



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACÉUTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE LOS ALIMENTOS Y
TECNOLOGÍA QUÍMICA

**DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA PASTA
UNTABLE PARA EL APROVECHAMIENTO DE
SEMILLAS DE ZAPALLO (*Cucurbita máxima*)**

Memoria para optar al Título de Ingeniero en Alimentos

PAMELA ALEJANDRA GONZÁLEZ REMEDI

Profesor Patrocinante

Eduardo Castro Montero

Ingeniero Civil Químico

Magíster en Ciencias de los Alimentos

Directores de Memoria

Eduardo Castro Montero

Ingeniero Civil Químico

Magíster en Ciencias de los Alimentos

Luis Puente Díaz

Ingeniero en Alimentos

Doctor en

Tecnología de Alimentos

Santiago, Chile

2010

*Dedico esta memoria a mis padres
María Elena y Sergio,
En gratitud por todo lo que hoy tengo y soy.*

AGRADECIMIENTOS

Comienzo agradeciéndole a Dios, por hilar mi vida hasta este instante y por poner en este largo camino a las personas que ahora agradezco.

A mis directores de memoria: le agradezco al profesor Eduardo Castro, por todo su apoyo y dedicación en este trabajo. Le agradezco su tiempo, su disposición y por sobretodo sus enseñanzas, siempre más allá de lo académico, siempre contribuyendo a formar una mejor profesional, le agradezco sus reconocimientos, sus correcciones y su constante preocupación. Le doy mi más sincera gratitud y mayor admiración. Igualmente le agradezco al profesor Luis Puente por su ayuda y consejos cada vez que lo necesité, por su buena disposición para aportar en este trabajo y por siempre tratar de alegrar los días de tesista con su buen ánimo. Aprovecho también de agradecer al profesor Jaime Ortiz por su ayuda en esta memoria.

Les agradezco también a los técnicos de laboratorio, por su buena disposición para ayudarme en todo lo que solicité y por acompañar esa ayuda siempre con una sonrisa y más de algún consejo.

Quisiera mencionar también a mis amigos, con quienes he compartido durante todos estos años de universidad y que de alguna u otra forma han aportado a la realización de esta memoria: Laura, Paulina, Denisse, Alberto, Elizabeth, Natalia y Constanza. Mención especial para Alejandra y Pamela, mi compañía durante este año de tesista, gracias por toda su ayuda.

Por último, los agradecimientos más especiales son para mi familia, sin su apoyo nada de lo logrado sería posible. Le agradezco a mi madre, por ser mi pilar más importante, su apoyo y su amor son la base de todo lo que soy. A mi padre le agradezco por estar siempre conmigo, por apoyar mis logros y mis caídas, y sobre todo por su confianza en mí. A mi hermano Franco, a quien tanto admiro, agradezco su compañía, su amistad y su alegría que iluminó más de algún día oscuro. Finalmente agradezco a Víctor, por su amor, compañía e interés en mis quehaceres, por su apoyo y por alentarme a siempre a lograr mis metas. Muchas gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

| CONTENIDO | PÁGINA |
|--|----------|
| DEDICATORIA..... | ii |
| AGRADECIMIENTOS..... | iii |
| ÍNDICE GENERAL..... | iv |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | viii |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | x |
| RESUMEN..... | xii |
| SUMMARY..... | xiii |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPITULO II: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS..... | 3 |
| 2.1. Hipótesis..... | 3 |
| 2.2. Objetivo General..... | 3 |
| 2.3. Objetivos Específicos..... | 3 |
| CAPÍTULO III: ANTECEDENTES GENERALES Y MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| 3.1. Antecedentes Generales..... | 4 |
| 3.1.1. Antecedentes generales de la especie..... | 4 |
| 3.1.1.1. Clasificación taxonómica..... | 4 |
| 3.1.1.2. Origen y domesticación..... | 5 |
| 3.1.1.2. Botánica..... | 5 |

| | |
|--|-----------|
| 3.1.1.3. Área de cultivo y requerimientos de suelo y clima..... | 7 |
| 3.1.2. Antecedentes generales de las semillas de zapallo..... | 8 |
| 3.1.2.1. Composición nutricional de las semillas..... | 8 |
| 3.1.2.2. Composición de los ácidos grasos..... | 9 |
| 3.1.2.3. Contenido de tocoferoles y fitoesteroles..... | 10 |
| 3.1.2.4. Propiedades medicinales de las semillas..... | 11 |
| 3.2. Marco Teórico..... | 12 |
| 3.2.1. Metodología de superficie de respuesta..... | 12 |
| 3.2.2. Perfil sensorial descriptivo..... | 13 |
| 3.2.3. Vida útil..... | 13 |
| 3.2.4. Cinética de deterioro..... | 14 |
| 3.2.5. Untabilidad..... | 15 |
| CAPÍTULO IV: MATERIALES Y EQUIPOS..... | 16 |
| 4.1. Materiales..... | 16 |
| 4.1.1. Materia prima..... | 16 |
| 4.1.2. Ingredientes..... | 16 |
| 4.1.3. Materiales de laboratorio..... | 16 |
| 4.1.4. Reactivos químicos..... | 16 |
| 4.2. Equipos..... | 17 |
| CAPÍTULO V: METODOLOGÍA..... | 18 |
| 5.1. Desarrollo del Producto..... | 19 |
| 5.2. Diseño Experimental y Optimización de la Formulación..... | 20 |
| 5.2.1. Diseño experimental para la formulación del producto..... | 20 |
| 5.2.2. Análisis estadístico y modelo de predicción..... | 21 |
| 5.2.3. Optimización del diseño experimental..... | 22 |
| 5.3. Caracterización Nutricional, Físicoquímica y Microbiológica del Producto..... | 22 |
| 5.3.1. Caracterización nutricional..... | 22 |
| 5.3.1.1. Análisis proximal..... | 22 |
| 5.3.1.2. Caracterización ácidos grasos..... | 23 |

| | |
|---|-----------|
| 5.3.2. Caracterización fisicoquímica..... | 23 |
| 5.3.2.1. Determinación de la actividad de agua (a_w)..... | 23 |
| 5.3.2.2. Determinación de pH..... | 24 |
| 5.3.2.3. Análisis de textura..... | 24 |
| 5.3.3. Análisis microbiológicos..... | 24 |
| 5.4. Perfil Descriptivo de la Pasta Untable de Semillas de Zapallo..... | 25 |
| 5.5. Determinación de la Vida Útil..... | 25 |
| 5.5.1. Estimación de la vida útil mediante..... | 25 |
| pruebas aceleradas | |
| CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 26 |
| 6.1. Diseño Experimental y Optimización de la Fórmula..... | 26 |
| 6.1.1. Diseño experimental..... | 26 |
| 6.1.2. Optimización de la formulación..... | 27 |
| 6.2. Caracterización de la pasta untable de semillas de zapallo..... | 31 |
| 6.2.1. Caracterización nutricional del producto..... | 31 |
| 6.2.2. Caracterización de ácidos grasos..... | 33 |
| 6.2.3. Caracterización fisicoquímica..... | 35 |
| 6.2.3.1. Determinación de pH y a_w | 35 |
| 6.2.3.2. Análisis de textura..... | 35 |
| 6.2.4. Caracterización microbiológica..... | 36 |
| 6.3. Perfil Sensorial Descriptivo..... | 37 |
| 6.4. Estimación de la Vida Útil..... | 41 |
| CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES..... | 46 |
| CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 47 |
| ANEXO 1..... | 52 |
| ANEXO 2..... | 53 |
| ANEXO 3..... | 55 |
| ANEXO 4..... | 57 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| ECUACIÓN | | PÁGINA |
|----------------------|---|---------------|
| Ecuación 3.1. | Cinética de orden cero | 14 |
| Ecuación 3.2. | Linealización cinética orden cero | 14 |
| Ecuación 3.3. | Ecuación de Arrhenius | 14 |
| Ecuación 3.4. | Linealización ecuación de Arrhenius | 14 |
| Ecuación 5.1. | Modelo de predicción de segundo orden | 21 |
| Ecuación 6.1. | Regresión lineal aceptabilidad general a 50°C en el tiempo | 42 |
| Ecuación 6.2. | Regresión lineal aceptabilidad general a 60°C en el tiempo | 42 |
| Ecuación 6.3. | Regresión lineal aceptabilidad general a 70°C en el tiempo | 42 |
| Ecuación 6.4. | Linealización de la ecuación de Arrhenius de acuerdo a los valores de k encontrados | 43 |
| Ecuación 6.5. | Regresión lineal del log vida útil | 44 |
| Ecuación 6.6. | Ecuación para la estimación de la vida útil del producto | 44 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|--------------------|--|---------------|
| Figura 3.1. | Ilustración de flores de la especie Cucurbita | 6 |
| Figura 3.2. | Fruto maduro | 6 |
| Figura 3.3. | Semilla de zapallo de guarda | 7 |
| Figura 5.1. | Diagrama de bloques elaboración de pasta untable de semillas de zapallo | 18 |
| Figura 6.1. | Gráfico de la región simplex | 27 |
| Figura 6.2. | Figura de la gráfica de contorno de superficie de respuesta para aceptabilidad general | 29 |
| Figura 6.3. | Figura de la gráfica 3D de la superficie de respuesta para aceptabilidad general | 29 |
| Figura 6.4. | Microfotografía de las muestras comparadas en el perfil descriptivo | 40 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| GRÁFICO | PÁGINA |
|--|-----------|
| Gráfico 6.1. Gráfico radial. Perfil de la descripción sensorial del producto elaborado y comparación con el perfil de un producto comercial | 39 |
| Gráfico 6.2. Aceptabilidad general para la muestra en estufa a 50°C durante 24 días | 41 |
| Gráfico 6.3. Aceptabilidad general para la muestra en estufa a 60°C durante 15 días | 42 |
| Gráfico 6.4. Aceptabilidad general para la muestra en estufa a 70°C durante 9 días | 42 |
| Gráfico 6.5. Logaritmo de la velocidad de reacción versus el inverso de la temperatura en Kelvin | 43 |
| Gráfico 6.6. Logaritmo de la vida útil del producto a las distintas temperaturas de ensayo | 44 |

INDICE DE TABLAS

| TABLA | | PÁGINA |
|-------------------|---|-----------|
| Tabla 3.1. | Composición proximal de las semillas de zapallo | 8 |
| Tabla 3.2. | Cantidad de minerales de las semillas de <i>Cucurbita máxima</i> | 9 |
| Tabla 3.3. | Propiedades fisicoquímicas del extracto de aceite de semillas de zapallo | 10 |
| Tabla 3.4. | Composición de ácidos grasos de las semillas de zapallo | 10 |
| Tabla 5.1. | Composición de la mezcla y sus restricciones | 20 |
| Tabla 5.2. | Condiciones de siembra y cultivo para el recuento de aerobios mesófilos y recuento de hongos y levaduras al producto fresco | 24 |
| Tabla 6.1. | Corridas para el diseño experimental | 26 |
| Tabla 6.2. | Promedios de la evaluación de aceptabilidad general para cada formulación | 28 |
| Tabla 6.3. | Optimización de respuesta de aceptabilidad general para los niveles de los factores | 30 |
| Tabla 6.4. | Fórmula para la elaboración de la pasta untable de semillas de zapallo | 30 |
| Tabla 6.5. | Composición nutricional en 100 g de pasta untable de semillas de zapallo | 31 |
| Tabla 6.6. | Comparación del aporte nutricional del producto elaborado y un producto comercial de similares características | 32 |

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| Tabla 6.7. | Aporte nutricional de 25 g de producto respecto a la Guía Diaria de Alimentación de la CIIA | 32 |
| Tabla 6.8. | Áreas porcentuales de los peaks de los ácidos grasos (AG) detectados por el equipo de cromatografía gas-líquido | 33 |
| Tabla 6.9. | Composición de ácidos grasos de las materias grasas utilizadas en la elaboración del producto y del producto elaborado | 34 |
| Tabla 6.10. | Resultado de análisis fisicoquímicos del producto | 35 |
| Tabla 6.11. | Resultados del análisis de textura | 36 |
| Tabla 6.12. | Resultados de los análisis microbiológicos del producto elaborado | 36 |
| Tabla 6.13. | Parámetros para los criterios microbiológicos analizados, de acuerdo a los grupos 6 y 7 del RSA | 37 |
| Tabla 6.14. | Resumen de los resultados de diferencias significativas para el test descriptivo entre muestras y jueces para cada parámetro evaluado | 38 |
| Tabla 6.15. | Estimación de vida útil en almacenamiento a distintas temperaturas | 45 |

RESUMEN

El zapallo es un fruto ampliamente consumido en Chile, sin embargo su consumo está restringido únicamente a la pulpa del fruto, dejando como desperdicios la fibra y las semillas de él. Las semillas presentan una composición rica en sustancias potencialmente benéficas para la salud como antioxidantes, fitoesteroles y tocoferoles a los que se asocian importantes propiedades fitoterapéuticas. Debido a lo anterior, se elaboró una pasta untable en base a semillas de zapallo, como propuesta para el aprovechamiento de este material de descarte. Para ello se determinó mediante un diseño de experimento de mezclas, que la fórmula con 40% de azúcar, 22% de leche descremada, 18% de semillas, 10% de aceite vegetal y 8% de cacao, fue la que presentó mayor aceptabilidad desde el punto de vista sensorial entre los consumidores. Se caracterizó el producto de acuerdo a su composición nutricional, características microbiológicas y fisicoquímicas, donde se obtuvo que 100 g del producto elaborado contienen: 8,8 g de proteínas; 39,6 g de grasas totales, de los cuales: 7,7% son grasas saturadas; 13,5% grasas monoinsaturadas y 18,4% grasas poliinsaturadas; predominando principalmente los ácidos: oleico, linoleico y esteárico; 47,4 g de carbohidratos disponibles, 2 g de agua; 2,14 g de cenizas (contenido mineral); y aporta 581 kcal. Los análisis microbiológicos demostraron que el producto no presenta riesgos para la salud haciéndolo apto para el consumo. El producto presentó una actividad de agua de 0,78 y un pH de 6,79; valores que dejan al producto dentro de los alimentos de humedad intermedia y pH neutro. Además se estimó la vida útil del producto elaborado, mediante pruebas aceleradas a 50°, 60° y 70°C, de donde se obtuvo que a 20°C el producto se mantiene estable por 2,5 meses y presenta una energía de activación para el deterioro de 55 kJ/mol. Debido a las características antes mencionadas y a las propiedades funcionales de las semillas de zapallo, el alimento es apropiado para su consumo y potencialmente benéfico para la salud, por lo que representa una interesante propuesta como aporte en la nutrición humana.

“DEVELOPMENT AND EVALUATION OF A SPREADABLE PASTE TO IMPROVE THE USE OF PUMPKIN SEEDS”

SUMMARY

Pumpkin (*Cucurbita maxima*) is a vegetable widely consumed in Chile, although its consumption is restricted only to the fruit pulp, leaving as waste products its fiber and seeds. The pumpkin seeds have a rich composition in substances that are potentially beneficial for health, such as antioxidants, phytosterols and tocopherols, which were associated to phytotherapeutic properties. Due to the above, a spreadable paste of pumpkin seeds was made as a proposal to improve the use of this waste material. In order to this, it was determined by a Design of Experiment of mixtures that the formula with: 40% of sugar, 22% of skim milk, 18% of pumpkin seeds, 10% of vegetal oil and 8% of cocoa powder, had the best consumer acceptability from the sensory point of view. The product was characterized according to their nutritional composition, microbiological and physicochemical characteristics, of which were obtained that 100 g of product contains: 8,8 g of proteins; 39,6 g of total fats, of which: 7,7% are from saturated fat; 13,5% from monounsaturated fat and 18,4% from polyunsaturated fat; dominated mainly by: oleic, linoleic and stearic acid; 47,4 g of crude fiber, 2 g of moisture; 2,14 g of total ashes; and contributes 581 kcal. The microbiological analyses showed that the product does not represent any health risk for the consumers, making it suitable for its human consumption. Also, the product showed a water activity of 0,78 and pH of 6,79; these values leave the product within intermediate moisture food and neutral pH. Additionally, the shelf life of the product was estimated using accelerated temperatures: 50°C, 60°C and 70°C, of which was obtained that the shelf life of the product is 2,5 month al 20°C whit a activation energy of 55 kJ/mol. Due the characteristics mentioned above and the functional properties of pumpkin seeds, the product is appropriate for consumption and potentially beneficial to health, therefore represents an interesting proposal as a contribution to human nutrition.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

El zapallo (*Cucurbita máxima*), conocido tradicionalmente como zapallo camote o de guarda, es el séptimo cultivo de mayor superficie en el Chile y representa desde el tiempo de los indígenas, una fuente de alimentación importante para la población (ODEPA, 2010; Valencia, 2004).

