



Universidad de Chile

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química

Econut Ltda.

PATROCINANTE

Eduardo Castro Montero

Departamento de Ciencia de los
Alimentos y Tecnología Química

DIRECTORES

Lilian Abugoch

Departamento de Ciencia de los
Alimentos y Tecnología Química

Eduardo Castro Montero

Departamento de Ciencia de los
Alimentos y Tecnología Química

“OPTIMIZACION DE LA OBTENCION DE HARINA DE NUEZ (*Juglans Regia*) DE LA VARIEDAD SEMILLA CALIFORNIA, CHANDLER Y SERR, Y ESTUDIO DE SU ESTABILIDAD QUIMICA EN EL TIEMPO”

Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos de la Universidad de Chile

VIRGINIA ELIZABETH VALENZUELA ROJAS

Santiago – Chile

JUNIO 2006

CIRCULACION RESTRINGIDA JUNIO 2008

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar siempre conmigo.

A mis padres, por su apoyo incondicional y por la confianza depositada. Ustedes han sido pilares fundamentales durante todos estos años. Les doy las gracias por haber hecho posible este gran sueño.

A mi hermano, Gonzalo, por su paciencia y admiración. Espero poder apoyarte tanto como tú lo has hecho conmigo.

A Sergio, por su amor y compañía, espero que sigas estando a mi lado en la nueva etapa que comienza.

A mis amigos: Daniel, Ingrid, Paula Venegas, Verónica, Karen, Paula Vera, Salomé, Pancho, Juan Pablo, Christian, Cuadros y Rodrigo, gracias por los conocimientos entregados, ustedes fueron muy importantes para poder sacar adelante mi carrera y de verdad muchas gracias por su valiosa amistad. Y a todos aquellos compañeros que me entregaron tiempo y cariño a lo largo de los cursos.

A Myriam y Mariela, gracias por haberme apoyado aun cuando me alejé, se que siempre conté con ustedes, incluso cuando no estaban a mi lado.

A mis primos Juan y Mely por creer siempre en mí.

A mis profesores, en especial a Don Eduardo Castro por su apoyo, cariño y amistad, a la Srta. Lilian Abugoch por sus conocimientos y buena disposición, a los profesores Carlos Basualto y Oscar Rojo gracias por su cordialidad y simpatía.

A Julito por su buena voluntad en todos los años de estudios.

A Beatriz Gutiérrez y Don Jaime Romero por su valiosa cooperación durante el desarrollo de la memoria.

A Claudia Araya por su excelente voluntad y por la confianza puesta en mí.

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|-----|
| PORTADA..... | i |
| AGRADECIMIENTOS..... | ii |
| TABLA DE CONTENIDOS..... | iii |
| INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ECUACIONES..... | vi |

| | |
|-------------------|---|
| RESUMEN..... | 1 |
| SUMMARY..... | 2 |
| INTRODUCCION..... | 3 |

CAPITULO I

| | |
|--|----|
| ANTECEDENTES GENERALES..... | 5 |
| 1.1 Características del nogal..... | 5 |
| 1.1.1 Caracterización botánica..... | 5 |
| 1.1.2 Temperaturas de cultivo..... | 5 |
| 1.2 El fruto..... | 6 |
| 1.2.1 Nutrientes contenidos en la nuez..... | 7 |
| 1.3 Análisis del mercado..... | 8 |
| 1.4 Métodos de extracción..... | 10 |
| 1.4.1 Extracción por prensado..... | 11 |
| 1.5 Deterioro de la materia grasas..... | 12 |
| 1.5.1 Alteración oxidativa o peroxidación en grasas..... | 12 |

CAPITULO II

| | |
|----------------|----|
| HIPOTESIS..... | 13 |
|----------------|----|

CAPITULO III

| | |
|--------------------------------|----|
| OBJETIVOS..... | 13 |
| 3.1 Objetivo general..... | 13 |
| 3.2 Objetivos específicos..... | 13 |

CAPITULO IV

| | |
|---|----|
| 4.- MATERIALES Y MÉTODOS..... | 14 |
| 4.1.- Materiales..... | 14 |
| 4.1.1 Materia prima..... | 14 |
| 4.1.2 Reactivos químicos..... | 14 |
| 4.1.3 Materiales y equipos..... | 15 |
| 4.2- Métodos..... | 16 |
| 4.2.1 Métodos analíticos efectuados para la caracterización de la harina de nuez y estudio de vida útil..... | 16 |
| 4.2.1.1 Determinación del contenido de humedad de la harina de nuez..... | 16 |
| 4.2.1.2 Determinación de contenido de materia grasa residual después del prensado..... | 16 |
| 4.2.1.3 Análisis de estabilidad oxidativa mediante medición del índice de peróxido a través del tiempo..... | 16 |
| 4.2.1.4 Determinación de proteínas..... | 16 |
| 4.2.1.5 Determinación de cenizas..... | 17 |
| 4.2.1.6 Determinación del contenido de carbohidratos..... | 17 |
| 4.2.1.7 Determinación fibra dietaria..... | 17 |
| 4.2.2 Determinación de ácidos grasos..... | 17 |
| 4.2.3 Análisis microbiológicos..... | 17 |
| 4.2.4 Desarrollo, efecto de las variables y optimización del proceso de extracción de aceite de nuez mediante la prensa tornillo..... | 17 |
| 4.2.5 Procedimiento de extracción de aceite de nuez mediante prensado en frío..... | 19 |
| 4.2.5.1 Procedimiento de extracción de aceite de nuez mediante prensa de tornillo..... | 19 |

| | |
|---|----|
| 4.2.5.2 Procedimiento de extracción de aceite de nuez mediante prensa hidráulica de platos..... | 19 |
| 4.2.6 Evaluación de una galleta elaborada a partir de harina de nuez..... | 21 |

CAPITULO V

| | |
|---|----|
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 21 |
| 5.1 Determinación del contenido de materia grasa total en la nuez..... | 21 |
| 5.2 Determinación del contenido de humedad de la harina de nuez..... | 21 |
| 5.3 Determinación del contenido de proteína de la harina de nuez..... | 22 |
| 5.4 Desarrollo, efecto de las variables y optimización del proceso de extracción de aceite de nuez mediante prensado en frío..... | 22 |
| 5.4.1 Resultados del diseño experimental, Plan Factorial 2 ² | 22 |
| 5.4.2 Análisis estadístico del primer diseño experimental..... | 23 |
| 5.4.2.1 Efecto de las variables de proceso para “Rendimiento de extracción”..... | 23 |
| 5.5 Análisis químico de la harina de nuez..... | 26 |
| 5.6 Composición en ácidos grasos del aceite de harina de nuez..... | 28 |
| 5.7 Resultados análisis microbiológicos realizados a la harina de nuez..... | 30 |
| 5.8 Cinética de oxidación de lípidos..... | 30 |
| 5.9 Evaluación de una galleta elaborada a partir de harina de nuez..... | 37 |

CAPITULO VI

| | |
|-------------------|----|
| CONCLUSIONES..... | 39 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 40 |

INDICE DE FIGURAS, TABLAS Y ECUACIONES

| | | |
|------------|--|----|
| Figura N°1 | Selección de color de las nueces..... | 7 |
| Figura N°2 | Principales países productores de nuez a nivel mundial (2004)..... | 10 |
| Figura N°3 | Principales países importadores de nueces en el año 2004..... | 10 |
| Figura N°4 | Diagrama general del proceso de extracción de aceite de nuez mediante prensado en frío..... | 20 |
| Figura N°5 | Gráfico de Pareto para “Rendimiento de extracción”..... | 24 |
| Figura N°6 | Gráfico de superficie de respuesta para “% de extracción”..... | 25 |
| Figura N°7 | Evolución del Índice de peróxido de la harina de nuez a tres temperaturas de almacenamiento. a) 20°C b)30°C c)40°C..... | 33 |
| Figura N°8 | Cinética de índice de peróxido de harina de nuez almacenada a 20, 30 y 40°C a) etapa monomolecular b)etapa bimolecular..... | 35 |
| Figura N°9 | Test de aceptabilidad aplicado a galletas de harina de nuez..... | 37 |
| Tabla N°1 | Composición proximal de la nuez (g/100g de materia seca)..... | 7 |
| Tabla N°2 | Contenido de vitaminas de la nuez (g/100g de materia seca)..... | 7 |
| Tabla N°3 | Constituyentes de minerales en la nuez (g/100g de materia seca)..... | 8 |
| Tabla N°4 | Diseño experimental, modelo cuadrático 2 ² | 18 |
| Tabla N°5 | Variables del diseño experimental, plan factorial 2 ² | 18 |
| Tabla N°6 | Resultados del diseño experimental, plan factorial 2 ² | 22 |
| Tabla N°7 | Análisis de varianza ANOVA para “Rendimiento de extracción”..... | 23 |
| Tabla N°8 | Resultados de optimización mediante Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) para “Rendimiento de extracción”..... | 25 |
| Tabla N°9 | Ácidos grasos contenidos en la harina de nuez..... | 26 |
| Tabla N°10 | Composición química en base seca de la torta desgrasada de diferentes productos alimenticios convencionales y no convencionales..... | 28 |
| Tabla N°11 | Nutrientes contenidos en la harina de nuez..... | 29 |
| Tabla N°12 | Resultados análisis microbiológico realizado a la harina de nuez..... | 30 |
| Tabla N°13 | Evolución del índice de peróxidos en la harina de Nuez (envasada en papel kraft) a través del tiempo a tres temperaturas..... | 31 |

| | | |
|--------------|--|----|
| Tabla N°14 | Evolución del índice de peróxidos en la harina de Nuez (envasada en atmósfera modificada) a través del tiempo a tres temperaturas..... | 31 |
| Tabla N°15 | Parámetros cinéticos..... | 34 |
| Tabla N°16 | Predicción del Q_{10} para el valor de índice de peróxido de la harina de nuez..... | 36 |
| Ecuación N°1 | Arrhenius..... | 34 |
| Ecuación N°2 | Relación entre Q_{10} y E_a | 36 |

RESUMEN

Se procedió a desarrollar harina de nuez, como subproducto de la obtención de aceite.

Por este motivo se estudió la optimización de la extracción de aceite mediante prensa de tornillo, para su posterior comparación con datos bibliográficos de la extracción óptima de aceite utilizando prensa hidráulica de platos. Como variable independiente se usó el diámetro de salida de la boquilla de la prensa y la temperatura de trabajo de la prensa. El producto óptimo se logró con el menor diámetro y la mayor temperatura de trabajo; en estas condiciones se obtuvo una extracción de un 43,3%, mientras que con la prensa hidráulica de platos es posible extraer un 62,4% del aceite. Por esto se utilizó la prensa de platos para la elaboración del producto.

El análisis proximal de esta harina arrojó los resultados siguientes: lípidos totales 40,7%, proteínas 30,5%, carbohidratos 12,1%, fibra: 11,1%, humedad 3,3%, cenizas 2,3%.

Los ensayos microbiológicos mostraron que los niveles de microorganismos encontrados están por debajo de los límites aceptados por el Reglamento Sanitario de los Alimentos.

La cinética de deterioro de la harina de nuez se hizo midiendo el Índice de peróxido (IP) a través del tiempo, en harina envasada bajo atmósfera modificada a 20, 30 y 40°C. La velocidad de reacción se ajustó a una cinética de orden $\frac{1}{2}$ en una primera etapa y orden 1 en una segunda etapa, con una energía de activación de 2684,1 cal/mol para la etapa monomolecular y 5508,8 cal/mol para la etapa bimolecular. El Q_{10} fue de 1,2 en la etapa monomolecular y 1,4 para la etapa bimolecular para los rangos 20-30°C y 30-40°C.

