	27,55±0,49
Color	L	---	36,76±3,99
	a	---	2,16±1,08
	b	---	2,11±1,03
	C	---	3,01±1,35
	H	---	45,62±14,90
Textura (Dureza)		mm de penetración	1,69±0,30

*Los valores mostrados constituyen el promedio de varias repeticiones ± la desviación estándar.

La dureza del producto crocante es 3,4 veces mayor al grano fresco como muestra la Figura 3.8. Esto se debe principalmente a la cobertura que recubre al chocho la cual posee una mezcla de harina de trigo, sal, azúcar y cerveza, que en

conjunto forman una estructura resistente y compacta. Dicha conformación presenta estructuras de gluten gruesas y su textura esta determinada por los cambios internos a causa de la pérdida de humedad (Hoseney, 1991, p. 53).

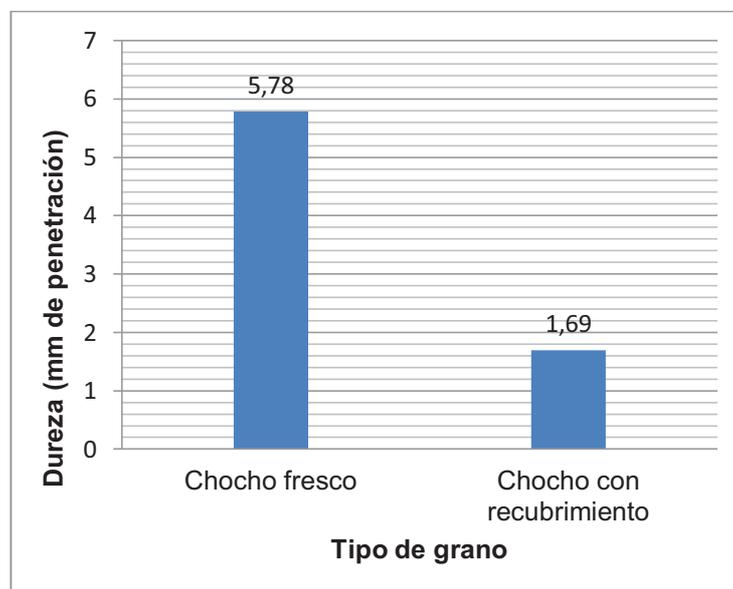


Figura 3. 8. Comparación de la dureza entre el producto final y el fresco

Los elevados valores de coeficientes de variabilidad se debieron a las irregularidades presentes en la superficie de cobertura. Esto representa un error de una variable conocida no controlable (López, 1994, p. 37). El error también se relaciona a las bolsas de aire irregulares presentes en la cobertura debido a la acción de los agentes leudantes de la harina y a la evaporación del agua interior al momento del horneado (Hoseney, 1991, p. 62; Manley, 1983, p. 10).

La figura 3.9. muestra que el tamaño del producto crocante es menor en el ancho y largo pero no en el espesor donde el producto fresco presenta un menor valor. El promedio del snack de chocho es de 12,84 mm de largo, 10,75 mm de ancho, y 7.27 mm de espesor. El chocho fresco desamargado tenía 0,62 mm de largo y 0,31 mm de ancho más que el chocho crocante. Sin embargo el snack era mayor en 0,78 mm de espesor al producto fresco.

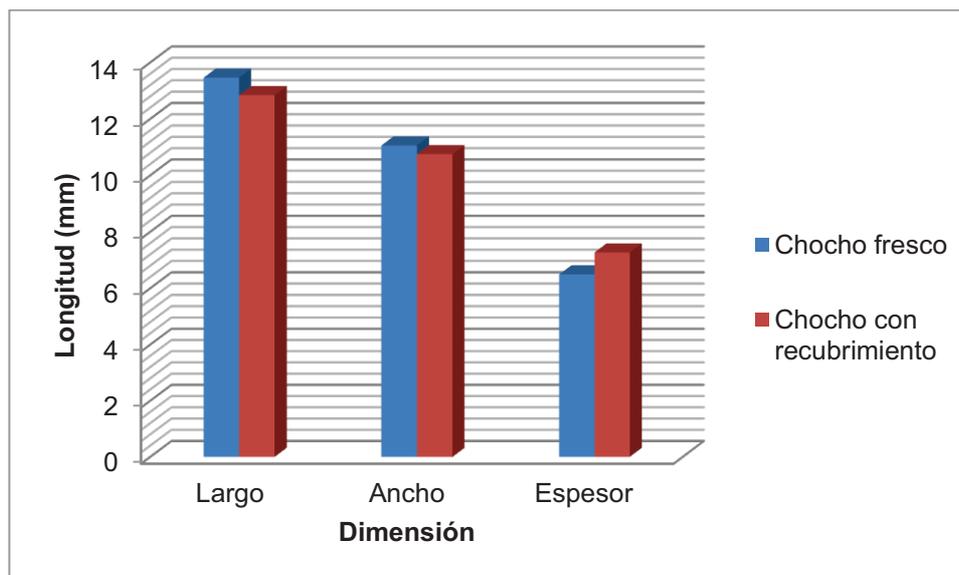


Figura 3. 9.Diferencias del tamaño entre el producto final y el fresco

El mayor incremento se da en el espesor debido a que la cobertura tuvo mayor adherencia sobre las caras del grano debido a la mayor superficie específica de estas, y así alteró en mayor proporción a la medida de espesor. Esta superficie es muy importante en las operaciones y procesamiento (Grandison, 2008, p. 4). La disminución en las demás dimensiones se produjo por la deshidratación sufrida en el secado, y además por la menor superficie específica (Brennan, 2008, p. 90).

La Figura 3.10. muestra que el producto crocante conserva una luminosidad parecida al chocho fresco con apenas 1,38 de diferencia. Así mismo la coordenada a del chocho crocante es parecida a la del producto inicial, poseen valores de 1,84 y 2,16 para el grano desamargado y para el snack, respectivamente. La coordenada a y la luminosidad (L) son estadísticamente similares en los dos tipos de grano. Y la coordenada b, la cromaticidad (C) y el ángulo H son estadísticamente distintos en las dos muestras.

El cambio de color se produjo principalmente por la cobertura, en la cual se caramelizaron los azúcares produciendo un pardeamiento de la misma, debido a las reacciones de Maillard (Casp y Abril, 2003, p. 343).

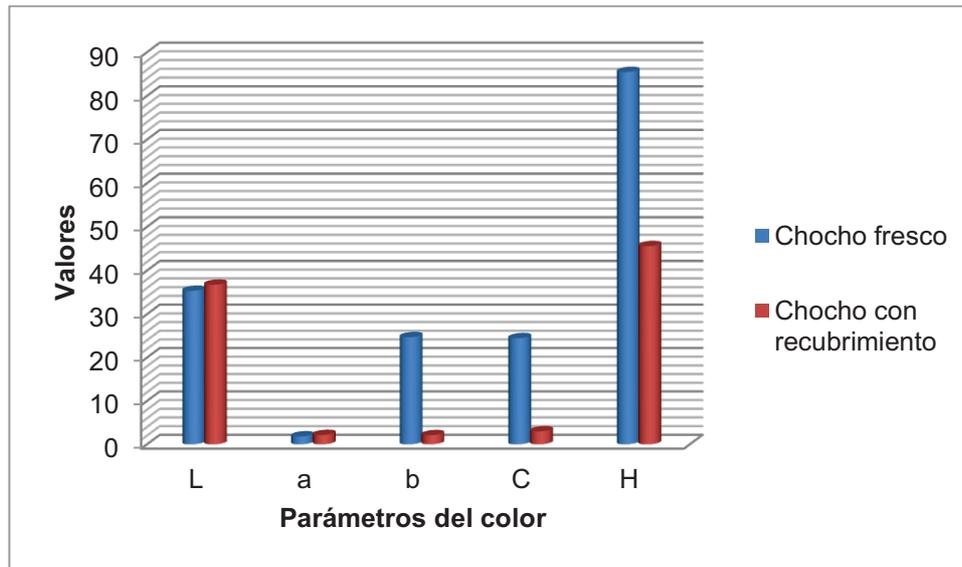


Figura 3. 10.Diferencia del color entre el chocho fresco y el producto final

En la Figura 3.11., la actividad de agua se redujo en el producto final, el grano fresco tuvo 0,96 y el crocante apenas 0,15. Uno de los cambios más significativos lo presentó la humedad como que tuvo un decremento de 74,25% al 1,52% como se observa en la figura 3.12. Y por último la reducción del peso de 100 granos se redujo de 59,74 gramos en el grano fresco a 27,55 gramos en el grano crocante como se muestra en la figura 3.13.

Esta reducción en los tres parámetros mencionados se debe a la pérdida de agua producto de su evaporación durante el secado y el horneado (Casp y Abril, 2003, pp. 38-39).

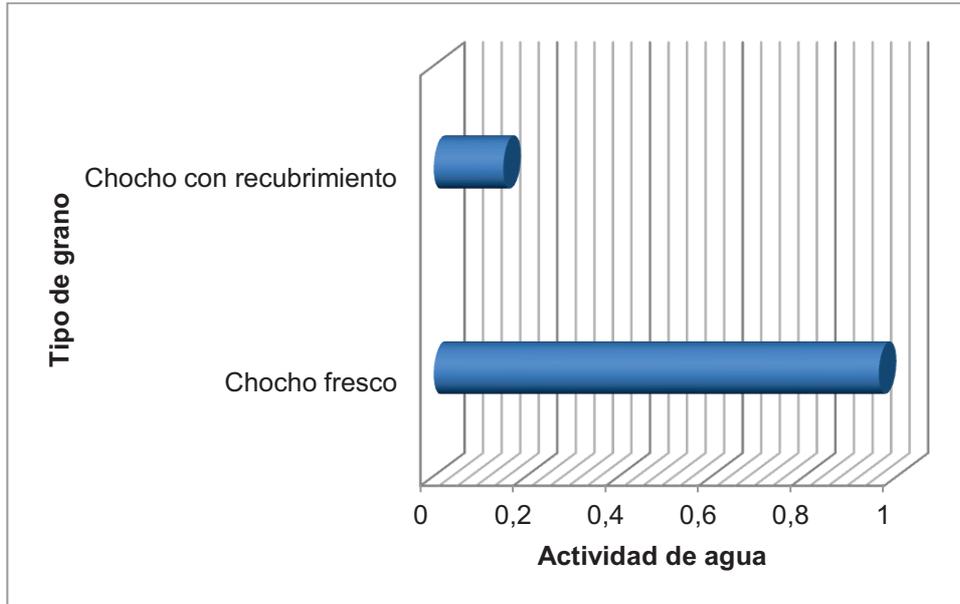


Figura 3. 11.Diferencia de la actividad de agua entre el chocho fresco y el producto final

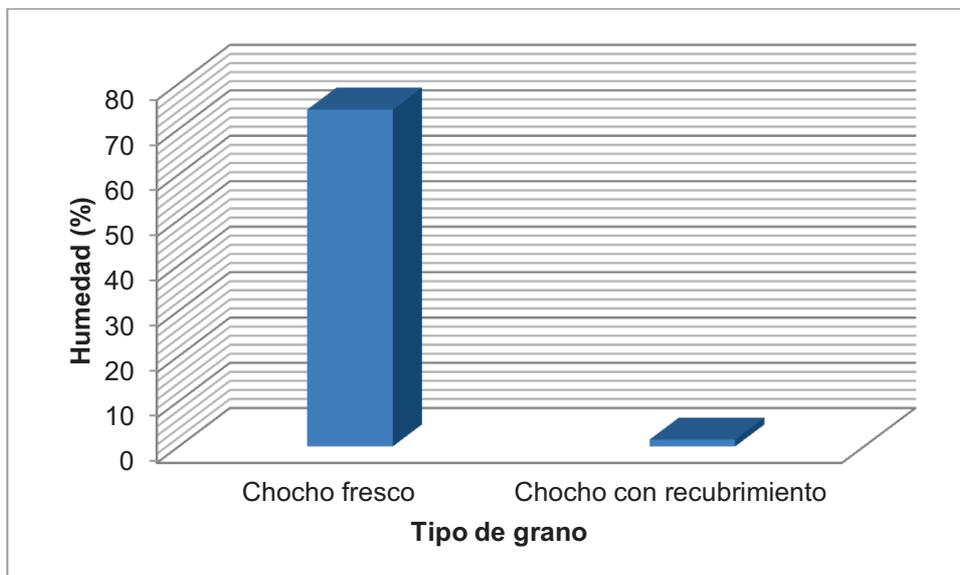


Figura 3. 12.Diferencia de la humedad entre el chocho fresco y el producto final

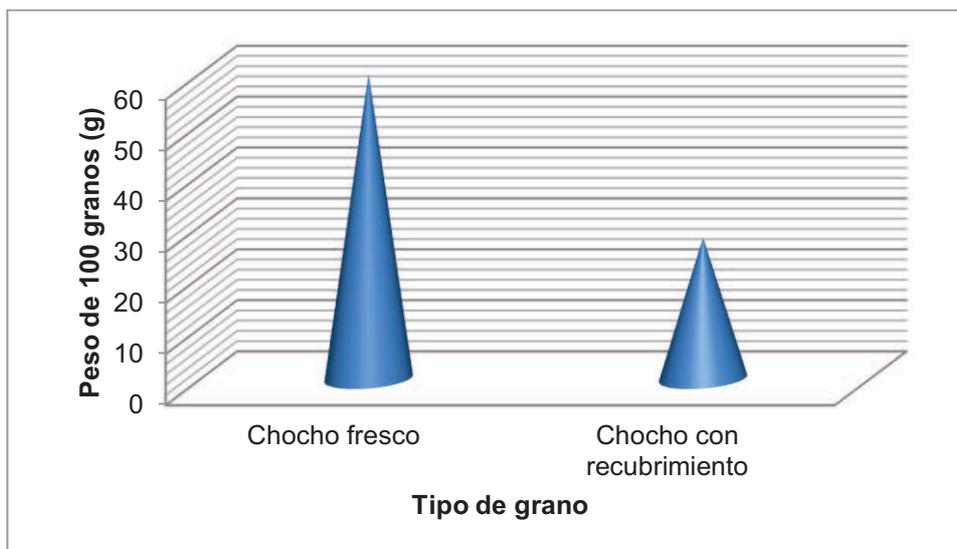


Figura 3. 13.Diferencia del peso de 100 granos entre el chocho fresco y el producto final

3.5.2 EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL CHOCHO CROCANTE

Se realizaron evaluaciones químicas del snack cubierto. Mediante el estadístico “t student” referido en el anexo XII, se determinó que existe una variación significativa entre la composición proximal, el contenido de minerales, la biodisponibilidad de Fe, Zn, Ca y P y la digestibilidad de la proteína del chocho con recubrimiento, con relación al grano desamargado. Se exceptúa de esta afirmación, el contenido de fibra, el cual es similar en los dos productos.