A pesar de su gran potencial agroeconómico, su uso en Chile está destinado principalmente a la preparación de comidas típicas como cazuela, charquicán y sopaipillas (Bascur, 2005) sin explorar de gran manera la industrialización integral del fruto.

A las semillas de zapallo se les atribuyen numerosos efectos beneficiosos para la salud humana debido a sus macro y micro nutrientes (Xanthopoulou y otros, 2009). Las semillas de zapallo son fuente natural de fitoesteroles y vitaminas antioxidantes como tocoferoles y carotenoides (Ryan y otros, 2007; Stevenson y otros, 2007) y fuente de ácidos grasos insaturados como oleico y linoleico (Applequist y otros, 2006). Estos componentes son a los que se atribuyen las propiedades funcionales de las semillas que resultan benéficas para las enfermedades de próstata; y otras, como propiedades contra los parásitos intestinales (propiedades antihelmínticas, vermífugas y tenífugas) (Díaz y otros, 2004).

Por otra parte, la nutrición en la actualidad, experimenta cambios veloces orientados a la alimentación y la relación de ésta con enfermedades crónicas no transmisibles, además de los efectos de la nutrición sobre funciones cognitivas e inmunitarias, capacidad de trabajo y rendimiento físico. Lo anterior sumado al interés de los consumidores por su salud y bienestar hacen de los alimentos “saludables” o funcionales, parte importante de la alimentación actual (Araya y Lutz, 2003).

Los alimentos funcionales, han sido definidos como una nueva gama de alimentos que contienen compuestos biológicamente activos, como fitoquímicos, antioxidantes, ácidos grasos y otras sustancias presentes en frutas, verduras y

semillas, y que al ser incluidos en las dietas alimentarias, ofrecen beneficios importantes para la salud (Soto y otros, 2006)

De lo anterior surge la necesidad de buscar nuevas y novedosas maneras de entregar alimentos funcionales a la población, aprovechando materias primas aún no explotadas y de alta riqueza nutricional como lo son las semillas de zapallo. De lo que se desprende el objetivo de este proyecto: elaborar una pasta untable a partir de semillas de zapallo como propuesta del aprovechamiento de estas semillas, y explotar las propiedades nutricionales que éstas presentan, en una forma atractiva para los consumidores.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

2.1. Hipótesis

Es posible desarrollar un producto innovador y sensorialmente aceptable por el consumidor a partir de un producto de descarte como lo son las semillas de zapallo (*Cucurbita máxima*).

2.2. Objetivo general

- Proponer el desarrollo de un producto en base a semillas de zapallo para el aprovechamiento de este material de descarte; que sea innovador y de buena aceptabilidad entre consumidores; y que logre incluir a las semillas de zapallo en la dieta de la población.

2.3. Objetivos específicos

- Obtener la formulación del producto por medio de la Metodología de Superficie de Respuesta, previo Diseño Experimental de Mezclas.
- Estimar la vida útil del producto y su cinética de deterioro a través de pruebas aceleradas.
- Realizar un perfil sensorial descriptivo del producto elaborado.
- Caracterizar el producto de acuerdo a sus propiedades microbiológicas y fisicoquímicas; de acuerdo a sus atributos sensoriales y su composición nutricional.

CAPÍTULO III: ANTECEDENTES GENERALES Y MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes generales

3.1.1. Antecedentes generales de la especie

El género *Cucurbita* ha formado parte de todas las culturas indígenas del nuevo mundo, desde el sur de Canadá, hasta Argentina y toda la extensión de Chile (Nee, 1990). En éste último, la especie *Cucurbita máxima*, tradicionalmente conocida como zapallo tipo camote o zapallo de guarda ha representado desde tiempos remotos una importante fuente de alimentación en la población (Valencia, 2004).

El género *Cucurbita* posee cuatro especies cultivadas en el mundo, de ellas la de mayor importancia en Chile es *Cucurbita máxima*, correspondiente al zapallo tipo camote (Valencia, 2004).

3.1.1.1. Clasificación taxonómica:

La siguiente clasificación corresponde a la taxonomía del zapallo de guarda (*Cucurbita máxima*) de acuerdo a Lira y Rodríguez-Arévalo (2006).

Reino: Vegetal

Sub-reino: Fenerógamas

División: Angiospermas

Clase: Dicotiledóneas

Sub-clase: Metaclamidieas

Orden: Cucurbitales

Familia: Cucurbitáceae

Género: *Cucurbita*

Especie: *C. máxima*

3.1.1.2. Origen y domesticación

El género *Cucurbita* es nativo del continente americano, y su cultivo no fue extendido fuera del continente sino hasta la llegada de Cristóbal Colón (Valencia, 2004). La especie *Cucurbita máxima* tiene su origen en América del Sur (Nee, 1990) y no se presenta en México ni Centroamérica, mientras que en Estados Unidos y algunas regiones de Europa es uno de los cultivos más importantes del género (Long, 1996).

En Chile hay poca información acerca de la introducción de la especie al país. Existen registros arqueológicos de que la especie fue extensamente cultivada en tiempos precolombinos (más de 4000 años atrás) principalmente en la parte sur de Perú y Bolivia; y en el Norte de Chile. (Valencia, 2004; Whitaker y Robinson, 1986).

3.1.1.3. Botánica

La especie *Cucurbita máxima* es una especie herbácea anual que presenta guías, internudos cortos y es más arbustiva que otras especies del género *Cucurbita* (Valencia, 2004); se caracteriza por tener hojas de lámina orbicular, sin pelos, no lobuladas, no erguidas, de borde aserrado y base cordiforme.

Las flores de la planta son grandes (6-8 cm de largo; 10-12 cm de diámetro) (Ver Fig. 3.1) y unisexuales y se forman en las axilas de las hojas, presentándose solas o en inflorescencias. Presentan un color amarillo intenso y son de pétalos carnosos. Respecto a la reproducción, todas las especies del género *Cucurbita* son monoicas, es decir, necesitan de un agente polinizador para el transporte del polen a sus flores y lograr así la fertilización (Whitaker y Robinson, 1986).

Los frutos de la familia de las cucurbitáceas, son pepónides y están incluidos dentro de las bayas; además son del tipo no climatérico. Durante su crecimiento, incrementan la firmeza de su cáscara a la vez que en la pulpa aumenta la concentración de almidón y el contenido de carotenoides; también durante el crecimiento se desarrollan las semillas (Zaccari, 1999). Los frutos son grandes (15 kg promedio), de cáscara gris claro a café, de pulpa gruesa, densa y de color anaranjado muy oscuro. Sobre este último parámetro se basa la calidad del fruto maduro (Bascur, 2005). Ver Fig. 3.2.

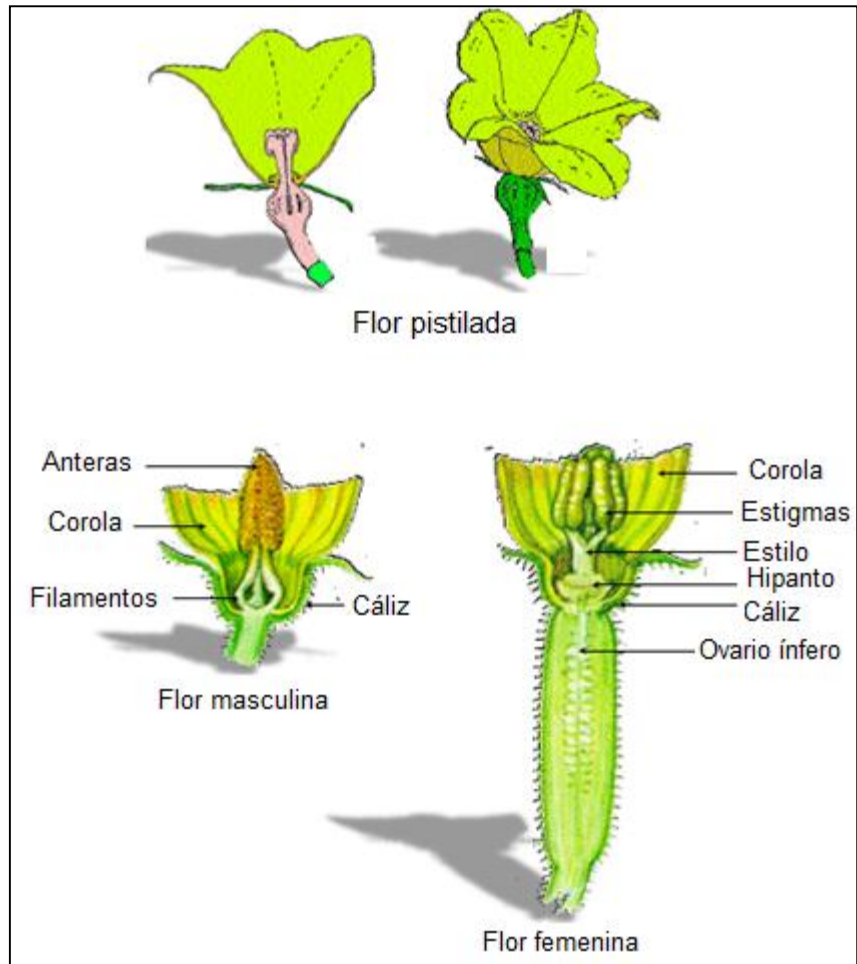


Figura 3.1. Ilustración de flores de la especie Cucurbita.



Figura 3.2. Fruto maduro. A. cortes de zapallo, se observa el color anaranjado característico. B. Zapallos de guarda enteros, se observa la cáscara gris y el grosor de la pulpa.

Las semillas de zapallo, componen el 9% del peso total del fruto, son no endospermicas; de tamaño entre mediano y grande, de longitud promedio 2,1 cm. De gran variabilidad de formas, el morfotipo es aplanado, ovoide y marginado; frecuentemente se observan dos colores característicos de las semillas: cubierta blanca con margen blanco; y cubierta café con margen bronceado (Ver Fig. 3.3). El embrión es muy diferenciado y los dos cotiledones son aplanados y claramente veteados. La testa se caracteriza por ser dura y pétrea (Salama, 2006; Valencia, 2004).

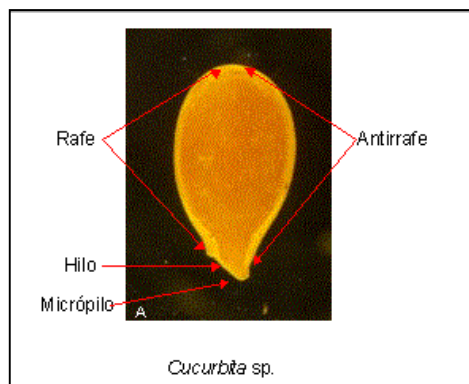


Figura 3.3. Semilla de zapallo de guarda (*Cucurbita máxima*).

3.1.1.4. Área de cultivo y requerimientos de suelo y clima

En Chile el área de cultivo se ubica en la zona central y centro norte del país, destacándose las regiones Metropolitana, del Libertador Bernardo O'Higgins, del Maule y de Coquimbo. La especie es susceptible a las heladas, por lo que se cultiva preferentemente en los periodos de primavera-verano (ODEPA, 2010). En general la germinación de las semillas es inhibida con temperaturas inferiores a 15°C y el proceso se acelera con temperaturas entre 25-30°C.

El cultivo puede ser establecido en una amplia gama de suelos, los cuales deben ser fértiles y profundos, con buena capacidad de drenaje. El pH óptimo del suelo se encuentra entre 5,6- 6,8 (Valencia, 2004).

El fruto es cosechado en marzo y abril, una vez maduro se almacena por varios meses en bodegas acondicionadas pertenecientes a productores y en centros de acopio, lo anterior permite disponibilidad del producto durante todo el año regulando los precios y la oferta (ODEPA, 2010).

3.1.2. Antecedentes generales de las semillas de zapallo

3.1.2.1. Composición nutricional de las semillas

Las semillas de zapallo (*Cucurbita máxima*) presentan una composición nutricional caracterizada principalmente por su alta cantidad de ácidos grasos y proteínas (Stevenson y otros, 2007). Aunque las cantidades porcentuales varían entre autores, la Tabla 3.1 muestra un promedio de la composición nutricional de las semillas de zapallo (Alfawaz, 2004; Amoo y otros, 2004):

Tabla 3.1. Composición proximal de las semillas de zapallo.

| Componente | 100 g |
|-------------------------|--------------|
| Energía (Kcal) | 389 |
| Proteínas (g) | 25,7 |
| Grasas (g) | 46,7 |
| Hidratos de Carbono (g) | 24,4 |
| Fibra cruda (g) | 2,9 |
| Cenizas (mg) | 4,3 |

Del total de grasas presentes en 100 g de semillas de zapallo, estudios han demostrado que entre un 73,1 y un 80,5 % corresponden a ácidos grasos insaturados, predominando los ácidos linoleico, oleico, palmítico y esteárico; en cantidades tales que le otorgan cualidades funcionales al extracto de aceite de semillas y a éstas mismas (Stevenson y otros, 2007).

Del contenido proteico de las semillas, cabe destacar el contenido de aminoácidos presentes: el ácido glutámico y la arginina son los más abundantes (18 y 16% de las proteínas totales, respectivamente) (Glew y otros, 2006). También, aunque en menores cantidades, hay aminoácidos esenciales, como: lisina (3,8%), isoleucina (3,9%), leucina (6,9%), treonina (3,1%), triptofano (2,7%) y valina (4,7%), de los cuales la mayoría se encuentra por sobre el porcentaje diario recomendado por la Organización Mundial de la Salud (2010) para la ingesta en niños menores de 12 años (FAO/OMS, 2010; Glew y otros, 2006).

Además, las especies provenientes de la familia de las Cucurbitaceas, presentan un inusual compuesto aminoacídico conocido como cucurbitina, definido químicamente como (-)-3-amino-3-carboxipirrolidina; al que se atribuyen algunas de las propiedades funcionales más relevantes de estas semillas como la función desinflamatoria y antiparasitaria (Salama, 2006).

Respecto al contenido de cenizas, éste también es elevado y caracterizado por la presencia de minerales claves y generalmente deficitarios como el zinc y hierro (Glew y otros, 2006). La Tabla 3.2 muestra el contenido de minerales presentes en las semillas de zapallo.

Tabla 3.2. Contenido de minerales de las semillas de *Cucurbita máxima*.

| Elemento | Cantidad |
|-----------------|-----------------|
| Sodio (mg) | 0,297 |
| Potasio (mg) | 0,359 |
| Magnesio (mg) | 0,349 |
| Calcio (mg) | 0,295 |
| Fósforo (mg) | 2,241 |
| Manganeso (mg) | 0,018 |
| Zinc (mg) | 0,040 |
| Hierro (mg) | 0,043 |

3.1.2.2. Composición de los ácidos grasos

El contenido de ácidos grasos presentes en las semillas de zapallo (*cucurbita máxima*) alcanza cerca del 50% del peso total de las semillas (Amoo y otros, 2004) (Tabla 3.1), predominando los ácidos grasos insaturados de cadena corta; por lo que presentan una alta estabilidad frente a la rancidez oxidativa que se condice con una bajo índice de peróxido indicado en la Tabla 3.3; junto a otras propiedades del extracto de aceite de las semillas (Glew y otros, 2006).

Como se ha mencionado, el extracto de aceite de las semillas, presenta principalmente concentraciones altas de ácido esterárico, oleico y linoleico, entre otros, que caracterizan el extracto, dichas cantidades se presentan en la Tabla 3.4.