La vida útil de la harina a 20°C fue de 98 días, mientras que a 30°C y 40°C fue de 84 y 70 días respectivamente.

Posteriormente, se elaboraron galletas con harina de nuez (de acuerdo a una receta estándar) las cuales tuvieron una alta aceptabilidad por parte de los consumidores, y a la vez, presentan una alternativa saludable de consumo

SUMMARY

WALNUT (*JUGLANS REGIA*) FLOUR DEVELOPMENT FROM CALIFORNIA, CHANDLER AND SERR VARIETY.

It is proposed the walnut flour production, as a subproduct of the extraction of walnut oil. Taking this in account, it was done the optimization of walnut oil extraction in a screw press, for its later comparison with the bibliographic data of the optimization in a hidraulic plate press.

The outlet diameter of the screw press and the operation temperature were selected as the independent variables. The optimal conditions for walnut oil extraction were the higher temperature and lower diameter, reaching an oil extraction efficiency of 43.3 %. This value was considerely lower than the one obtained with the plate hidraulic press 62.4%. Because of this, the latest press was selected for the production of walnut flour.

The proximate analyses of the final product reveal a protein content of 30.5%, 40.7% of fats, 12.1% of carbohydrats, 11.1% of fiber, 2.3% of ash and a moisture content of 3.3%.

Microbiological assays showed that the microorganism levels were lower than the ones stipulated in the Reglamento Sanitario de los Alimentos.

The kinetics if degradation of the walnut flour was done measuring the peroxide value of the product stored in modified atmosphere at 20, 30 and 40°C. The reaction rate was adjusted to a kinetics of order 1/2 in the first period and to one of order 1 in a second period with an activacion energy of 2684.1 cal/mol for the monomolcular phase and 5508.8 cal/mol for the bimolecular phase. The Q10 value was 1.2 and 1.4 for a temperature range of 20-30 and 30 - 40, respectively

Nut Flour shelf life at 20°C was of 98 days, and for 30 and 40°C was 84 and 70 days, respectively

Also, walnut flour cookies were preparated (according to a estandar recipe) and they had a great acceptability and they also represent a healthy option for the consumer.

INTRODUCCIÓN

Las nueces son un importante componente de la dieta mediterránea, éstas han sido consideradas como uno de los mejores factores de prevención de las enfermedades coronarias. Desde la prehistoria hasta hoy en día la nuez ha sido consumida como parte de la dieta del ser humano, pues provee macro y micronutrientes, así como otros constituyentes bioactivos.

Un reciente decrecimiento en el consumo de nueces fue probablemente debido a las preocupaciones por la ingesta de los alimentos grasos. Las nueces están constituidas aproximadamente en un 60% de ácidos grasos. Aunque el total de ácidos grasos se relaciona ciertamente con riesgos a la salud ahora hay un acuerdo general que dice que lo más importante es el tipo de grasa o ácido graso que se consume. En efecto, la composición de ácidos grasos puede influir en varios procesos fisiológicos y bioquímicos, incluyendo regulación de la presión arterial, metabolismo de la glucosa, metabolismo lipídico y deformabilidad de eritrocitos (Amaral, 2003).

En el mundo, los frutales de nuez se producen principalmente en Estados Unidos (almendro y nogal), Asia (castaño y nogal), Europa Mediterránea (almendro castaño y nogal) y Asia menor (nogal y pistacho).

En Chile, las especies de frutos de nuez presentan un interés potencial de cultivo. En el país existe un clima templado a cálido, con primaveras y veranos secos y generalmente libres de heladas, condiciones indispensables para la mayoría de estas especies (Estrategia de Innovación Agraria, 2001).

Los principales mercados para los frutos de la nuez producidos en Chile son actualmente países del Cono Sur de América, principalmente Argentina y Brasil. El mercado externo representa una importante oportunidad para estos frutos, como consecuencia de una creciente demanda mundial, que ofrece a Chile la posibilidad de consolidar su presencia en los mercados latinoamericanos y entrar en los mercados de Asia, principalmente Alemania, Francia, Holanda y El Reino Unido, importantes países consumidores, muy exigentes en cuanto a calidad de los productos (Estrategia de Innovación Agraria, 2001).

Debido a su posición geográfica, Chile es un productor natural de frutos de nuez de los meses de verano del Hemisferio Norte, cuando a estos países se les agota su fruta o cuando el almacenaje disminuye la calidad original de estos productos. El hecho de producir en contra estación, sumado a que el almacenaje de grandes volúmenes tiene un alto costo para la industria, se traduce en una oportunidad para la producción nacional, como en la medida que el país pueda producir los volúmenes suficientes y con la calidad óptima para entrar, competir y posicionarse en los mercados (Estrategia de Innovación Agraria, 2001).

Las nueces de nogal es una mercancía de alto valor, muy apetecida como ingrediente en la elaboración de “delicatessen” en las industria de pasteles, galletas, queques, chocolates y productos lácteos. Como también a nivel de la cocina familiar, en la elaboración de “kuchen”, panes de pascua, galletas y otros productos (Ramírez, 1993).

Por otra parte, dada las nuevas tendencias del ámbito alimentario de las personas, enfatizando el interés por los productos naturales, han situado a las nueces en general y a las nueces de nogal en particular, en un lugar privilegiado como alimento para consumir como “snack nuts”, rico en vitaminas liposolubles, bajo en contenido de hidratos de carbono, con 0% de colesterol, alto contenido de ácidos grasos del tipo w3 y w6 y muy bajo contenido de los del tipo trans.

I.- ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Características del nogal

1.1.1 Caracterización botánica

El nogal común, *Juglans regia L.* es un árbol de hoja caduca, perteneciente a la familia juglandaceae y originaria de Asia. Es también conocido como Nogal Persa o Inglés.

El fruto es una drupa indehiscente. La nuez consta de dos gruesos tabiques y de dos a cuatro celdas incompletas endehiscentes o finalmente separadas en dos valvas (Wenstwood, 1982).

La parte comestible de la fruta es el ovario que está rodeado por el endospermo. Este endospermo permanece como una película membranosa entre el embrión y la cubierta de la semilla. El embrión consta de dos cotiledones que son bilobulados (Aldunce, 1994).

La cubierta externa a la cáscara leñosa de la nuez es el llamado pelón, de consistencia blanda y de color verde a café oscuro, que se elimina en la cosecha y que está formado por el mesocarpio y epicarpio del fruto, más sépalos e involucros fusionados (Aldunce, 1994).

1.1.2 Temperaturas de cultivo

El nogal debe evitar estar en lugares cuyas temperaturas primaverales puedan descender a menos de 1,1°C, ya que pueden ocasionar daños por heladas en las inflorescencias masculinas, brotes nuevos y pequeños frutos. Las heladas tempranas de otoño suelen provocar daños en los últimos brotes, impidiendo su brotación en la próxima primavera (Muñoz, 1993).

Si se dan temperaturas superiores a los 38°C acompañadas de baja humedad es posible que se produzcan quemaduras por el sol en las nueces más expuestas. Si esto sucede al comienzo de la estación, las nueces resultarán vacías, pero si es más tarde

las semillas pueden arrugarse, oscurecerse o adherirse al interior de la cáscara (Muñoz, 1993).

1.2 El fruto

La parte comestible de la nuez se destaca por poseer un alto contenido de lípidos que varía de un 64 a un 72 %. Este alto contenido de aceites es responsable de la rancidez oxidativa, que es potencialmente uno de los problemas más serios que afecta la calidad de las nueces (Gutiérrez, 2004).

Este alto contenido de aceites es responsable de la rancidez oxidativa, que es potencialmente uno de los problemas más serios que afecta la calidad de las nueces. Los principales ácidos grasos de la nuez son de tipo insaturado, tales como el linoleico, en un 60% del total de los ácidos grasos y el linolénico con un 11,3 % (Aldunce, 1994).

Las nueces contienen hasta un 12% de proteínas (ver Tabla N°1). Sin embargo, las proteínas son deficitarias en un aminoácido esencial, la metionina. Combinándolas con cereales se obtiene una proteína de calidad similar a la proteína animal. Es buena fuente de vitaminas B1, B2, B3 (niacina) y especialmente de B6 (ver Tabla N°2). Esta vitamina interviene en el buen funcionamiento del cerebro, así como en la producción de glóbulos rojos en sangre. En minerales destaca el fósforo, el potasio y el magnesio (ver Tabla N°3). Las nueces, al igual que otros frutos secos, son una de las mejores fuentes de oligoelementos, sustancias que el organismo necesita en pequeña cantidad, pero que desempeñan funciones muy importantes. Los más abundantes son el zinc, cobre y manganeso (Feldman, 2002).

Es posible clasificar el fruto para su comercialización sin cáscara por dos características: color y tamaño.

Entre los factores que alteran el color de la pulpa se encuentran: la madurez, la variedad, forma de secado y tiempo de almacenamiento. En la Figura N°1 se aprecia la diferencia de colores, destacando que el color oscuro no es un defecto, y en muchas industrias es apreciado por su más intenso sabor y dulzor (Gutiérrez, 2004).

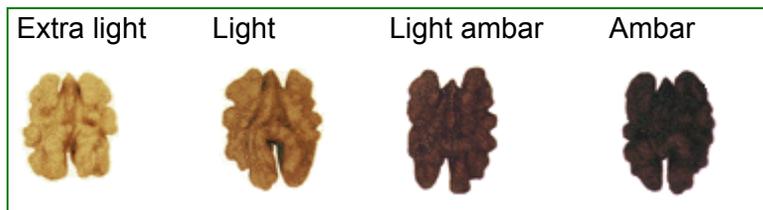


Figura N°1 Selección de color de las nueces

1.2.1 Nutrientes contenidos en la Nuez

Tabla N°1: Composición proximal de la nuez (g/100g de materia seca).

| Nutriente | g/100g |
|-----------------|--------|
| Proteína | 12,8 |
| Lípidos totales | 50,1 |
| Fibra Dietaria | 5,9 |
| Cenizas | 1,5 |
| Humedad | 6,6 |
| Carbohidratos | 23,1 |

Fuente: Tabla de Composición de Alimentos para Latinoamérica y el Caribe, FAO, 2004.

Tabla N°2: Contenido de vitaminas de la nuez (g/100g de materia seca).

| VITAMINA | mg/100g |
|------------------|---------|
| Ácido ascórbico | 0,88 |
| Tiamina | 0,30 |
| Riboflavina | 0,1 |
| Niacina | 0,82 |
| Ácido pantenóico | 0,45 |
| Vitamina B-6 | 0,44 |
| Ácido fólico | 56,00 |
| Vitamina A | 146,00 |

Fuente: Tabla de Composición de Alimentos para Latinoamérica y el Caribe, FAO, 2004.

Tabla N°3: Constituyentes minerales en la nuez (mg/100g de materia seca).

| MINERALES | NUEZ |
|------------------|-------------|
| Calcio | 89,00 |
| Cobre | 1,30 |
| Hierro | 2,40 |
| Magnesio | 113,40 |
| Manganeso | 2,10 |
| Fósforo | 348,00 |
| Potasio | 391,00 |
| Sodio | 10,00 |
| Zinc | 2,90 |

Fuente: Tabla de Composición de Alimentos para Latinoamérica y el Caribe, FAO, 2004.

1.3 Análisis de mercado mundial

El importante aumento en las plantaciones de nogales en Chile, cuya superficie se estima en 10.500 hectáreas está trayendo consigo un gran crecimiento en la población de nueces. Las nuevas plantaciones junto con la incorporación de nuevas variedades en la década de los 90, hicieron que en el 2003 se obtuvieran 12.100 toneladas de este fruto seco. Así la industria debería esperar un aumento en la producción durante los próximos 6 años que podría llegar a superar las 26.000 toneladas.