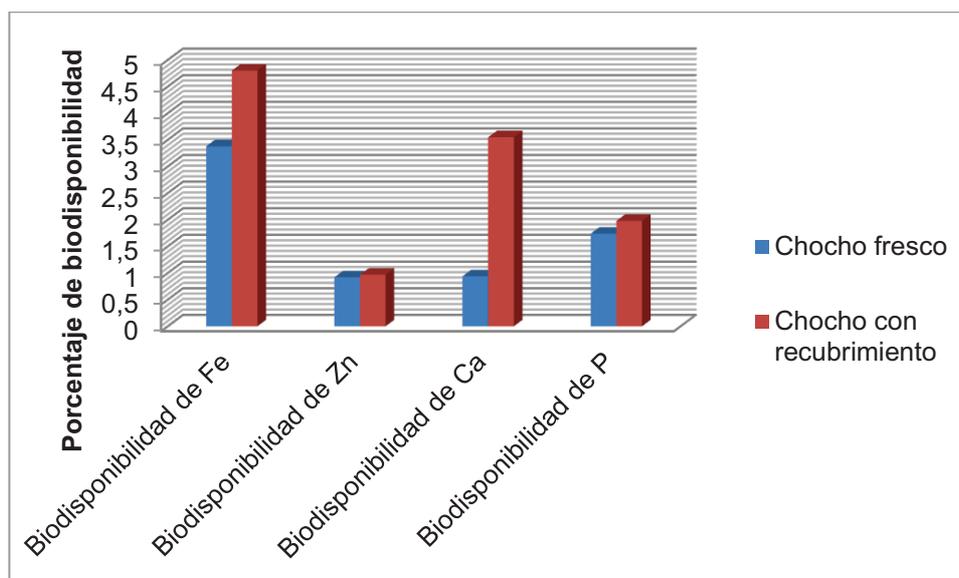
La Tabla 3.12, muestra la biodisponibilidad de los minerales hierro, zinc, calcio, fósforo y digestibilidad de la proteína. Se determinó un incremento en la biodisponibilidad de hierro, desde un valor de 3,38% en el grano desamargado a 4,80% en el grano con recubrimiento.

Tabla 3. 12.Biodisponibilidad de nutrientes en el chocho con recubrimiento

	Parámetro	Valor*
Biodisponibilidad (%)	Hierro	4,8±0,02
	Zinc	0,97±0,02
	Calcio	3,55±0,01
	Fósforo	1,98±0,01
Digestibilidad de la proteína (%)	Proteína	82,85±0,05

*Los valores mostrados constituyen el promedio de 3 repeticiones ± la desviación estándar.

La biodisponibilidad del zinc se incrementó de 0,92 a 0,97%, del calcio de 0,94 a 3,55% y del fósforo de 1,74 a 1,98%, como se ilustra en la Figura 3.14.

**Figura 3. 14.**Biodisponibilidad de minerales en el chocho desamargado y con recubrimiento

El incremento en la biodisponibilidad de minerales en el chocho con recubrimiento podría atribuirse a la inclusión de harina de trigo y cerveza en la formulación final de la cobertura, ingredientes que aportan nutrientes al producto final. La harina de trigo presenta el siguiente aporte de minerales biodisponibles: hierro (9,88%), zinc (10,05%), calcio (44,09%), los cuales son mayores a los registrados para el chocho. Igualmente la cerveza, aporta con minerales biodisponibles, provenientes

de la cebada, el lúpulo y la levadura (Dyner, Drago, Piñeiro, Sánchez, González, Villaamil y Valencia, 2007).

En contraste, la digestibilidad de la proteína disminuyó de 89,98% en el grano desamargado a 82,85% en el grano con recubrimiento como se puede observar en la figura 3.15. Lo cual podría atribuirse a la temperatura alcanzada en el horneado (200°C). Las temperaturas elevadas provocan desnaturalización de las proteínas, lo que conlleva cambios moleculares con repercusiones nutricionales (Enamorado, 2011). Se forman isopéptidos, al crearse nuevos enlaces peptídicos entre las funciones reactivas puestas al descubierto por el desplegamiento de las cadenas polipéptidas y por la ruptura de los enlaces preexistentes. La presencia de enlaces cruzados explica la digestión inhibida de las proteínas sobrecalentadas y la disponibilidad reducida de la mayoría de aminoácidos (Badui, 2006, p. 180).

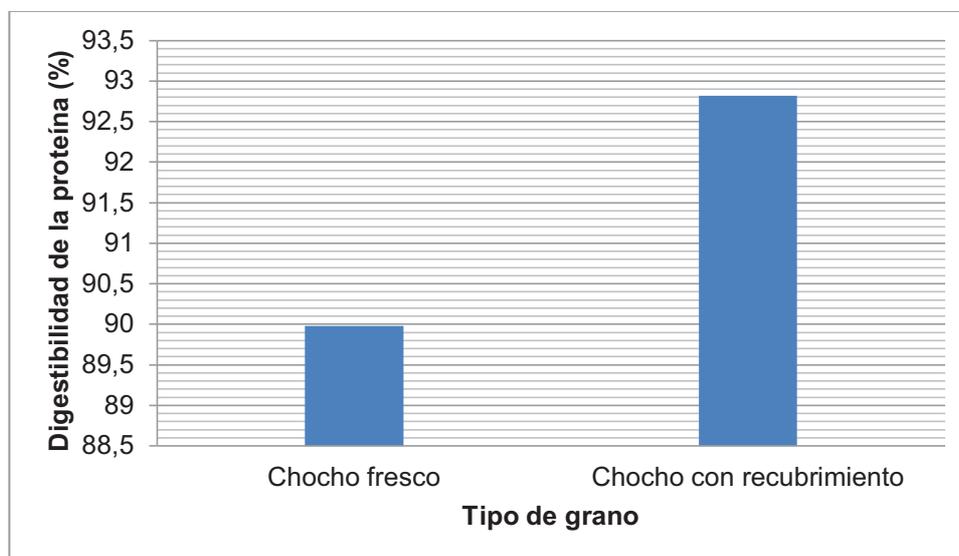


Figura 3. 15. Digestibilidad de la proteína del chocho desamargado y con recubrimiento

Adicionalmente, con el fin de conocer el aporte nutricional del chocho con recubrimiento, se realizó un análisis proximal. Los resultados se muestran en la figura 3.16, donde se presenta la composición proximal del chocho con recubrimiento con relación al grano desamargado. Se observaron cambios en el

contenido de proteína, grasa, cenizas y extracto libre de nitrógeno. La proteína varió de 51,72% en el grano desamargado a 37,50% en el grano con recubrimiento, mientras que el extracto libre de nitrógeno se incrementó de 15,91% a 37,71% en el análisis proximal, en base seca.

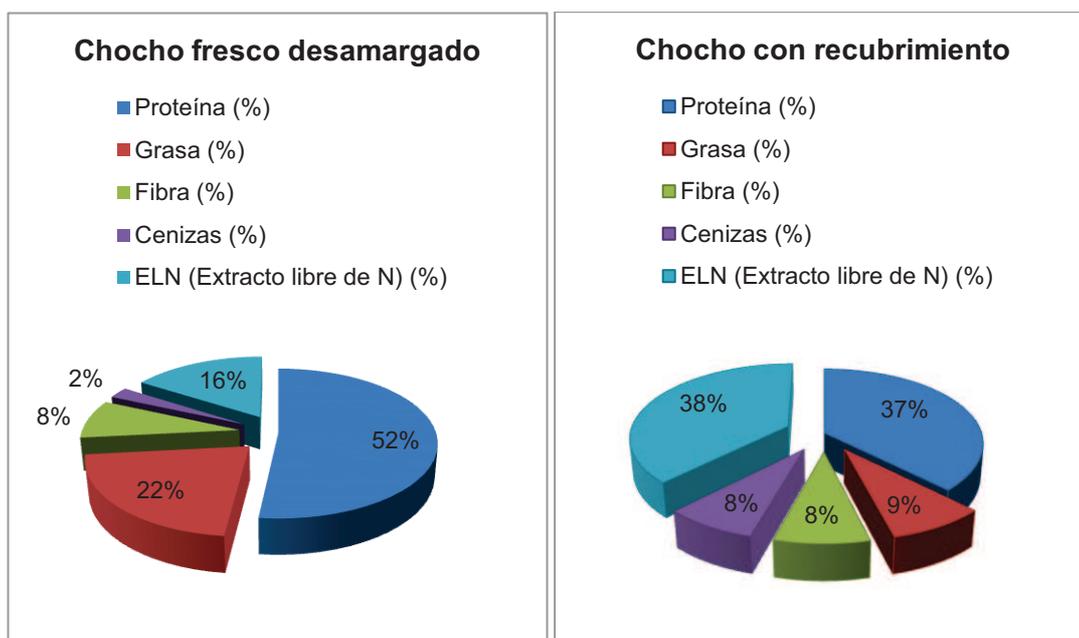


Figura 3. 16. Composición proximal del chocho fresco y con recubrimiento

Dichos resultados se dan por la reorganización composicional del alimento y con el fin de lograr una adecuada comparación de los distintos nutrientes se realizó el balance de masa de los principales constituyentes del grano con una base de chocho fresco desamargado de 100 gramos y se determinó los flujos de entrada y salida en el proceso de deshidratación osmótica, secado, recubrimiento y horneado del producto. El ejemplo se encuentra graficado en la figura 3.17.

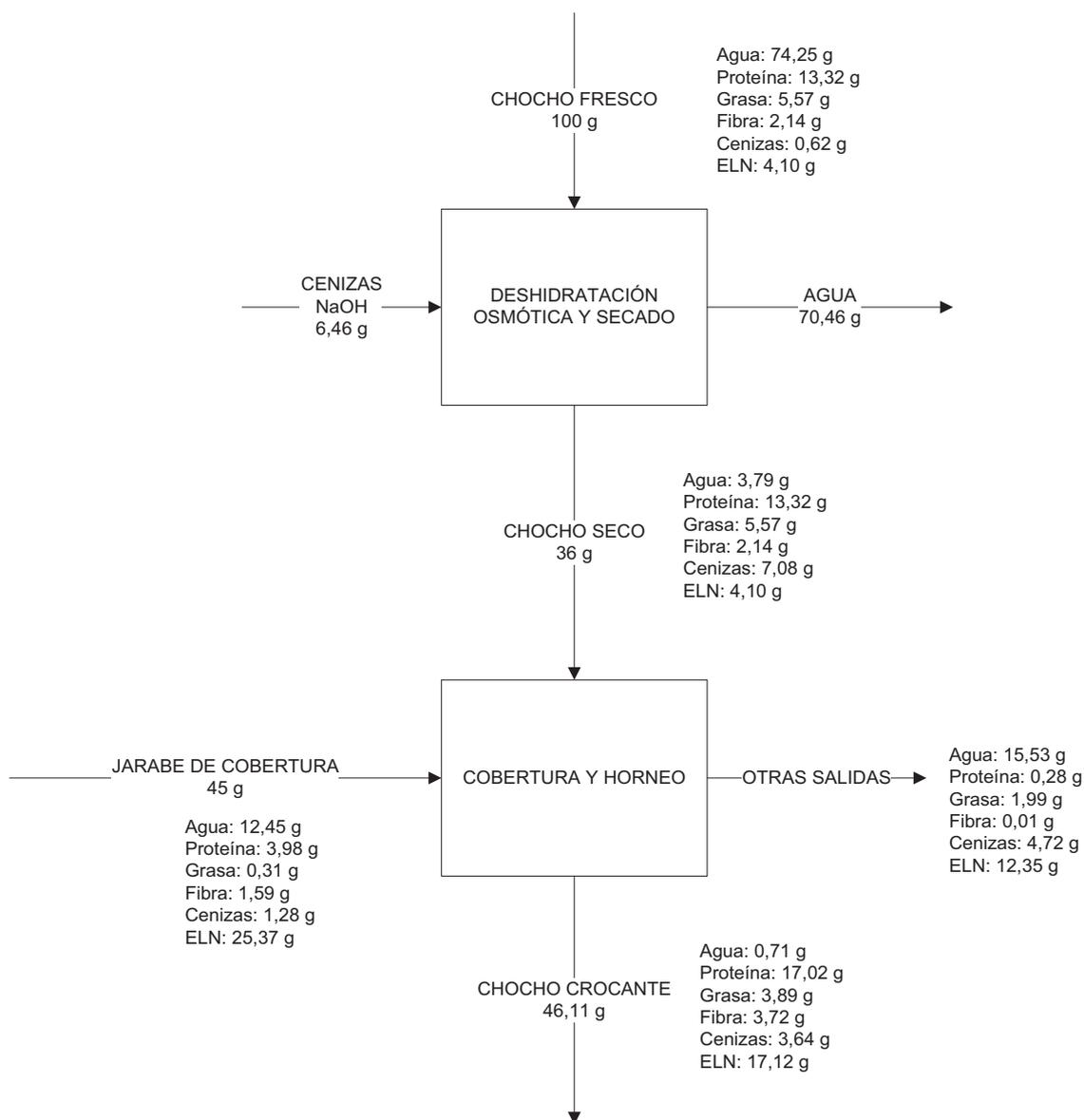


Figura 3. 17.Diagrama de bloques de los procesos de deshidratación osmótica, secado y recubrimiento del chocho

En la figura 3.17 se observa que el chocho seco contiene mayor contenido de cenizas que el chocho fresco desamargado debido a la deshidratación osmótica. El grano ingresa al proceso de cobertura y horneado con un contenido de 3,79 g de agua, 13,32 g de proteína, 5,57 g de grasa, 2,14 g de fibra, 7,08 g de cenizas y 4,10 g de ELN. Se añade el jarabe de cobertura (agua, cerveza, harina de trigo, sal, azúcar) que aporta con nutrientes y sale del proceso el producto crocante, sin embargo se observa que en el transcurso del proceso se producen pérdidas pues

no todo lo que ingresa se mantiene en el producto final. Las pérdidas se deben a que parte del jarabe de cobertura se quedó adherido a las paredes del grageador.

El constituyente que experimenta mayores pérdidas es el agua debido a la aplicación de calor en el recubrimiento y al horneado, se puede observar que el jarabe de cobertura aporta con 12,45 g de agua, pero las pérdidas alcanzan los 15,53 g, lo que sugiere una deshidratación no solo de la cobertura, sino también del grano.

El aporte de grasa en la cobertura es de 0,31 g, sin embargo las pérdidas son de 1,99 g, al respecto, algunos investigadores (Moncada y Gualdrón, 2006, pp. 184-485; Robinson, 2010, p. 44) observaron que la disminución de ácidos grasos es debido fundamentalmente a la disminución de ácido oleico.

Las pérdidas de cenizas (4,72 g) son mayores que el aporte en el jarabe de cobertura (1,28 g), probablemente los solutos que ingresaron durante la deshidratación osmótica migraron a la cobertura durante el proceso y se perdieron en la masa de cobertura adherida a las paredes del grageador y en las latas del horno.

El jarabe de cobertura contribuyó también con proteína, fibra y extracto libre de nitrógeno pero parte de este aporte se pierde durante el proceso de cobertura y horneado.

El estudio también incluyó la determinación del contenido de minerales del grano con recubrimiento, dichos resultados se muestran en la figura 3.18. y 3.19.