Tabla 3.3. Propiedades fisicoquímicas del extracto de aceite de semillas de zapallo.

| Propiedad | Valor |
|--|---------------|
| Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite) | 126 |
| Índice de peróxidos (m-eq O ₂ /kg aceite) | 2,80 |
| Acidez (mg NaOH/ g aceite) | 0,36 |
| Índice de yodo (mg KI/ g aceite) | 18,7 |
| Peso específico (kgf/ dm ³) | 1,45 |
| Color | Amarillo ocre |

Tabla 3.4. Composición de ácidos grasos de las semillas de zapallo (porcentajes sobre ésteres metílicos).

| Ácidos Grasos | Aceite semilla zapallo (C. máxima) |
|--------------------------|------------------------------------|
| Saturados | |
| C14:0 Mirístico | Trazas |
| C16:0 Palmítico | 14,5 |
| C18:0 Esteárico | 5,9 |
| C20:0 ác. eicosanoico | 0,32 |
| C22:0 ác. docosanoico | 0,22 |
| Monoinsaturados | |
| C16:1 Palmitoleico | 0,17 |
| C18:1 Oleico | 30,6 |
| Poliinsaturados | |
| C18:2 linoleico | 47,6 |
| C18:3 n-6 ác. linolénico | 0,56 |

3.1.2.3. Contenido de tocoferoles y fitoesteroles

Los tocoferoles, componentes principales de la vitamina E, son antioxidantes liposolubles, que se encuentran principalmente en las grasas vegetales, particularmente en su fracción insaponificable y cumplen con la función de mantener la calidad oxidativa de los aceites, mediante la eliminación de los radicales libres. Se ha demostrado que su presencia en los alimentos ayuda a reducir enfermedades vasculares y otras causadas por acción de los radicales libres (Evans y otros, 2002; Ryan y otros, 2007; Stevenson y otros, 2007).

En las semillas de zapallo (*Cucurbita máxima*), el contenido de tocoferoles en el extracto de aceite es el siguiente: entre 27,1 a 75,1µg/g de aceite para el α-tocoferol; 74,9 a 492,8 µg/g de aceite para el γ-tocoferol; y 35,3 a 1109,7 µg/g de aceite para δ-tocoferol. Lo que evidencia que las semillas de zapallo presentan una alta estabilidad oxidativa, lo que las hace apropiadas para aplicaciones industriales y para su incorporación a la dieta humana (Stevenson y otros, 2007).

Las semillas de zapallo también contienen fitoesteroles, que son esteroides naturales de origen vegetal presentes mayoritariamente en plantas oleaginosas (maíz, soya, girasol y canola). Los fitoesteroles más ampliamente distribuidos son el β-sitosterol, campesterol y el estigmasterol y se caracterizan por tener una estructura química muy semejante al colesterol, compitiendo por la absorción de éste a nivel intestinal. De lo último se desprende la capacidad de las semillas de disminuir los niveles de colesterol en plasma y los niveles de LDL (low-density lipoprotein). Las semillas de zapallo presentan en su contenido de fitoesteroles el β-sitosterol y el estigmasterol, en las siguientes concentraciones: 24,9 mg/100 g de semillas y 8,4 mg/100 g de semillas, respectivamente (Ryan y otros, 2007).

3.1.2.4. Propiedades medicinales de las semillas

A las semillas de la especie cucurbita y en particular a las provenientes de *Cucurbita máxima*, se les atribuyen numerosas propiedades fitofarmacológicas atribuidas a su composición de ácidos grasos insaturados (Applequist y otros, 2006), proteínas, vitaminas antioxidantes (Stevenson y otros, 2007) y elementos trazas (Glew y otros, 2006).

Dentro de los beneficios de mayor importancia para la salud, se encuentra la actividad de las semillas contra la hiperplasia benigna de próstata que se atribuye a su contenido de ácidos grasos esenciales, β-carotenos, luteína, γ y β-tocoferoles, fitoesteroles y selenio (Tsai y otros, 2006). También se les asocia con propiedades desinflamatorias de la vejiga y tracto urinario, relacionadas principalmente con el extracto de aceite de las semillas.

Además las semillas de zapallo ingeridas como snack, inhiben la formación de cristales y la agregación de éstos en el tracto urinario, lo que reduce el riesgo de cálculos en la vejiga y riñones (Caili y otros, 2006).

Estudios en animales, también han revelado que el extracto lipídico de las semillas de zapallo retardan el progreso de la hipertensión y reducen la hipercolesterolemia debido principalmente a sus ácidos grasos insaturados y al contenido de fitoesteroles (Al-Zuhair y otros, 1997), además alivia la diabetes ya que promueve la actividad hipoglicémica (Caili y otros, 2006).

Dietas ricas en semillas de zapallo también han sido relacionadas con menores niveles de cáncer de mamas, gástrico, colorectal y pulmonar (Huang y otros, 2004). Más aún las semillas de zapallo han sido utilizadas en la medicina tradicional como vermífugas y su consumo fresco o tostadas ayudan al alivio de los dolores abdominales producidos por parásitos intestinales (Caili y otros, 2006).

3.2. Marco teórico

3.2.1. Metodología de superficie de respuesta

La Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) es un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas utilizadas para tratar problemas en los que una respuesta de interés está influida por varios factores de carácter cuantitativo. Ésta herramienta es importante en el diseño, desarrollo y formulación de nuevos productos y el mejoramiento de los ya existentes (Fernández y Piñeiro, 2001; Meyers y Montgomery, 1995).

En general los trabajos de MSR se enfocan en problemas en que los niveles de cada factor son independientes de los niveles de los demás factores. Sin embargo en casos como los Experimentos de Mezcla, los factores son ingredientes de una mezcla y sus niveles no son independientes. En tal caso la variable respuesta depende únicamente de las proporciones relativas de los componentes presentes en la mezcla (Fernández y Piñeiro, 2001).

3.2.2. Perfil sensorial descriptivo

Las pruebas descriptivas constituyen una de las metodologías más importantes del análisis sensorial. La finalidad del test descriptivo es caracterizar el producto en base a un mínimo número de descriptores que contengan un máximo de información sobre las características sensoriales del producto (Wittig, 2001).

El análisis se basa en la descripción y detección de aspectos sensoriales cualitativos y cuantitativos del producto, por un grupo de jueces entrenados previamente (Wittig, 2001).

3.2.3. Vida útil

La vida útil de un alimento, es el periodo en el cual se produce una tolerable disminución de la calidad del producto. En el momento en que alguno de los parámetros que engloba la calidad alcanza valores fuera de lo permitido, se considera al alimento inapropiado para el consumo y ha llegado al fin de su vida útil (Man y Jones, 1994).

Para determinar la vida útil de un alimento se deben identificar las reacciones químicas o biológicas que influyen en la calidad y seguridad de éste, para lo que se debe considerar la composición del alimento y los procesos a los que ha sido sometido. Luego se procede a establecer las reacciones más críticas que afectan la calidad (Casp y April, 1999).

Lo usual para determinar la vida útil es realizar mediciones en tiempo real de carácter microbiológico, sensorial, entre otros, a lo largo del periodo de vida útil, sin embargo, esto resulta muy inconveniente en términos de tiempo cuando se trata de productos de larga duración (Man y Jones, 1994). En tales casos es recomendable utilizar metodologías aceleradas para el estudio de vida útil.

Los estudios de vida útil acelerados consisten en someter el alimento bajo condiciones controladas y a diferentes temperaturas, las que deben ser mayores a la temperatura de almacenamiento, para permitir que las reacciones de deterioro se aceleren.

3.2.4. Cinética de deterioro

Los alimentos con alto contenido graso tienen una cinética de deterioro de orden cero, predominadas por reacciones de oxidación de sus lípidos. La siguiente ecuación (Ec. 3.1) modela la reacción de orden cero (Casp y April, 1999; García y Molina, 2008):

$$-\frac{dX}{dt} = k \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Integrando y reacomodando la Ec. 3.1, se obtiene la ecuación de una línea recta (Ec. 3.2) con pendiente k, donde k es la constante específica de reacción y cuyo valor depende de la temperatura.

$$X_f = X_0 - kt \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

X_0 es la intersección con el eje Y.

X_f es la respuesta dependiente del tiempo.

La dependencia de k con la temperatura (T), es descrita por la ecuación de Arrhenius de acuerdo a la siguiente ecuación (Ec. 3.3)

$$k = Ae^{-E_a/RT} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Al aplicar logaritmos a la Ec. 3.3 se obtiene la linealización de la ecuación (Ec. 3.4) con pendiente E_a/R , donde E_a : energía de activación.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde,

k: constante de velocidad de reacción

A: factor de frecuencia

E_a : energía de activación

R: constante de los gases ideales

T: temperatura absoluta (K)

3.2.5. Untabilidad

Los alimentos como las mantequillas de maní o las margarinas, requieren de cierto esfuerzo para deformarse y ser esparcidos en una superficie. Una vez que este esfuerzo es alcanzado el alimento muestra una deformación irreversible. La magnitud de este esfuerzo se denomina límite de elasticidad (σ_0), bajo el cual no se observa flujo y el material actúa como un sólido elástico; y sobre el cual el alimento fluye y es untable (Daubert y otros, 1998).

El límite de elasticidad (σ_0) puede ser definido como el mínimo esfuerzo cortante para iniciar el flujo y comúnmente es medido como el valor extrapolado de la curva de esfuerzo cortante vs. la velocidad de corte en el intercepto del límite de elasticidad a velocidad de corte cero (Steffe, 1996).

Existen muchas maneras de evaluar el límite de elasticidad y su relación con la untabilidad, sin embargo ninguna de ellas es particularmente correcta, puesto que la untabilidad, entendida como el esfuerzo requerido para esparcir sobre un área dada cierta cantidad de muestra, es considerada una propiedad reológica subjetiva, por lo que no es inusual encontrar distintos valores de este parámetro para un mismo alimento, ensayado con diferentes técnicas. Luego es importante en la medición de la untabilidad, lograr una metodología que permita la replicabilidad de los datos y hacer distinción entre valores estáticos y dinámicos del fluido (Steffe, 1996).

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y EQUIPOS

4.1 Materiales

4.1.1. Materia prima

Se utilizaron semillas de zapallo camote (*Cucurbita máxima*) fresco, cosecha 2010, provenientes de la zona central del país, obtenidos en un mercado local, en Santiago de Chile.

4.1.2. Ingredientes

Para la elaboración de la pasta untable se utilizaron los siguientes ingredientes: azúcar impalpable, cacao magro en polvo, leche descremada en polvo, aceite de maravilla, esencia de vainilla, Lecitina de Soya.

4.1.3. Materiales de laboratorio

Para la realización de los ensayos y análisis se utilizaron materiales de vidrio, plástico, metal y acero inoxidable, proporcionado por los Laboratorios de: Procesos de Alimentos, Evaluación Sensorial, Microbiología Aplicada y Química y Bioquímica de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

4.1.4. Reactivos químicos

Los reactivos químicos utilizados en los análisis realizados, son de calidad p.a. (para análisis). Se utilizaron reactivos de las marcas: Merck, y Winkler.

4.2. Equipos

| Equipo | Especificación |
|--|---|
| Balanza granataria | Radwag Wagi Elektroniczne, modelo WTB 3000 |
| Balanza analítica | Adam, modelo Afa 120- LC |
| Estufa | Heraeus, sin modelo |
| Rotavapor | Heidolph, modelo VV 2000 |
| Baño termoregulado | Heidolph, modelo WB 2000 |
| Digestor | Büchi, modelo 425 |
| Unidad de destilación | Büchi, modelo 323 |
| Horno mufla | Heraeus, modelo MR 170 |
| pHmetro microprocesador | WTW, modelo pH 537 |
| Batería de tamices | Tonindustries ASTM E11 (N°45) |
| Molino de alta velocidad | Phillips, modelo HR1366 |
| Licuadaora | Phillips, modelo HR2000 |
| Maquina universal de ensayo de materiales | Lloyd Instruments, modelo LR-5K |
| Higrómetro de Pelo | Lufft, modelo a _w -Wert-Messer |
| Cromatógrafo de gases | Hewlett Packard GC System, modelo HP 6890 series |

CAPÍTULO V: METODOLOGÍA

5.1. Desarrollo del producto

El proceso de elaboración del producto es obtenido a partir de experiencias preliminares en la elaboración de un producto piloto de características similares. La figura siguiente (Fig. 5.1), presenta el diagrama de bloques del proceso.

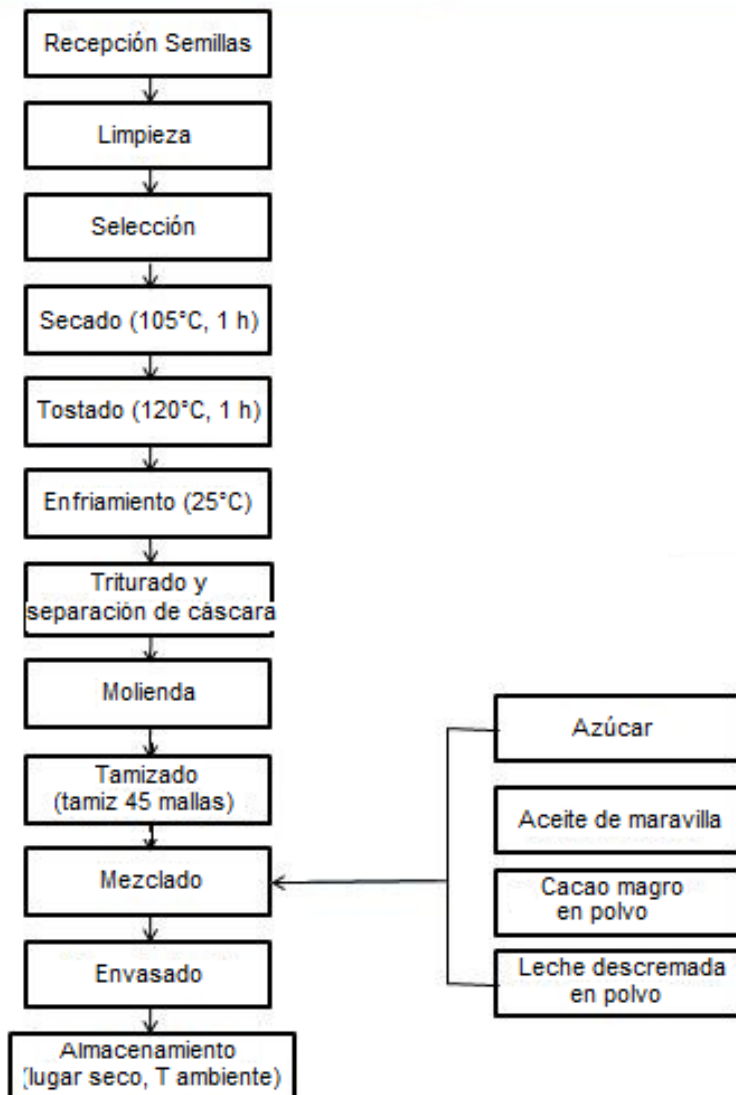


Figura 5.1. Diagrama de bloques elaboración de pasta unttable de semillas de zapallo.

A continuación se detallan los pasos de la elaboración del producto untable en base a semillas de zapallo:

- **Recepción semillas:** se recibieron las semillas y se almacenaron en un lugar limpio y seco a temperatura ambiente.
- **Limpieza:** se limpiaron las semillas de forma manual de manera de retirar impurezas como restos de hojas, zapallo, palos, entre otras para procurar la buena calidad del producto.
- **Selección:** se seleccionaron aquellas semillas que no presentaron imperfecciones en su superficie tales como cortes o rasguños. También fueron apartadas las semillas que presentaron brotes.
- **Secado:** las semillas se secaron en estufa de aire por convección forzada a 105°C durante 1 hora para eliminar la humedad superficial de las semillas.
- **Tostado:** se tostaron las semillas ya secas en un horno a 120°C durante 1 hora para lograr desarrollar sabores en las semillas. Además con el tostado, se logra endurecer la cáscara lo que facilita su remoción.
- **Enfriamiento:** las semillas se sacaron del horno y se dejaron enfriar a temperatura ambiente para detener el proceso de tostado.
- **Triturado y separación de la cáscara:** de forma manual se trituraron las semillas y se separó la cáscara.
- **Molienda:** en un procesador de alimentos se molieron las semillas hasta lograr una pasta homogénea y suave.
- **Tamizado:** la pasta obtenida fue pasada por un tamiz de 45 mallas para obtener un tamaño de partículas deseado según el perfil del producto.
- **Mezclado:** se mezcló de forma manual la pasta de semillas con el resto de los ingredientes (aceite, azúcar, cacao en polvo y leche descremada) hasta lograr una pasta homogénea.
- **Envasado:** el envasado se realizó en envases de vidrio con tapa rosca. Los envases fueron previamente esterilizados con vapor. Luego de verter la mezcla en el envase, éste fue flameado en su superficie para eliminar posibles contaminaciones por hongos y levaduras.