Los principales destinos de las exportaciones chilenas son países de América Latina y de la Unión Europea. En nueces con cáscara, hasta el 2002, el principal destino de las exportaciones era Brasil, representando un 37% del valor y un 42% del volumen total exportado. A partir del 2003, surgen otras alternativas, tales como España e Italia. Para el producto sin cáscara, el principal destino también es Brasil, que en el año 2002 representó un 30% del valor de las exportaciones. Le siguen en importancia Italia, Suiza y Alemania, países que en el 2003, representaron un 12% y 13% del valor respectivamente (Soler y Domínguez, 2003).

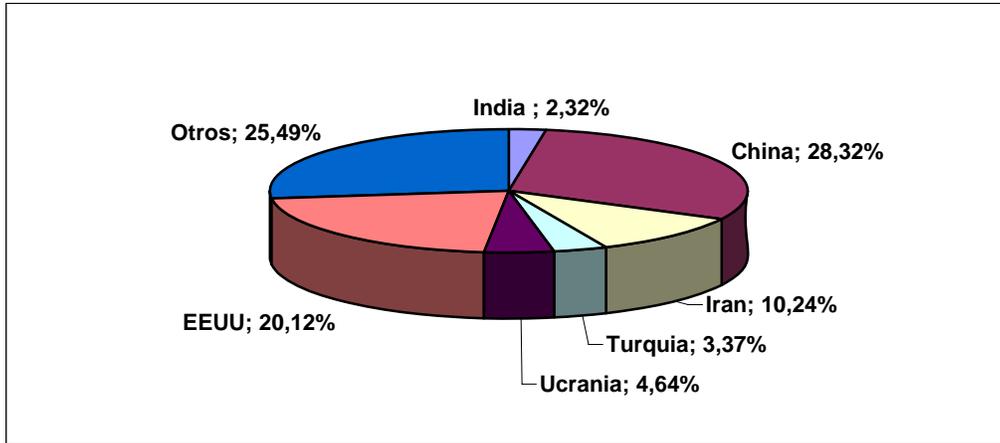
Las nueces se destinan principalmente al consumo directo fresco o a la industria. Entre las principales industrias que la utilizan como materia prima destacan las industrias lácteas (helados), de chocolates y confites, de snack, panaderías, pastelerías, productoras de licores, industria de cosmetología e industria aceitera, entre otras.

El consumo mundial de nueces ha tenido un crecimiento constante durante los últimos 13 años, mostrando algunos cambios en las formas de consumo. Tanto en Estados Unidos, como en Europa ha aumentado la demanda por nueces sin cáscara, y además se ha visto una tendencia creciente hacia el consumo de productos naturales, sin agentes químicos en su limpieza o blanqueado. En Latinoamérica, el consumo de producto sin cáscara presenta la misma tendencia, no así en cuanto al tratamiento de los productos, región en la cual se consume sólo el producto blanqueado (Soler y Domínguez, 2003).

Durante la temporada 2004/05, el consumo de nueces en los EEUU alcanzó un nivel record con un valor de 0,25 kilos por persona. Este aumento se debería fundamentalmente a la mayor producción, así como a la mayor información sobre los beneficios nutricionales de este producto y a la introducción de la ensalada con fruta y nueces efectuada por McDonald's en su menú (Oficina Agrícola de Chile en Estados Unidos, 2006).

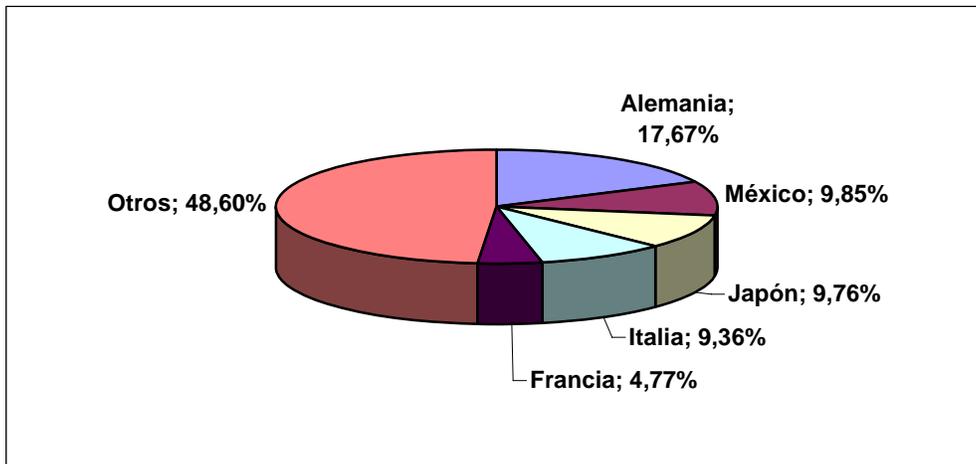
En cuanto al mercado mundial, China es el mayor productor de nueces del globo, seguido de Estados Unidos, Irán, Turquía, Ucrania e India. A pesar de ocupar el segundo lugar en cuanto a producción, Estados Unidos es el mayor exportador de este producto. Durante la temporada 2004/05, EEUU exportó 64.909 toneladas de nueces. Le siguen México y Francia, con un 21,9% y el 7,6%, respectivamente, del total exportado a nivel mundial (Figura N°2). Este último país se caracteriza también por ser uno de los mayores consumidores de nueces (Oficina Agrícola de Chile en Estados Unidos, 2006).

A su vez, Alemania y México fueron los mayores importadores de nueces en el 2004 (Figura N°3). Alemania, a pesar de ser un gran productor de este fruto, es también gran consumidor y debe importar para satisfacer la demanda interna.



Fuente: Elaboración propia en base a datos de las Naciones Unidas. Año 2004

Figura Nº 2: Principales países productores de nuez a nivel mundial (2004)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de las Naciones Unidas. Año 2004

Figura Nº3: Principales países importadores de nueces en el año 2004

1.4. Métodos de extracción de aceite

Las grasas animales, como la grasa de cerdo o de vacuno, se obtienen de los tejidos grasos animales, por un proceso de derretimiento (Mehlenbacher, 1970). De

forma diferente, para la extracción de aceite de semilla se han utilizado principalmente los métodos de extracción con solventes y prensado.

La extracción de aceite de oleaginosas, ya sea por prensado o con solventes, se facilita reduciendo la semilla a partículas pequeñas u hojuelas delgadas (Asociación Americana de la Soya, 1980).

1.4.1 Extracción por Prensado

Es el método más sencillo para extraer el aceite de la materia prima previamente tratada.

Las prensas discontinuas o por cargas, llamadas también hidráulicas, se subdividen en prensas abiertas y de jaula. En prensas abiertas es necesario envolver la materia prima en una tela filtrante especial y la presión que puede aplicarse es limitada. En cambio en las prensas de jaula las presiones son mayores y no se necesita tela debido a las perforaciones de la jaula, que permite el escurrimiento del aceite. En ambos tipos de prensa la presión se ejerce mediante sistema hidráulico o mecánico y entregan una torta compacta (Riquelme, 1997).

Para el prensado continuo, se utiliza una prensa de tornillo que consiste en un cilindro metálico horizontal dotado de un tornillo helicoidal de acero inoxidable de paso de rosca decreciente hacia su extremo, esto permite aumentar la presión sobre la pulpa a medida de que ésta avanza por el interior del contenedor. La porción distal de este, es perforada para permitir el paso del aceite extraído. La torta del prensado se elimina a través de una abertura en el contenedor. La presión en el interior del mismo puede regularse ajustando el diámetro de la abertura de descarga, por lo cual la prensa cuenta con discos de diferente diámetro (Clavijo, 2004).

Cabe señalar que todas las semillas no pueden pasar por todos y cada uno de estos discos, por lo que se hace necesario establecer cual es la presión apropiada para cada semilla en particular. Además, la prensa posee un sistema de calentamiento de cilindro con el fin de mejorar el rendimiento (Clavijo, 2004)

1.5 Deterioro de la materia grasa

Los tres agentes que originan los cambios mas drásticos en la estructura de la grasa son el oxígeno del aire, la elevada temperatura y la humedad presente en el alimento. Estos agentes son los que producirán deterioro en la materia grasa como son el deterioro oxidativo, deterioro térmico y deterioro hidrolítico. Los tres tipos de oxidación no son independientes sino que están interrelacionados. En efecto, la existencia de una elevada temperatura tiene gran incidencia en los productos de oxidación. De la misma forma, los ácidos grasos libres originados en hidrólisis son mas susceptibles a sufrir alteración oxidativa y térmica que cuando están esterificados en el glicerol (Masson, 1998).

1.5.1 Alteración oxidativa o peroxidación de grasas

Los ácidos grasos no saturados, por consiguiente la estructura química donde estos participan, son susceptibles a oxidarse en presencia de oxígeno molecular. Este proceso conocido como peroxidación o lipoperoxidación, pueden conducir a la destrucción de las moléculas de ácidos grasos y profundas alteraciones en los comportamientos físico y químico de las estructuras donde participan (Valenzuela, 1981).

La lipoperoxidación de los alimentos con contenido graso, o de materias primas utilizadas en su formulación, es un problema, siempre vigente que afecta no solo el sabor de los alimentos sino que también es un importante factor de toxicidad.

La cinética de eventos moleculares en la peroxidación de un ácido graso insaturado, se caracteriza por presentar un periodo de inducción, cuya duración es dependiente del tipo de ácido graso; mientras más insaturado mas corta es esta etapa ya que más inestables van a ser las moléculas de radicales libres formados en la estructura del ácido graso, luego se produce un brusco aumento en el consumo de oxígeno que posteriormente decae al producirse un aumento en la formación de hidroperóxidos y otros tales como: cetonas y aldehídos secundarios(Valenzuela, 1981).

II.- HIPOTESIS

La harina de nuez es estable en el tiempo en condiciones de extracción y almacenamiento determinadas.

III.- OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Esta memoria tiene como objetivo general optimizar la obtención de harina de nuez mediante prensado y posteriormente estudiar su estabilidad química en el tiempo.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las variables que influyen en el proceso de obtención de harina de nuez mediante prensado de tornillo:
 - Temperatura de la prensa que permita maximizar el rendimiento de la extracción.
 - Presión aplicada al fruto a modo de aumentar el rendimiento de extracción.
- Comparar el contenido de grasa en las harinas obtenidas de las prensas hidráulicas de platos y tornillo, con el fin de definir el equipo más apropiado.
- Caracterizar la harina de nuez obtenida por medio de prensado mediante pruebas químicas, a fin de determinar la cantidad de proteínas, carbohidratos, humedad, cenizas y fibra.
- Determinar calidad microbiológica de la harina de nuez.
- Analizar la vida útil de la harina de nuez obtenida por medio de las condiciones óptimas de prensado, a través de la medición del índice de peróxido en el tiempo.
- Elaborar galletas de harina de nuez, las que serán evaluadas posteriormente por consumidores mediante un test de aceptabilidad.

IV MATERIALES Y METODOS

4.1. Materiales

4.1.1 Materia Prima

Se utilizó nuez de las variedades Semilla California, Serr y Chandler cosecha 2005, proporcionada por ECONUT Ltda., la cual es una empresa especializada en la producción y procesamiento de nueces de nogal. El predio, ubicado en Alto Jahuel, comuna de Paine, Región Metropolitana, posee una extensión de 30 há veinte de las cuales están plantadas con nogales variedad Semilla California.

Las nueces estaban envasadas en bolsas de polietileno de alta densidad (espesor 0,9 mm) con capacidad de 3 kg bajo atmósfera modificada, la cual contenía una mezcla de N_2/CO_2 en la proporción 80%/20%. Estas fueron almacenadas en cajas de cartón a temperatura ambiente.