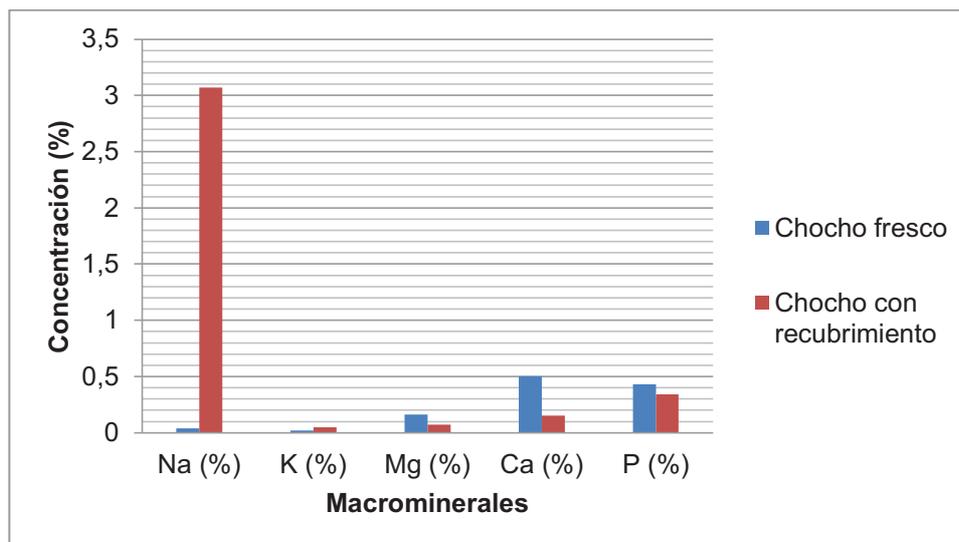


Figura 3. 18.Contenido de macrominerales del chocho desamargado y con recubrimiento

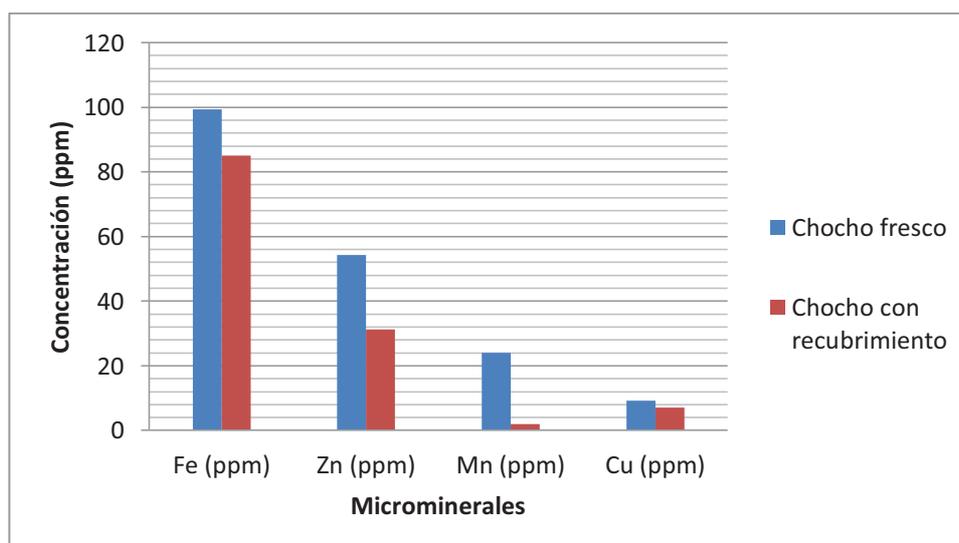


Figura 3. 19.Contenido de microminerales del chocho desamargado y con recubrimiento

En general el contenido de macro y microelementos disminuyó con el proceso de aplicación de cobertura, con relación al grano desamargado.

La pérdida registrada podría tener su origen en los diferentes procesos aplicados al grano hasta alcanzar el producto final. En la deshidratación osmótica, se produce una pérdida de minerales por solubilización en la solución osmótica (Boccalatte y Pagano, 2009, p. 16), a lo que se añade el efecto de las temperaturas de secado y horneado. En contraste, el sodio experimentó un incremento, especialmente por la inclusión de NaCl en la solución osmótica y el recubrimiento.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El chocho fresco desamargado presentó un tamaño promedio de 13,46 mm de largo, 11,6mm de ancho y 6,49 mm de espesor, con una humedad de 74,25%, actividad de agua de 0,96 y un peso de 59,74 gramos por 100 granos.
- En los ensayos de deshidratación osmótica no hubo diferencia significativa entre la pérdida de peso y la pérdida de humedad de las cuatro soluciones osmóticas debido a la semejanza de los factores influyentes en el proceso y a la inclusión de cloruro de sodio en todas las soluciones osmóticas, el cual definió el resultado final por ser el componente de menor peso molecular.
- El chocho sumergido en solución salina al 7%, alcanzó la mayor preferencia por los consumidores. El 43,33% de los catadores ubicaron a este tratamiento en la categoría “me gusta mucho”.
- La técnica de secado, influyó notablemente en las características físicas del grano. El grano deshidratado mediante la aplicación de microondas presentó el mayor tamaño de grano (12,07 mm de largo, 10,05 mm de ancho y 7,33 mm de espeso), menor dureza (1,18 mm de penetración) y menor actividad de agua (0,64), respecto al grano secado con aire.
- La tonalidad (H), fue la característica cromática más afectada por la técnica de secado en microondas, variando de 35,38° para el grano fresco a 257,92° para el grano deshidratado. La luminosidad del grano (L), no experimentó cambios bruscos por efecto del secado. En el secado con aire caliente la coordenada b sufrió el mayor cambio pasando de 24,72 en el

grano fresco a 7,19 y 9,16 en el grano seco por aire forzado a 60 y 70 °C, respectivamente.

- Con la aplicación de aire caliente a 60°C el grano alcanzó una humedad promedio de 10,13% en 340 minutos, mientras que a 70°C se alcanzó un nivel similar de humedad en 240 minutos. Mediante la aplicación de microondas el tiempo de secado se redujo a 9,5 minutos. Las curvas de secado con aire caliente muestran un periodo de velocidad constante, seguido de dos periodos de velocidad decreciente, mientras que la curva de secado por microondas presentó una tendencia polinomial.
- Una mayor biodisponibilidad de hierro (1,10%), zinc (1,34%), calcio (0,93%) y fósforo (3,02%), se encontró en el grano secado con aire caliente a 60 °C, mientras que la digestibilidad de la proteína aumentó en el secado por microondas.
- La mayor aceptación sensorial del chocho con cobertura amilácea se alcanzó usando las siguientes condiciones de operación: relación chocho: jarabe de cobertura (1:1,25); formulación del jarabe de cobertura: agua (5,22%), cerveza (15,55%), harina de trigo (70,73%), sal (1,00%), azúcar (7,50%) y tiempo de horneado (35 minutos).
- La dureza del chocho con cobertura, se incrementó 3,4 veces, con relación al grano fresco debido a la cobertura y el secado, mientras que el tamaño se redujo, especialmente en el diámetro y longitud a causa principalmente de la deshidratación. La actividad de agua disminuyó de 0,96 en el chocho fresco, a 0,15 en el producto crocante, nivel que favorece la conservación del producto final.
- La biodisponibilidad de hierro, zinc, calcio y fósforo se incrementó en el grano con cobertura crocante, entre otros factores, debido a la incorporación de ingredientes (harina de trigo, cerveza) con mayor biodisponibilidad de minerales. Sin embargo la digestibilidad de la proteína

disminuyó de 89,98% en el grano desamargado a 82,85% en el grano con recubrimiento a causa de los tratamientos térmicos aplicados.

- Las características físico-químicas del producto con cobertura, variaron sustancialmente con relación al grano en estado fresco, con excepción de las coordenadas colorimétricas L y a. El jarabe de cobertura aportó con proteína, cenizas y extracto libre de nitrógeno.
- El contenido de macro y microelementos disminuyó con el proceso de aplicación de cobertura, con relación al grano desamargado a excepción del sodio, el cual incrementó su contenido debido a la deshidratación osmótica del grano en una solución salina al 7%.

4.2 RECOMENDACIONES

- Determinar el costo de producción del chocho con cobertura crocante para determinar la factibilidad económica, de aplicación de esta tecnología.
- Determinar la factibilidad técnica-financiera para la producción de chocho crocante a nivel industrial.
- Se recomienda probar procesos de secado combinados, entre aire forzado y microondas para obtener un grano con similares características físicas al obtenido en este trabajo mediante secado en microondas pero a un menor costo.
- Realizar sondeos de mercado y pruebas sensoriales con distintos segmentos de la población, con el fin de definir el mercado al cual podría estar destinado el producto.

- Se recomienda ensayar otros ingredientes y formulaciones para la cobertura del grano, con el fin de mejorar las características nutricionales del producto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abou-Gharbia, H., Adel, A. y Shahidi, F. (2000). Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Research International* 33(5), 331-340. doi: 10.1016/S0963-9969(00)00052-1.
2. Allauca, V. (2005). *Desarrollo de la Tecnología de Elaboración de Chocho (Lupinus mutabilis Sweet) Germinado Fresco, para aumentar el valor nutritivo del grano.* (Disertación doctoral). ESPOCH, Riobamba, Ecuador.
3. Almada, M., Cáceres, M., Machaín-Singer, M. y Pulfer, J. (2005). *Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes.* Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001562/156206s.pdf> (Febrero, 2012).
4. Altan, A. y Maskan, M. (2005). Microwave assisted drying of short-cut (ditalini) macaroni: Drying characteristics and effect of drying processes on starch properties. *Food Research International* 38(7), 787-796. doi:10.1016/S0260-8774(02)00346-1.
5. AOAC. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international.* Arlington, U.S.A: AOAC.
6. Ariza J, López F., Coyotl J., Ramos, C., Reyes, J. y Martínez, A.(2011). Effect of different extraction methods on the fatty acid profile in the avocado (*Persea americana* Mill. var. Hass) oil. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 3(2), 263-276. Recuperado de http://www.rvcta.org/Publicaciones/Vol2Num2/Archivos/V2N2/Ariza-Ortega_et_al._RVCTA-V2N2.pdf (Febrero, 2013).
7. Atwell, W., Hood, L., Lineback, D. y Varriano-Marston, E. (1988). The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. *Cereal Foods World.* 33(3). 306-311. Recuperado de

<http://europepmc.org/abstract/AGR/IND89039937/reload=0;jsessionid=MrQQhCc8ewsu2Q7bqhfG.0> (Septiembre, 2012).

8. Badui, S. (2006a). Lípidos. En Badui, S. (Ed.). *Química de los alimentos*(pp. 245-298). México DF, México: PEARSON Educación.
9. Badui, S. (2006b). Vitaminas y nutrimentos inorgánicos. En Badui, S. (Ed.). *Química de los alimentos* (pp. 391-398). México DF, México: PEARSON Educación.
10. Barat, J., Grau, A. y Maupoey, P. (1998). *Deshidratación Osmótica de Alimentos*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
11. Belitz, H. y Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos*.(Segunda edición). Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
12. BIC. (2005). *Bean Processing*. Recuperado de http://www.css.msu.edu/bic/PDF/Bean_Processing.pdf (Febrero, 2012).
13. Binaghi, López, L., Ronayne-de-Ferrer, P. y Valencia, M. (2007). Evaluación de la Influencia de distintos componentes de la Dieta sobre la Biodisponibilidad Potencial de Minerales en Alimentos Complementarios. *Revista chilena de nutrición*.34(1), 56-60. doi:10.4067/S0717-75182007000100006.
14. Bishnoi, S. y Khetarpaul, N. (1993). Effect of domestic processing and cooking methods on in-vitro starch digestibility of different pea cultivars (*Pisum sativum*). *Food Chemistry*.47(2), 177-182. doi:10.1016/0308-8146(93)90240-G.
15. Bishnoi, S. y Khetarpaul, N. (1994). Protein digestability of vegetables and field peas (*Pisum sativum*) Varietal differences and effect of domestic processing and cooking methods. *Plant foods for human nutrition (formerly*

qualtas plantarum). 46(1). 71. Recuperado de <http://www.springerlink.com/content/j66j815r0337891p/>

16. Boccalatte, F. y Pagano, A. (2009). Estudio de la cinética de deshidratación osmótica de manzanas y del efecto sobre la calidad final del producto deshidratado. *III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*(pp. 9-17). Córdoba, Argentina: Editorial.
17. Boscarol, M. (2007). *El espacio del color L*C*h*. Recuperado de http://www.gusgsm.com/espacio_color_lch (Febrero, 2012).
18. Brennan, J. (2008). Evaporación y deshidratación. En Brennan, J. (Ed.). *Manual del procesado de los alimentos*(pp. 73-125). Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA S.A.
19. Caicedo, C. y Peralta, E. (2000). Zonificación potencial para el cultivo de chocho. En Caicedo, C. y Peralta, E. (Ed.). *Zonificación Potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador*(pp. 3-6). Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA).
20. Caicedo, C., Peralta, E. y Rivera, M. (2001). El cultivo de chocho. En Caicedo, C. y Peralta, E. (Ed.). *El cultivo de chocho, Lupinus mutabilis Sweet: fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador*(pp. 1-8). Quito, Ecuador: INIAP y Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT), Programa Nacional de Leguminosas, Estación Experimental Santa Catalina.
21. Caicedo, C., Peralta, E., Villacrés, E. y Rivera, M. (2001). *Poscosecha y mercado de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) en Ecuador*. Quito, Ecuador: INIAP y Fundación para la Ciencia y la Tecnología

(FUNDACYT), Programa Nacional de Leguminosas, Estación Experimental Santa Catalina.

22. Camacho, G. (2006). *Procesamiento y conservación de frutas*. Recuperado de <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/+2006228/teoria/fundam/p9.htm> (Abril, 2012).
23. Cambero, M., Fernández, L., García, M., García, G., Selgas, M. y Hoz, L. (1998). *Tecnología de los Alimentos: Volumen I Componentes de los alimentos y procesos*. Zaragoza, España: Síntesis S.A.
24. Cañizares, A., Bonafine, O. y Laverde, D. (2007). Deshidratación de productos vegetales. *INIA Divulga*. 1(10). 11-15. Recuperado de http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%2010/10canizares_a.pdf (Febrero, 2012).
25. Casa, M. (2007). *Incidencia de la contaminación microbiana sobre la textura del grano de chocho desamargado (Lupinus mutabilis Sweet)*(Proyecto de titulación previo a la obtención de título de Ingeniera de Alimentos). Recuperado de Repositorio UTA. (123456789/906).
26. Casp, A. y Abril, J. (2003). *Procesos de Conservación de Alimentos*.(Segunda edición). Madrid, España: Artes Gráficas Cuesta S.A.
27. Castillo, J. y Ochoa, J. (2001). Enfermedades en chocho. En Caicedo, C. y Peralta, E. (Ed.). El cultivo de chocho, *Lupinus mutabilis Sweet*: fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador(pp. 19-23). Quito, Ecuador: INIAP y Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT), Programa Nacional de Leguminosas, Estación Experimental Santa Catalina.