- **Almacenamiento:** los envases fueron almacenados a temperatura ambiente en un lugar fresco, seco y limpio para sus posteriores análisis.

5.2. Diseño experimental y optimización de la formulación

5.2.1. Diseño experimental para la formulación del producto.

Se realizó un diseño de mezcla restringido, de vértices extremos para el diseño experimental de la formulación del producto en el Software Minitab 15 Español para Windows.

Del total de los componentes de la mezcla se escogieron aquellos componentes que afectan el sabor de mayor manera. De lo anterior se utilizaron como variables del experimento: las cantidades de azúcar, cacao y semillas y las restricciones para los componentes fueron fijadas de acuerdo a experiencias anteriores. La siguiente Tabla 5.1 muestra los componentes y las restricciones establecidas.

Tabla 5.1. Componentes de la mezcla y sus restricciones, límite inferior y superior.

| Componente | límite inferior | límite superior |
|-------------------|------------------------|------------------------|
| azúcar | 0,55 | 0,65 |
| cacao | 0,08 | 0,15 |
| semillas | 0,22 | 0,3 |

El grado de diseño para la formulación del producto fue de 2, luego el número de puntos en el diseño se calculó como: $2^q - 1$, donde q es igual al número de variables; se amplió el número de puntos en el diseño agregando un punto central y puntos axiales.

5.2.2. Análisis estadístico y modelo de predicción

A cada una de las formulaciones entregadas por las corridas se le realizó una evaluación sensorial consistente en un test de aceptabilidad con escala hedónica de 7 puntos, realizada a 15 jueces (donde: 1= me desagrada extremadamente; 2= me desagrada mucho; 3= me desagrada levemente; 4= no me gusta ni me disgusta; 5= me agrada levemente; 6= me agrada mucho; 7= me gusta extremadamente). Se evaluaron 6 respuestas, pero se optimizó solo la respuesta de Aceptabilidad General, por englobar de mayor manera la apreciación del consumidor.

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el Software Statgraphics Centurion XV. Se usó un análisis de varianza para determinar efectos significativos de las variables independientes (niveles de azúcar, cacao y semillas) sobre la respuesta obtenidas de acuerdo a cada corrida experimental.

El modelo de predicción para el diseño experimental incluye términos cuadráticos y lineales en las variables individuales y las combinaciones de ellas. La ecuación propuesta para el diseño de mezclas de vértices extremos de acuerdo a Myers y Montgomery (1995), es la que sigue (Ec. 5.1):

$$y = \beta_1x_1 + \beta_2x_2 + \beta_3x_3 + \beta_{12}x_1x_2 + \beta_{13}x_1x_3 + \beta_{23}x_2x_3 \quad (Ec. 5.1)$$

Donde:

y: es el valor esperado de la variable respuesta

β : es el parámetro (coeficiente) estimado para cada uno de los productos lineales y combinados de los términos arrojados por el modelo de predicción.

x_i : términos lineales de las variables independientes ($i= 1, \dots, k$), donde:

x_1 : nivel de azúcar

x_2 : nivel de cacao

x_3 : nivel de semillas

$x_i x_j$: producto combinado de los términos, representando todas las interacciones entre las variables independientes ($i= 1, \dots, k; j= 1, \dots, k$).

5.2.3. Optimización del diseño experimental

Se utilizó el optimizador de respuestas del programa estadístico Minitab 15, para identificar la configuración de factores que optimiza una respuesta individual o un conjunto de respuestas.

Se utilizó la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) de Mezclas para determinar los efectos de los factores sobre la respuesta de aceptabilidad general de sabor de la pasta untable. Se usó el modelo de predicción (Ec. 5.1) para estimar las regiones de respuesta óptima a través de la MSR.

5.3. Caracterización nutricional, fisicoquímica y microbiológica del producto

Los resultados presentados para la caracterización nutricional, fisicoquímica y microbiológica del producto se obtuvieron a partir de ensayos y análisis en triplicado

5.3.1. Caracterización nutricional

5.3.1.1. Análisis proximal

- **Determinación de materia grasa:** se determinó el contenido de grasa mediante el método de extracción de Bligh y Dyer de acuerdo al método oficial de la A.O.A.C. 922.06 (1996).
- **Determinación de cenizas totales:** se determinó el contenido de acuerdo al método oficial de la A.O.A.C. 923.03 (1996). La determinación consiste en calcinar 5 g de muestra en una mufla a 550°C hasta que las cenizas adquieran un color blanco. A partir del residuo se determinó el contenido total de cenizas.
- **Determinación de proteínas:** se estimó el contenido total de proteína bruta a partir de la cuantificación del nitrógeno total de la muestra mediante el método de Kjeldahl descrito en el método oficial de A.O.A.C.920.87 (1996) ($N \times 6,25$).
- **Determinación del contenido de carbohidratos totales:** se realizó mediante el método calorimétrico de Antrona descrito por Witham y otros. (1971).

- **Determinación del contenido de humedad total:** se determinó el contenido total de humedad mediante método termogravimétrico a 105°C y presión atmosférica en estufa con aire forzado, descrito en el método oficial A.O.A.C. 925.10 (1996)
- **Determinación del contenido calórico:** se calculó el contenido calórico a partir de las de las siguientes equivalencias calóricas para el contenido de carbohidratos, proteínas y grasas presentes en la pasta untable: 1 g de carbohidrato= 4 kcal; 1 gramo de proteínas= 4 kcal; 1 gramo de grasa= 9 kcal.

5.3.1.2. Caracterización ácidos grasos

Se prepararon ésteres metílicos a partir de 100 mg del aceite extraído (Mét. Bligh y Dyer. A.O.A.C. 922.06) de acuerdo al Método Oficial de la A.O.A.C Ce-266, método de trifluoruro de Boro (A.O.A.C, 1996).

La identificación y cuantificación de ácidos grasos, se realizó por cromatografía de gases en el cromatografo de gases HP 6890 series, utilizando un inyector Split con detección por ionización de llama. El programa de temperatura de la columna fue: temperatura inicial: 160°C; 1 min; 10°C/min hasta 210°C mantenidos por 20 min. La temperatura del inyector fue de 210°C y la del lector 290°C. La razón de split fue de 1:50. La columna utilizada fue una HP-88 de 100 m de largo, 0,25 mm de diámetro interno y 0,2 µm de espesor de película. Se utilizó H₂ como gas portador. El cromatograma obtenido se analizó con un patrón previamente analizado.

5.3.2. Caracterización fisicoquímica

5.3.2.1. Determinación de la actividad de agua (a_w)

Se determinó la actividad de agua (a_w) de la muestra en el higrómetro de pelo. La muestra se dejó en los recipientes del equipo hasta que la aguja no mostró variación (tiempo aproximado de 3 horas). Los ensayos se realizaron a 20°C.

5.3.2.2. Determinación de pH

Se determinó el pH de la muestra en un potenciómetro a 20°C. 1 g de muestra fue diluido en 10 ml de agua destilada para esta medición.

5.3.2.3. Análisis de textura

Se realizó un test de compresión a velocidad constante para evaluar la textura del producto elaborado. Se determinó la dureza de la muestra y la cohesividad de las partículas mediante la curva Esfuerzo- Deformación obtenida de la Máquina Universal de Ensayos de Materiales (Lloyd LR-5K) con una celda de carga de 100 N. Se ensayaron muestras cilíndricas (L=30 mm; d=30 mm), temperadas durante 24 horas a 20°C, los ensayos fueron realizados a igual temperatura. Las muestras fueron comprimidas al 70% a velocidad de 20 mm/min.

En las mismas condiciones de ensayo, fue testada una muestra de un producto comercial (Nutella ®) de similares características, para comparar los valores de ambas muestras y relacionar dichos datos con la untabilidad del producto obtenido.

5.3.3. Análisis microbiológicos

Se realizaron mediciones para el Recuento Total de Aerobios Mesófilos (RAM) y microorganismos viables; y Recuento de Hongos y Levaduras del producto fresco. La siguiente Tabla 5.2 muestra las condiciones de siembra en profundidad y cultivo utilizadas para ambos recuentos, que fueron las mismas en ambas mediciones.

Tabla 5.2. Condiciones de siembra y cultivo para el recuento de aerobios mesófilos y recuento de hongos y levaduras al producto fresco.

| | Recuento aerobios mesóf. (RAM) | Recuento hongos y levaduras |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Medio de cultivo | PCA (Tryptone glucose yeast Agar) | Agar de Papa Dextrosa |
| Temperatura (°C) | 30 | 25 |
| Diluciones | $10^{-2} - 10^{-6}$ | $10^{-2} - 10^{-6}$ |

5.4. Perfil descriptivo de la pasta untable de semillas de zapallo

Se realizó un entrenamiento de 3 sesiones a un panel de 8 jueces pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad de Chile, todos con previa experiencia en evaluaciones sensoriales. De las sesiones de entrenamiento se recogieron aquellos atributos que mejor describían el producto.

Realizado el entrenamiento, se realizó un test descriptivo con escala lineal no estructurada donde se evaluaron los siguientes atributos del producto: color café, aroma a cacao, aroma a semillas, sabor a cacao, sabor a semillas, sabor dulce, aspereza y consistencia. Paralelamente se realizó un perfil descriptivo de un producto control (Nutella®), para el posterior contraste con el producto elaborado.

Los datos fueron analizados mediante Anova multifactorial en el Software Statgraphics Centurion XV para determinar la existencia de diferencias significativas entre jueces y muestras.

5.5. Determinación de la vida útil

5.5.1. Estimación de la vida útil mediante pruebas aceleradas

Tres muestras del producto elaborado fueron puestas en estufas de aire caliente a tres distintas temperaturas (superiores a la temperatura normal de almacenamiento): 50, 60 y 70°C. Dichas muestras fueron evaluadas con frecuencia de 2 días mediante una evaluación sensorial con un panel de jueces entrenados, los cuales respondieron un Test de Aceptabilidad. Se ensayaron las muestras hasta el día en que los jueces calificaron la muestra con un valor menor a 4 puntos en la escala hedónica de 7 puntos, lo que indica que la muestra presentó a ese momento características inaceptables para el consumidor. Con este valor crítico y las Ecuaciones (3.1), (3.2), (3.3) y (3.4) se determinó la vida útil del producto.

Para asegurarse que el producto no presentara riesgos para los panelistas, las muestras fueron analizadas microbiológicamente a los días 0; 5 y 10. Se realizó a las muestras un Recuento de Aerobios Mesófilos y microorganismos viables en placa.

CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Diseño experimental y optimización de la fórmula

6.1.1. Diseño experimental

El diseño experimental determinó 16 corridas para el modelo de vértices extremos, distribuidas en el espacio del diseño, de acuerdo a los límites antes establecidos.

Tabla 6.1. Corridas para el diseño experimental

| OrdenEst | OrdenCorrida | PtType | Azúcar | Cacao | Semillas |
|----------|--------------|--------|--------|-------|----------|
| 16 | 1 | -1 | 0,625 | 0,134 | 0,241 |
| 12 | 2 | -1 | 0,585 | 0,134 | 0,281 |
| 8 | 3 | 2 | 0,65 | 0,105 | 0,245 |
| 9 | 4 | 2 | 0,59 | 0,15 | 0,26 |
| 14 | 5 | -1 | 0,62 | 0,099 | 0,281 |
| 1 | 6 | 1 | 0,55 | 0,15 | 0,3 |
| 4 | 7 | 1 | 0,65 | 0,13 | 0,22 |
| 10 | 8 | 2 | 0,585 | 0,115 | 0,3 |
| 3 | 9 | 1 | 0,62 | 0,08 | 0,3 |
| 6 | 10 | 2 | 0,635 | 0,08 | 0,285 |
| 11 | 11 | 0 | 0,62 | 0,118 | 0,262 |
| 5 | 12 | 1 | 0,63 | 0,15 | 0,22 |
| 7 | 13 | 2 | 0,64 | 0,14 | 0,22 |
| 2 | 14 | 1 | 0,65 | 0,08 | 0,27 |
| 15 | 15 | -1 | 0,635 | 0,124 | 0,241 |
| 13 | 16 | -1 | 0,635 | 0,099 | 0,266 |

La Tabla 6.1 muestra las corridas para el diseño experimental, con las que se determinaron las proporciones para las variables utilizadas en la formulación. La primera columna corresponde al orden estadístico en que el programa entregó las corridas, mientras que la segunda columna es el orden que el programa propuso para

la realización de los experimentos para evitar errores de variabilidad. “Pt Type” indica el tipo de punto del diseño, donde: -1: axial; 0: central; 1: vértices y 2: medio borde.

La Figura 6.1 grafica la distribución de los puntos experimentales en el espacio bidimensional de la región simplex. Donde se puede apreciar que el modelo escogido permite evaluar de manera representativa todas las formulaciones posibles a partir de los límites iniciales.

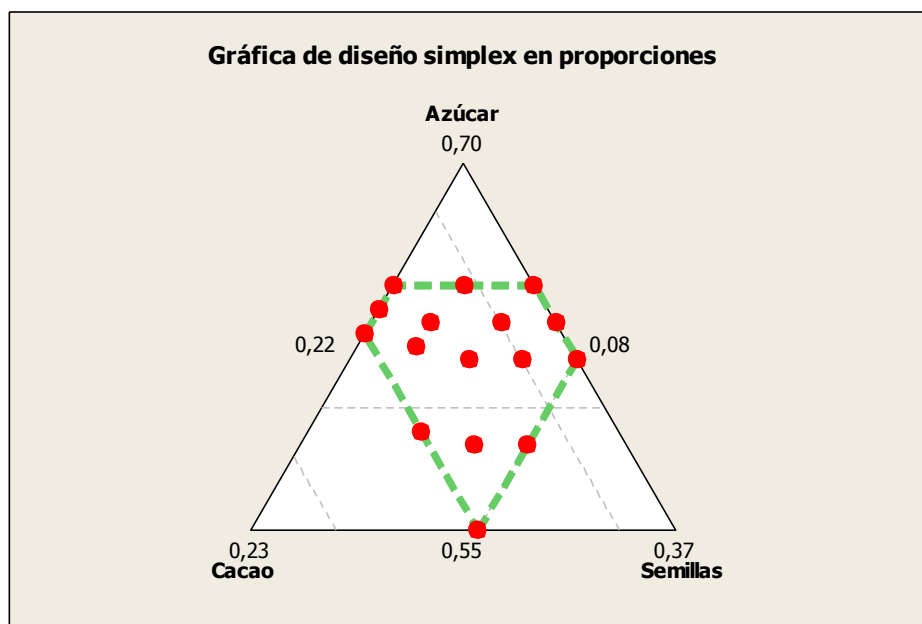


Figura 6.1. Gráfica de la región simplex.

6.1.2. Optimización de la formulación

La Tabla 6.2 muestra los resultados promedio del test de aceptabilidad realizado para evaluar la Aceptabilidad general de sabor en el producto influenciada por los niveles de azúcar, cacao y semillas del producto.

Tabla 6.2. Promedios de la evaluación de aceptabilidad general para cada formulación. Se observan las diferencias significativas entre muestras y grupos homogéneos.

| Muestra | Promedio aceptabilidad general* |
|---------|---------------------------------|
| I | 4,7 ^{bc} |
| II | 6,6 ^{gh} |
| III | 5,05 ^{cd} |
| IV | 4,25 ^a |
| V | 6,25 ^{fg} |
| VI | 4,3 ^a |
| VII | 4,35 ^{ab} |
| VIII | 6,7 ^h |
| IX | 5,15 ^d |
| X | 6,55 ^{fgh} |
| XI | 6,2 ^f |
| XII | 4,4 ^{ab} |
| XIII | 4,25 ^a |
| XIV | 5,25 ^d |
| XV | 5,4 ^{de} |
| XVI | 5,7 ^e |

*Letras diferentes indican diferencias significativas entre muestras.

De acuerdo al análisis estadístico el p-valor entre muestras es de 0,000; por lo que existen diferencias significativas entre una muestra y otra con un nivel de confianza de un 95%. También se encontró un total de 8 grupos homogéneos según el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher para la aceptabilidad general. Lo anterior permite estimar que la evaluación de dicho parámetro es concluyente para optimizar la respuesta y obtener una formulación óptima. Los datos obtenidos de los análisis descritos se encuentran en Anexo 1.