4.1.2 Reactivos Químicos p.a

Ácido acético glacial

Agua destilada

Almidón al 1%

Alcohol desnaturalizado 96%

Cloroformo

Ácido Sulfúrico

Éter de petróleo

Solución indicadora de almidón

Hidróxido de sodio

Indicadores: fenoftaleína y rojo de metilo.

Ioduro de potasio

Tiosulfato de sodio 0,1N

Arena de mar purificada

Yoduro de potasio

4.1.3 Materiales y equipos

Material de vidrio

Material de plástico

Material de porcelana

Balanza analítica precisa 125 A, Oerlikon A6, Zurcí, Suiza

Balanza granataria Precisa 1620 , Oerlikon A6, Zurcí, Suiza

Campana de extracción

Estufa modelo UT 600/220V Eléctrica sin circulación de aire. Heraeus, Germany

Estufa modelo TU60/001970/300°C Eléctrica con extractor de aire. Heraeus, Germany

Estufa modelo UT620/350°C/380V Eléctrica sin circulación de aire. Heraeus, Germany

Equipo Soxhlet

Molino de cuchillas 320, Moulinex, Italia.

Prensa de tornillo

Prensa oleodinámica industrial POL-10, Bertuzzi , Italia.

Rotavapor R-205 Buchi, VWR Scientific, Inc, Atlanta, GA

Termómetro de Laser (Thermometer Wioh Range. Non- Contacted, EXTECH instruments.

Equipo digestor de proteínas BUCHI 323, Destillation Unit. Made in Switzerland

Soxlet para extracción de materia grasa.

Bolsas de polietileno de alta densidad, de espesor 0,9 mm.

Mezcla de N₂/CO₂ en la proporción 80%/20%.

4.2 Métodos.

3.2.1 Métodos analíticos efectuados para la caracterización de la harina de Nuez , estudio de vida útil, y evaluación sensorial de un producto elaborado con harina de nuez:

4.2.1.1 Determinación del contenido de humedad de la Harina de Nuez

De acuerdo al método oficial A.O.C.S Ab 2-49 (1993) se determinó el contenido de humedad presente en la harina de nuez. Se procedió a realizar el secado de la harina en estufa a 105°C, hasta que la muestra presentara peso constante.

4.2.1.2 Determinación de contenido de materia grasa restante después del prensado

De acuerdo al método oficial A.O.C.S Aa 4-38 (1993) se realizó mediante método de Soxhlet, en el que se determina la cantidad de materia grasa por extracción con éter de petróleo, evaporación y la determinación gravimétrica del residuo.

4.2.1.3 Análisis de estabilidad oxidativa mediante medición de índice de peróxido a través del tiempo

La harina de nuez se almacenó en bolsas de 50 gramos bajo tres temperaturas: 20, 30°C y 40°C. El almacenamiento se realiza bajo atmósfera modificada en bolsas de polietileno de alta densidad de espesor 0,9 mm. La estabilidad oxidativa se determinó a través del índice de peróxidos de acuerdo al método oficial A.O.C.S Cd 8-53 (1993).

4.2.1.4 Determinación de proteínas

La determinación del contenido de proteína se realizó mediante el método Kjeldal descrito por la A.O.A.C. (1996), donde se digiere la muestra a su composición elemental y el amonio liberado es cuantificado por titulación el cual es convertido a proteína cruda multiplicando por un factor de 5,7.

4.2.1.5 Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se realizó de acuerdo al método oficial A.O.C.S. Bc 5-49 (1993), calcinando las muestras, en mufla, a temperatura de 550°C, previa calcinación con mechero.

4.2.1.6 Determinación del contenido de carbohidratos

La determinación de carbohidratos se realizó de acuerdo al método propuesto en la guía de análisis de alimentos de la Universidad de Chile (Masson, 2005).

4.2.1.7 Determinación de Fibra dietaria

El contenido de fibra dietaria se realizó por el método de diferencia, una vez calculado todos los componentes de la harina.

4.2.2 Determinación de ácidos grasos

La determinación de los ácidos grasos se hizo por Cromatografía Gas-Líquido (GLC). Método oficial A.O.C.S. Ce 2-66, 1993

4.2.3 Análisis microbiológicos.

Los análisis microbiológicos se realizaron en un laboratorio externo de acuerdo a los siguientes métodos:

Recuento total de agobios mesófilos: FDA- BAM On line Cap 3 Jan 2001.

Recuento de hongos y levaduras ISO 7954: 1987.

Enterobacterias : NCH 2676. Of 2002.

Salmonella sp : Manual Instituto de Salud Pública, Capítulo 6, 1998.

4.2.4 Desarrollo, efecto de las variables y optimización del proceso de extracción de aceite de nuez mediante prensa de tornillo

La elección de variables que fueran significativas (Tabla N°4) en la cantidad de aceite extraído, se realizó de acuerdo a lo establecido por Clavijo (2004), seguido de pruebas preliminares. Una vez establecidas, se desarrolló el diseño experimental (Tabla N°5).

Tabla N°4: Variables del diseño experimental, Plan Factorial 2²

| Variables | Mínimo (-1) | Máximo (1) | Centro (0) |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|
| X ₁ : diámetro tornillo | pequeño(0,4mm) | grande(7 mm) | medio (14μm) |
| X ₂ : temperatura de la prensa | 28°C | 81,5°C | 135°C |

Tabla N°5: Diseño experimental, modelo cuadrático 2²

| Pruebas | Variables independientes | |
|----------------|---------------------------------|-----------------------|
| | X₁ | X₂ |
| 1 | -1 _(0,4 mm) | -1 _(28°C) |
| 2 | 1 _(14 mm) | -1 |
| 3 | -1 | 1 _(135°C) |
| 4 | 1 | 1 |
| 5 | 0 _(7 mm) | 0 _(81,5°C) |
| 6 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 |

Donde los valores de **X₁** corresponden a los diámetros de salida de la harina en prensa, los valores de **X₂** a las temperaturas de operación de ésta, mientras que **RE** corresponde al rendimiento de la extracción de aceite.

Los diseños cuadráticos son utilizados para calcular los coeficientes de modelos cuadráticos, que son los que realmente permiten hallar el punto óptimo de una superficie de respuesta. Estos diseños requieren, por lo menos, de tres niveles para cada variable (López, 2005).

Los valores óptimos de las variables que influyen en el proceso de extracción de aceite de nuez mediante prensado en frío se determinaron mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR).

4.2.5. Procedimientos de extracción de aceite de nuez

4.2.5.1 Procedimiento de extracción de aceite de nuez mediante prensa de tornillo:

El proceso de elaboración de harina de nuez mediante prensa de tornillo se realizó (Figura N°4) de acuerdo al proceso detallado a continuación:

Recepción de nueces: Se recibieron nueces (corte cuartillo) en bolsas de polietileno de alta densidad de capacidad 3 kg envasadas en atmósfera modificada. Éstas fueron almacenadas a temperatura ambiente y en un lugar seco en cajas de cartón.

Limpieza: Se limpió en forma manual las impurezas que pudieran estar presentes en las nueces.

Tostado: Las nueces se sometieron a tostado en una estufa de aire forzado de acuerdo a tiempo y temperatura determinada por bibliografía (Hiromi, 1997).

Prensado: Se llevaron las nueces a la empresa "Natura Oil" donde fueron prensadas utilizando prensa tornillo a distintas temperaturas y presiones.

Almacenamiento: La harina fue almacenada en bolsas de polietileno de alta densidad, en atmósfera de nitrógeno y CO₂, y en bolsas de papel "kraft". Estas fueron almacenadas a tres temperaturas: 25, 30 y 40°C, para su posterior estudio de vida útil.

4.2.5.2 Procedimiento de extracción de aceite de nuez mediante prensa hidráulica de platos:

El proceso de elaboración de harina de nuez mediante prensa hidráulica de platos se realizó (Figura N°4) de acuerdo al proceso detallado a continuación:

Recepción de nueces: Se recibieron nueces (corte cuartillo) en bolsas de polietileno de alta densidad de capacidad 3 kg envasadas en atmósfera modificada. Éstas fueron almacenadas a temperatura ambiente y en un lugar seco en cajas de cartón.

Limpieza: Se limpió en forma manual las impurezas que pudieran estar presentes en las nueces.

Tostado: Las nueces se sometieron a tostado en una estufa de aire forzado de acuerdo a tiempo y temperatura determinada por bibliografía (Hiromi, 1997).

Molienda: Esta operación se efectuó en un molino de cuchillas por el mínimo tiempo necesario (5 -7 seg.).

Tamizado: Se clasificaron las partículas cuyo tamaño fue menor a 1410 μm .

Prensado: Se colocaron las nueces molidas sobre tela filtrante y éstas a su vez colocadas en el canasto de la prensa hidráulica, donde se le aplicó una presión de 200 bar por 2 horas.

Almacenamiento: La harina fue almacenada en bolsas de polietileno de alta densidad, en atmósfera de nitrógeno y CO_2 , y en bolsas de papel "kraft". Estas fueron almacenadas a tres temperaturas: 25, 30 y 40°C , para su posterior estudio de vida útil.

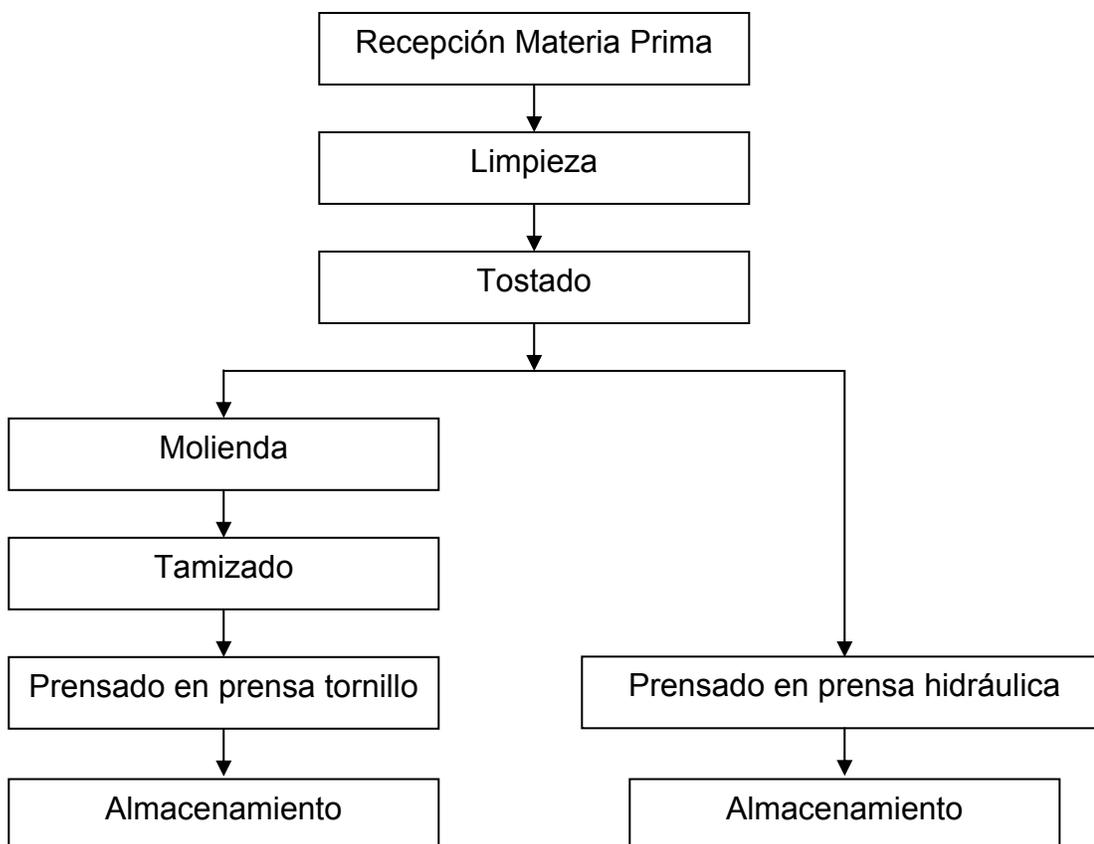


Figura N°4: Diagrama general del proceso de extracción de aceite de nuez

4.2.6 Evaluación sensorial de una galleta elaborada a partir de harina de nuez

Se elaboraron galletas a partir de una receta standar, las cuales estaban constituidas por: 50% harina de nuez, 50% harina de trigo, margarina y azúcar flor (a diferencia de la receta original se agregó la mitad de margarina, no se agregó saborizantes, ni colorantes).