28. Ceballos, G. (2005). *Estudios en papaya minimamente procesada por deshidratación osmótica*(Disertación doctoral). Recuperado de Riunet. (UPV2366).
29. Chaves, M. y Avanza, J. (2006). Cambios de color durante el secado de berenjenas. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2006*. 12(1). 1-4. Recuperado de <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/08Exactas/2006-E-030.pdf> (Septiembre, 2012).
30. Cortés, M., Chiralt, A. y Puente, L. (2005). *Alimentos Funcionales: Una historia con mucho presente y futuro*. Recuperado de <http://www.scielo.unal.edu.co/scielo>. (Septiembre, 2012).
31. Crapiste, G., Whitaker, S. y Rotstein, E. (1985). Fundamentals of drying of foodstuffs. En Toei, R. y Mujumdar, A. (Ed.). *Drying '85*(pp. 291 - 302). Washington, EEUU: Hemisphere.
32. Dahlin, K. y Lorenz, K. (1993). Protein digestibility of extruded cereal grains. *Food Chemistry*.48(1), 13-18. doi:10.1016/0308-8146(93)90214-Z.
33. De Dios, C. (1996). *Secado de granos y secadoras*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/X5028S/X5028S00.htm> (Abril, 2012).
34. Della, P. (2010). *Secado de alimentos por métodos combinados: Deshidratación osmótica y secado por microondas y aire caliente*(Tesis de Maestría en Tecnología de Alimentos). Recuperado de Repositorio de la UTN. (MTA-2010-Rocca).
35. Del Valle, F. (2002). *Puesto que muchos aromas son más volátiles que el agua,*. Recuperado de <http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos /r45967.PDF> (Agosto, 2012).

36. De-Man, J. (1999). *Principles of Food Chemistry*.(Tercera Edición). Maryland, Estados Unidos: Aspen Publishers.
37. Dyner, L., Drago, S., Piñeiro, A., Sánchez, H., González, R., Villaamil, E. y Valencia, M. (2007). Composición y aporte potencial de hierro, calcio y zinc de panes y fideos elaborados con harinas de trigo y amaranto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 57(1). Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222007000100010&scriptsci_arttext (Febrero 2012).
38. Enamorado, R. (2011). *Tecnología Alimentaria*. Recuperado de <http://www.docstoc.com/docs/108327177/TECNOLOGIA-ALIMENTARIA> (Septiembre, 2012).
39. FAO. (1993). *Alimentación, Nutrición y Agricultura. Aceites y grasas comestibles*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/T4660T/t4660t0a.htm#TopOfPage> (Diciembre, 2012).
40. Fast, R. (2000). Manufacturing Technology of Ready-to-Eat Cereals. En Fast, R. y Caldwell, E. (Ed.). *Breakfast Cereals And How They Are Made*(pp. 17-54). Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
41. Fellows, P. (2007). *Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas*.(Segunda edición). Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA S.A.
42. Fernandez, M. (2008). *Receta de maní japonés*. Recuperado de <http://www.elgranchef.com/2008/12/17/receta-de-mani-japones>(Abril, 2012).
43. Fick, K., McDowell, L., Miles, P., Wilkinson, N., Funk, J. y Conrad, J. (1979). *Methods of mineral analysis for plant and animal tissues*. Florida, United States: Animal Science Department University of Florida.

44. Figueroa, J. (1985). *Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada. Tema didáctico Núm. 17*. México DF, México: SARH-INIA.
45. Figueroa, V., Lama, J. y Carrillo, O. (2006). *Alimentación y salud*. Recuperado de http://www.alimentacioncomunitaria.org/secciones/salud_habitos.html (Septiembre, 2012).
46. Gálvez, A., Flores, I. y González, A. (2006). Proteínas. En Badui, S. (Ed.). *Química de los alimentos*(pp. 119-244). México DF, México: PEARSON Educación.
47. Ghadge, P., Shewalkar, S. y Wankhede, D. (2008). Effect of processing methods on qualities of instant whole legume: Pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*. 10(1). 17-25. Recuperado de <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/viewFile/1474/1254> (Septiembre, 2012).
48. Giese, J. (1992). Advances in microwave food processing. *Food Technology*.46(9), 117-123. doi:10.1016/0260-8774(95)00040-2.
49. Giraldo, G., Chiralt, A. y Fito, P. (2011). Deshidratación osmótica de mango (*Mangifera indica*). Aplicación al escarchado. *Ingeniería y Competitividad*. 7(1). 44-55. Recuperado de <http://www.redalyc.org/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=291323470004>(Septiembre, 2012).
50. Grandison, A. (2008). Manipulación post-cosecha y preparación de materias primas para su transformación. En Brennan, J. (Ed.). *Manual del Procesado de los alimentos*(pp. 1-30). Zaragoza, España: Acribia.
51. Guzmán, R., Torán, R., Guzmán, P. y Casares, R. (2006). Método Simplificado para Estimar la Actividad del Agua en Deshidratación de Hortalizas. *Cet*. 27(1). 1-9. Recuperado de <http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/antteriores/Nro27/PDF/N27Inv05.pdf> (Septiembre, 2012).

52. Güntensperger, B., Hämmerli-Meier, D. y Escher, F. (2006). Rosemary Extract and Precooking Effects on Lipid Oxidation in Heat-Sterilized Meat. *Journal of Food Science* 63(6), 955-957.
53. Heng, K., Guilbert, S. y Cuq, J. (1990). Osmotic dehydration of papaya: influence of process variables on the product quality. *Sciences des aliments* 10(4). 831-848. Recuperado de <http://www.refdoc.fr/Detailnotice?cpsidt=19817670 &traduire=en> (Febrero, 2012).
54. Hosney, R. (1991). *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
55. Hough, G. y Contarini, A. (2011a). Prueba de aceptabilidad y cata (Check all that applies o Tildar todo lo que corresponda). *I Seminario internacional de Análisis Sensorial*.(pp. 6-8). Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
56. Hough, G. y Contarini, A. (2011b). Prueba de ordenamiento por preferencia. *I Seminario Internacional de Análisis Sensorial*.(pp. 9-15). Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
57. Hough, G., Chirife, J. y Marini, C. (1993). A Simple Model for Osmotic Dehydration of Apples. *LWT - Food Science and Technology*.26(2), 151-156. doi:10.1006/fstl.1993.1031.
58. Hsu, H., Vavak, D., Satterlee, L. y Miller, G. (1977). A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of Food Science*.42(1), 1269-1273. doi:10.1111/j.1365-2621.1977.tb14476.x.
59. IFT. (1998). Irradiation of food. *Scientific Status Summary*. 52(1). 56-62. Recuperado de http://www.ift.org/Knowledge-Center/Read-IFT-Publications/Science-Reports/Scientific-Status-Summaries/~/_media

/Knowledge%20Center/Science%20Reports/Scientific%20Status%20Summaries/irradiationoffood_0198.pdf (Diciembre, 2012).

60. INIAP. (1998). *Evaluación agronómica y selección de 54 líneas de chocho (Lupinus mutabilis Sweet) de grano grande y blanco del Banco de Germoplasma del INIAP, en una localidad de la Sierra ecuatoriana*. Quito, Ecuador: INIAP.
61. Jacobsen, S. y Mujica, A. (2006). *El tarwi (Lupinus mutabilis Sweet.) y sus parientes silvestres*. Recuperado de [http://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book %20pdfer/Capitulo%2028.pdf](http://beisa.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdfer/Capitulo%2028.pdf) (Septiembre, 2012).
62. Jangam, S. y Mujumdar, A. (2010). Basic Concepts and Definitions. En Jangam, S., Law, C. y Mujumdar, A. (Ed.). *Drying of foods, vegetables and fruits*(pp. 3-29). Singapur, Singapur: Ed. Jangam.
63. Jiménez, A. y Gutiérrez, G. (2001). *Métodos para medir propiedades físicas e industriales de alimentos*.(Segunda edición). Zaragoza, España: Acribia.
64. Jiménez, M., Aguilar, M., Zambrano, M. y Kolar, E. (2001). Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. *Revista de la Sociedad Química de México*. 45(2). 89-92. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/475/47545209.pdf> (Diciembre, 2012).
65. Jiménez, M., Zambrano, M. y Aguilar, M. (2004). Estabilidad de Pigmentos en Frutas Sometidas a Tratamiento con Energía de Microondas. *Información tecnológica*.15(3), 61-66. doi:10.4067/S0718-07642004000300009.
66. Jood, S., Chauhan, B. y Kapoor, A. (1988). Contents and digestibility of carbohydrates of chickpea and black gram as affected by domestic processing and cooking. *Food Chemistry*.30(2), 113-127. doi:10.1016/0308-8146(88)90149-5.

67. Karathanos, V., Kanellopoulos, N. y Belessictis, V. (1996). Development of porous structure during air drying of agricultural plant products. *Journal of Food Engineering*.29(1), 167-183. doi:10.1016/0260-8774(95)00058-5.
68. Kataria, A., Chauhan, B. y Punia, D. (1989). Antinutrients and protein digestibility (in vitro) of mungbean as affected by domestic processing and cooking. *Food Chemistry*.32(1), 9-17. doi:10.1016/0308-8146(89)90003-4.
69. Kaur, D. y Kapoor, A. (1990). Starch and protein digestibility of rice bean (*Vigna umbellata*): Effects of domestic processing and cooking methods. *Food Chemistry*.38(4), 263-272. doi:10.1016/0308-8146(90)90183-5.
70. Kratchanovaa, M., Pavlovaa, E. y Panchevb, I. (2004). The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydrate Polymers*.56(2), 181-185. doi:10.1016/j.carbpol.2004.01.009.
71. Labuza, T., McNally, L., Gallagher, D., Hawkes, J. y Hurtado, F. (1971). Stability of intermediate moisture foods. 1. Lipid Oxidation. *Journal of Food Science*.37(1), 154-159. doi:10.1111/j.1365-2621.1972.tb03408.x.
72. Lewicki, P. y Witrowa, D. (1992). Heat and mass transfer in externally controlled drying of vegetables. En Mujumdar, A. (Ed.). Proceedings of the 8th International Drying Symposium IDS'92(pp. 884–891). Amsterdam, Holanda: Elsevier.
73. Lewicki, P., Rajchert, D. y Lazuka, W. (1994). Changes in rehydration properties of potato caused by convection drying. En Lewicki, P. (Ed.). Proceedings of the VIIIth Drying Symposium (pp. 149 - 162). Amsterdam, Holanda: Warsaw.

74. López, R. (1994). *Diseño estadístico de Experimentos*. Yucatán, México: Editorial Científico-Técnica –Yucatán.
75. Lozano, J., Rotstein, E. y Urbican, M. (1980). Total porosity and open-pore porosity in the drying of fruits. *Journal of Food Science*.45(1), 1403-1407. doi:10.1111/j.1365-2621.1980.tb06564.x.
76. Madamba, P., Driscoll, R. y Buckle, K. (1994). Shrinkage, density and porosity of garlic during drying. *Journal of Food Engineering*.23(1), 309-319. doi:10.1016/0260-8774(94)90056-6.
77. Mafart, P. (1994). *Ingeniería industrial alimentaria: Volumen I Procesos físicos de conservación* Zaragoza, España: Technique et Documentation - Lavoisier.
78. MAGAP. (2002). *III Censo Nacional Agropecuario*. Recuperado de http://www.magap.gob.ec/sinagap/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=236 (Febrero, 2012).
79. Manivannan, P. y Rajasimman, M. (2008). Osmotic Dehydration of Beetroot in Salt Solution: Optimization of Parameters through Statistical Experimental Design. *International Journal of Chemical and Biological Engineering*. 1(4). 214-222. Recuperado de <https://www.waset.org/journals/ijcbe/v1/v1-4-39.pdf> (Septiembre, 2012).
80. Manley, D. (1983). *Tecnología de la industria galletera. Galletas, Crackers y otros horneados*.(Primera edición). Zaragoza, España: Editorial Acribia.
81. Marín, E., Lemus, R., Flores, V. y Vega, A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista chilena de nutrición*.33(3), doi:10.4067/S0717-75182006000500009.

82. Martínez, B., Ibáñez, M. y Rincón, F. (2002). Acido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 52(3). Recuperado de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222002000300001&script=sci_arttext (Febrero, 2012).
83. Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*.48(2), 177-182. doi:10.1016/S0260-8774(00)00155-2.
84. Maskan, M. (2001). Kinetics of colourchange of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*.48(2), 169-175. doi:10.1016/S0260-8774(00)00154-0.
85. Mazza, G. y LeMaguer, M. (1980). Dehydration of onion; some theoretical and practical considerations. *International Journal of Food Science & Technology* 15(2), 181-194. doi:10.1111/j.1365-2621.1980.tb00930.x.
86. McMinn, W. y Magee, T. (1997). Physical characteristics of dehydrated potatoes-part II. *Journal of Food Engineering*.33(1), 49-55. doi:10.1016/S0260-8774(97)00040-X.
87. Miller, B. y Gillespy, R. (2000). Unit Operations and Equipment II. Drying and Dryers. En Fast, R. y Caldwell, E. (Ed.). *Breakfast Cereals And How They Are Made*(pp. 133-154). Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists.
88. Moncada, L. y Gualdrón, L. (2006). Retención de nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos. *Revista de Investigación*. 6(2). 179-187. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/952/95260205.pdf> (Febrero, 2012).
89. Moncayo, L., Barrera, V., Caicedo, C., Peralta, E. y Rivera, M. (2000). Sistemas de producción de chocho en la Sierra Ecuatoriana. En Caicedo, C. y

Peralta, E. (Ed.). Zonificación Potencial, sistemas de producción y procesamiento artesanal del chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) en Ecuador(pp. 13-28). Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA).

90. Morón, C., Alonso, L. y Crovetto, M. (2005). *Cambios en la estructura del consumo de alimentos y nutrientes de América Latina 1979-1981 a 1999-2001*. Recuperado de <http://www.infoandina.org/sites/default/files/recursos/consumo.pdf> (Diciembre, 2012).
91. Mouraa, C., Massona, M. y Yamamotoa, C. (2005). Effect of osmotic dehydration in the apple (*Pyrus malus*) varieties Gala, Gold and Fuji. *Engenharia Térmica (Thermal Engineering)*. 4(1). 46-49. Recuperado de <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/reterm/article/viewFile/3548/2806> (Septiembre, 2012).
92. Mujumdar, A. (2006). Principles, Classification, and Selection of Dryers. En Mujumdar, A. (Ed.). *Handbook of industrial drying*(pp. pp. 3-7). Estados Unidos: Taylor and Francis.
93. Ohlsson, T. y Bengtsson, N. (2001). Microwave Technology and Foods. *Advances in Food and Nutrition Research*.43(1), 65-140. doi:10.1016/j.bbr.2011.03.031.
94. Ortega, E., Rodríguez, A., David, A. y Burbano, Á. (2010). Caracterización de semillas de lupino (*Lupinus mutabilis*) sembrado en los Andes de Colombia. *Acta agronómica*. 59(1). 111-118. Recuperado de <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=169916223012> (Febrero, 2012).

95. Özdemira, M. y Devresb, O. (2000). Kinetics of colorchanges of hazelnuts during roasting. *Journal of Food Engineering*.44(1), 31-38. doi:10.1016/S0260-8774(99)00162-4.
96. Peralta, E., Caicedo, C., Murillo, Á., Rivera, M. y Pinzón, J. (2010). *INIAP 450 ANDINO. Variedad de Chocho. (Lupinus mutabilis Sweet)*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA).
97. Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., Rivera, M. y Monar, C. (2009). *Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinua, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción*. Quito, Ecuador: Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP.
98. Peralta, E., Mazón, N., Murillo, Á., Villacrés, E., Rivera, M. y Subía, C. (2009). *Catálogo de variedades mejoradas de granos andinos: chocho, quinua y amaranto, para la Sierra del Ecuador*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA).
99. Peterson, J., 2010, "El ABC de los sistemas: CIELAB", <http://elabcdelossistemas.blogspot.com/2010/12/cielab.html>, (Febrero, 2012).
100. Quintana, M. y Cleves, S. (1986). Se investigará el secamiento de café con microondas, en Cicafé. *Noticiero del Café (Costa Rica)*. 2(16). 1-2. Recuperado de <http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=CAFE.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=022041> (Diciembre, 2012).