A partir de las respuestas anteriores se analizó el diseño experimental, por medio de la optimización de la repuesta de aceptabilidad general (cuyas especificaciones y gráfica se encuentran en el Anexo 2) y las gráficas de contorno y superficie de respuesta mostradas en las Figuras 6.2 y 6.3.

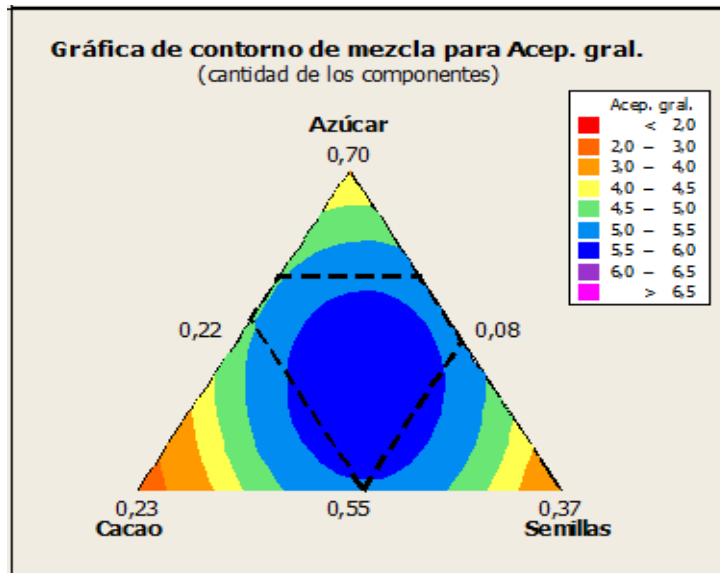


Figura 6.2. Figura de la gráfica de contorno de la superficie de respuesta para la aceptabilidad general.

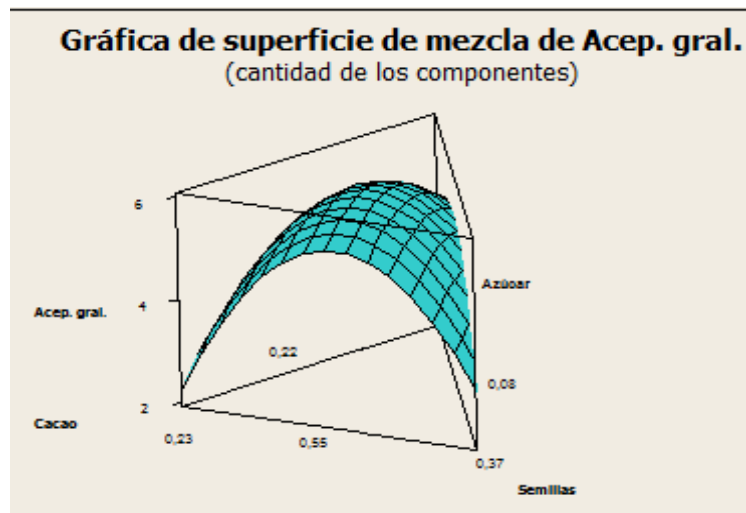


Figura 6.3. Figura de la gráfica 3D de la superficie de respuesta para aceptabilidad general

Para la optimización de respuesta se estableció una meta objetivo de calificación 6 (escala 1 a 7), a partir de esto y los resultados sensoriales, se obtuvo que para la formulación (Tabla 6.3), se obtendrá una respuesta de aceptabilidad de 5,9 con

un 88% de cumplimiento para lograr el objetivo (ver Anexo 2 para resultados estadísticos de la optimización).

Tabla 6.3. Optimización de respuesta de aceptabilidad general para los niveles de los factores.

| Factor | Nivel |
|---------------|--------------|
| Azúcar | 0,60 |
| Cacao | 0,12 |
| Semillas | 0,28 |

Lo anterior se puede observar en la gráfica de superficie de contorno (Fig. 6.2), donde la región azul representa la región más próxima a la aceptabilidad óptima, al igual que la sección más alta de la gráfica en 3D (Fig. 6.3).

De los datos anteriores, se obtuvo la formulación para elaborar la pasta untable de semillas de zapallo, para la que se pronostica una aceptabilidad aproximada de 6 puntos en una escala de 1 a 7, antes descrita. La fórmula final del producto es la siguiente (Tabla 6.4):

Tabla 6.4. Fórmula para la elaboración de la pasta untable de semillas de zapallo

| Ingrediente | % |
|--------------------|----------|
| Azúcar | 40 |
| Leche | 22 |
| Semillas | 20 |
| Aceite | 10 |
| Cacao | 8 |

6.2. Caracterización de la pasta untable de semillas de zapallo

6.2.1. Caracterización nutricional del producto

Se realizó un análisis proximal, para caracterizar la composición nutricional de la pasta untable. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6.5.

Tabla 6.5. Composición nutricional en 100 g de pasta untable de semillas de zapallo.

| Componente | 100 g |
|-----------------------------------|-----------------|
| Energía (Kcal) | 581 |
| Proteínas ($N \times 6,25$) (g) | $8,8 \pm 0,5$ |
| Carbohidratos (g) | $47,4 \pm 0,01$ |
| Materia Grasa (g) | $39,6 \pm 0,6$ |
| Cenizas (g) | $2,14 \pm 0,00$ |
| Humedad (g) | $2,00 \pm 0,14$ |

En comparación con productos similares como la Nutella® (crema de avellanas con cacao y leche) el aporte nutricional es similar de acuerdo a lo señalado en la Tabla 6.6. Los datos mostrados concuerdan con lo esperado, ya que la formulación inicial del producto se desprende de las cantidades utilizadas para el producto comercial y las pequeñas variaciones nutricionales son atribuidas principalmente a las diferencias nutricionales de cada ingrediente y la calidad de las materias primas utilizadas para ambos productos.

Tabla 6.6. Aporte nutricional de un producto comercial de características similares al producto elaborado

| Componente | Nutella® |
|------------------------------|-----------------|
| | 100 g |
| Energía (Kcal) | 530 |
| Proteínas | 6,8 |
| Grasa Total (g) | 31 |
| Grasas saturadas (g) | 20 |
| Grasas monoinsat. (g) | 7 |
| Grasas poliinsat. (g) | 4 |
| Carbohidratos (g) | 56 |
| Sodio (mg) | 34 |

Respecto a la introducción del producto a la dieta, la Tabla 6.7, presentada a continuación, muestra el aporte que una porción de producto (25 g) da a la alimentación de un hombre adulto según un valor diario de referencia de 2000 Kcal, de acuerdo a la Guía Diaria de Alimentación (GDA) de la iniciativa de la Confederación de Industrias de Alimentos y Bebidas de la Unión Europea (CIIA), recientemente adoptada por Chile (CCS, 2010; FIAB, 2007).

Tabla 6.7. Aporte nutricional de 25 g de producto respecto a la Guía Diaria de Alimentación (GDA) de la CIIA.

| Componente | GDA | % Aportado por Porción (25 g) |
|--------------------------------|------------|--------------------------------------|
| Energía (kcal) | 2000 | 7,3 |
| Proteínas (g) | 50 | 4,4 |
| Hidratos de Carbono (g) | 360 | 3,3 |
| Grasas (g) | 70 | 14,2 |

6.2.2. Caracterización de ácidos grasos

De acuerdo a la Tabla 6.8, los ácidos grasos en mayor proporción, en el producto elaborado, son los siguientes: Linoleico (44%), Oleico (34%), Palmítico (12%) y Esteárico (7%). Además de un total de 10 ácidos grasos detectados e identificados, 8 de ellos (80%) corresponden a AG insaturados (Ver cromatograma obtenido en anexo 3). (FAO/OMS, 2010). Se observa también en la Tabla 6.8, que el producto elaborado posee los ácidos grasos esenciales: linoleico y α -linolénico en un 44 y 0,4%, respectivamente lo que le brinda un carácter funcional al producto (Masson y Mella, 1985).

Tabla 6.8. Áreas porcentuales de los peaks de los ácidos grasos (AG) detectados por el equipo de cromatografía gas-líquido.

| Área % | Ácido Graso | Nombre |
|--------|--------------|-------------------------------|
| 11,99 | 16:0 | Palmítico |
| 0,16 | 16:1 | Palmitoleico |
| 7,43 | 18:0 | Esteárico |
| 33,83 | 18:1 n-9 | Oleico |
| 0,19 | 18:2 c-t (*) | - |
| 44,11 | 18:2 n-6 | Linoleico |
| 0,44 | 18:3 n-6 | α -linolénico |
| 0,66 | 18:3 n-3 | γ -linolénico |
| 0,15 | 20:1 n-9 | gadoleico |
| 0,34 | 20:3 n-6 | di-homo- γ -linolénico |

(*) Ácido graso no determinado.

Del total de grasas presentes en el producto elaborado, el 17,7% corresponde a ácidos grasos esenciales, aportando un 3,7% del aporte calórico total al producto. De acuerdo a lo anterior, una porción de 25 g del producto elaborado aporta un 0,8% de calorías provenientes de ácidos grasos esenciales (AGE) del 3% recomendado para la dieta de un adulto en base a 2000 Kcal (Masson y Mella, 1985).

En la Tabla 6.9, se puede observar el aporte de los distintos ácidos grasos al porcentaje de la composición final de ácidos grasos en el producto elaborado (Masson

y Mella, 1985; Stevenson y otros, 2007). Cabe mencionar que en la elaboración del producto se ha declarado la utilización de aceite de maravilla (girasol) sin embargo, el aceite utilizado es una mezcla de girasol y soya, lo que se evidencia con la detección del ácido graso C20:1 y el alto contenido de ácido oleico y linolénico propios de esta materia grasa (Masson y Mella, 1985).

Tabla 6.9. Composición de ácidos grasos de las materias grasas utilizadas en la elaboración del producto y del producto elaborado.
(% de ésteres metílicos).

| Ácidos Grasos | Aceite de girasol | Aceite de soya | Aceite semilla zapallo (C. máxima) | Producto Elaborado |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|---|---------------------------|
| Saturados | | | | |
| C14:0 Mirístico | - | Trazas | Trazas | - |
| C16:0 Palmítico | 7,08 | 10,7 | 14,5 | 12 |
| C18:0 Esteárico | 4,35 | 3,6 | 5,9 | 7,4 |
| C20:0 ác. eicosanoico | 0,35 | 0,3 | 0,32 | - |
| C22:0 ác. docosanoico | 0,72 | 0,1 | 0,22 | - |
| Monoinsaturados | | | | |
| C16:1 Palmítoleico | - | 0,2 | 0,17 | 0,16 |
| C18:1 Oleico | 29,2 | 22,0 | 30,6 | 33,8 |
| C20:1 ác. eicosaenoico | - | 0,1 | - | 0,15 |
| Poliinsaturados | | | | |
| C18:2 linoleico | 58,3 | 56,0 | 47,6 | 44,1 |
| C18:3 n-6 ác. linolénico | - | 7,0 | 0,56 | 0,44 |

El mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados, le otorga al producto elaborado una gran inestabilidad, dada principalmente por el ácido linoleico presente en más de un 40%. Esto implica una importante susceptibilidad del producto a desarrollar rancidez oxidativa, lo que se contrarresta con la buena estabilidad oxidativa que presentan por sí solas las semillas de zapallo (Stevenson y otros, 2007) por lo que se atribuye esta inestabilidad al alto contenido de linoleico proveniente del aceite de girasol, soya y el mismo aceite de semillas de zapallo (Masson y Mella, 1985).

6.2.3. Caracterización fisicoquímica

6.2.3.1. Determinación de pH y a_w

Para la caracterización fisicoquímica se determinó el pH y la actividad de agua (a_w). Los resultados son expuestos en la Tabla 6.10, a continuación.

Tabla 6.10. Resultado de análisis fisicoquímicos del producto.

| Análisis | Valor |
|----------|-------------|
| pH | 6,79 ± 0,02 |
| a_w | 0,78 ± 0,13 |

De acuerdo a los resultados mostrados en la Tabla 6.10, el producto elaborado es susceptible al ataque de microorganismos, esto debido a que el pH presenta un valor intermedio (6,8), neutro y ligeramente ácido lo que es propicio para el crecimiento de hongos y levaduras, y en cierta medida para el crecimiento microbiano (Peña, 2004).

El valor para la actividad de agua (a_w) de 0,78; implica que el alimento está afecto al crecimiento de bacterias halófilas y al crecimiento de mohos y levaduras (ej. *Saccharomyces*) (Lee, 2000). De acuerdo a Labuza (1970) un valor de a_w entre 0,75 y 0,85 indica que el producto es susceptible reacciones de oxidación de lípidos, a una alta actividad enzimática, crecimiento de hongos y ciertas levaduras (Labuza y otros, 1970).

6.2.3.2. Análisis de textura

Se analizó la dureza y la cohesividad del producto elaborado en la máquina de ensayos universal, y se comparó con el comportamiento de un producto comercial (Nutella®), los resultados se muestran en la siguiente Tabla 6.11.

Tabla 6.11. Resultados del análisis de textura

| Parámetro textural | Nutella® | Producto |
|-----------------------------|--------------|--------------|
| Dureza (N/cm ²) | 0,66 ± 0,02 | 0,64 ± 0,02 |
| Cohesividad (mm) | 27,37 ± 0,15 | 26,30 ± 2,00 |

Los valores obtenidos para ambas muestras no presentaron diferencias significativas (p -valor $\leq 0,05$) tanto para la dureza como para la cohesividad.

Debido a que no es posible cuantificar la untabilidad del producto elaborado, se relacionaron los valores de los parámetros texturales, antes medidos, con el potencial comportamiento que presentaría la muestra en condiciones de almacenamiento similares a la Nutella®.

Daubert y otros (1998) determinaron que la temperatura y la composición de los alimentos afectan y determinan de manera sustancial la untabilidad de éstos; y en particular la composición y cantidad de grasa presente influyen en este parámetro. Dicho lo anterior, se puede esperar que el comportamiento para untabilidad de ambos productos sea similar a iguales condiciones de almacenamiento, puesto que ambos productos presentan una composición similar (ver Tabla 6.6).

6.2.4. Caracterización microbiológica

Los resultados obtenidos para los análisis microbiológicos se resumen en la Tabla 6.12:

Tabla 6.12. Resultados de los análisis microbiológicos del producto elaborado.

| Análisis | Resultado |
|--------------------------------------|-----------|
| Recuento aerobios mesóf. (RAM) (ufc) | <1 |
| Recuento hongos y levaduras (ufc) | <1 |

De acuerdo a la composición del producto elaborado, se puede clasificar al producto untable de semillas de zapallo como parte de los grupos 6 (azúcares y miel) y 7 (productos de confitería de azúcares) del Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA) para la determinación de los criterios microbiológicos (MINSAL, 2010).

El RSA (2010) establece los siguientes límites para dichos criterios, señalados en la Tabla 6.13:

Tabla 6.13. Parámetros para los criterios microbiológicos analizados, de acuerdo a los grupos 6 y 7 del RSA

| Parámetro | Límite por gramo | | | |
|------------------------------------|------------------|---|-----------------|-----------------|
| | n | c | m | M |
| Rcto. Aerobios Mesóf. (ufc) | 5 | 3 | 10 ² | 10 ³ |
| Rcto. Levaduras (ufc) | 5 | 1 | 10 | 10 ² |

De acuerdo a lo expuesto en las Tablas 6.12 y 6.13, el producto se encuentra dentro de los niveles microbiológicos permitidos, lo que implica que las prácticas de fabricación empleadas y las precauciones de esterilización de materiales y equipos fueron adecuadas para la elaboración del producto. En conclusión el producto no es considerado, un alimento contaminado y es apto para el consumo humano, no representando ningún peligro para la salud (MINSAL, 2010).

6.3. Perfil descriptivo

La Tabla 6.14 muestra un resumen de los resultados obtenidos del análisis de varianza para el test descriptivo de la pasta untada de semillas de zapallo y el producto comercial de comparación, Nutella®.