Posteriormente éstas fueron sometidas a una evaluación sensorial a través de 50 consumidores habituales de galletas. Ésta evaluación se realizó mediante una Escala Hedónica para Valoración de Aceptabilidad (Anexo N°1) (Aquevedo, 2005)

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Determinación del contenido de materia grasa total en la nuez.

A partir del método de determinación de contenido grasa, se encontró que la cantidad de grasa total presente en la nuez fue de $40,7 \pm 0,05$ % en base húmeda y con un intervalo de confianza del 95%. Este valor es superior al encontrado por otros autores (Savage y col., 1999) en donde el contenido de grasa varía entre 64,2 y 68,9 %. De acuerdo a lo señalado por Savage y col. (1999), el contenido de grasa depende del tipo cultivo, lugar de crecimiento y riego. La otra diferencia radica en el método empleado por Savage y col. (1999), siendo diferente el equipo y las condiciones de extracción del aceite.

5.2 Determinación del contenido de humedad de la harina de nuez

A partir del método de determinación de humedad se encontró que la harina de nuez presenta una humedad de $3,3\% \pm 0,0$ en base húmeda. Si se considera que la humedad de la harina de quínoa es de un 11,5% y que ésta es estable en el tiempo (Araneda, 2005), es posible pensar que el almacenamiento de la harina de nuez sería duradero siempre que se escoja un envase adecuado.

5.3 Determinación del contenido de proteína de la harina de nuez

A partir del método de determinación de grasa se encontró que la harina de nuez presenta un $30,5 \pm 1,2$ en base húmeda. Este valor es un más alto del informado en la Tabla de Composición de los Alimentos de América Latina para la nuez (FAO, 2004) (16,4 g/100 g de porción comestible), esta diferencia es atribuible a que al extraer aceite de la nuez, la concentración de proteínas aumenta, dado que la totalidad de éstas se conserva en la torta.

5.4 Desarrollo, efecto de las variables y optimización del proceso de extracción de aceite de nuez mediante prensado en frío

5.4.1 Resultados del diseño experimental, Plan Factorial 2^2

Basándose en las variables mencionadas anteriormente (Tabla N°4), organizadas de acuerdo al diseño experimental señalado en la Tabla N°5, y considerando el proceso de extracción señalado en la Figura N°4 se lograron los resultados presentados en la Tabla N°6:

Tabla N°6 Resultados del diseño experimental, Plan Factorial 2^2

| Pruebas | Variables independientes | | Variables respuesta |
|---------|--------------------------|----------------|---------------------|
| | X ₁ | X ₂ | RE |
| 1 | 0,4 | 28 | 39,5 |
| 2 | 14 | 28 | 31,9 |
| 3 | 0,4 | 135 | 43,2 |
| 4 | 14 | 135 | 40,2 |
| 5 | 7,2 | 81,5 | 38,6 |
| 6 | 7,2 | 81,5 | 39,5 |
| 7 | 7,2 | 81,5 | 38,8 |

Donde:

X_1 = diámetro de salida de la harina en prensa.

X_2 = temperatura de operación de la prensa.

RE = rendimiento de extracción % p/p

A simple vista es posible apreciar, que de todas la combinaciones posibles, se logró extraer la mayor cantidad de aceite con la combinación: diámetro 0,4 mm y temperatura 130°C, mientras que la menor cantidad de aceite extraído fue a 28°C y utilizando un diámetro de salida de 14 mm. Cabe señalar que un menor diámetro de salida de la harina desde la prensa está relacionado con una mayor presión aplicada.

5.4.2 Análisis estadístico del diseño experimental

5.4.2.1 Efecto de las variables de proceso para “Rendimiento de extracción”

A partir del análisis de varianza ANOVA, indicado en la Tabla N°7 para la variable “Rendimiento de extracción” se estableció que ambas variables (temperatura y diámetro) son significativas ($P \leq 0,05$) con un intervalo de confianza del 95%.

Tabla N°7: Análisis de varianza ANOVA para “Rendimiento de extracción”

| Efecto | Valor F | Valor P |
|----------------------------|----------------|----------------|
| X_1 : diámetro tornillo | 148,21 | 0,0012 |
| X_2 : temperatura prensa | 189,95 | 0,0008 |

R^2 : 99,19%

R^2 -ajustado: 98,37%

En el análisis de varianza realizado al modelo para verificar su pertinencia, se puede concluir que el modelo cuadrático obtenido tiene un buen ajuste ya que el R cuadrado indica que se explica un 99,19% de la variabilidad total del proceso.

El modelo que describe el rendimiento de extracción del proceso de extracción de aceite mediante prensado en frío indica que si se disminuye el diámetro de salida del

prensado y aumentando la temperatura el rendimiento de extracción aumenta. Estos resultados se expresan mediante la ecuación:

$$\% \text{ de extracción} = 38,905 - 0,647 * X_1 + 0,033 * X_2 + 0,003 * X_1 * X_2$$

Donde:

X_1 = diámetro de salida de la harina en la prensa

X_2 = temperatura de operación de la prensa.

RE = rendimiento de extracción

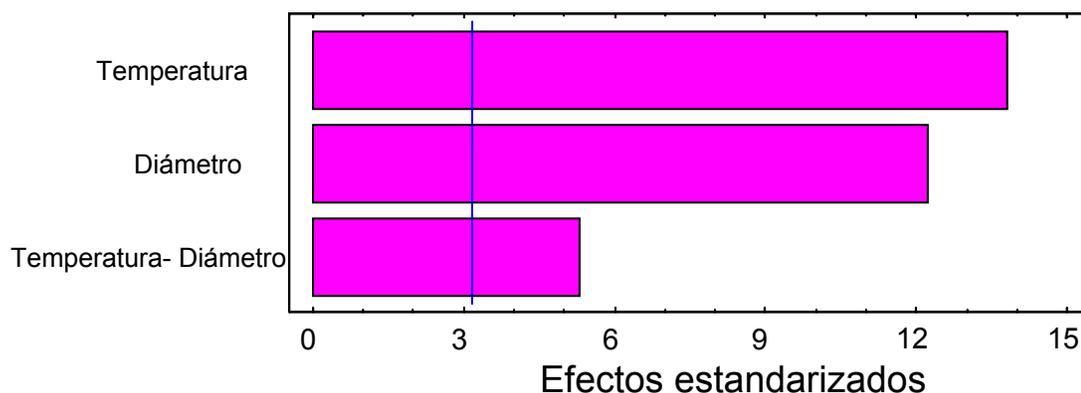


Figura N°5: Gráfico de Pareto para “Rendimiento de extracción de harina”

En la Figura N°5, el gráfico de Pareto muestra los efectos sobre el “Rendimiento de extracción” de las variables significativas temperatura y diámetro, y la influencia de la interacción temperatura y diámetro. Los dos efectos resultaron significativos ($P \leq 0,05$) en el “Rendimiento de extracción”.

Los resultados obtenidos respecto a la influencia de la temperatura sobre la extracción, pueden explicarse debido a que un aumento en la temperatura involucra una disminución de la viscosidad lo que conlleva un aumento en la extracción de aceite (Basualto, 2005), a lo que se debe agregar que la alta temperatura aplicada provoca un rompimiento en las células lo que facilita la salida del aceite desde el interior de la semilla. (Castro, 2006)

Por su parte un aumento en la extracción al disminuir el diámetro de salida de la prensa, ve su explicación en un aumento de la presión sobre la torta al disminuir su espacio posible de salida de la prensa (Clavijo, 2004).

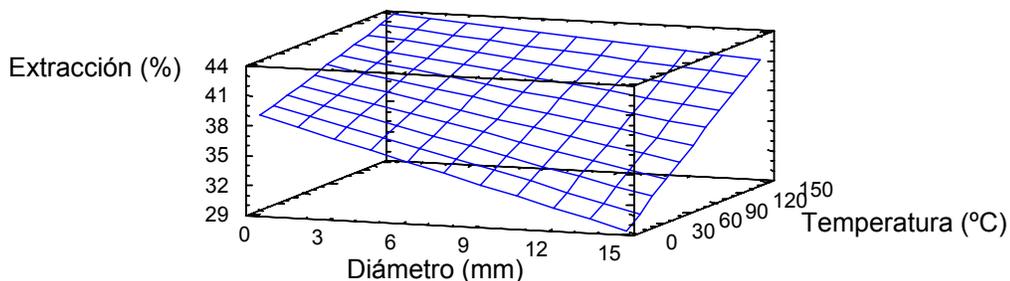


Figura N°6: Gráfico de superficie de respuesta para “ % de extracción”

La gráfica de la Superficie de Respuesta (Figura N°6) muestra el efecto de la temperatura de la prensa y el diámetro de salida del prensado sobre el “% de extracción” en los distintos experimentos del diseño experimental. Esta gráfica está descrita por la ecuación citada anteriormente.

Se observa que ambos afectan en igual medida al rendimiento de extracción. Al aumentar el diámetro y disminuir la temperatura, disminuye el porcentaje de extracción y de forma contraria al disminuir el diámetro y aumentar de temperatura aumenta el porcentaje de extracción.

En la Tabla N°8 es posible observar los resultados de la optimización para el rendimiento de extracción mediante la utilización de prensa de tornillo.

Tabla N°8: Resultados de optimización mediante Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) para “Rendimiento de extracción”

| Factor | Mínimo | Máximo | Optimo |
|---------------------------|--------|--------|---------------|
| Diámetro (mm) | 0,4 | 14 | 0,4 |
| Temperatura (°C) | 28 | 135 | 28 |
| Máximo rendimiento | | | 43,31% |

Al comparar el máximo rendimiento: 43,31 mediante la utilización de la prensa tornillo, con el máximo rendimiento obtenido: 62,4 con la prensa hidráulica de platos (Echeverría, 2004). Se decide que la extracción de aceite se hará con prensa hidráulica de platos, para el posterior análisis químico y envasado del producto.

5.5 Análisis químico de la Harina de Nuez

La composición química de la harina de nuez, por cien gramos de porción comestible se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N°9: Nutrientes contenidos en la harina de nuez

| NUTRIENTES | g nutriente/ 100 gramos de harina |
|-------------------|--|
| Proteínas | 30,5 ± 1,2 |
| Lípidos totales | 40,7± 0,05 |
| ENN | 12,1± 0,00 |
| Cenizas | 2,3± 0,0 |
| Fibra dietaria | 11,1± 0,0 |
| Humedad | 3,3±0,0 |

Los resultados obtenidos en el análisis proximal (Tabla N°9) indican un importante contenido en proteínas de la harina de nuez desgrasada.

De acuerdo a la información otorgada en el Seminario de Nutrición en Acuicultura (2000) el aporte proteico de este producto es mayor que el de las harinas de leguminosas, marcadamente superior a los de harina de cereales pero inferior a las oleaginosas (Tabla N°10).