101. Rahman, M., Kasapis, S., Guizani, N. y Al-Amri, O. (2003). State diagram of tuna meat: freezing curve and glass transition. *Journal of Food Engineering*.57(4), 321-326. doi:10.1016/S0260-8774(02)00346-1.
102. Rahman, S. y Perera, C. (1996). Osmotic dehydration: a pretreatment for fruit and vegetables to improve quality and process efficiency. *The Food Technologist*. 25(1). 144-147. Recuperado de <http://www.fcai.uncu.edu.ar/upload/17atc> (Febrero, 2012).
103. Regier, M. y Schubert, H. (2005). Procesado con microondas. En Richardson, P. (Ed.). Tecnología térmicas para el procesado de los alimentos(pp. 189-220). Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA S.A.
104. Riera, B. (2011). *Estudio de la acción fuertemente quelante del ácido fítico como factor antinutricional en granos andinos y su incidencia en la baja biodisponibilidad de minerales*(Ingeniera Bioquímica). Recuperado de Repositorio UTA. (123456789/1900).
105. Rivera, M. y Gallegos, P. (2001). Plagas del chocho. En Caicedo, C. y Peralta, E. (Ed.). El cultivo de chocho, *Lupinus mutabilis* Sweet: fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador(pp. 31-35). Quito, Ecuador: INIAP y Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT), Programa Nacional de Leguminosas, Estación Experimental Santa Catalina.
106. Robinson, A. (2010). *Reducción del contenido de aceite en barras de pescado capeadas fritas*(Proyecto de titulación previo a obtención del título de Licenciado en Ingeniería en Alimentos). Recuperado de repositorio UDLAP. (El procesado de cereales en dietas de monogástricos).
107. Rojas, A., Arango, L. y Pinzón, M. (2006). *Incidencia de la deshidratación osmótica y con pulso de vacío en la composición y microestructura de cubos de tomate de árbol Cyphomandra betacea (Cav)*Recuperado de

http://azul.bnct.ipn.mx/Libros/vision_alimentos/Tomol/I-35.pdf (Agosto, 2012).

108. Romeo, J., Díaz, L., González, M., Wärnberg, J. y Marcos, A. (2006). Contribución a la ingesta de macro y micronutrientes que ejerce un consumo moderado de cerveza. *Nutrición Hospitalaria*. 21(1). Recuperado de http://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0212-16112006000100015&script=sci_arttext (Febrero, 2012).
109. Sajilata, M. y Singhal, R. (2005). Specialty starches for snack foods. *Carbohydrate Polymers*.59(1), 131-151. doi:Polymers, C.
110. Satwadhari, P., Kadam, S. y Salunkhe, D. (1981). Effects of Germination and Cooking on Polyphenols and In vitro Protein Digestibility of Horse gram and Moth bean. *Plant foods for human nutrition (formerly qualitas plantarum)*. 31(1). 71-76. Recuperado de http://link.springer.com/article/10.1007%2F978-94-007-0109-3_890?LI=true (Septiembre 2012).
111. Singh, R. y Heldman, D. (2009). *Introducción a la ingeniería de los alimentos*.(Segunda edición). Zaragoza, España: Editoria ACRIBIA S.A.
112. Suarez, C. y Viollaz, P. (1991). Shrinkage effect on drying behavior of potato slabs. *Journal of Food Engineering*.13(2), 103-114. doi:10.1016/0260-8774(91)90013-I.
113. Tapia, M. (2000). *Cultivos Andinos Subexplotados y su aporte a la alimentación*. Recuperado de <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom /contenido/libro10/home10.htm> (Septiembre, 2012).
114. Torreggiani, D. (1996). Technological aspects of osmotic dehydration in foods. En Barbosa-Cánovas, G. y Welti-Chanes, J. (Ed.). Food preservation by moisture control. Fundamentals and applications(pp. 42-64). Pennsylvania, Estados Unidos: Technomic publishing

115. Torregiani, D. (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. 26(1), 59-68. doi:10.1016/0963-9969(93)90106-S.
116. Torricela, R., Zamora, E. y Pulido, H. (1989). *Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de calidad en la industria alimentaria*. (Primera edición). La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria.
117. Valclavik, V. (2002). *Fundamentos de Ciencia de los Alimentos*. Zaragoza, España: Editorial ACRIBIA.
118. Valdés, S. (2006). Hidratos de carbono. En Badui, S. (Ed.). *Química de los alimentos*(pp. 29-110). México DF, México: PEARSON Educación.
119. Valenzuela, A., Sanhueza, J., Nieto, S., Petersen, G. y Tavella, M. (2003). Estudio comparativo, en fritura, de la estabilidad de diferentes aceites vegetales. *Aceites y Grasas A&G* 13(4), 568-573.
120. Vélez, M. (2008). *La obesidad de los gringos y la desnutrición en el resto del mundo*. Recuperado de http://www.deslinde.org.co/IMG/pdf/La_obesidad_de_los_gringos_y_la_desnutricion_en_el_resto_del_mundo_Marcela_Velez.pdf (Septiembre, 2012).
121. Villacrés, E., Caicedo, C. y Peralta, E. (2000). Diagnóstico del Procesamiento Artesanal, Comercialización y Consumo de Chocho. En Caicedo, C. y Peralta, E. (Ed.). *El cultivo de chocho, Lupinus mutabilis Sweet: fitonutrición, enfermedades y plagas, en el Ecuador*(pp. 25-47). Quito, Ecuador: INIAP y Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT), Programa Nacional de Leguminosas, Estación Experimental Santa Catalina.

122. Villacrés, E., Peralta, E., Cuadrado, L., Revelo, J., Abdo, S. y Aldáz, R. (2009). *Propiedades y Aplicaciones de los Alcaloides del Chocho*. Quito, Ecuador: INIAP-ESPOCH-SENACYT. Editorial Grafistas.
123. Villacrés, E., Rubio, A., Egas, L. y Segovia, G. (2006). *Usos alternativos del chocho*. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina. Departamento de Nutrición y Calidad de los Alimentos.
124. Vogt, H. (1987). *6th European Symposium on Poultry Nutrition*. Berlin, Alemania: Königsutter.
125. Wang, N. y Brennan, J. (1995). Changes in structure, density and porosity of potato during dehydration. *Journal of Food Engineering*.26(1), 61-76. doi:10.1016/0260-8774(94)P1608-Z.
126. Wiseman, J. (1993). *El procesado de cereales en dietas de monogástricos*. Recuperado de www.portal.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/Procesamiento_de_Cereales.pdf (Agosto, 2012).
127. Wittig, E. (2001). *Evaluación Sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos*. Recuperado de luisdi.files.wordpress.com/2008/08/evaluacion-sensorial-de-wittig.doc (Marzo, 2012).
128. Zogzas, N., Maroulis, Z., Marinos-Kouris, D. y Saravacos, G. (1994). Densities, shrinkage and porosity of some vegetables during air drying. *Drying Technology*.12(7), 1653-1666. doi:10.1080/07373939408962191.

ANEXOS

ANEXO I

MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA TEXTURA

(Torricela, Zamora y Pulido, 1989, p. 11)

AI.1 PRINCIPIO

Las propiedades de textura de un alimento corresponden al grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto y están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente por funciones de fuerza, tiempo y distancia de penetración de un vástago cilíndrico, aguja, cono o bola en el alimento.

Los altos valores revelan una mayor dureza es decir que la muestra ofrece resistencia a la ruptura o compresión, los valores bajos revelan una menor dureza, es decir, necesitan menor fuerza para su rotura o compresión.

AI.2 MATERIALES Y MÉTODOS

- Se utilizó un penetrómetro de precisión Junior Penetrometer K-195-10P.

AI.3 PROCEDIMIENTO

- Se calibra el aparato, colocando en la división cero, que indica el grado de penetración.
- Se coloca la muestra en la parte inferior de la plataforma del penetrómetro y se acerca la aguja hasta hacer contacto; ajustado con un tornillo micrométrico.
- Se toma la medida de la longitud hasta ese punto.

- Se deja caer la aguja durante cinco segundos y se lee la longitud que penetra después de ese tiempo, la misma que se expresa inmediatamente en décimas de milímetros.

AI.4 RESULTADOS

Los resultados fueron expresados en mm de penetración

ANEXO II

MÉTODO DE EVALUACIÓN DE COLOR

(Jiménez y Gutiérrez, 2001, pp. 330-332)

AII.1 PRINCIPIO

El color superficial de las muestras es medido usando un colorímetro EXPECTRO COLOR, el medidor de diferencia de color registra los valores: L (0=negro, 100= blanco), aL (+ valores= rojo, - valores= verde), y bL (+ valores= amarillo, - valores= azul). La diferencia de color total (ΔE) es calculada previamente desde los parámetros Hunter.

AII.2 MATERIALES Y EQUIPO

- Colorímetro expectro color
- Superficie de color blanco o negro

AII.3 PROCEDIMIENTO

- Seleccionar y limpiar los granos que van a medirse.
- Colocar los chochos sobre una superficie blanca o negra (baldosa).
- Colocar el prisma del ColorTec-EXPECTRO COLOR sobre la piel del chocho, tratando cubrir toda su superficie.
- Tomar las lecturas en diferentes zonas del chocho.
- Anotar los parámetros: L, a, b (X, Y, Z), las lecturas dividir para 100, reportar con dos decimales.

AII.4 CÁLCULO

Se determina el ángulo Hue (H), a partir de los parámetros a y b, mediante las ecuaciones [AII.1] y [AII.2]:

$$H = \arctang \frac{b}{a} \quad \text{[AII.1]}$$

$$C = (a^2 + b^2)^{1/2} \quad \text{[AII.2]}$$

Donde:

Tono = H = Angulo Hue

Cromaticidad = C

Claridad = L = Valor de lectura directa

ANEXO III

MÉTODOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE MINERALES

(Fick, McDowell, Miles, Wilkinson, Funk y Conrad, 1979, pp. 301-304)

AIII.1 PRINCIPIO

La ceniza de la muestra es sometida a una digestión ácida para luego ser diluido a un volumen determinado. Posteriormente se realiza los análisis de macro y micro - elementos por absorción atómica y en el caso de fósforo por colorimetría.

AIII.2 EQUIPO Y MATERIAL

- Espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu AA-680
- Espectrofotómetro de Spectronic 20D
- Tubos (celda) de lectura para Spectronic 20D
- Balanza analítica
- Dilutor automático
- Plancha calentadora
- Agitador magnético
- Balones aforados
- Pipetas volumétricas
- Pipetas graduadas
- Papel filtro whatman 541
- Embudos
- Porta embudos
- Tubos de ensayo
- Gradillas

AIII.3 REACTIVOS

Acido clorhídrico: HCl (*EM HX0603-3, 37%*)

Acido nítrico: HNO₃(*Fluka 84380, 65%*)

Calcio: Solución de referencia de calcio de 1000 ppm (*Fisher SC 191-500*)

Manganeso: Solución de referencia de manganeso de 1000 ppm (*Fisher SM 81-500*)

Cobre: Solución de referencia de cobre de 1000 ppm (*Fisher SO-C-194*)

Magnesio: Solución de referencia de magnesio de 1000 ppm (*Fisher SM 81-500*)

Zinc: Solución de referencia de zinc de 1000 ppm (*Fisher SZ13-500*)

Potasio: Solución de referencia de potasio de 1000 ppm (*Fisher SP351-500*)

Hierro: Solución de referencia de hierro de 1000 ppm (*Fisher SI124-500*)

Cobre: Solución de referencia de cobre de 1000 ppm (*Fisher SC194-500*)

Solución estándar de calcio 10 ppm: En un balón volumétrico de 200 ml colocar 2 ml de la solución de 1000 ppm de calcio y aforar con agua bidestilada.

Solución estándar de magnesio 1 ppm: En un balón volumétrico de 200 ml poner 0.2 ml de la solución de 1000 ppm de magnesio y aforar con agua bidestilada.

Solución de lantano 1%: Pesar 17.65 g de cloruro de lantano, disolver con 400 ml de agua y aforar a 1000 ml.

Solución estándar de fósforo 1000 ppm: Pesar 4, 394 g de fosfato di ácido de potasio KH₂PO₄ previamente seco a 105 °C por una hora, disolver y aforar a un litro.

Solución estándar de fósforo 10 ppm de fósforo: Tomar 2 ml de la solución de 1000 ppm de fósforo y aforar con agua bidestilada a 200 ml.

Solución de molibdo-vanadato: Pesar 25 gramos de molibdato de amonio en 400 ml de agua bidestilada, 1.25 g de vanadato de amonio en 30 ml de agua destilada caliente y enfriar. Añadir 250 ml de ácido nítrico al 65% con agitación lenta. Mezclar la solución de molibdato con el vanadato y aforar a un litro. Envasar en frasco ámbar.

Solución de litio al 1%: Pesar 62.34 g de cloruro de litio y disolver con 400 ml de agua bidestilada y aforar a 1000 ml.

Solución estándar de sodio 2 ppm: En un balón volumétrico de 250 ml colocar 0.5 ml de la solución de 1000 ppm de sodio y aforar con agua bidestilada.

Solución estándar de potasio 4 ppm: En un balón volumétrico de 250 ml colocar 1 ml de la solución de 1000 ppm de potasio y aforar con agua bidestilada.

Solución estándar de hierro 10 ppm: En un balón volumétrico de 200 ml poner 2 ml de la solución de 1000 ppm de hierro y aforar con agua bidestilada.

AIII.4 PROCEDIMIENTO

- Colocar los crisoles que contienen las cenizas en la capilla o sorbona, adicionar 10 ml de agua destilada y 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, digerir hasta que el volumen se reduzca a la tercera parte a temperatura baja.
- Retirar los crisoles de la plancha y enfriar, filtrar usando papel filtro cuantitativo y recibir el filtrado en un balón de 100 ml. Aforar con agua bidestilada.

AIII.5 DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO

- Tomar 0.5 ml del filtrado, añadir 4 ml de agua bidestilada, 0.5 ml de la solución de lantano al 1% y agitar.
- De esta solución tomar 0.5 ml, añadir 4 ml de agua bidestilada, 0.5 ml de la solución de lantano y agitar.
- Preparar la curva estándar de calcio y magnesio de 5 y 0.5 ppm:
- Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de calcio y magnesio 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y añadir 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, tomando en cuenta primero los estándares luego las muestras.

AIII.5.1 CÁLCULOS

$$Ca(\%) = \frac{LR * Fd}{Pm}$$

[AIII.1]

Donde:

- LR = Lectura de Regresión
 Fd = Factor de dilución
 Pm = Peso de la muestra (g)

AIII.6 DETERMINACION DE FOSFORO

- Tomar 0.5 ml del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución molibdo -vanadato y agitar.
- Cuando se requiera hacer más diluciones se tomará 4.5 ml de agua con 0.5 ml de muestra y en la dilución a leerse se pondrá 0.5 ml de muestra 0,5 de la solución de molibdo - vanadato y 4 ml de agua bidestilada
- Preparar la curva estándar de fósforo de 0 a 5 ppm.
- Colocar la solución estándar de fósforo 10 ppm en tubos de ensayo 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y luego 1 ml de la solución de molibdo – vanadato.
- Pasar a los tubos calibrados del espectrofotómetro y leer, tomar en cuenta primero los estándares luego las muestras.
- Medir a una longitud de ondas de 400 nm.