Tabla 6.14. Resumen de los resultados de diferencias significativas para el test descriptivo entre muestras y jueces para cada parámetro evaluado.

| Parámetro | Diferencias significativas entre Jueces | p- valor | Diferencias significativas entre Muestras | p- valor |
|------------------|--|-----------------|--|-----------------|
| Color café | No | 0,1372 | Si | 0,0000 |
| Aroma cacao | No | 0,3070 | Si | 0,0000 |
| Aroma semillas | No | 0,2115 | Si | 0,0000 |
| Sabor chocolate | No | 0,7326 | Si | 0,0001 |
| Sabor semillas | No | 0,1779 | Si | 0,0071 |
| Sabor dulce | No | 0,3787 | Si | 0,0000 |
| Aspereza | No | 0,9588 | Si | 0,0005 |
| Consistencia | No | 0,0722 | Si | 0,0000 |

Se observa en la Tabla 6.14 que los resultados obtenidos en el test descriptivo son satisfactorios. No se encontraron diferencias significativas entre las evaluaciones de los jueces, lo que indica que el entrenamiento realizado y la selección de los jueces fueron adecuados. Relativo a las diferencias encontradas entre las muestras para cada parámetro, este resultado también es de esperarse puesto que ambos productos presentan diferentes características respecto a los atributos evaluados. El análisis de varianza y suma de cuadrados arrojados por el programa estadístico se encuentran el Anexo 4.

La comparación del perfil de ambos productos se muestra en el Gráfico 6.1. Se observa que si bien, en la totalidad de los parámetros estudiados es posible encontrar diferencias estadísticamente significativas, existe como patrón (Gráf. 6.1), que la Nutella® presenta mayor intensidad en todos los parámetros evaluados a excepción de la aspereza y el color café (atribuido al cacao).

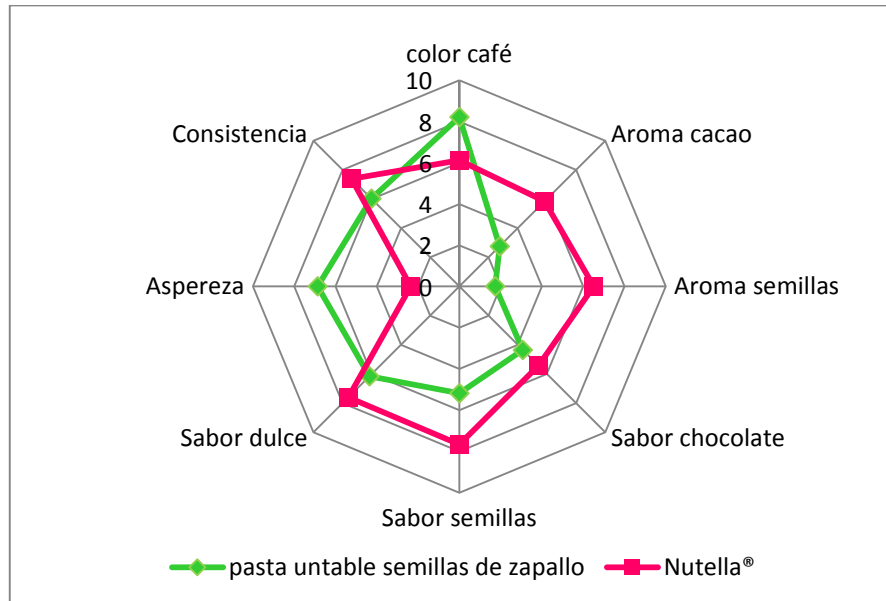


Gráfico 6.1. Gráfico radial. Perfil de la descripción sensorial del producto elaborado y comparación con el perfil de un producto comercial.

Las diferencias del color café en ambos productos son atribuidos únicamente a la proporción de cacao, la cual es distinta en ambos productos, además de la diferencia en la calidad de ambas materias primas que afecta de forma directa, entre otras propiedades del cacao, al color de éste (Frauendorfer y Schieberle, 2008).

Respecto a las diferencias encontradas para la aspereza, se tomaron microfotografías de ambas muestras, de manera de conocer qué partículas influyeron en este parámetro. La Figura 6.4 muestra de forma comparativa ambas fotografías tomadas con un microscopio óptico con un objetivo de 10X.

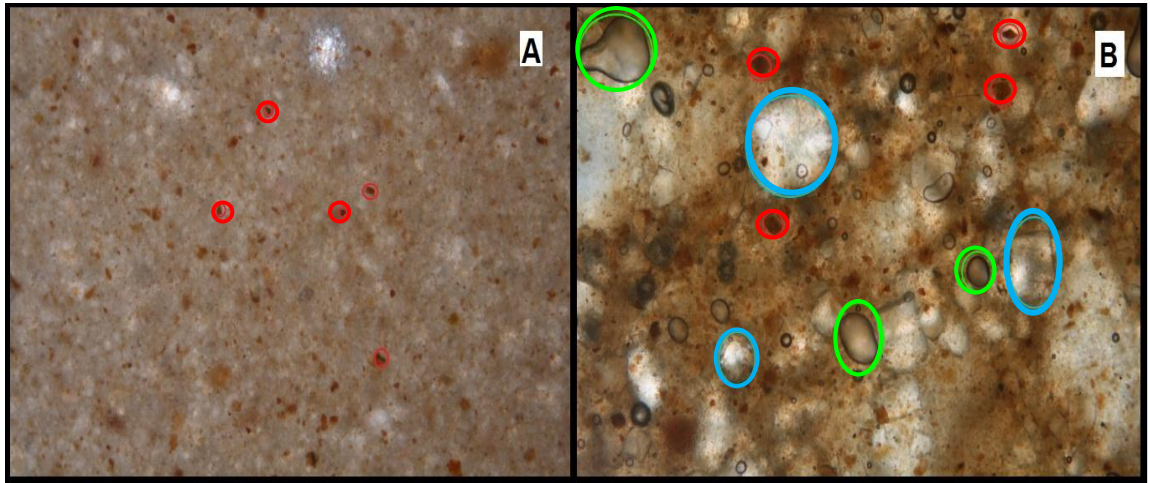


Figura 6.4. Microfotografía de las muestras comparadas en el perfil descriptivo, objetivo de 10X. A: fotografía del producto comercial, Nutella®. B: fotografía del producto elaborado en base a semillas de zapallo. Las circunferencias rojas indican los trozos de semillas perceptibles; circunferencias verdes indican las micelas de aceite; y circunferencias celestes identifican cristales de azúcar.

La Figura 6.4 permite observar de manera clara, la razón de las diferencias en el parámetro de aspereza en ambas muestras. En la figura 6.4.A se observa una evidente homogeneidad de los ingredientes y solo presenta rastros de trozos de semillas (círculos rojos) notoriamente más pequeños que los trozos observados en la Figura 6.4.B. Además la Figura 6.4.B presenta otros ingredientes en tamaños lo suficientemente grandes como para afectar la textura de la muestra: en verde se señalan micelas de aceite presentes en el producto elaborado, propio de una homogenización ineficaz; y en celeste se indican grandes cristales de azúcar, a los que junto con los trozos de semillas, se atribuye la falta de suavidad del producto elaborado frente al producto comercial.

La falta de homogeneidad, no sólo afecta la percepción de aspereza de la muestra, sino también la estabilidad de la emulsión de los ingredientes inmiscibles, ya que los lípidos presentes en los alimentos presentan importantes propiedades fisicoquímicas. Su composición cristalina y su comportamiento en la solidificación y fusión; y su asociación con el agua y otras moléculas no lipídicas, son especialmente importantes en lo que respecta a las propiedades texturales (Fogar y otros, 1999). De lo anterior, se desprende que es fundamental mejorar el proceso de homogenización de la mezcla de

ingredientes de manera de estabilizar el producto y brindarle mejores propiedades texturales.

6.4. Estimación de la vida útil

Los valores promedio de Aceptabilidad General para las muestras se ilustran en los Gráficos (6.2), (6.3) y (6.4), para las muestras ensayadas a 50°C, 60°C y 70°C respectivamente.

Se puede observar en las gráficas que el comportamiento de la respuesta de Aceptabilidad General en el tiempo a 50, 60 y 70 °C es prácticamente lineal con desviaciones mínimas en algunos de los puntos.

Las regresiones lineales de las ecuaciones obtenidas a partir de las curvas de los Gráficos (6.2); (6.3); y (6.4); se muestran en las Ecuaciones (6.1); (6.2); y (6.3).

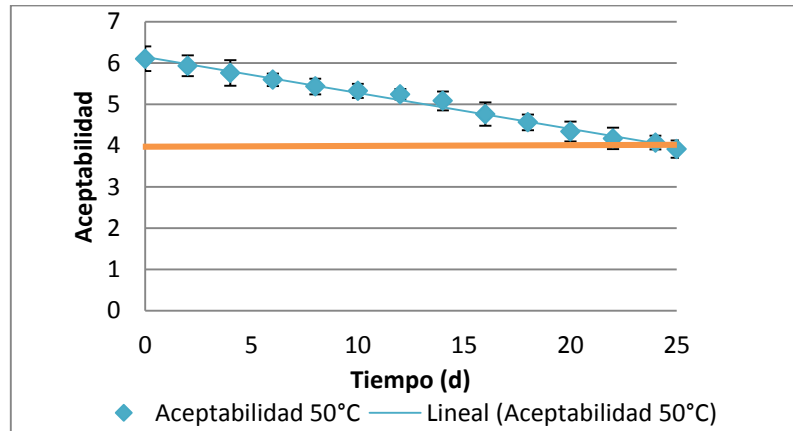


Gráfico 6.2. Aceptabilidad general para la muestra en estufa a 50°C durante 24 días.

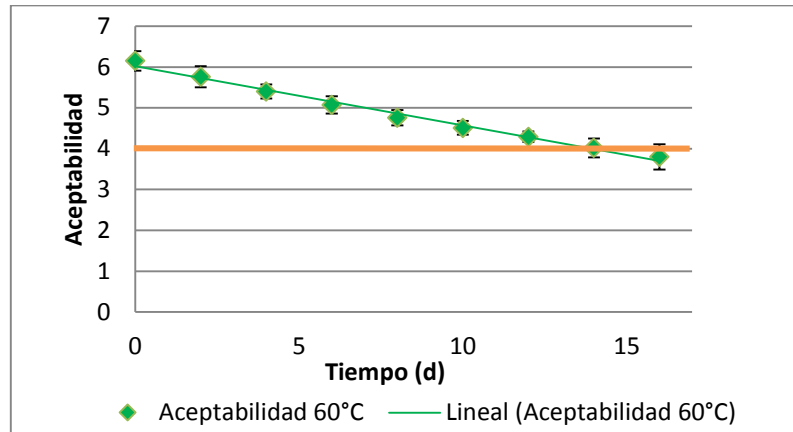


Gráfico 6.3. Aceptabilidad general para la muestra en estufa a 60°C durante 15 días.

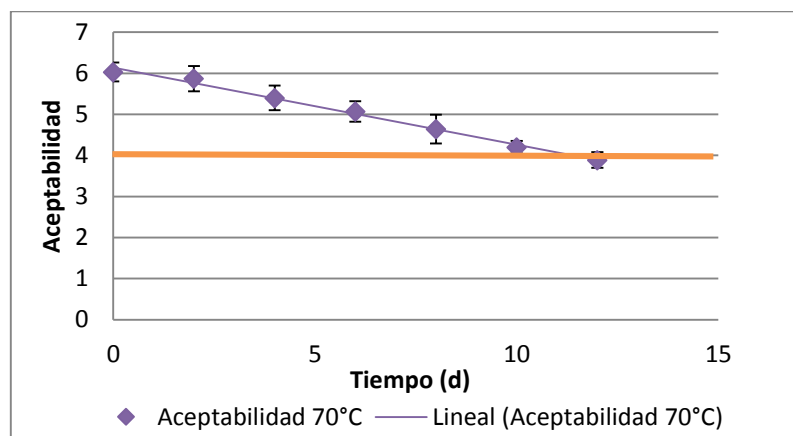


Gráfico 6.4. Aceptabilidad general para la muestra en estufa a 70°C durante 9 días.

$$AG = 6,1446 - 0,0871 \cdot t \quad (6.1)$$

$$AG = 6,0222 - 0,1450 \cdot t \quad (6.2)$$

$$AG = 6,1414 - 0,1879 \cdot t \quad (6.3)$$

Donde:

AG: aceptabilidad general

t: tiempo en días

Las constantes obtenidas de las pendientes de las ecuaciones anteriores permiten obtener el $\ln k$ para luego obtener, por regresión lineal (Gráfico 6.5), la Energía de activación (Ecuación 6.4) de la reacción de deterioro de acuerdo a la Ecuación de Arrhenius (Ec.3.3).

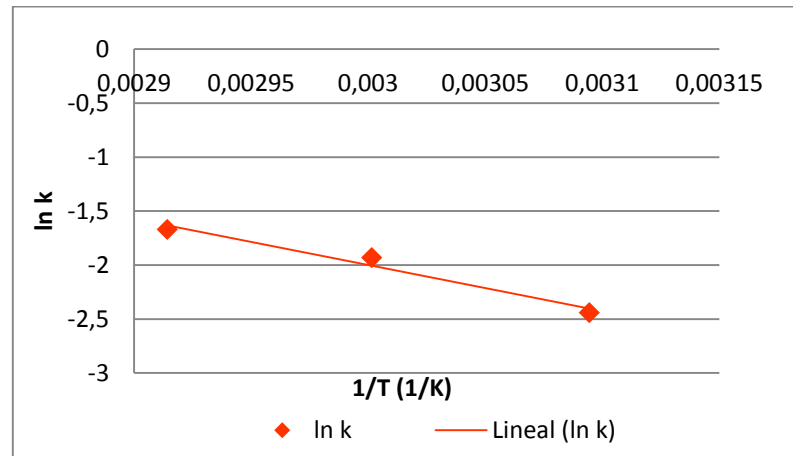


Gráfico 6.5. Logaritmo de la velocidad de reacción versus el inverso de la temperatura en Kelvin.

$$\ln k = 10,827 - 4275,5 \cdot \frac{1}{T} \quad (6.4)$$

Donde T: temperatura en Kelvin.

Entonces, de la ecuación de Arrhenius (Ec. 3.3), la Energía de activación para la reacción de deterioro del producto elaborado es de 55547,96 J/mol. Torres y otros (2001), indican que para que las reacciones de oxidación de lípidos procedan se requiere una energía de activación de entre 41842 J/mol a 104605 J/mol, por lo que se puede atribuir el deterioro del producto a este tipo de reacciones, lo que es certero considerando el alto contenido de materia grasa poliinsaturada presente en el alimento (García y Molina, 2008; Stevenson y otros, 2007). Sin embargo no se puede dejar de atribuir el deterioro a otro factores como la falta de estabilidad en la emulsión formada por los ingredientes del producto, que fue el factor determinante en la evaluación de los panelistas para concluir la vida útil del alimento (Fogar y otros, 1999).

De acuerdo a las evaluaciones sensoriales realizadas por los jueces para las muestras a las distintas temperaturas, se considera al producto como inadecuado para el consumo a partir de la calificación 4 hacia abajo. De acuerdo a esto y las Ecuaciones (6.1), (6.2) y (6.3), se estimaron los valores de vida útil para las temperaturas ensayadas. La gráfica del logaritmo de la vida útil a las distintas temperaturas se muestra a continuación (Gráfico 6.6).

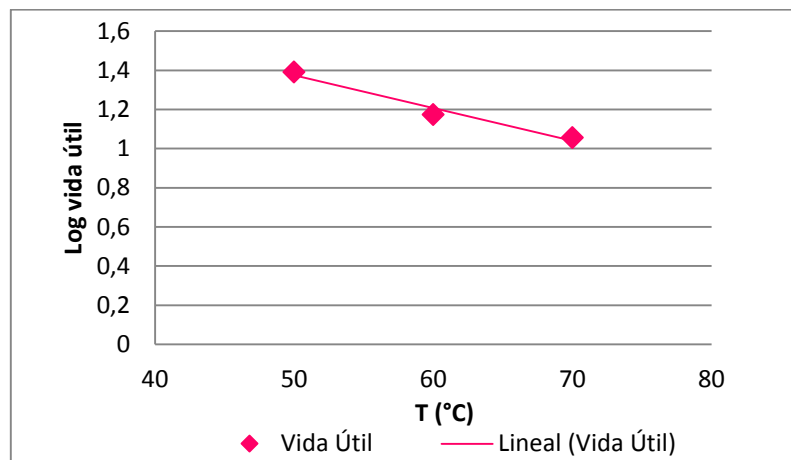


Gráfico 6.6. Logaritmo de la vida útil del producto a las distintas temperaturas de ensayo.