La torta desgrasada de harina presenta un contenido de fibra cruda importante, respecto al contenido encontrado en harinas similares (Tabla N°10). Esta característica podría resultar importante en la digestibilidad del producto, además de contribuir a disminuir el colesterol sanguíneo, aumentar la excreción intestinal y el grado de saciedad.

La nuez se destaca por poseer un alto contenido en lípidos, proteínas y por ser un alimento con un alto aporte de energía (Feldman, 2002). Al ser sometida a un proceso de prensado en frío para la obtención de aceite de nuez, tanto el aceite como la torta mantienen la calidad biológica de sus nutrientes (Echeverría, 2004).

Respecto a la cantidad de carbohidratos presente en la harina de nuez, en comparación con la contenida en otras harinas (Tabla N°10), es bastante menor. Lo anterior puede ser considerado positivo desde el punto de vista de que al consumirse grandes cantidades de carbohidratos se está aumentando la cantidad de calorías y disminuyendo la cantidad de nutrientes en la dieta, como ocurre en productos como: panes y galletas.

Al analizar los resultados se puede observar que la composición nutricional de la harina de nuez, correspondiente a la torta del proceso de prensado en frío para la extracción de su aceite mantendría porcentajes bastante similares en cuanto a composición con respecto al fruto. El aumento en el porcentaje de proteínas y lípidos, y por ende al aporte calórico de la harina, se debe a la reducción en el porcentaje de humedad y aceite una vez realizado el proceso de prensado de la nuez.

Tabla Nº 10: Composición química en base seca de la torta de desgrasada de diferentes productos alimenticios convencionales y no convencionales

| Harinas | Proteínas (%) | Lípidos (%) | Fibra cruda (%) | E.N.N. (%) | Cenizas (%) |
|-----------|---------------|-------------|-----------------|------------|-------------|
| Avellanas | 20,00 | 4,2 | 23,5 | 47,1 | 5,3 |
| Pescado | 65,0 | 6,7 | 1 | 3,8 | 15,0 |
| Arveja | 26,1 | 6,2 | 1,3 | 63,5 | 3,3 |
| Poroto | 19,9 | 1,3 | 1,5 | 68,8 | 8,5 |
| Garbanzo | 17,8 | 0,9 | 4,1 | 69,4 | 7,8 |
| Lenteja | 23,0 | 1,3 | 1,6 | 66,7 | 7,2 |
| Trigo | 9,3 | 0,6 | 0 | 89,6 | 0,6 |
| Arroz | 7,3 | 0,3 | 9,1 | 82,7 | 0,6 |
| Raps | 39,7 | 1,4 | 11,8 | 40,5 | 6,6 |
| Maravilla | 46,1 | 11,6 | 1,8 | 31,1 | 9,3 |
| Nuez * | 30,0 | 40,7 | 11,5 | 14,1 | 2,4 |

Fuente: Seminario de nutrición en acuicultura. Santiago. Año 2000

* Análisis proximal realizado en Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química.

5.6. Composición en ácidos grasos del aceite de harina de nuez.

Según datos obtenidos por Masson y Mella (1985) acerca de la composición de ácidos grasos del aceite de nuez, éste sería principalmente rico en ácidos grasos poliinsaturados. Los resultados obtenidos sobre el aceite de harina de nuez (Tabla Nº11) mantienen la misma tendencia con un 58,3 % para ac. Linoleico y un 13,8% para linolénico. Para el caso del ácido oleico los datos bibliográficos arrojan valores de un 17 % para el aceite de nuez, para el caso del aceite de harina de nuez el % en esteres metílicos correspondiente a este ácido graso fue de un 15,9%. De acuerdo a lo señalado por Savage et al. (1999), el perfil de ácidos grasos de diferentes cultivos de nuez puede influir en la estabilidad del sabor durante el almacenamiento. La presencia de ácido linolénico le confiere una mayor inestabilidad, que se traduce en una mayor susceptibilidad a desarrollar rancidez oxidativa.

Tabla N°11: Ácidos grasos contenidos en la harina de nuez

| Acidos grasos | % Esteres Metílicos |
|---|----------------------------|
| Ac. Palmítico (C16:0) | 7,5 ± 0,08 |
| Ac. Palmitoleico (C16:1) | 0,2 ± 0,02 |
| Ac. Esteárico (C18:0) | 2,6 ± 0,02 |
| Ac. Octadecaenoico (C18:1w9t) | 1,1 ± 0,04 |
| Ac. Oleico (C18:1w9c) | 15,9 ± 0,23 |
| Ac. Linoleico (C18:2w6) | 58,3 ± 0,71 |
| Ac. Octadecadienoico (C18: 2 isómero trans) | 0,2 ± 0,02 |
| Ac. Linolénico (C18:3 w3) | 13,8 ± 0,00 |
| Ac. Eicosanoico (C20:0) | Trazas |
| Ac. Eicosaenoico (C20:1) | 0,2 +/- 0,01 |

El consumo de ácido linoleico conlleva grandes beneficios para la salud entre ellas están: rebaja los triglicéridos, disminuye el colesterol, previene la formación de coágulos en las arterias al impedir la agregación plaquetaria y disminuye levemente la presión arterial. En general fluidiza la sangre y protege contra los ataques cardiacos, apoplejías, y derrames cerebrales. Por otra parte, la función cardioprotectora viene además acentuada por la capacidad de estos aceites para incrementar las transmisiones eléctricas del músculo cardíaco por lo que regularizan el ritmo y previenen enfermedades como las arritmias (www.botanical-online.com).

Según estudios recientes, los frutos oleaginosos (nueces, avellanas y almendras) son beneficiosos para la salud del sistema cardiovascular, concretamente el consumo diario de una ración (25 a 50g) de nueces reduciría el riesgo de enfermedad coronaria, debido a su perfil lipídico. En este perfil, la relación Ácidos Grasos Insaturados / Ácidos Grasos Saturados es del 7,4, con más del 60% de ácidos grasos poli-insaturados (ácidos linoléico y linolénico), con más del 20% de ácidos grasos mono-insaturados (ácido oleico) y un porcentaje muy bajo (menos del 10%) de ácidos grasos saturados, perjudiciales para la salud (www.alimentación-sana.com).

En la tabla N°11 se observa que esta proporción de ácidos grasos contenidos en la harina de nuez se mantiene respecto a los contenidos en la nuez.

5.7 Resultados Análisis microbiológicos realizados a la harina de nuez

Con el objeto de obtener datos acerca de la calidad de la harina de nuez, en lo relativo al contenido de agentes microbiológicos que podrían presentar un riesgo para la salud humana, fueron realizados los análisis microbiológicos mostrados en la tabla N°12:

Tabla N°12: Análisis microbiológico realizado a la harina de nuez

| ANALISIS | RESULTADOS |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Recuento de aerobios mesófilos | UFC/g: 260 |
| Recuento de hongos | UFC/g: 110 |
| Recuento de levaduras | UFC/g: < 10 |
| Enterobacterias | UFC/g<10 |
| <i>Salmonella Sp.</i> | UFC/g ausencia en 50 gramos |

Los análisis microbiológicos realizados a la harina de nuez mostraron que las cantidades de microorganismos están por debajo de los límites establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos. Estos resultados indican que la harina de nuez no representa ningún riesgo microbiológico para la salud y que puede ser consumida con total confianza por la población

5.8 Cinética de oxidación de Lípidos

Como prueba exploratoria a fin de determinar el efecto de las condiciones ambientales sobre la harina se midió el índice de peróxido a través del tiempo, en harina de nuez envasado en papel Kraft a 20, 30 y 40°C. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla N°13.

Tabla N°13: Evolución del índice de peróxidos en la harina de Nuez (envasada en papel kraft) a través del tiempo a tres temperaturas.

| Tiempo (día) | Índice de peróxido (IP) (meq de oxígeno/kg de grasa) a 20°C | Índice de peróxido (IP) (meq de oxígeno/kg de grasa) a 30°C | Índice de peróxido (IP) (meq de oxígeno/kg de grasa) a 40°C. |
|--------------|---|---|--|
| 14 | 3,4 ± 0,1 | 4,1 ± 0,0 | 7,7± 0,2 |
| 28 | 9,6 ± 0,1 | 13,5 ± 0,4 | 14,7± 0,3 |

De acuerdo a estos resultados se puede observar que la oxidación de la harina es muy rápida, motivo que fundamenta el uso de atmósfera modificada para su envasado.

Tabla N°14: Evolución del índice de peróxidos en la harina de Nuez envasada en atmósfera modificada dentro de envases de polietileno, a través del tiempo a tres temperaturas.

| Tiempo (día) | Índice de peroxido (IP) (meq de oxígeno/kg de grasa) a 20°C | Índice de peroxido (IP) (meq de oxígeno/kg de grasa) a 30°C | Índice de peroxido (IP) (meq de oxígeno/kg de grasa) a 40°C. |
|--------------|---|---|--|
| 0 | 0,5 ± 0,0 | 0,5 ± 0,0 | 0,5± 0,0 |
| 14 | 1,5 ± 0,1 | 1,7 ± 0,2 | 2,0 ± 0,0 |
| 28 | 3,5 ± 0,1 | 3,8 ± 0,1 | 5,0 ± 0,1 |
| 42 | 5,8 ± 0,1 | 7,0 ± 0,7 | 8,7 ± 0,2 |
| 56 | 6,7 ± 0,1 | 7,3 ± 0,2 | 9,2 ± 0,1 |
| 70 | 7,7 ± 0,2 | 8,8 ± 0,2 | 9,9 ± 0,1 |
| 84 | 8,6 ± 0,1 | 9,9 ± 0,2 | 16,0 ± 0,3 |
| 98 | 9,5 ± 0,1 | 11,8 ± 0,1 | 20,0 ± 0,4 |
| 112 | 11,1 ± 0,3 | 13,9 ± 0,0 | 23,0 ± 0,2 |

Los resultados del estudios de la generación de peróxidos, con el consecuente deterioro del producto, se presentan en la Tabla N°14. Esta tabla es graficada con el fin

de obtener la cinética de oxidación de lípidos, lo cual permite determinar la vida útil de la harina de nuez en diferentes condiciones de almacenamiento (Figura N°7). Se observa, que a mayor temperatura de almacenamiento, la vida útil encontrada es menor. Es así como a 20°C ésta corresponde a 98 días, mientras que a 30°C y 40°C la vida útil es de 84 y 70 días respectivamente.

Las nueces tienen una más larga vida útil cuando son almacenadas en envases bajo vacío o bajo atmósfera de nitrógeno. (Labuza, 1982). Esto explica porque lo tardío del alcance del índice límite de peróxidos de la harina envasada en atmósfera modificada respecto a la envasada en papel kraft.

Los modelos moleculares clásicos de oxidación de lípidos establecen que las reacciones ocurren a través de mecanismos en cadena controlados por la formación de radicales libres con tres típicos estados: iniciación, propagación y terminación. (González, 2005)

Sobre la base del modelo de reacción descrito en la etapa de iniciación las reacciones mono y bimoleculares serían las responsables de los cambios oxidativos a través de la descomposición de los hidroperóxidos.

Al comienzo de la etapa de iniciación la concentración baja de peróxidos favorece una reacción monomolecular, mientras que cuando la concentración de peróxidos alcanza un valor crítico la reacción que predomina es del tipo bimolecular (Labuza, 2005).