AIII.6.1 CÁLCULOS

$$P(\%) = \frac{C * Fd}{Pm} \quad \text{[AIII.2]}$$

Donde:

- C = Concentración (ppm)
 Fd = Factor de dilución
 Pm = Peso de la muestra (g)

AIII.7 DETERMINACION DE SODIO Y POTASIO

- Tomar 0.5 ml del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución de litio al 1% y agitar.
- Tomar 0.5 ml añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución de litio al 1% y agitar.
- Preparar la curva estándar de sodio y potasio de 1 y 2 ppm:
- Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de sodio y potasio 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de litio al 1%.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, toamando en cuenta primero los estándares luego las muestras.

AIII.7.1 CÁLCULOS

$$Na(\%) = \frac{C * Fd}{Pm} \quad [AIII.3]$$

Donde:

- C = Concentración (ppm)
 Fd = Factor de dilución
 Pm = Peso de la muestra (g)

AIII.8 DETERMINACION DE HIERRO

- Preparar la curva estándar de hierro de 0 a 5 ppm.
- Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de hierro 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Tomar 5 ml de la muestra y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama.

Nota: En caso de ser lecturas altas, realizar diluciones de 1/10.

AIII.8.1 CÁLCULOS

$$Fe(\%) = \frac{C * Fd}{Pm} \quad [AIII.4]$$

Donde:

- C = Concentración (ppm)
 Fd = Factor de dilución
 Pm = Peso de la muestra (g)

AIII.9 DETERMINACION DE COBRE, MAGNESO Y ZINC

- Tomar 10 ml de la solución madre, agitar y leer
- Preparar la curva estándar de cobre, manganeso y zinc de 5 y 0.5 ppm
- Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de calcio y manganeso 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

AIII.9.1 CÁLCULOS

$$Cu(ppm) = \frac{LR * Fd}{Pm} \quad [AIII.5]$$

Donde:

- LR = Lectura de Regresión
 Fd = Factor de dilución
 Pm = Peso de la muestra

ANEXO IV

MÉTODO UTILIZADO PARA DETERMINAR LA DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA

(Hsu et al., 1977, p. 1270)

AIV.1 PRINCIPIO

El análisis de digestibilidad con pepsina es ejemplo de un procedimiento que proporciona información adicional en relación al valor nutricional verdadero de las fuentes de proteína. La pepsina es una enzima digestiva que en presencia de un medio ácido desdobra las proteínas del alimento.

AIV.2 MATERIALES Y EQUIPO

- Baño maría
- Molino de café Cuicinart Modelo DCG-20N Series
- pHmetro
- Agitadores magnéticos

AIV.3 REACTIVOS

- Enzimas: tripsina, quimotripsina, peptidasa
- HCl 0,1N; 0,075N
- NaOH 0,1N; 0,2N

AIV.4 PROCEDIMIENTO

- Moler la muestra finamente (80 mesh).

- Colocar 0,4 g de muestra en un vaso de precipitación y añadir 2,5 ml de agua ultrapura; agitar la mezcla hasta que se encuentre totalmente disuelta. Colocar la muestra en un baño maría con agitación a 37 °C.
- Agregar 2,5 ml de NaOH 0,2N e incubar en el baño maría con agitación a 37 °C por 30 minutos.
- Agregar 5 ml de HCl 0,075N.
- Ajustar inmediatamente el pH de la suspensión a 8,0 con HCl 0,1N y NaOH 0,1N.
- Agregar 2 ml de solución enzimática en la suspensión, y mantener la incubación a 37 °C por 10 minutos con agitación. Durante este período, tomar diferentes medidas de pH, a fin de registrar el descenso del mismo. El valor de la medida de pH más bajo que se registre durante los 10 minutos, se empleará en el cálculo de digestibilidad.

AIV.5 CÁLCULOS

$$Y = 210,46 - (18,10) * X \quad \text{[AIV.1]}$$

Donde:

Y = % Digestibilidad in vitro de la proteína

X = Valor del pH después de 10 minutos de digestión con la solución multienzimática.

ANEXO V

MÉTODO UTILIZADO PARA DETERMINAR LA BIODISPONIBILIDAD DE MINERALES

(Binaghi, López, Ronayne-de-Ferrer y Valencia, 2007, p. 57)

AV.1 PRINCIPIO

La dializabilidad de los minerales (D%) como un indicador de la biodisponibilidad potencial fue determinada por medio del método in vitro de Miller, modificado por Wolfgor. El procedimiento involucra una digestión enzimática en condiciones que simulan las fisiológicas.

AV.2 MATERIALES Y EQUIPO

- Membrana de diálisis (Spectrapore Molecular Weight cut-off 6000-8000)
- Baño maría
- Phmetro
- Balanza analítica
- Espectrofotómetro de absorción atómica

AV.3 REACTIVOS

- α -amilasa
- Pepsina
- Pancreatina
- Extracto de bilis
- Buffer PIPES
- Ácido clorhídrico: HCl 0,1N; HCl 6N

- Bicarbonato de sodio: NaHCO_3 0,1N
- Hidróxido de sodio: NaOH 6N
- Ácido nítrico
- Ácido perclórico

AV.4 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES

Solución de α -amilasa.- Se prepara la solución con agua ultrapura al 3%.

Solución de pepsina.- Se prepara una solución de concentración 16 g de pepsina/100 ml de HCl 0,1N.

Solución de pancreatina + bilis.- Se prepara una solución conteniendo 0,4 g de pancreatina y 2,5 g de extracto de bilis en 100 ml de NaHCO_3 0,1 N.

Solución PIPES.- Se prepara una solución 0,15 M, lo que resulta equivalente a 2,29 g de PIPES en 50 ml de agua ultrapura. El pH de esta solución se ajusta a $6,3 \pm 0,2$ con NaOH 1N ó NaOH 6N.

AV.5 PROCEDIMIENTO

Digestión in vitro:

- Se pesan 2 g de muestra en vasos de 100 ml.
- Se agrega 20 ml de agua bidestilada.
- Se incuba cada muestra con 2 ml de la solución α -amilasa al 3% en un baño maría durante 30 min a 37°C con agitación constante.
- Se ajusta el pH a 2,8 con HCl 6N.
- Se agrega 0,64 ml de la solución de pepsina e incubar por un período de 2 h a 37°C con agitación constante.
- Se coloca cada muestra en las bolsas de diálisis, las mismas que se deben ubicar en vasos de precipitación que contienen 20 ml de buffer PIPES.

- Se coloca nuevamente las muestras en un baño maría a 37 °C durante 1 h.
- Se adiciona cuidadosamente 5 ml de solución de pancreatina + extracto de bilis dentro de la bolsa de diálisis, y se continúa con la incubación durante 2 h a 37 °C.
- Se retiran las muestras del baño maría, se remueven las bolsas de diálisis de los vasos de precipitación, y se separa debidamente el líquido contenido en la bolsa de diálisis (retenido) y el líquido contenido en el vaso (dializado); se codifica el retenido y el dializado.

Cuantificación del material biodisponible:

- Llevar el retenido a sequedad.
- Mineralizar el retenido con una mezcla de HNO₃ y HClO₄ (10:10), de modo de eliminar la parte orgánica, esto sucede al observar la aparición de humos blancos y por la decoloración del líquido de la muestra. Terminada la mineralización llevar a un volumen de 100 ml para su posterior lectura.
- Mineralizar el dializado (20 ml) con HNO₃ y HClO₄ (10:10) hasta sequedad, luego reconstituir la muestra con agua ultrapura, tomando el mismo volumen inicial del dializado (20 ml), para posterior cuantificación.

AV.6 CÁLCULOS

La dializabilidad mineral, se calcula como el porcentaje del mineral dializado con respecto a la concentración total de mineral presente en cada muestra como se indica en la ecuación [AV.1].

$$\text{Dializabilidad \% del mineral} = \frac{\text{mg de mineral en el dializado} \times 100}{\text{mg de mineral total}} \quad [\text{AV.1}]$$

ANEXO VI

ANÁLISIS SENSORIAL PARA PREFERENCIA GLOBAL Y SABOR DEL GRANO

PRUEBA DE ORDENAMIENTO POR PREFERENCIA

(Hough y Contarini, 2011b, pp. 6-8)

AVI.1 DESCRIPCIÓN

Esta prueba es adecuada para comparar la preferencia de varias muestras, también para ordenar por un atributo: por ejemplo “sabor”. Es sencillo y de fácil comprensión, sin embargo no se obtiene la magnitud de las diferencias.

AVI.2 PERFIL DE LOS CATADORES

Los catadores fueron 60 consumidores (no entrenados) que tenían una frecuencia de consumo de chocho de por lo menos 2 veces al mes.

AVI.3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Tratamientos de deshidratación osmótica del chocho (Cuatro tratamientos)
- Platos desechables de color blanco o transparente
- Cucharas
- Agua

AVI.4 MÉTODO

- Preparar las muestras

- Pesar 10 gramos de las muestras y colocar en platos desechables de color blanco o transparente, esto dará una mejor percepción del color, además se colocara el nombre a cada una de las muestras, se debe usar codificaciones de símbolos o de tres números al azar.
- Entregar el cuestionario a cada uno de los consumidores.
- Entregar cuatro platos con cada uno de los tratamientos a los consumidores quienes tienen que ordenar las muestras en una escala descendente desde la que más gusta hasta la que menos gusta.
- Los jueces otorgan sus respuestas de acuerdo con el cuestionario que se presenta a continuación, proporcionado antes de iniciar la prueba.

PRUEBA DE ORDENAMIENTO POR PREFERENCIA									
Consumidor No. _____									
<p>Evalúe las muestras de izquierda a derecha. Ordénalas según su grado de preferencia, escribiendo el código de la muestra que más le gusta a la izquierda, siguiendo hacia la derecha con las que gustan menos.</p>									
Gusta más					Gusta menos				

Figura AVI. 1.Formato de la prueba de ordenamiento por preferencia

ANEXO VII

ANÁLISIS SENSORIAL PARA ACEPTABILIDAD DE UN SNACK DE CHOCHO

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD Y CATA (Check all that applies o Tildar todo lo que corresponda)

(Hough y Contarini, 2011a, pp. 9-15)

AVII.1 DESCRIPCIÓN

Esta prueba es adecuada para medir la aceptabilidad del producto, también para evaluar por atributo: por ejemplo sabor. Se utiliza escalas ancladas en los extremos junto con la técnica de cajones que es de mayor comprensión para los consumidores. La prueba de cata consiste en presentar descriptores para que los consumidores escojan el que va de acuerdo con el producto. Esto servirá para realizar posteriormente el análisis por correspondencia múltiple.

AVII.2 PERFIL DE LOS CATADORES

Los catadores fueron 50 consumidores (no entrenados) con una frecuencia de consumo de chocho de por lo menos 2 veces al mes.

AVII.3 MATERIALES Y EQUIPOS

- Tratamientos de deshidratación osmótica del chocho (Cuatro tratamientos)
- Platos desechables de color blanco o transparente
- Cucharas
- Agua

AVII.4 MÉTODO

1. Se preparan las muestras
2. Se pesa 10 gramos de las muestras y se coloca en platos desechables de color blanco o transparente, esto da una mejor percepción del color. Se identifica mediante un código a cada una de las muestras, mediante símbolos o la combinación de 3 números al azar.
3. Se entrega el cuestionario a cada uno de los consumidores.
4. Se entrega cuatro platos con cada uno de los tratamientos a los consumidores quienes evalúan el producto.
5. Al siguiente día se realiza otra sesión con 4 muestras más. Se realizan en total 3 sesiones con cuatro muestras cada sesión para completar los 12 tratamientos. El procedimiento se realiza de esta manera para evitar errores por falta de sensibilidad de los catadores al probar más de 4 muestras.
5. Los jueces otorgan sus respuestas en el cuestionario que se presenta a continuación, proporcionado antes de iniciar la prueba.

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD DE UN SNACK DE CHOCHO					
Consumidor No. _____	Sexo: _____	Edad: _____	Fecha: _____		
<p>Ud. va a recibir 4 muestras de un snack de chocho, codificadas con números de 3 dígitos al azar. Primero deberá observar la muestra y luego probarla. Finalmente, deberá marcar una de las escalas según su opinión.</p>					
MUESTRA No. _____					
Preferencia global:					
Dé un puntaje global del 1 al 10, siendo 1= me disgusta mucho y 10=me gusta mucho.					
Puntaje global: <input style="width: 40px; height: 20px;" type="text"/>					
Apariencia: Observe la muestra					
<input type="checkbox"/>					
Me disgusta mucho		Me es indiferente		Me gusta mucho	
Color: Observe el color de la muestra					
<input type="checkbox"/>					
Muy claro		Ideal		Muy oscuro	
Olor: Perciba el olor de la muestra					
<input type="checkbox"/>					
Muy débil		Ideal		Muy fuerte	
Sabor: Pruebe la muestra					
<input type="checkbox"/>					
Me disgusta mucho		Me es indiferente		Me gusta mucho	
Crocancia: Mastique la muestra					
<input type="checkbox"/>					
Poco crocante		Ideal		Muy crocante	

Figura VII. 1. Formato de la prueba de aceptabilidad y cata (parte 1)

Marque con una cruz los términos que asocia a este snack:			
<input type="checkbox"/>	Sabor agradable	<input type="checkbox"/>	Consumiría este producto:
<input type="checkbox"/>	Sabor extraño	<input type="checkbox"/>	Quando tengo mucha hambre
<input type="checkbox"/>	Sin sabor	<input type="checkbox"/>	En todo momento
<input type="checkbox"/>	Sabor fuerte	<input type="checkbox"/>	En una reunión con jóvenes
<input type="checkbox"/>	Muy tostado	<input type="checkbox"/>	Con toda la familia
<input type="checkbox"/>	Crudo	<input type="checkbox"/>	Con los niños
<input type="checkbox"/>	Poco salado	<input type="checkbox"/>	En los cumpleaños
<input type="checkbox"/>	Muy salado		
<input type="checkbox"/>	Color agradable		Cuántas veces a la semana compraría
<input type="checkbox"/>	Color desagradable		ud. este producto?
<input type="checkbox"/>	Sabor característico a chocho		
<input type="checkbox"/>	Apenas perceptible el sabor a chocho		<input type="text"/>
Muchas gracias por su colaboración!!			

Figura VII. 2. Formato de la prueba de aceptabilidad y cata (parte 2)

ANEXO VIII

ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE DE TUCKEY AL 5% PARA LA PÉRDIDA DE PESO Y LA PÉRDIDA DE HUMEDAD DEL GRANO DE CHOCHO EN DISTINTAS SOLUCIONES OSMÓTICAS.