A partir del gráfico anterior (Graf. 6.6), se obtuvo mediante regresión lineal la Ecuación 6.5 a partir de la cual se puede estimar la vida útil (VU) del producto elaborado (Ec. 6.6).

$$\log VU = 2,2119 - 0,0167 \cdot T \quad (6.5)$$

Despejando,

$$Vida\ útil = 10^{(2,2119 - 0,0167 T)} \quad (6.6)$$

A partir de la Ecuación 6.6, se desprende la Tabla 6.15, que estima la vida útil del producto a potenciales temperaturas de almacenamiento y anaquel.

Tabla 6.15. Estimación de vida útil en almacenamiento a distintas temperaturas

| T(°C) | días | meses |
|--------------|-------------|--------------|
| 0 | 163 | 5,4 |
| 5 | 134 | 4,5 |
| 10 | 111 | 3,7 |
| 15 | 62 | 3,0 |
| 20 | 75 | 2,5 |
| 25 | 62 | 2,1 |
| 30 | 51 | 1,7 |
| 35 | 42 | 1,4 |

Luego, a partir de la Tabla 6.15 se desprende que la vida útil del producto elaborado es de 2,5 meses a 20°C. Si bien la vida útil (VU) del alimento no es tan extensa como ocurre con otros productos de similar composición y en ausencia de aditivos, como lo es por ejemplo la Nutella®, cuya vida útil es de 18 meses a 20°C, es de esperar que el valor de la VU se vea incrementado si se mejoran las condiciones de proceso, de manera de brindar una mayor estabilidad a la mezcla de ingredientes por medio de una emulsión mejor lograda o de la adición de algún agente emulsionante. Además se ha de considerar que las condiciones de elaboración son a nivel piloto, por lo que las prácticas de fabricación, condiciones de higiene y efectividad del proceso, son inferiores a las empleadas a nivel industrial. Se debe considerar también la adición de un agente antioxidante o estabilizante al producto, pues si bien el deterioro, en este caso el fin de la vida útil no se determinó por la oxidación de las grasas, la energía de activación de las reacciones de deterioro está dentro del rango en que las reacciones de oxidación ocurren (Torres y otros, 2001).

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

- Se desarrolló como producto una pasta untable en base a semillas de zapallo como propuesta para el aprovechamiento de éste material de descarte.
- Se determinó que la formulación: 40% de azúcar, 22% de leche descremada, 18% de semillas, 10% de aceite vegetal y 8% de cacao, fue la que presentó la mayor aceptabilidad entre los consumidores, desde el punto de vista sensorial.
- El análisis proximal determinó que el producto elaborado contiene en 100 g: 8,8 g de proteínas; 36,6 g de grasas totales; 47,4 g de carbohidratos disponibles, 2 g de agua; 2,14 g de cenizas (contenido mineral); y aporta 581 kcal.
- La fracción lipídica del producto es: 7,7% saturada; 13,5% monoinsaturada y 18,4% poliinsaturada; predominando principalmente los ácidos: oleico, linoleico y esteárico, lo que brinda al producto un carácter saludable y funcional para el consumidor.
- Los resultados microbiológicos concluyeron que el producto es seguro para el consumo, ya que cumple con requisitos de criterios microbiológicos, establecidos en el Reglamento Sanitario de los Alimentos.
- Se determinó que la vida útil del producto elaborado es de 2,5 meses a 20°C, siendo posible el aumento de este tiempo por medio de la adición de agentes estabilizantes.
- La energía de activación de reacción de deterioro del producto, es de 55547,96 J/mol, siendo susceptible a la oxidación de lípidos, lo que concuerda con el alto contenido de ácidos grasos insaturados presentes en el extracto lipídico.
- Para los problemas de desestabilización de la emulsión lograda y textura, se proponen otros mecanismos de homogenización más eficientes como la operación de concado en el chocolate.
- Se concluye que es posible incluir las semillas de zapallo en la dieta de la población a través de un producto innovador que entregue todas las características nutricionales que estas semillas poseen, presentándose como una interesante propuesta para la nutrición humana.

CAPÍTULO VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.O.A.C. (1996). *Oficial Methods of Analysis* (16° edición ed., Vols. I, II). Maryland, EE.UU.

ALFAWAZ, M. (2004). Chemical composition and oil characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed kernels. *Res. Bult.* (129), 5-18.

AL-ZUHAIR, H., ABDEL-FATTAH, A. Y ABDEL-LATIF, H. (1997). Efficacy Of Simvastatin And Pumpkin-Seed Oil In The Management Of Dietary-Induced Hypercholesterolemia. *Pharmacological Research* , 35 (5), 403-408.

AMOO, I., ILELABOYE, N. Y AKOJA, S. (2004). Characterisation of oil extracted from gourd (*Cucurbita maxima*) seed. *Food, Agriculture & Environment* , 2 (2), 38-39.

APPLEQUIST, W., AVULA, B., SCHANEBERG, B., WANG, Y. Y KHAN, I. (2006). Comparative fatty acid content of seeds of four *Cucurbita* species grown in a common (shared) garden. *Journal of Food Composition and Analysis* , 19, 606-611.

ARAYA, H. Y LUTZ, M. (2003). Alimentos funcionales y saludables. *Revista chilena de nutrición* , 30 (1).

BASCUR, G. (2005). Nuevas variedades de zapallo de guarda para el consumidor chileno. *Tierra Adentro* , noviembre- diciembre, 38-39.

CAILI, F., HUAN, S. Y QUANHONG, L. (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)* , 61 (2), 70-77.

CASP, A. Y APRIL, J. (1999). *Procesos de Conservación de Alimentos*. Madrid: Mundi-Prensa.

DAUBERT, C., TKACHUK, J. Y TRUONG, V. (1998). Quantitative measurement of food spreadability using the vane method. *Journal of Texture Studies* , 29, 427-435.

EVANS, J., KODALI, D. Y ADDIS, P. (2002). Optimal tocopherol concentrations to inhibit soybean oil oxidation. *Journal of the American Oil Chemists' Society* , 79 (1), 47-51.

FAO/OMS. (2010). *Departamento de Agricultura- Grasas y Aceites en la Nutrición Humana*. Consultado en agosto de 2010.

URL:<http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s06.htm>

FERNÁNDEZ, C. Y PIÑEIRO, M. (2001). *Superficies de Respuesta. Métodos y Diseños*. Universitaria.

FIAB. (2007). *Recomendación CIIA para un Esquema Común de Etiquetado Nutricional*. Madrid.

FOGAR, R., ANDREO, A. Y JUDIS, A. (1999). Desarrollo de Ecuaciones Cinéticas para la Oxidación Lipídica de Emulsiones Cárnicas Cocidas a Diferentes Temperaturas. *UNNE*.

FRAUENDORFER, F. Y SCHIEBERLE, P. (2008). Changes in Key Aroma Compounds of Criollo Cocoa Beans During Roasting. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* , 21 (56), 10244-10251.

GARCÍA, C. Y MOLINA, M. (2008). Estimación de la Vida Útil de una Mayonesa Mediante Pruebas Aceleradas. *Ingeniería 18* , 57-64.

GLEW, R., GLEW, R., CHUANG, L.-T., HUANG, Y.-S., MILLSON, M., CONSTANS, D., Y OTROS. (2006). Amino acid, mineral and fatty acid content of pumpkin seeds (*cucurbita* spp) and cyperus esculentus nuts in the republic of niger. *Plant Foods for Human Nutrition* (61), 51–56.

HUANG, X. E., HIROSE, K., WAKAI, K., MATSUO, K., ITO, H. Y XIANG, J. (2004). Comparison of lifestyle risk factors by family history for gastric, breast, lung and colorectal cancer. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention* , 5 (4), 419-427.

LABUZA, T.P, TANNENBAUM, S.R. Y KAREL, M. (1970). Water content and stability of low-moisture and intermediate moisture foods. *Food Technology* (24), 35-42.

LEE, B. (2000). Fundamentos de biotecnología de los alimentos. Zaragoza: Acribia.

LIRA, R. Y RODRÍGUEZ-ARÉVALO, I. (2006). *Catálogo de autoridades taxonómicas de las cucurbitáceas (Cucurbitaceae: Magnoliopsida) de México* (Base de datos SNIBCONABIO ed.). D.F. de México: Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.

LONG, J. (1996). *Conquista y Comida*. D.F. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

MAN, C. Y JONES, A. (1994). *Shelf Life Evaluation of Foods*. Londres: Chapman & Hall.

MASSON, L. Y MELLA, M. (1985). *Ácidos Grasos Esenciales. Materias Grasas de Consumo Habitual y Potencial en Chile*. Santiago: Edición Digital uchile.

MEYERS, R. Y MONTGOMERY, D. (1995). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. New York: Jhon Wiley and Sons.

MINSAL. (2010). *Reglamento Sanitario de los Alimentos*. Ministerio de Salud de Chile. Santiago: Publiediciones.

MORRISON, W. Y SMITH, L. (1964). Preparation of fatty acid methyl esters and dimethyl acetals from lipids with boron fluoride-methanol. *Journal of Lipid Research* (53), 600-608.

NEE, M. (1990). The domestication of cucurbita (Cucurbitaceae). *Economic Botany* , 44 (3), 56-68.

ODEPA. (2010). *Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura de Chile*. Consultado en mayo de 2010.

URL:<http://www.odepa.gob.cl/servlet/articulos.ServletMostrarDetalle;jsessionid=22173E07F6C37EE8F01ED3A44E6E4AB8?idcla=12&idn=2282>

PEÑA, M. (2004). Bases de la Conservación. En *Tecnología de los Alimentos* (págs. 1-5). Bogotá.

- RYAN, E., GALVIN, K., O'CONNOR, T., MAGUIRE, A. Y O'BRIEN, N. (2007).** Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods Hum Nutr* , 62, 85-91.
- SALAMA, A. (2006).** *Las Cucurbitáceas, Importancia Económica, Bioquímica y Medicinal.* Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Ed. Unibiblos.
- SOTO, D., WITTIG, E., GUERRERO, L., GARRIDO, F., Y FUENZALIDA, R. (2006).** Alimentos funcionales: comportamiento del consumidor chileno. *Revista Chilena de Nutrición*, 33 (1).
- STEFFE, J. (1996).** *Rheological Methods in Food Process Engineering.* Michigan: Freeman Press.
- STEVENSON, D., ELLER, F., WANG, L., JANE, J., WANG, T. Y INGLETT, G. (2007).** Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed oil in 12 cultivars. *J. Agric. Food Chem.* , 55, 4005-4013.
- TORRES, A., GUERRA, M. Y ROSQUETE, Y. (2001).** Estimación de la vida útil de una fórmula dietética en función de la disminución de la lisina disponible. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* (21), 2.
- TSAI, Y.-S., TONG, Y-C, CHENG, J.-T., LEE, C.-H., YANG, F.-S. (2006).** Pumpkin seed oil and phytosterol-f can block testosterone/prazosin-induced prostate growth in rats. *Urologia Internacionalis* (77), 269–274.
- VALENCIA, M. (2004).** Tesis. *Sistema actual y perspectivas del zapallo chileno camote (Cucurbita máxima Duch.): germoplasma, prácticas agronómicas y análisis económico del cultivo* . Valparaíso, Chile: Facultad de Agronomía. PUCV.
- WHITAKER, T. Y ROBINSON, R. (1986).** *Squash breeding. Breeding vegetable crops.* Westport: AVI Publishing.
- WITTIG, E. (2001).** *Evaluación Sensorial.* Santiago: Biblioteca Digital. Universidad de Chile.

ZACCARI, F. (1999). Review. *Una breve revisión de la morfología y fisiología de las plantas de zapallos (Cucurbita, sp.)*. Montevideo, Uruguay: Facultad de Agronomía. Centro Reg. Sur.

ANEXO 1

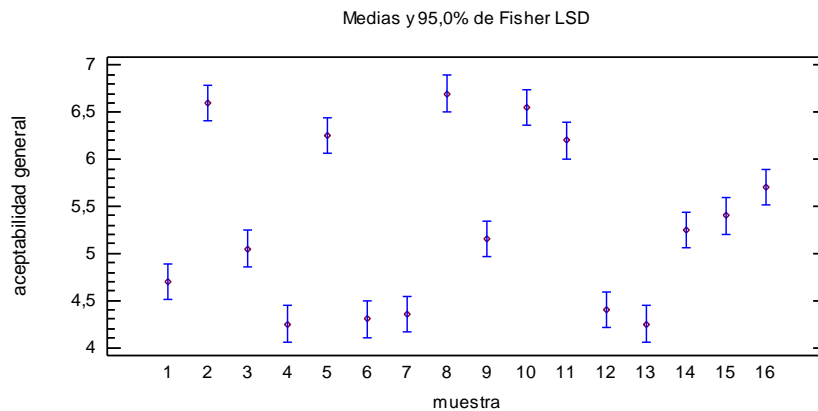
Análisis de Anova simple para los resultados del Test de Aceptabilidad para las 16 formulaciones experimentales.

Tabla ANOVA para aceptabilidad general por muestra

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|---------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| Entre grupos | 24,9088 | 15 | 1,66058 | 51,09 | 0,0000 |
| Intra grupos | 0,52 | 16 | 0,0325 | | |
| Total (Corr.) | 25,4288 | 31 | | | |

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la varianza de aceptabilidad general en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 51,0949, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de aceptabilidad general entre un nivel de muestra y otro, con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.



ANEXO 2

Optimización de la respuesta de aceptabilidad general para los niveles de los factores: azúcar, cacao y semillas.

Optimización de respuesta

Parámetros

| | Meta | Inferior | Objetivo | Superior | Ponderación | Importancia |
|----------------------|------|----------|----------|----------|-------------|-------------|
| Acep. gral. Objetivo | | 5 | 6 | 7 | 1 | 1 |