De acuerdo a estas hipótesis las ecuaciones propuestas para la etapa de iniciación son:

Reacción monomolecular: $dIP/dt = k_1 \cdot IP^{1/2}$

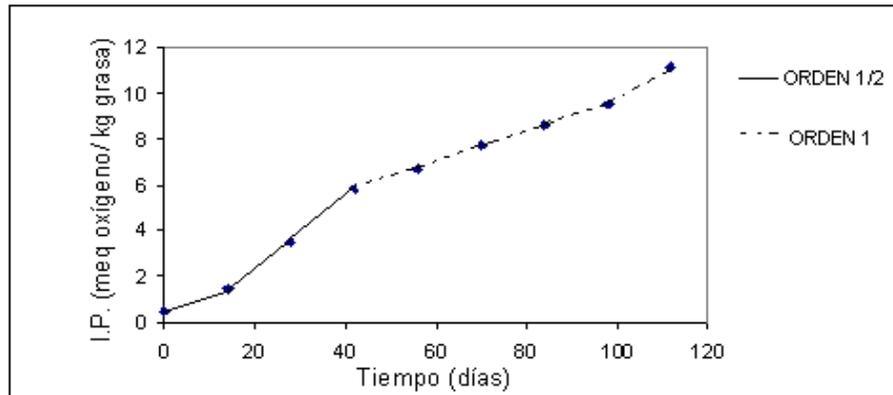
Reacción bimolecular: $dIP/dt = k_2 \cdot IP$

Donde:

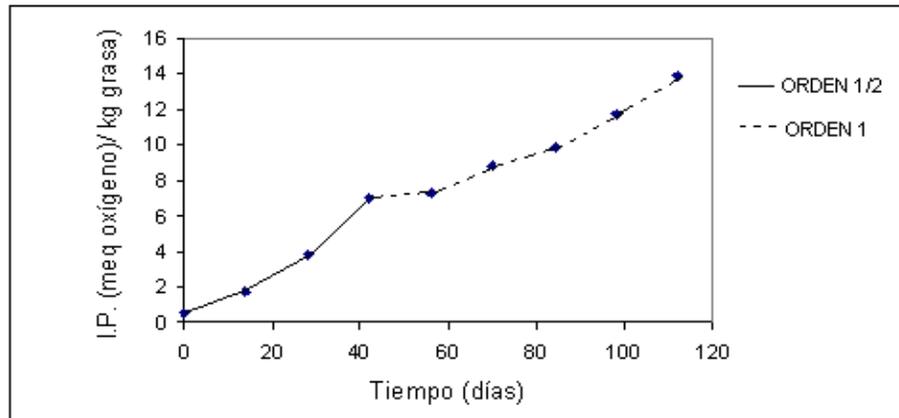
IP= índice de peróxido (meq Perox/ kg muestra) a tiempo t.

k_1 y k_2 = constante de velocidad cinética en días⁻¹ (IP)^{1/2} y días⁻¹, respectivamente. (Fogar y Andreo, 2004)

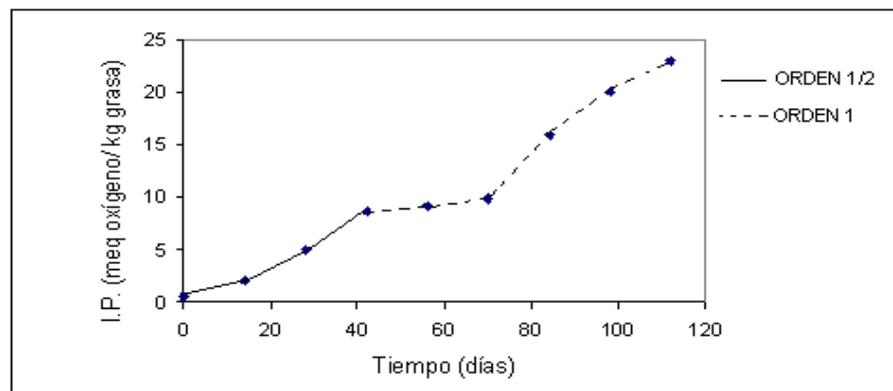
El ajuste de las ecuaciones propuestas a los datos experimentales pueden observarse en la Figura N°7 para todas las temperaturas ensayadas y para ambos ordenes de reacción.



a)



b)



c)

Figura N°7: Evolución del índice de peróxido de la harina de nuez a tres temperaturas de almacenamiento. a) 20°C b)30°C c)40°C

El punto de inflexión, cuyo valor corresponde al inicio de la reacción bimolecular fue considerando el mayor valor de ajuste con el máximo número de datos observados. En los tres casos el punto de inflexión se alcanza a los 42 días de almacenamiento. Los parámetros cinéticos calculados gráficamente pueden apreciarse en la tabla N°15.

Tabla N°15 : Parámetros cinéticos

| Temperaturas de almacenamiento | Orden 1/2 | | Orden 1 | |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | k ₁ | R ² | k ₂ | R ² |
| 20°C | 0,0411 | 0,9982 | 0,0090 | 0,9959 |
| 30°C | 0,0462 | 0,9988 | 0,0102 | 0,9818 |
| 40°C | 0,0539 | 0,9991 | 0,0157 | 0,9305 |

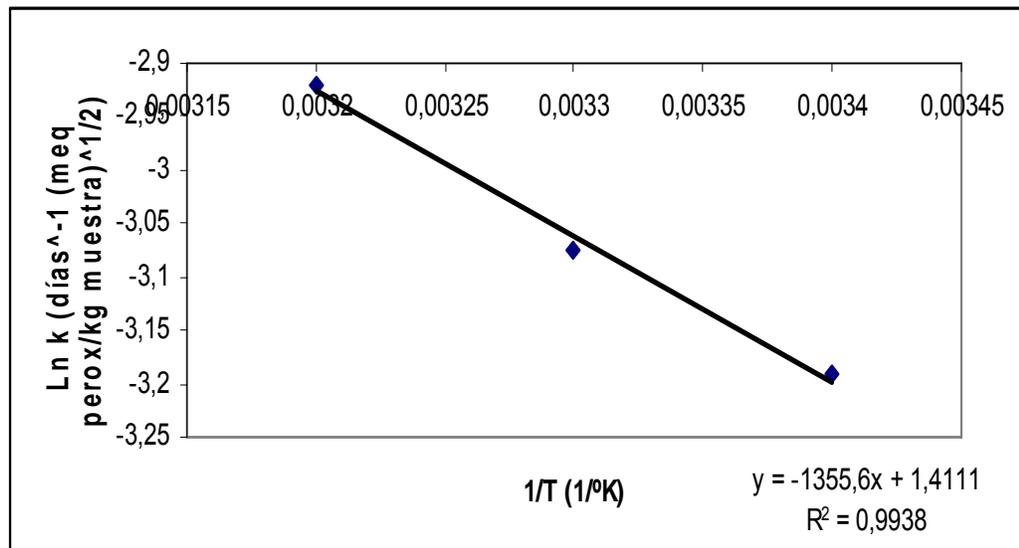
Los diferentes valores de k se deben a las distintas temperaturas de calentamiento, siendo mayores a más alta temperatura de almacenamiento. Esto coincide con lo descrito en bibliografía, que indica que la rapidez de las reacciones químicas aumenta conforme se eleva la temperatura (González, 2005).

Por lo tanto, se puede concluir que se obtiene una velocidad de deterioro más lenta a una menor temperatura, lo que permitirá un tiempo mayor de duración para el producto.

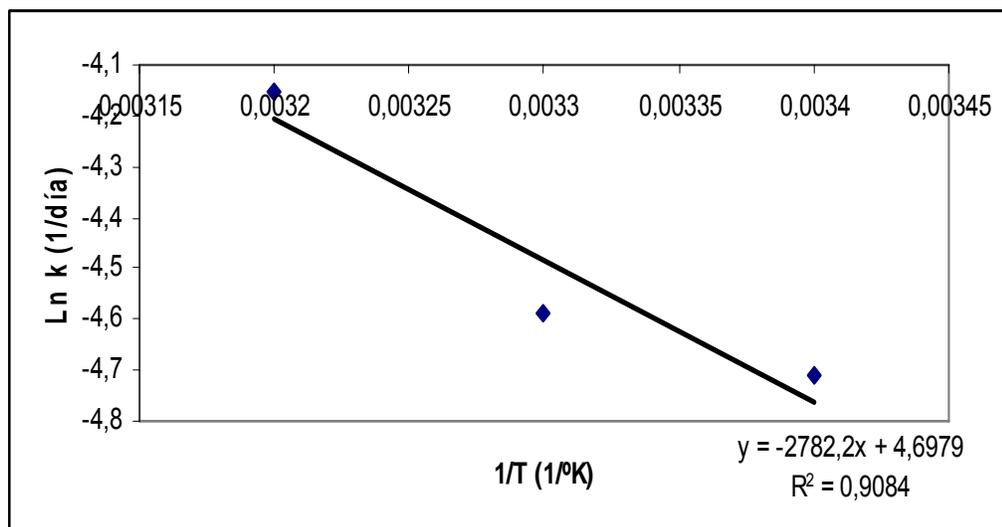
Mediante la ecuación de Arrhenius (Ecuación 1) es posible graficar los valores de las constantes de velocidad, obtenidas para las diferentes temperaturas, y obtener la energía de activación de la reacción de oxidación. Este ajuste se observa en la Figura N°8 .

$$\ln k = \ln A - \left(\frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \right)$$

(Ecuación N°1)



a)



b)

Figura N°8: Cinética de índice de peróxido de harina de nuez almacenada a 20, 30 y 40°C a) etapa monomolecular b) etapa bimolecular

Utilizando la ecuación de Arrhenius se pudo determinar que la energía de activación involucrada es la reacción monomolecular fue de 2684,1 cal/mol y en la bimolecular 5508,8 cal/mol. Lo cual indica que la etapa de reacción monomolecular es más sensible a los cambios de temperatura. Con la energía de activación calculada se puede predecir el Q_{10} de acuerdo a la ecuación N°2.

$$Q_{10} = e^{\frac{E_a}{R} \left(\frac{10}{T_1 \cdot T_2} \right)}$$

(Ecuación N°2)

Con el objeto de determinar el deterioro de la harina de nuez cuando se incrementa la temperatura en 10°C se calculó Q_{10} . Este valor define el número de veces que cambia la velocidad de reacción por cada aumento de 10°C, lo que equivale a un cambio en la vida útil del alimento cuando se incrementa en 10°C su temperatura de almacenamiento (González, 2005).

Tabla N°16: Predicción del Q_{10} para el valor de índice de peróxido de la harina de nuez.

| | Monomolecular (20°C-30°C) | Bimolecular (20°-30°C) | Monomolecular (30°C-40°C) | Bimolecular (30°-40°C) |
|----------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Q_{10} | 1,2 | 1,4 | 1,2 | 1,4 |

Según Labuza (2005) el Q_{10} esperado para la oxidación de lípidos está en un intervalo de 1,5 a 4°C. Para la degradación de los lípidos en la harina de nuez el valor de Q_{10} encontrado fue inferior a lo esperado debido a que la energía de activación encontrada se encuentra bajo los valores estipulados por Labuza (2005) (entre el rango 12.000-25.000 cal/mol.)

De acuerdo al valor de Q_{10} encontrado es posible afirmar, que la velocidad de deterioro de los lípidos de la harina de nuez se modifica 1,2 veces cuando varía la temperatura de almacenamiento en 10°C durante la etapa monomolecular y modifica

1,4 veces cuando varía la temperatura de almacenamiento en 10°C durante la etapa bimolecular, para los intervalos 20-30°C y 30-40°C.

5.9 Evaluación de una galleta elaborada a partir de harina de nuez

La galleta elaborada con harina de nuez, preparada de acuerdo a una receta estándar presentó una buena aceptabilidad en los parámetros evaluados, ubicándose la mayoría de las respuestas entre los niveles “me gusta” y “me gusta levemente”.