El chocho fresco desamargado fue sometido al proceso de deshidratación osmótica, al final del proceso se midió la pérdida de peso y la pérdida de humedad, los resultados fueron analizados en el software estadístico Infostat versión 5.1. Se aplicó la prueba de Tuckey al 5 %. Los resultados obtenidos se presentan en las figuras VIII.1. y VIII.2. En las cuales el tratamiento 1 corresponde a la solución salina, el tratamiento 2 a la solución de cebolla con sal, el tratamiento 3 a la solución de ácido cítrico con sal y el tratamiento 4 a la solución de ají con sal.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pérdida de peso	12	0,11	0,00	5,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,01	3	4,8E-03	0,34	0,7962
Tratamiento	0,01	3	4,8E-03	0,34	0,7962
Error	0,11	8	0,01		
Total	0,13	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,31020

Error: 0,0141 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	2,22	3	0,07 A
4	2,19	3	0,07 A
3	2,16	3	0,07 A
2	2,13	3	0,07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p < 0,05)

Figura VIII. 1. Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la pérdida de peso.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
↳ Pérdida de humedad	12	0,12	0,00	5,37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,29	3	0,10	0,35	0,7925
Tratamiento	0,29	3	0,10	0,35	0,7925
Error	2,21	8	0,28		
Total	2,50	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,37492

Error: 0,2765 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.
1	10,06	3	0,30 A
4	9,76	3	0,30 A
3	9,71	3	0,30 A
2	9,66	3	0,30 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Figura VIII. 2. Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la pérdida de humedad

ANEXO IX

ENSAYO DE FRIEDMAN PARA LA ACEPTABILIDAD DEL CHOCHO SUMERGIDO EN DISTINTAS SOLUCIONES OSMÓTICAS

Para determinar el tratamiento de mayor aceptación después del proceso de deshidratación osmótica se efectuó una prueba de ordenamiento por preferencia, los resultados fueron evaluados según el test de Friedman cuyo análisis se presenta en la figura IX.1.

ENSAYO DE FRIEDMAN					
MUESTRAS	SUMAS	SUMAS^2	ORDENAMIENTO PROMEDIO	LETRAS 5%	LETRAS 1%
681 (SALADO)	117	13689	1,95	a	a
450 (CEBOLLA)	146	21316	2,433333333	a,b	a,b
579 (AC. CÍTRICO)	159	25281	2,65	b,c	b
323 (AJÍ)	178	31684	2,966666667	c	b
		91970			
N	k	F	Prob%	MDS_5%	MDS_1%
60	4	19,7	0,019585827	27,71858582	36,4867099
EVALUADOR	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO	
1	323	681	450	579	
2	450	681	323	579	
3	681	579	323	450	
4	579	681	450	323	
5	579	323	681	450	
6	681	323	450	579	
7	450	681	579	323	
8	323	579	450	681	
9	579	681	323	450	
10	579	450	681	323	
11	323	450	579	681	
12	681	450	323	579	
13	579	450	681	323	
14	579	450	681	323	
15	681	579	323	450	
16	681	450	579	323	
17	579	323	681	450	
18	450	681	579	323	
19	323	450	579	681	
20	450	579	681	323	
21	579	323	450	681	
22	681	450	323	579	
23	450	681	579	323	
24	681	579	323	450	
25	681	450	579	323	
26	681	579	450	323	
27	681	579	323	450	
28	323	450	681	579	
29	450	681	579	323	
30	579	681	450	323	
31	681	323	450	579	
32	681	450	579	323	
33	681	450	579	323	
34	323	450	681	579	
35	450	579	323	681	
36	579	681	450	323	
37	681	450	579	323	
38	681	323	579	450	
39	450	681	323	579	
40	579	681	323	450	
41	681	323	450	579	
42	450	579	681	323	
43	450	579	323	681	
44	681	450	579	323	
45	681	579	450	323	
46	450	681	323	579	
47	681	450	323	579	
48	681	579	450	323	
49	450	681	323	579	
50	450	681	579	323	
51	681	579	450	323	
52	323	450	681	579	
53	323	450	681	579	
54	681	579	323	450	
55	681	450	323	579	
56	681	323	579	450	
57	681	323	450	579	
58	579	681	323	450	
59	681	323	579	450	
60	450	681	579	323	
681 (SALADO)	26	34	33	24	117
450 (CEBOLLA)	14	38	42	52	146
579 (AC. CÍTRICO)	12	28	51	68	159
323 (AJÍ)	8	20	54	96	178

Figura IX. 1. Test de Friedman para la preferencia del chocho sumergido en soluciones osmóticas salina, de cebolla con sal, de ácido cítrico con sal y de ají con sal.

ANEXO X

PRUEBA NO PARAMÉTRICA “t student” PARA LA EVALUACIÓN DE LAS DISTINTAS TÉCNICAS DE SECADO

El chocho salado fue sometido a secado por aire forzado y por microondas. Con el fin de evaluar el proceso se relizaron pruebas físico-químicas del grano al final del secado. Los resultados fueron evaluados en el software estadístico Infostat versión 5.1. Se aplicó la prueba no paramétrica “t student”. Los resultados obtenidos se presentan en las figuras X.1, X.2, X.3, X.4, X.5, X.6, X.7 y X.8.

Para efecto de la prueba estadística se utiliza la siguiente simbología:

T1: Grano seco por aire forzado a 60 °C

T2: Grano seco por aire forzado a 70 °C

T3: Grano seco por tecnología microonda

AX.1 TEXTURA

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	p-valor	prueba
Tratamiento Textura (mm de penetración..	{T1}	{T2}		30	30	0,50	0,64	-0,19	-0,08	0,01	0,01	0,0975	-5,20	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Textura (mm de penetración..	{T1}	{T3}		30	30	0,50	1,81	-1,41	-1,21	0,01	0,06	<0,0001	-27,02	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Textura (mm de penetración..	{T2}	{T3}		30	30	0,64	1,81	-1,28	-1,07	0,01	0,06	0,0001	-23,19	<0,0001	Bilateral

Figura X. 1. Estadístico “t student” para la textura del grano seco

AX.2 TAMAÑO

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	prueba
Tratamiento Largo	{T1}	{T2}		30	30	11,45	11,89	-0,95	0,07	1,41	0,51	0,0075	-1,75	48	Bilateral
Tratamiento Largo	{T1}	{T3}		30	30	11,45	12,07	-1,13	-0,11	1,41	0,52	0,0085	-2,45	49	Bilateral
Tratamiento Largo	{T2}	{T3}		30	30	11,89	12,07	-0,55	0,19	0,51	0,52	0,9648	-0,96	58	Bilateral
Tratamiento Ancho	{T1}	{T2}		30	30	9,82	9,94	-0,53	0,29	0,92	0,32	0,0063	-0,57	48	Bilateral
Tratamiento Ancho	{T1}	{T3}		30	30	9,82	10,05	-0,66	0,20	0,92	0,47	0,0732	-1,07	58	Bilateral
Tratamiento Ancho	{T2}	{T3}		30	30	9,94	10,05	-0,44	0,21	0,32	0,47	0,3273	-0,70	58	Bilateral
Tratamiento Espesor	{T1}	{T2}		30	30	3,95	4,19	-0,65	0,17	0,79	0,48	0,1886	-1,16	58	Bilateral
Tratamiento Espesor	{T1}	{T3}		30	30	3,95	7,33	-3,84	-2,93	0,79	0,77	0,9342	-14,85	58	Bilateral
Tratamiento Espesor	{T2}	{T3}		30	30	4,19	7,33	-3,55	-2,74	0,48	0,77	0,2174	-15,41	58	Bilateral

Figura X. 2. Estadístico “t student” para el tamaño del grano seco

AX.3 COORDENADAS DE COLOR

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	prueba
Tratamiento L	{T1}	{T2}		20	20	34,93	37,61	-5,68	0,32	24,46	19,34	0,6138	-1,81	38	Bilateral
Tratamiento L	{T1}	{T3}		20	20	34,93	34,87	-2,80	2,90	24,46	15,18	0,3073	0,04	38	Bilateral
Tratamiento L	{T2}	{T3}		20	20	37,61	34,87	0,07	5,39	19,34	15,18	0,6032	2,08	38	Bilateral
Tratamiento a	{T1}	{T2}		20	20	2,19	2,34	-0,50	0,18	0,25	0,31	0,6560	-0,93	38	Bilateral
Tratamiento a	{T1}	{T3}		20	20	2,19	-1,52	3,40	4,01	0,25	0,20	0,6398	24,63	38	Bilateral
Tratamiento a	{T2}	{T3}		20	20	2,34	-1,52	3,54	4,19	0,31	0,20	0,3624	24,17	38	Bilateral
Tratamiento b	{T1}	{T2}		20	20	7,91	9,16	-2,45	-0,06	2,39	4,56	0,1684	-2,13	38	Bilateral
Tratamiento b	{T1}	{T3}		20	20	7,91	-6,88	13,68	15,89	2,39	3,61	0,3755	26,98	38	Bilateral
Tratamiento b	{T2}	{T3}		20	20	9,16	-6,88	14,75	17,34	4,56	3,61	0,6177	25,09	38	Bilateral
Tratamiento C	{T1}	{T2}		20	20	8,22	9,46	-2,50	2,2E-03	2,46	5,17	0,1148	-2,02	38	Bilateral
Tratamiento C	{T1}	{T3}		20	20	8,22	7,04	0,22	2,14	2,46	2,03	0,6759	2,48	38	Bilateral
Tratamiento C	{T2}	{T3}		20	20	9,46	7,04	1,21	3,65	5,17	2,03	0,0479	4,04	33	Bilateral
Tratamiento h	{T1}	{T2}		20	20	74,43	73,18	-1,93	4,42	9,21	38,89	0,0029	0,80	28	Bilateral
Tratamiento h	{T1}	{T3}		20	20	74,43	257,92	-185,47	-181,52	9,21	9,83	0,8885	-188,07	38	Bilateral
Tratamiento h	{T2}	{T3}		20	20	73,18	257,92	-187,93	-181,54	38,89	9,83	0,0043	-118,37	28	Bilateral

Figura X. 3. Estadístico “t student” para las coordenadas de color del grano seco

AX.4 HUMEDAD

Nueva tabla: 15/02/2012 - 13:57:45

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	prueba
Tratamiento Humedad	{T1}	{T2}		3	3	10,13	10,29	-0,90	0,58	0,18	0,04	0,3717	-0,60	4	Bilateral
Tratamiento Humedad	{T1}	{T3}		3	3	10,13	10,52	-1,56	0,80	0,18	0,37	0,6492	-0,90	4	Bilateral
Tratamiento Humedad	{T2}	{T3}		3	3	10,29	10,52	-1,24	0,80	0,04	0,37	0,1977	-0,61	4	Bilateral

Figura X. 4. Estadístico “t student” para la humedad del grano seco

AX.5 ACTIVIDAD DE AGUA

Nueva tabla: 15/02/2012 - 14:03:33

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	prueba
Tratamiento Aw	{T1}	{T2}		3	3	0,67	0,67	-0,01	0,01	3,3E-05	3,3E-05	>0,9999	0,00	4	Bilateral
Tratamiento Aw	{T1}	{T3}		3	3	0,67	0,64	0,01	0,05	3,3E-05	1,0E-04	0,5000	4,00	4	Bilateral
Tratamiento Aw	{T2}	{T3}		3	3	0,67	0,64	0,01	0,05	3,3E-05	1,0E-04	0,5000	4,00	4	Bilateral

Figura X. 5. Estadístico “t student” para la actividad de agua del grano seco

AX.6 RENDIMIENTO

Nueva tabla: 15/02/2012 - 14:06:53

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	prueba
Tratamiento Rendimiento	{T1}	{T2}		3	3	35,63	35,39	-0,41	0,88	0,15	0,01	0,1767	1,02	4	Bilateral
Tratamiento Rendimiento	{T1}	{T3}		3	3	35,63	35,63	-0,66	0,65	0,15	0,02	0,2042	-0,01	4	Bilateral
Tratamiento Rendimiento	{T2}	{T3}		3	3	35,39	35,63	-0,52	0,04	0,01	0,02	0,9201	-2,35	4	Bilateral

Figura X. 6. Estadístico “t student” para el rendimiento del grano seco

AX.7 DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA

Nueva tabla: 15/02/2012 - 14:19:21

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	prueba
Tratamiento Digestibilidad proteína	{T1}	{T2}		3	3	85,29	85,40	-0,99	0,77	0,23	0,08	0,5023	-0,35	4	Bilateral
Tratamiento Digestibilidad proteína	{T1}	{T3}		3	3	85,29	85,73	-1,27	0,39	0,23	0,04	0,3140	-1,46	4	Bilateral
Tratamiento Digestibilidad proteína	{T2}	{T3}		3	3	85,40	85,73	-0,88	0,22	0,08	0,04	0,7140	-1,65	4	Bilateral

Figura X. 7. Estadístico “t student” para la digestibilidad de la proteína del grano seco

AX.8 BIODISPONIBILIDAD DE Fe, Ca, Zn Y P

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valer	prueba
Tratamiento Fe	{T1}	{T2}		3	3	1,10	0,16	0,94	0,91	0,97	2,3E-04	1,0E-04	0,6000	88,86	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Fe	{T1}	{T3}		3	3	1,10	0,14	0,96	0,93	0,99	2,3E-04	3,3E-05	0,2500	101,82	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Fe	{T2}	{T3}		3	3	0,16	0,14	0,02	4,8E-03	0,04	1,0E-04	3,3E-05	0,5000	3,50	4	0,0249	Bilateral
Tratamiento Zn	{T1}	{T2}		3	3	1,34	0,09	1,25	1,23	1,27	1,0E-04	1,0E-04	>0,9999	153,09	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Zn	{T1}	{T3}		3	3	1,34	0,11	1,23	1,21	1,25	1,0E-04	1,0E-04	>0,9999	150,64	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Zn	{T2}	{T3}		3	3	0,09	0,11	-0,02	-0,04	2,7E-03	1,0E-04	1,0E-04	>0,9999	-2,45	4	0,0705	Bilateral
Tratamiento Ca	{T1}	{T2}		3	3	0,93	0,43	0,50	0,49	0,51	3,3E-05	3,3E-05	>0,9999	106,07	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Ca	{T1}	{T3}		3	3	0,93	0,38	0,56	0,54	0,57	3,3E-05	3,3E-05	>0,9999	118,09	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Ca	{T2}	{T3}		3	3	0,43	0,38	0,06	0,04	0,07	3,3E-05	3,3E-05	>0,9999	12,02	4	0,0003	Bilateral
Tratamiento P	{T1}	{T2}		3	3	3,02	2,75	0,27	0,25	0,29	1,0E-04	1,0E-04	>0,9999	33,07	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento P	{T1}	{T3}		3	3	3,02	2,88	0,14	0,12	0,16	1,0E-04	1,0E-04	>0,9999	17,15	4	0,0001	Bilateral
Tratamiento P	{T2}	{T3}		3	3	2,75	2,88	-0,13	-0,15	-0,11	1,0E-04	1,0E-04	>0,9999	-15,92	4	0,0001	Bilateral

Figura X. 8. Estadístico “t student” para la biodisponibilidad de Fe, Ca, Zn y P del grano seco

ANEXO XI

ANÁLISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE DE TUCKEY AL 5% PARA LOS PARÁMETROS DE EVALUACIÓN EN EL ANÁLISIS SENSORIAL DEL CHOCHO CROCANTE

El grano seco fue sometido a un proceso de cobertura y horneado, para lo cual se ensayó 12 tratamientos. Una muestra de cada tratamiento fue presentada a 50 consumidores. Los cuales evaluaron cada tratamiento y lo calificaron según la preferencia global, la apariencia, el color, el olor, el sabor y la crocancia. Los resultados fueron analizados en el software estadístico Infostat versión 5.1. Se aplicó la prueba de Tuckey al 5 %. Los resultados obtenidos se presentan en las figuras XI.1, XI.2, XI.3, XI.4, XI.5, y XI.6.

AXI.1 PREFERENCIA GLOBAL

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Preferencia global	600	0,01	0,00	27,44

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	27,54	11	2,50	0,74	0,6955
Tratamiento	27,54	11	2,50	0,74	0,6955
Error	1976,66	588	3,36		
Total	2004,20	599			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=1,37640

Error: 3,3617 gl: 588

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T8	7,06	50	0,26 A
T7	6,98	50	0,26 A
T10	6,98	50	0,26 A
T6	6,78	50	0,26 A
T5	6,66	50	0,26 A
T9	6,64	50	0,26 A
T11	6,58	50	0,26 A
T1	6,58	50	0,26 A
T4	6,58	50	0,26 A
T12	6,56	50	0,26 A
T2	6,42	50	0,26 A
T3	6,36	50	0,26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,01$)

Figura XI. 1. Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la apariencia global.

AXI.2 APARIENCIA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia	600	0,03	0,01	32,80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	54,01	11	4,91	1,51	0,1251
Tratamiento	54,01	11	4,91	1,51	0,1251
Error	1917,96	588	3,26		
Total	1971,97	599			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=1,35581

Error: 3,2618 gl: 588

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T10	6,06	50	0,26 A
T1	6,02	50	0,26 A
T8	5,82	50	0,26 A
T5	5,58	50	0,26 A
T4	5,54	50	0,26 A
T11	5,48	50	0,26 A
T3	5,42	50	0,26 A
T9	5,32	50	0,26 A
T7	5,26	50	0,26 A
T2	5,26	50	0,26 A
T12	5,18	50	0,26 A
T6	5,14	50	0,26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,01$)

Figura XI. 2. Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la apariencia

AXI.3 COLOR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Color	600	0,02	0,01	44,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	110,21	11	10,02	1,35	0,1936
Tratamiento	110,21	11	10,02	1,35	0,1936
Error	4368,16	588	7,43		
Total	4478,37	599			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=2,04610

Error: 7,4288 gl: 588

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T8	7,12	50	0,39 A
T6	6,64	50	0,39 A
T7	6,32	50	0,39 A
T10	6,24	50	0,39 A
T11	6,20	50	0,39 A
T4	6,12	50	0,39 A
T1	6,04	50	0,39 A
T2	6,00	50	0,39 A
T12	5,88	50	0,39 A
T3	5,88	50	0,39 A
T5	5,72	50	0,39 A
T9	5,36	50	0,39 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,01$)

Figura XI. 3. Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para el color

AXI.4 OLOR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	600	0,02	0,01	54,18

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	131,36	11	11,94	1,30	0,2217
Tratamiento	131,36	11	11,94	1,30	0,2217
Error	5412,64	588	9,21		
Total	5544,00	599			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=2,27763

Error: 9,2052 gl: 588

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2	6,24	50	0,43 A
T11	6,20	50	0,43 A
T6	6,12	50	0,43 A
T9	6,12	50	0,43 A
T12	5,76	50	0,43 A
T3	5,72	50	0,43 A
T10	5,36	50	0,43 A
T4	5,32	50	0,43 A
T1	5,32	50	0,43 A
T8	5,12	50	0,43 A
T7	5,04	50	0,43 A
T5	4,88	50	0,43 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,01$)

Figura XI. 4. Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para el olor

AXI.5 SABOR

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	600	0,03	0,01	34,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	76,98	11	7,00	1,79	0,0518
Tratamiento	76,98	11	7,00	1,79	0,0518
Error	2293,98	588	3,90		
Total	2370,96	599			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=1,48277

Error: 3,9013 gl: 588

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T7	6,62	50	0,28 A
T8	6,36	50	0,28 A
T10	6,00	50	0,28 A
T9	5,94	50	0,28 A
T6	5,80	50	0,28 A
T2	5,74	50	0,28 A
T12	5,70	50	0,28 A
T11	5,64	50	0,28 A
T5	5,62	50	0,28 A
T3	5,48	50	0,28 A
T1	5,42	50	0,28 A
T4	5,38	50	0,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,01$)

Figura XI. 5. Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para el sabor

AXI.6 CROCANCIA

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Crocancia	600	0,02	0,00	50,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	87,44	11	7,95	0,93	0,5113
Tratamiento	87,44	11	7,95	0,93	0,5113
Error	5029,12	588	8,55		
Total	5116,56	599			

Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=2,19545

Error: 8,5529 gl: 588

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T4	6,40	50	0,41 A
T2	6,16	50	0,41 A
T9	6,16	50	0,41 A
T1	6,16	50	0,41 A
T10	6,04	50	0,41 A
T3	5,84	50	0,41 A
T11	5,84	50	0,41 A
T8	5,80	50	0,41 A
T7	5,68	50	0,41 A
T5	5,40	50	0,41 A
T12	5,20	50	0,41 A
T6	5,16	50	0,41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,01$)

Figura XI. 6. Análisis de varianza y prueba de tuckey al 5 % para la crocancia

ANEXO XII

PRUEBA NO PARAMÉTRICA “T STUDENT” PARA LA COMPARACIÓN ENTRE EL CHOCHO FRESCO Y EL SNACK DE CHOCHO CROCANTE

Con el fin de comparar el chocho fresco con el chocho crocante se aplicó la prueba no paramétrica “t student” a los resultados obtenidos de las distintas características físico químicas. Para ello se utilizó el software estadístico Infostat versión 5.1. Los resultados obtenidos se presentan en las figuras XII.1, XII.2, XII.3, XII.4, XII.5, XII.6, XII.7, XII.8 y XII.9.

AXII.1 TEXTURA

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	p-valor	prueba
Tratamiento	Textura (mm de penetración..	{Fresco}	{T8}	30	30	5,78	1,69	3,85	4,32	0,33	0,09	0,0010	34,57	<0,0001	Bilateral

Figura XII. 1. Estadístico “t student” para la textura del grano seco

AXII.2 TAMAÑO

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamiento	Espesor	{Fresco}	{T8}	30	30	6,49	7,27	-1,12	-0,42	0,23	0,68	0,0048	-4,41	47	0,0001	Bilateral
Tratamiento	Ancho	{Fresco}	{T8}	30	30	11,06	10,75	-0,11	0,72	0,74	0,57	0,4827	1,46	58	0,1499	Bilateral
Tratamiento	Largo	{Fresco}	{T8}	30	30	13,46	12,84	0,14	1,09	0,96	0,71	0,4173	2,60	58	0,0117	Bilateral

Figura XII. 2. Estadístico “t student” para el tamaño del grano fresco y del grano crocante

AXII.3 COORDENADAS DE COLOR

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamiento L	{Fresco}	{T8}		20	20	35,38	36,76	-5,45	2,69	63,07	15,93	0,0043	-0,69	28	0,4930	Bilateral
Tratamiento a	{Fresco}	{T8}		20	20	1,84	2,16	-0,87	0,23	0,28	1,17	0,0030	-1,20	28	0,2408	Bilateral
Tratamiento b	{Fresco}	{T8}		20	20	24,72	2,11	19,97	25,27	31,25	1,07	<0,0001	17,79	20	<0,0001	Bilateral
Tratamiento C	{Fresco}	{T8}		20	20	24,49	3,01	18,74	24,22	32,86	1,83	<0,0001	16,31	21	<0,0001	Bilateral
Tratamiento H	{Fresco}	{T8}		20	20	85,50	45,62	32,85	46,90	3,38	222,02	<0,0001	11,88	19	<0,0001	Bilateral

Figura XII. 3. Estadístico “t student” para las coordenadas de color del grano fresco y del grano crocante

AXII.4 ACTIVIDAD DE AGUA

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamiento Aw	{fresco}	{T8}		3	3	0,96	0,15	0,79	0,83	1,4E-05	1,2E-04	0,2194	122,58	4	<0,0001	Bilateral

Figura XII. 4. Estadístico “t student” para la actividad de agua del grano fresco y del grano crocante

AXII.5 PESO DE 100 GRANOS

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamiento Peso	{fresco}	{T8}		3	3	59,74	27,55	29,52	34,87	2,55	0,24	0,1693	33,40	4	<0,0001	Bilateral

Figura XII. 5. Estadístico “t student” para el peso de 100 granos del grano fresco y del grano crocante

AXII.6 HUMEDAD

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamiento Humedad	{fresco}	{T8}		3	3	74,25	1,52	71,69	73,78	0,17	3,3E-03	0,0377	299,40	2	<0,0001	Bilateral

Figura XII. 6. Estadístico “t student” para la humedad del grano fresco y del grano crocante

AXII.7 BIODISPONIBILIDAD DE FE, CA, ZN Y P Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamiento Fe	{fresco} {T8}			3	3	3,38	4,80	-1,61	-1,24	0,01	4,0E-04	0,0600	-21,35	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Zn	{fresco} {T8}			3	3	0,92	0,97	-0,11	0,01	1,0E-03	4,0E-04	0,5581	-2,13	4	0,0996	Bilateral
Tratamiento Ca	{fresco} {T8}			3	3	0,94	3,55	-2,62	-2,59	3,3E-05	3,3E-05	>0,9999	-552,25	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento P	{fresco} {T8}			3	3	1,74	1,98	-0,32	-0,17	1,9E-03	2,2E-04	0,2050	-9,15	4	0,0008	Bilateral
Tratamiento Digestibilidad Prot.	{fresco} {T8}			3	3	89,98	82,85	6,18	8,08	0,14	2,5E-03	0,0342	32,29	2	0,0010	Bilateral

Figura XII. 7. Estadístico “t student” para la biodisponibilidad de Fe, Ca, Zn y P del grano fresco y del grano crocante

AXII.8 ANÁLISIS PROXIMAL

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamiento Proteína	{Fresco} {T8}			3	3	51,72	37,50	13,52	14,93	0,09	0,10	0,9510	55,98	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Grasa	{Fresco} {T8}			3	3	21,63	8,57	12,25	13,96	0,09	0,16	0,6925	45,12	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Fibra	{Fresco} {T8}			3	3	8,33	8,21	-0,99	1,24	0,20	1,0E-03	0,0102	0,49	2	0,6738	Bilateral
Tratamiento Cenizas	{Fresco} {T8}			3	3	2,41	8,02	-5,85	-5,37	0,01	0,01	0,7496	-65,56	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Humedad	{Fresco} {T8}			3	3	74,25	1,55	71,67	73,74	0,17	6,3E-04	0,0073	301,58	2	<0,0001	Bilateral
Tratamiento Materia seca	{Fresco} {T8}			3	3	25,75	98,45	-75,74	-71,67	0,17	6,3E-04	0,0073	-301,58	2	<0,0001	Bilateral
Tratamiento ELN	{Fresco} {T8}			3	3	15,91	37,71	-23,25	-20,34	0,34	0,01	0,0380	-64,38	2	0,0002	Bilateral

Figura XII. 8. Estadístico “t student” para el análisis proximal del grano fresco y del grano crocante

AXII.9 CONTENIDO MINERAL

Prueba T para muestras Independientes

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamiento Na	{Fresco} {T8}			3	3	3,3E-03	3,07	-3,51	-2,62	3,3E-05	0,03	0,0021	-29,63	2	0,0011	Bilateral
Tratamiento K	{Fresco} {T8}			3	3	0,02	0,05	-0,04	-0,02	2,3E-06	3,3E-05	0,1308	-9,86	4	0,0006	Bilateral
Tratamiento Mg	{Fresco} {T8}			3	3	0,16	0,07	0,07	0,11	1,0E-04	3,3E-05	0,5000	14,00	4	0,0002	Bilateral
Tratamiento Ca	{Fresco} {T8}			3	3	0,50	0,15	0,31	0,39	6,3E-04	3,3E-05	0,1000	23,48	4	<0,0001	Bilateral
Tratamiento P	{Fresco} {T8}			3	3	0,43	0,34	0,07	0,10	3,3E-05	0,00	<0,0001	26,00	2	0,0015	Bilateral
Tratamiento Fe	{Fresco} {T8}			3	3	99,33	85,00	3,30	25,36	44,33	3,00	0,1268	3,61	4	0,0226	Bilateral
Tratamiento Zn	{Fresco} {T8}			3	3	54,33	31,33	12,56	33,44	17,33	0,33	0,0377	9,48	2	0,0109	Bilateral
Tratamiento Mn	{Fresco} {T8}			3	3	24,00	1,98	17,05	26,99	4,00	7,0E-04	0,0003	19,07	2	0,0027	Bilateral
Tratamiento Cu	{Fresco} {T8}			3	3	9,23	7,00	-0,09	4,55	0,86	0,01	0,0229	4,14	2	0,0537	Bilateral

Figura XII. 9. Estadístico “t student” para el contenido mineral del grano fresco y del grano crocante

ANEXO XIII

FOTOS DEL GRANO SECO Y CON COBERTURA

AXIII.1 DIFERENCIAS ENTRE LOS DISTINTOS TIPOS DE SECADO



Figura XIII. 1. Imágenes del chocho secado por aire forzado en estufa a 60 °C, por aire forzado en estufa a 70 °C y por microondas



Figura XIII. 2. Comparación del chocho secado por aire forzado y por microondas

Tabla AXIII. 1. Tratamientos del snack de chocho

Tratamiento	Descripción	Foto
T1	Chocho cubierto con una proporción 1:1,25 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de agua (b_0)y 30 minutos de horneó.	
T2	Chocho cubierto con una proporción 1:1,25 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de cerveza (b_1)y 30 minutos de horneó.	
T3	Chocho cubierto con una proporción 1:1,50 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de agua (b_0)y 30 minutos de horneó.	
T4	Chocho cubierto con una proporción 1:1,50 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de cerveza (b_1)y 30 minutos de horneó.	
T5	Chocho cubierto con una proporción 1:1,75 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de agua (b_0)y 30 minutos de horneó.	
T6	Chocho cubierto con una proporción 1:1,75 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de cerveza (b_1)y 30 minutos de horneó.	
T7	Chocho cubierto con una proporción 1:1,25 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de agua (b_0)y 35 minutos de horneó.	

Tabla AXIII. 2. Tratamientos del snack de chocho(**continuación**)

Tratamiento	Descripción	Foto
T8	Chocho cubierto con una proporción 1:1,25 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de cerveza (b_1)y 35 minutos de horneó.	
T9	Chocho cubierto con una proporción 1:1,50 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de agua (b_0)y 35 minutos de horneó.	
T10	Chocho cubierto con una proporción 1:1,50 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de cerveza (b_1)y 35 minutos de horneó.	
T11	Chocho cubierto con una proporción 1:1,75 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de agua (b_0)y 35 minutos de horneó.	
T12	Chocho cubierto con una proporción 1:1,75 (chocho: jarabe de cobertura), con jarabe de cobertura a base de cerveza (b_1)y 35 minutos de horneó.	