Solución global

Componentes

Azúcar = 0,599482

Cacao = 0,124545

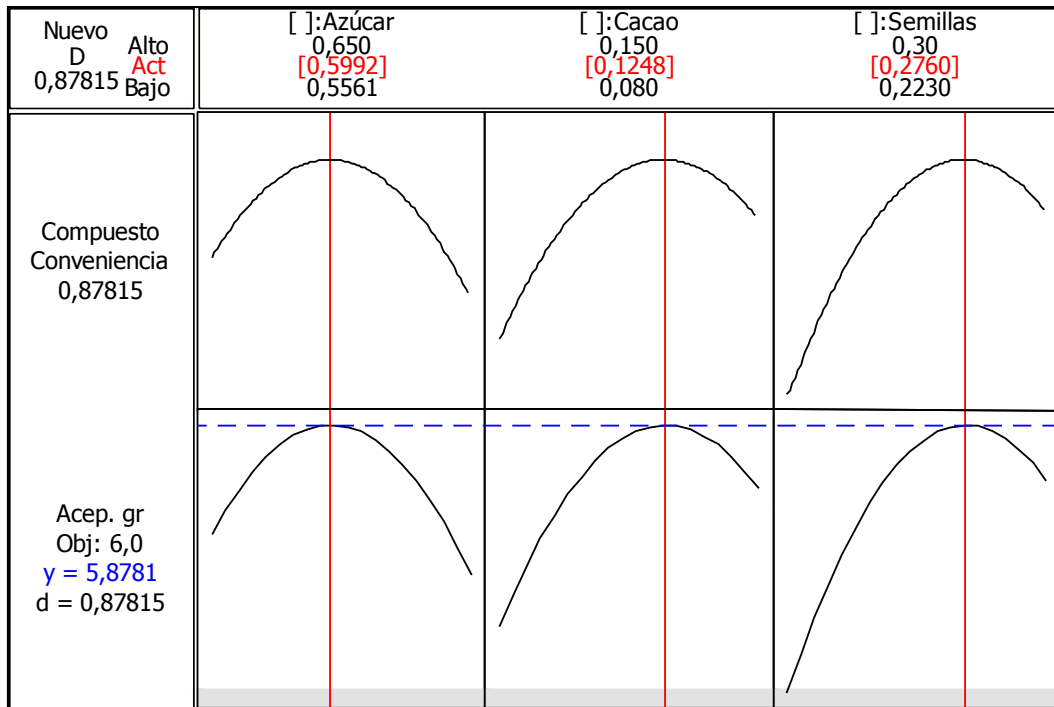
Semilla = 0,275972

Respuestas pronosticadas

Acep. gral. = 5,87814 , conveniencia = 0,8781368

Conveniencia compuesta = 0,878136

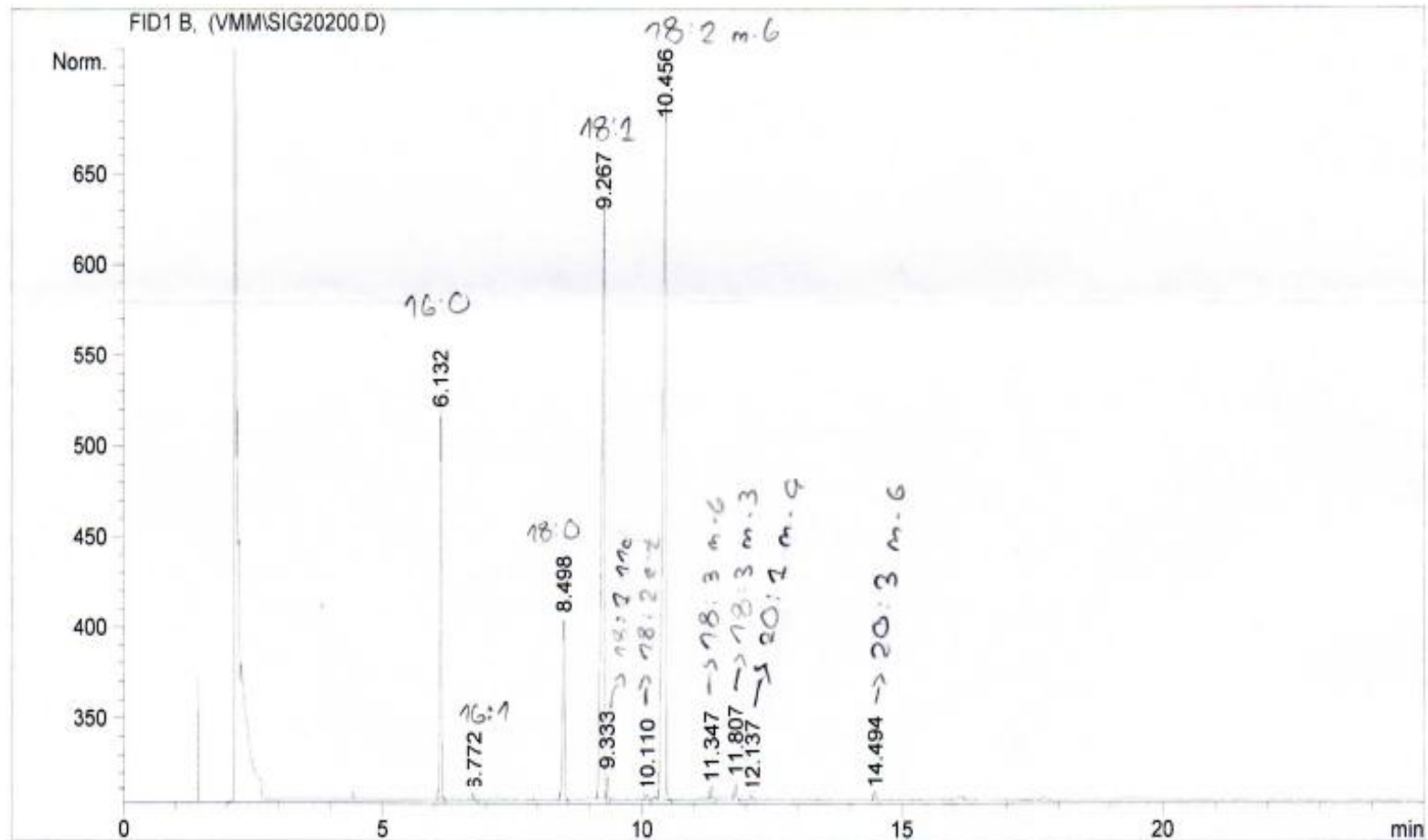
Grafica de optimización



ANEXO 3

Cromatograma de gases para ésteres metílicos obtenidos del extracto de aceite del producto elaborado

Ver página siguiente (pág. 56).



Cromatograma obtenido de la cromatografía gaseosa de la muestra inyectada. Cada peak corresponde a un ácido graso detectado por el equipo. En cada peak es señalado el ácido graso detectado y el tiempo de elución.

ANEXO 4

Análisis de varianza y suma de cuadrados para parámetros evaluados en la elaboración del perfil sensorial descriptivo del producto elaborado

Análisis de Varianza para Color café - Suma de Cuadrados Tipo III

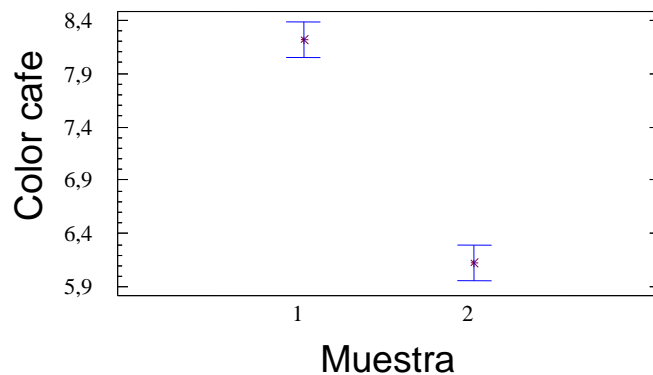
| <i>Fuente</i> | <i>Suma de Cuadrados</i> | <i>Gl</i> | <i>Cuadrado Medio</i> | <i>Razón-F</i> | <i>Valor-P</i> |
|----------------------|--------------------------|-----------|-----------------------|----------------|----------------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Juez | 1,36938 | 7 | 0,195625 | 2,38 | 0,1372 |
| B:Muestra | 17,4306 | 1 | 17,4306 | 212,43 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 0,574375 | 7 | 0,0820536 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 19,3744 | 15 | | | |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Color café en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Color café con un 95,0% de nivel de confianza.

Promedios y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD



Análisis de Varianza para Aroma cacao - Suma de Cuadrados Tipo III

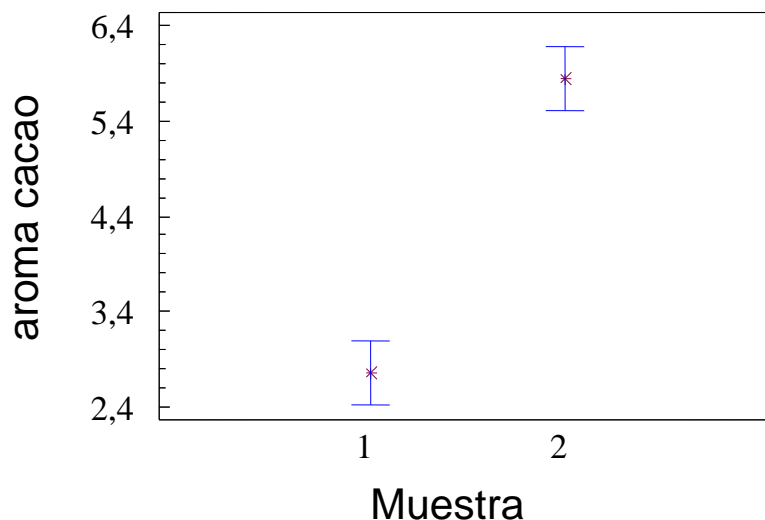
| Fuente | Suma de Cuadrados | de Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|-------|----------------|---------|---------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Juez | 3,43 | 7 | 0,49 | 1,49 | 0,3070 |
| B:Muestra | 37,8225 | 1 | 37,8225 | 114,74 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 2,3075 | 7 | 0,329643 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 43,56 | 15 | | | |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Aroma cacao en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Aroma cacao con un 95,0% de nivel de confianza.

Promedios y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD



Análisis de Varianza para Aroma semillas - Suma de Cuadrados Tipo III

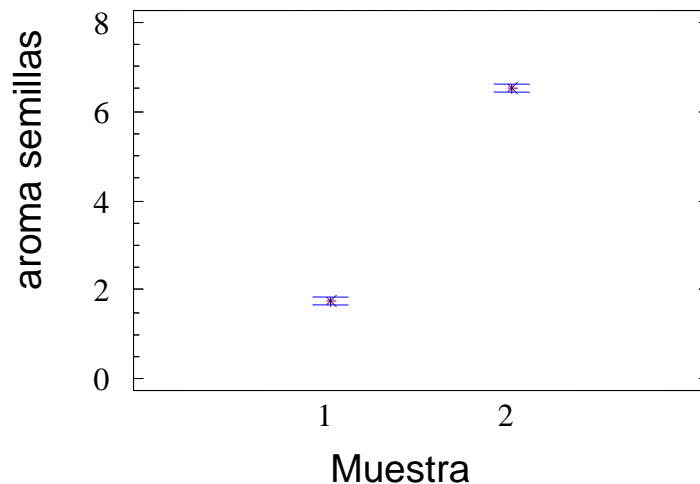
| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Juez | 0,24 | 7 | 0,0342857 | 1,88 | 0,2115 |
| B:Muestra | 91,2025 | 1 | 91,2025 | 5007,20 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 0,1275 | 7 | 0,0182143 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 91,57 | 15 | | | |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Aroma semillas en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Aroma semillas con un 95,0% de nivel de confianza.

Promedios y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD



Análisis de Varianza para Sabor cacao - Suma de Cuadrados Tipo III

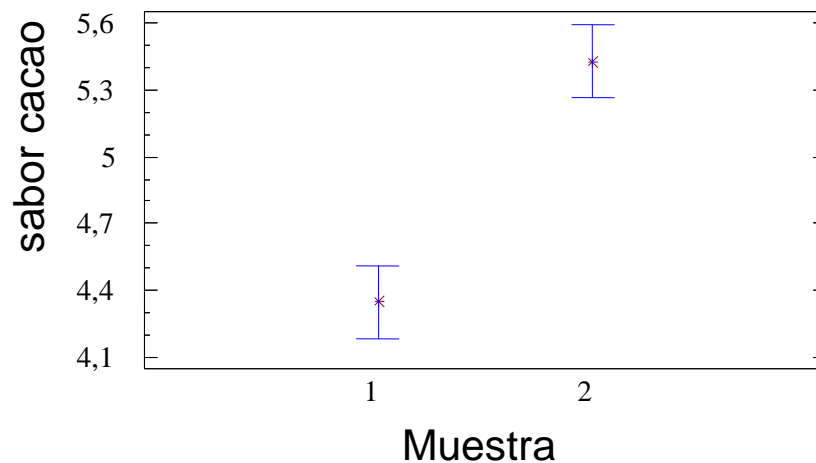
| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Juez | 0,3175 | 7 | 0,0453571 | 0,61 | 0,7326 |
| B:Muestra | 4,6225 | 1 | 4,6225 | 62,53 | 0,0001 |
| RESIDUOS | 0,5175 | 7 | 0,0739286 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 5,4575 | 15 | | | |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Sabor cacao en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Sabor cacao con un 95,0% de nivel de confianza.

Promedios y 95,0 Porcentaje Intervalos LSD



Análisis de Varianza para Sabor semillas - Suma de Cuadrados Tipo III

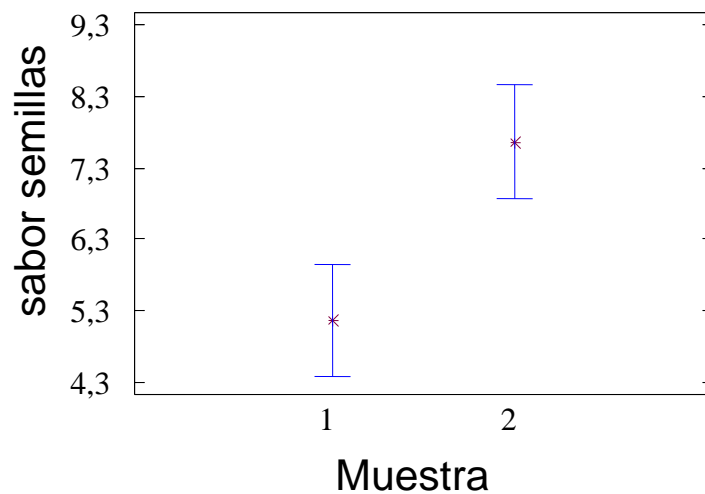
| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Juez | 25,4694 | 7 | 3,63848 | 2,08 | 0,1779 |
| B:Muestra | 24,7506 | 1 | 24,7506 | 14,13 | 0,0071 |
| RESIDUOS | 12,2644 | 7 | 1,75205 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 62,4844 | 15 | | | |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Sabor semillas en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Sabor semillas con un 95,0% de nivel de confianza.

Promedios y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD



Análisis de Varianza para Sabor dulce - Suma de Cuadrados Tipo III

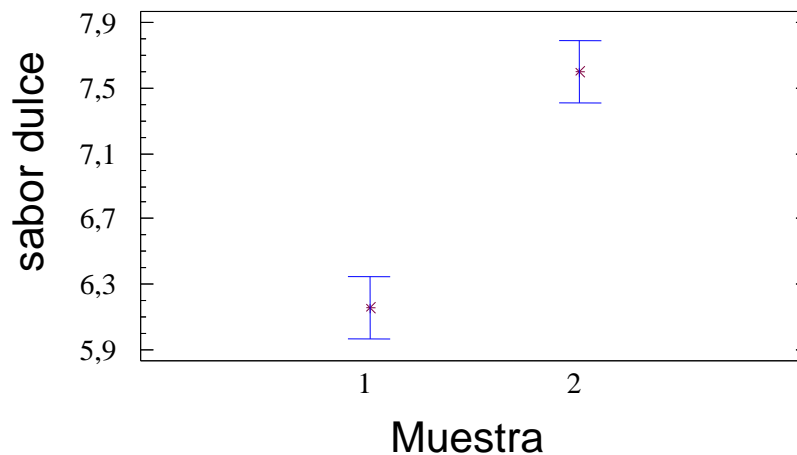
| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Juez | 0,929375 | 7 | 0,132768 | 1,27 | 0,3787 |
| B:Muestra | 8,26562 | 1 | 8,26562 | 79,33 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 0,729375 | 7 | 0,104196 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 9,92437 | 15 | | | |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Sabor dulce en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Sabor dulce con un 95,0% de nivel de confianza.

Promedios y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD



Análisis de Varianza para Aspereza - Suma de Cuadrados Tipo III

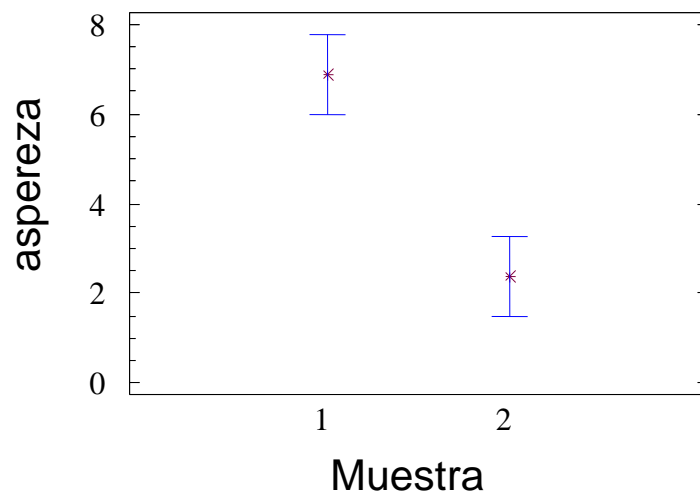
| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Juez | 3,80938 | 7 | 0,544196 | 0,24 | 0,9588 |
| B:Muestra | 81,4506 | 1 | 81,4506 | 36,49 | 0,0005 |
| RESIDUOS | 15,6244 | 7 | 2,23205 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 100,884 | 15 | | | |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Aspereza en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Aspereza con un 95,0% de nivel de confianza.

Promedios y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD



Análisis de Varianza para Consistencia - Suma de Cuadrados Tipo III

| Fuente | Suma de Cuadrados | Gl | Cuadrado Medio | Razón-F | Valor-P |
|----------------------|-------------------|----|----------------|---------|---------|
| EFFECTOS PRINCIPALES | | | | | |
| A:Juez | 1,74438 | 7 | 0,249196 | 3,23 | 0,0722 |
| B:Muestra | 7,42563 | 1 | 7,42563 | 96,37 | 0,0000 |
| RESIDUOS | 0,539375 | 7 | 0,0770536 | | |
| TOTAL (CORREGIDO) | 9,70938 | 15 | | | |

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

El StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de Consistencia en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0,05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre Consistencia con un 95,0% de nivel de confianza.

Promedios y 95,0 Porcentajes Intervalos LSD