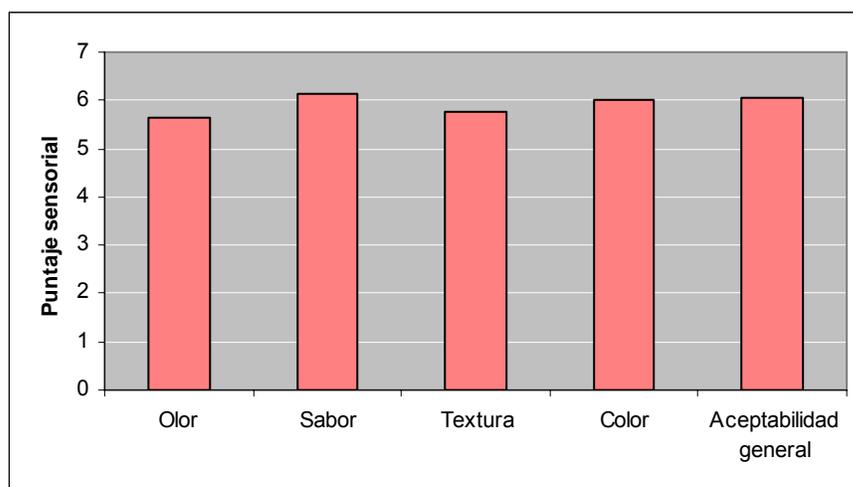


Figura N°9: Test de aceptabilidad aplicado a galletas de harina de nuez

Las galletas elaboradas a partir de harina de nuez obtuvieron una alta aceptación por parte de los consumidores habituales de galletas (Figura N°9). La sustitución de harina de trigo por harina de nuez en galletas, hace más natural el producto, ya que debido al alto contenido de aceite presente en la harina de nuez, se puede disminuir la cantidad de margarina agregada, así como sustituir por completo el saborizante que se agrega en forma habitual en ellas.

El reemplazo de margarina por aceite de nuez (proveniente de la harina) convierte la galleta en un producto más sano, ya que actualmente un alto número de margarinas comercializadas en Chile contiene ácidos grasos Trans no claramente especificadas.

Además los niveles contenidos en aquellas margarinas que los declaran son mucho más altos que los encontrados en la harina de nuez.

Los ácidos grasos trans son peligrosos para la salud, ya que un porcentaje de sus ácidos grasos se modifica desde su forma natural cis a la trans al ser hidrogenadas, y ser sometidos a procesos térmicos, perdiendo sus características naturales y comportándose como lo hacen los ácidos grasos saturados en la salud humana. Estos ácidos grasos Trans disminuyen el colesterol DHL (bueno) y aumentan el LDL (malo). Algunos estudios revelan que puede tener un efecto aun peor que el de la mantequilla, ya que pueden disminuir además el colesterol bueno. De hecho se afirma que un gramo por día de grasas trans podría incrementar el riesgo de enfermedades coronarias en un 20% (OMS, 2005).

El Instituto de Medicina de Estados Unidos, recomendó recientemente reducir al mínimo indispensable el consumo de grasas trans, grasas saturadas y colesterol, aunque sin dejar de consumir una dieta nutricionalmente adecuada. Debido a que las grasas trans, las grasas saturadas y el colesterol son componentes difíciles de evitar en una dieta común no vegetariana, el tratar de no consumir alguno de ellos implicaría modificar significativamente la dieta. En opinión del Instituto de Medicina, ese tipo de cambios pueden tener efectos no deseados que pueden conducir a consumos inadecuados de proteínas y otros micronutrientes (www.ific.org).

La composición de la harina de nuez no sólo es un aporte a la disminución del consumo de ácidos trans sino, además, dada su alta concentración de proteínas y su nivel medio de carbohidratos contribuye a la mantención de una dieta equilibrada y sana.

V.- CONCLUSIONES.

- El porcentaje de extracción para el proceso mediante prensa tornillo depende de la variable X_1 (diámetro de salida del prensado), de la variable X_2 (temperatura de trabajo de la prensa) y de la interacción de ambas variables.
- En relación a la aplicación tecnológica de esta harina, se concluye que debe tenerse cuidado con su sometimiento a altas temperaturas y procesos oxidativos; debido a la alta poliinsaturación que presenta su aceite, ya que desde este punto de vista es bastante frágil a la oxidación.
- Los análisis de caracterización de la harina permitieron concluir que es un producto altamente nutritivo, con un nivel elevado de proteínas (30,0%).
- De acuerdo a los análisis microbiológicos la harina de nuez es segura para el consumo humano.
- Es factible la aplicación de la harina de nuez en galletas que habitualmente son elaboradas solo con harina de trigo. El alto contenido de aceite presente en la harina, lleva a una disminución de la cantidad de margarina agregada, lo que convierte a las galletas en un producto más saludable.
- De acuerdo a los análisis realizados durante el estudio de la estabilidad oxidativa de la harina se puede concluir que a 20°C la harina tiene una duración de 112 días lo que equivale a casi cuatro meses, envasada en polipropileno de alta densidad bajo atmósfera modificada.
- El proceso oxidativo de la harina de nuez a las 3 temperaturas estudiadas se ajusta a una cinética de orden $\frac{1}{2}$ para una primera etapa y orden 1 para una segunda etapa de degradación. La energía de activación calculada según la ley de velocidad obtenida en el estudio de vida útil fue de 2684,1 Cal/mol para la etapa monomolecular y 5508,8 Cal/mol para la etapa bimolecular.
- Al variar la temperatura de almacenamiento de la harina de nuez entre los rangos 20-30°C y 30-40° se presenta variación en la velocidad de la degradación de los lípidos.

BIBLIOGRAFÍA

Agronoticias.net (2006): Oficina agrícola de Chile en Estados Unidos.

URL: www.agronoticias.net

Aldunce(1994): Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la calidad de tres cultivares de nueces. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, 1994. 82 h.

Amaral (2003): “Determination of Sterol and Fatty Acid Compositions, Oxidative Stability, and Nutritional Value of Six Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars Grown in Portugal”. Journal of Agricultural and Food Chemistry. Vol 51: 7698-7702

A.O.A.C. (1996): Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 16th Edition. Gaithersburg. USA.

A.O.C.S. (1993): Oficial Methods and Recommended Practices of the American Chemistries Society. Fourth Edition. Champaign.

Aquevedo, A. (2005): Aplicación de colorantes funcionales en postre Mouse. Memoria Ingeniero en Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago

Araneda, G. (2005): Obtención, caracterización y estudio de vida útil de la harina integral de quínoa orgánica de la región VI. Memoria Ingeniero en Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago

Asociación Americana de la Soya (1980): Manual de procesamiento y utilización de Aceite de Soya” Cuauhtemoc, México: 41- 43.

Basualto, Carlos. Entrevista personal, agosto 2005.

Castro, Eduardo. Entrevista personal, mayo 2006

Clavijo, C. (2004): Extracción de Aceite de Semilla de Maqui (*Aristotelia chilensis* (Mol.) Stuntz) por prensado en frío, caracterización química del aceite y mejoramiento del proceso mediante tratamiento enzimático de la semilla previo al prensado. Tesis Magíster en Ciencias de los Alimentos. Santiago. Universidad de Chile.

Echeverría, L. (2004): Extracción de aceite de nuez (*Juglans regia* L.) variedad semilla California, mediante prensado y su caracterización. Memoria de título de

Ingeniero en Alimentos. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago. Chile.

Estrategia de innovación agraria (2001): Producción de Frutales de Nuez. Gobierno de Chile. Santiago de Chile.

FAO. Tabla de Composición de Alimentos de América Latina y el Caribe. [en línea]. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1998-2004. <<http://www.rlc.fao.org/bases/alimento/resulta.asp>>.[consulta 24 septiembre 2005].

FDA-BAM. Bacteriological Analytical Manual.

< www.foodinonet.com/publication/fdaBAM.htm > [consulta 16 enero 2006].

Feldman, E. (2002): The scientific evidence for a beneficial health relationship between walnuts and coronary heart disease. Journal of Nutrition.132: 1062 -1101.

Fogar, R. y Andreo A., (2004): Desarrollos de ecuaciones cinéticas para la oxidación lipídicas de emulsiones cárnicas cocidas a diferentes temperaturas. Facultad de Agroindustrias- UNNE, Chaco, Argentina.

González, F. (2005): Extracción de aceite de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd), proveniente de la Palmilla y Paredones y su posterior caracterización físico- química. Memoria para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Santiago, Universidad de Chile.

Gutiérrez, B. (2004): Extracción de aceite de nuez (*Juglans regia*) variedad semilla California, con etanol. Memoria Ingeniero en Alimentos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago.

Hiroimi, Y. (1997): Effects of Seed Roasting Temperature and Time on the Quality Characteristics of Sesame (*Sesamun indicum*)Oil. Journal Science Food Agriculture. Vol 75: 19-26.

INN (2005): Instituto Nacional de Normalización. Chile.

Instituto de salud pública (1998). Manual Instituto de Salud Pública. Chile

ISO (1987). International Organization for Standardization.

Labuza T (1982): Open shelf life dating of food. Food and Nutrition Press. Wesport, Conn: 114.

Labuza, T. (2005): Reaction kinetics of food deteriorate. Department of Food science and Nutrition, University of Minnesota.

Lopez, R. Comunicación personal.2005².

Masson, L., Mella, M. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos”. 1985. Publicación en línea. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile.

Masson, L (1998): Análisis y control de Calidad de aceites y Grasas comestibles. AMV Ediciones. Madrid, España: 19.

Masson, L (2005): Guía de Análisis de Alimentos de la Universidad de Chile. Santiago

Mehlenbacher,V. (1970): Análisis de grasas y aceites. Ediciones URMO. Barcelona, España. 19,22: 33- 38.

Muñoz, D. (1993): Análisis del mercado internacional de la nuez. Situación actual y perspectivas. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile.

Ramírez, G. Situación actual y perspectivas de nueces chilenas en los mercados externos de nueces de nogal. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales,1993: 80 h.

Riquelme, C. (1997): Evaluación de algunos métodos de extracción de aceite de avellana (*Genuina avellana Mol.*). Memoria Ingeniero Agrónomo. Chillán. Universidad de Concepción:6-7.

Savage, G., Dutta, P. , Mcneil, D. Fatty acid and tocopherol and oxidative stability of walnut oil”. Journal of American Oil Chemistrys Society . 76(9):1059-1063,1999

Seminario de nutrición en acuicultura (2000): Departamento de Ciencias de la Cultura. Facultad de Acuicultura y Ciencias Veterinarias. Universidad Católica de Temuco. Chile.

Soler, C., J. Domínguez. (2003): Exportación de la nuez Chilena, Análisis del Mercado Mundial. Revista Voz Académica. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Valenzuela, A. (1981): “Peroxidación de Ácidos Grasos. Un problema biológico y tecnológico”. Revista Chilena de Nutrición. 9 (3): 175-178.

URL:<http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/alimentos/nueces.htm>

(Consulta: 29 de diciembre 2005)

URL:<http://www.botanical-online.com/medicinalesomega6.htm>

(Consulta: 30 de diciembre 2005).

URL:<http://www.ific.org/sp/publications/qa/transqasp.cfm>

(Consulta: 29 de diciembre 2005).

WENSTWOOD, M. (1982): Fruticultura de zonas templadas. Ediciones Mundi- Prensa, Madrid, España: 461.

ANEXO1

ESCALA HEDÓNICA PARAVALORACIÓN DE ACEPTABILIDAD

Nombre:..... Fecha:.....

Por favor evalúe la muestra que se presenta y señale con una cruz su reacción frente al producto según la escala adjunta:

| | Me disgusta mucho | Me disgusta | Me disgusta Levemente | No me gusta ni me disgusta | Me gusta Levemente | Me gusta | Me gusta mucho |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Olor | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Sabor | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Textura | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Color (interior) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Aceptabilidad general | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |