

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE

Facultad de Ciencias Agrarias

Escuela de Agronomía

**Variación del contenido de los ácidos grasos en el aceite extruído
en frío de nueve clones de *Gevuina avellana* Mol.**

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de
Licenciado en Agronomía

PABLO ROBERTO JIL MARTINEZ

VALDIVIA CHILE 2006

PROFESOR PATROCINANTE

Fernando Medel S.

Ing. Agr.; Dr. Ing. Agr.

PROFESORES INFORMANTES

Hernán Palma-Fleming.

Lic. Cs. Menc. Química, M Sc.

Luz Haydée Molina C.

Prof. de Biol. y Quím.

*Me dio el agua para seguir luchando.
Me dio la esperanza, cuando ya no la tenía.
Me otorgó el silencio, después de la lucha.
Fue la luz cuando extravié el camino.
Fue la sangre de la cual mis venas y mi boca
Se alimentaron.*

*Estas palabras son un modesto homenaje
A mi madre
La cual me cuidó y me guió
Durante estos largos años
De sacrificios.*

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFÍA	3
2.1	Características generales	3
2.2	Aspectos geográficos y botánicos de <i>Gevuina avellana</i> Mol.	4
2.2.1	Ubicación geográfica	4
2.2.2	Hábitat	4
2.2.3	Características del árbol	4
2.2.4	Características de la nuez	5
2.3	Usos y comercialización de la avellana	5
2.4	Composición química del fruto	6
2.5	Aceites vegetales	8
2.5.1	Ácidos grasos	8
2.5.1.1	Ácidos grasos saturados	9
2.5.1.2	Ácidos grasos insaturados	9
2.5.1.2.1	Ácidos grasos monoinsaturados	9
2.5.1.2.2	Ácidos grasos poliinsaturados	10
2.5.1.3	Propiedades de los ácidos grasos	11
2.6	Características y composición química del aceite de Gevuin	11
2.7	Extracción de aceites	13
2.7.1	Extracción de aceites por extrusión frío	13
3	MATERIAL Y MÉTODO	15
3.1	Ubicación geográfica y época de cosecha	15
3.2	Material vegetal y manejo	15
3.3	Cosecha de las nueces	16

Capítulo		Página
3.4	Extracción y determinación de los ácidos grasos	16
3.4.1	Extracción del aceite	16
3.4.2	Preparación de las muestras	17
3.4.3	Análisis de las muestras	17
3.4.3.1	Cromatografía de Gas-Líquido (GLC)	17
3.4.3.2	Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG/MS)	18
3.5	Observaciones y mediciones.	20
3.5.1	Ácidos grasos	20
3.5.2	Índice de instauración	20
3.6	Diseño experimental	20
3.7	Análisis estadístico	20
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
4.1	Cantidad y variabilidad de los ácidos grasos saturados	22
4.1.1	Ácidos grasos saturados totales	22
4.1.2	Ácidos grasos en particular	23
4.1.3	Ácido Palmítico (C _{16:0})	24
4.1.4	Ácido Esteárico (C _{18:0})	25
4.1.5	Ácido Araquídico (C _{20:0})	26
4.1.6	Ácido Behénico (C _{22:0})	26
4.1.7	Ácido Lignocérico (C _{24:0})	27
4.2	Cantidad y variabilidad de los ácidos grasos poliinsaturados	28
4.2.1	Ácidos grasos poliinsaturados totales	28
4.2.2	Ácidos grasos en particular	29
4.2.3	Ácido Linoleico (C _{18:2} Δ ^{9,12})	30
4.2.4	Ácido Linolénico (C _{18:3} Δ ^{9,12,15})	30

Capítulo		Página
4.3	Cantidad y variabilidad de los ácidos grasos monoinsaturados	31
4.3.1	Ácidos grasos monoinsaturados totales	32
4.3.2	Ácidos grasos en particular	32
4.3.3	Ácido Hexadecanoico (C _{16:1})	33
4.3.4	Ácido Oleico (C _{18:1})	36
4.3.4.1	Isómeros presentes en el C _{18:1}	37
4.3.5	Ácido Eicosenoico (C _{20:1})	39
4.3.6	Ácido Docosenoico (C _{22:1})	41
4.4	Índice de insaturación	43
4.5	Variabilidad clonal	44
5	CONCLUSIONES	47
6	RESUMEN	49
	SUMMARY	51
7	BIBLIOGRAFÍA	53
	ANEXOS	60

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Consumo de nuez per cápita	3
2	Composición nutricional de algunos frutos secos	7
3	Ácidos grasos presentes en el aceite de Gevuin	12
4	Condiciones para el análisis por cromatografía (GLC) de aceite de Gevuin	18
5	Condiciones para el análisis por Cromatografía Gaseosa acoplada a Espectrometría de Masa (CG/MS) para el aceite de Gevuin	19
6	Programa de temperatura del horno de columna para el aceite de Gevuin	19
7	Variación de los ácidos grasos saturados en nueve clones de Gevuin (%FAME)	23
8	Contenido de ácidos grasos saturados en nueve clones de Gevuin (%FAME)	24
9	Variación de C _{16:0} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	25
10	Variación de C _{18:0} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	25
11	Variación de C _{20:0} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	26
12	Variación de C _{22:0} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	27
13	Variación de C _{24:0} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	27
14	Variación de los ácidos grasos poliinsaturados en nueve clones de Gevuin (%FAME)	28
15	Contenido de ácidos grasos poliinsaturados en nueve clones de Gevuin (%FAME)	29
16	Variación de C _{18:2} $\Delta^{9, 12}$ en nueve clones de Gevuin (%FAME)	30
17	Variación de C _{18:3} $\Delta^{9, 12, 15}$ en nueve clones de Gevuin (%FAME)	31
18	Variación de los ácidos grasos monoinsaturados en nueve clones de Gevuin (%FAME)	32

Cuadro		Página
19	Contenido de los ácidos grasos monoinsaturados en nueve clones de Gevuin (%FAME)	33
20	Variación de C _{16:1} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	34
21	Variación de C _{18:1} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	37
22	Variación de C _{18:1} Δ^9 y C _{18:1} Δ^{14+15} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	38
23	Confirmación de las características isoméricas del C _{18:1} por CG/MS	39
24	Variación de C _{20:1} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	40
25	Confirmación de las características isoméricas del C _{20:1} por CG/MS	41
26	Variación de C _{22:1} en nueve clones de Gevuin (%FAME)	42
27	Índice de insaturación en los nueve clones de Gevuin más otras especies	43
28	Contenido de ácidos grasos de Gevuin de diferentes autores	45

INDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Nomenclatura de los ácidos grasos en Gevuin	61
2	Análisis de varianza del contenido de total ácidos grasos saturados en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	61
3	Análisis de varianza del contenido de C _{10:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	62
4	Análisis de varianza del contenido de C _{12:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	62
5	Análisis de varianza del contenido de C _{14:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	62
6	Análisis de varianza del contenido de C _{16:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	63
7	Análisis de varianza del contenido de C _{18:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	63
8	Análisis de varianza del contenido de C _{20:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	63
9	Análisis de varianza del contenido de C _{21:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	64
10	Análisis de varianza del contenido de C _{22:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	64
11	Análisis de varianza del contenido de C _{23:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	64
12	Análisis de varianza del contenido de C _{24:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	65
13	Análisis de varianza del contenido Total de ácidos grasos poliinsaturados en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	65

Anexo		Página
14	Análisis de varianza del contenido de $C_{18:2} \Delta^{9,12}$ en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	65
15	Análisis de varianza del contenido de $C_{18:2} ni$ en aceite extruído en frío Gevuina (Transformación arcoseno)	66
16	Análisis de varianza del contenido de $C_{18:2} Total$ en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	66
17	Análisis de varianza del contenido de $C_{18:3} \Delta^{9,12,15}$ en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	66
18	Análisis de varianza del contenido de $C_{20:2} \Delta^{11,14}$ en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	67
19	Análisis de varianza del contenido total de ácidos grasos monoinsaturados en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	67
20	Análisis de varianza del contenido $C_{14:1}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	67
21	Análisis de varianza del contenido $C_{16:1} \Delta^{11}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	68
22	Análisis de varianza del contenido $C_{16:1} \Delta^9$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	68
23	Análisis de varianza del contenido $C_{16:1} \Delta$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	68
24	Análisis de varianza del contenido $C_{16:1} Total$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	69
25	Análisis de varianza del contenido $C_{17:1} \Delta^{10}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	69
26	Análisis de varianza del contenido Total de $C_{18:1}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	69
27	Análisis de varianza del contenido $C_{18:1} \Delta^9$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	70

Anexo		Página
28	Análisis de varianza del contenido $C_{18:1} \Delta^{14+15}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	70
29	Análisis de varianza del contenido $C_{20:1} \Delta^{11}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	70
30	Análisis de varianza del contenido $C_{20:1} ni$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	71
31	Análisis de varianza del contenido $C_{20:1}$ total en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	71
32	Análisis de varianza del contenido $C_{22:1}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	71
33	Análisis de varianza del contenido $C_{22:1} ni$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	72
34	Análisis de varianza del contenido del índice de Insaturación en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)	72

1 INTRODUCCIÓN

Chile posee una gran abundancia de recursos naturales, existiendo diversas especies vegetales que presentan interesantes propiedades. El Gevuin (*Gevuina avellana* Mol.) es una de las especies vegetales autóctonas, la cual se ha venido estudiando durante los últimos 20 años, como parte del programa de “Mejoramiento Genético y Productivo en *Gevuina avellana* Mol.” en la Universidad Austral de Chile.

El estudio se basa en la posibilidad de contar con un frutal de nuez con altos índices de productividad y calidad de nueces, con la finalidad de poder posicionar en forma destacada a esta especie tanto a nivel nacional como internacional.

Las tres líneas principales de investigación han sido:

- a) Seleccionar genotipos de nueces para el mercado fresco y agroindustrial con características relevantes de producción y calidad.
- b) Evaluar árboles semilleros con aptitud silvícola relevante.
- c) Mejoramiento genético en función de su composición química, para objetivos nutricionales y fitoterapéuticos.

Tomando en cuenta esta última línea de investigación y como parte del estudio de la matriz lipídica (ácidos grasos, vitamina E y esteroides), se hace necesario determinar y analizar la composición lipídica de los ácidos grasos de la nuez en clones seleccionados.

La hipótesis general planteada es que hay diferencias en el contenido y tipo de los ácidos grasos en el aceite cotiledonar extruido en frío de nueces en los nueve clones de Avellano chileno.

El objetivo general de este estudio es evaluar la composición lipídica en el aceite extruído en frío de cotiledones de Gevuin, dadas las propiedades nutricionales y fitoterapéutica que posee este producto.

Los objetivos específicos son:

- a) Estudiar el contenido de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados y evaluar las diferencias entre clones.
- b) Establecer el tipo y contenido de los ácidos grasos, caracterizando los isómeros presentes entre los distintos genotipos.
- c) Determinar la relación insaturación/saturación en el aceite extruído en frío.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Características Generales.

Las nueces han sido parte de la alimentación humana aproximadamente desde hace 10.000 años A. de C., existiendo investigaciones arqueológicas que señalan que las civilizaciones antiguas utilizaron este recurso como fuente principal de alimento, incluso antes de la utilización de cereales (SAVAGE, 2000).

En el caso de *Gevuina avellana* Mol., es una especie endémica de nuestro país. El nombre compuesto por *Gevuina* proviene del mapuche “Gevuin”, que significa “hermosa flor”, y *avellana* es el nombre vulgar del fruto dado por los colonizadores españoles (KARMELIC, 1982).

En el Cuadro 1 se presenta los valores promedio del consumo per cápita de nueces tanto a nivel mundial como regional.

CUADRO 1 Consumo de nuez per cápita.

Continente	Consumo per cápita	
	kg/año	Rango (kg/año)
África	1.0	0.0 - 7.3
Norte y Centro América	2.3	0.0 - 3.3
Sudamérica	0.5	0.0 - 6.4
Asia	1.0	0.2 - 13.6
Europa	2.8	0.6 - 9.9
Oceanía	2.6	0.1 - 3.4
Consumo mundial	1.3	0.0 - 13.6

FUENTE: INTERNATIONAL TREE NUT COUNCIL, (2002).

2.2 Aspectos geográficos y botánicos de *Gevuina Avellana* Mol.

Es un árbol miembro de la familia de las Proteáceas incluyéndose en la subfamilia Grevilleoideae (HALLOY *et al.*, 1996). Es conocida como “gevuin”, “guevin”, “ñefu”, “avellana chilena”, “Chilean Hazel” y “Chile Nut”, la cual aún no ha alcanzado una mayor importancia económica, aún cuando sus frutos tienen excelentes características (MEDEL y MEDEL, 2000).

2.2.1 Ubicación geográfica. Gevuin es una especie monotípica chilena, la cual se encuentra desde el norte del río Teno por la cordillera y desde el sur del río Mataquito por la cordillera de la costa hasta las islas Guaitecas (DONOSO, 1978; HOFFMAN, 1982; MONTENEGRO, 2000; MEDEL y MEDEL, 2000), con una distribución geográfica establecida entre los paralelos 35° y 44° de latitud sur de Chile (DONOSO, 1978; MEDEL y MEDEL, 2000); desarrollándose profusamente entre la Novena y Décima Región (MEDEL, 1987).

Esta especie se desarrolla con una mayor intensidad en un clima templado húmedo y mediterráneo (HALLOY *et al.* 1996; MEDEL y MEDEL, 2000), con una alta pluviometría anual que oscila entre los 700 a 3.200 mm y con temperaturas estivales máximas y medias que superan los 30 a 31°C (MEDEL y MEDEL, 2000).

2.2.2 Hábitat. Los árboles se pueden desarrollar en suelos orgánicos, suelos volcánicos, trumaos y rojo arcillosos. También pueden desenvolverse en suelos bien drenados, en suelos saturados y en suelos erosionados, pero principalmente se desarrollan en tierras de características ácidas (HALLOY *et al.*, 1996; MEDEL y MEDEL, 2000).

2.2.3 Características del árbol. Gevuin es un árbol que puede llegar a alcanzar una altura aproximada de 20 metros. Su floración se presenta en largos racimos de color blanco o rosado y por lo general ocurre entre los meses de Enero a Marzo (RODRÍGUEZ *et al.*, 1983). El sistema radicular de Gevuin es característico de la familia de las proteáceas, desarrollando raíces conocidas como proteiformes. Estas

constituyen un tipo de ramificación anormal que origina densos conglomerados de raicillas, dispuestos en hileras longitudinales en torno a un eje y que se forman en las raíces secundarias, después de la caída de los cotiledones (GRINBERGS *et al.*, 1987). Estos conglomerados pueden alcanzar el 75% del peso fresco total de la parte radical de una planta adulta (GONZALEZ, 1990).

En relación a la producción de semillas en avellanos provenientes de semillas, según DONOSO (1978), la producción fluctúa entre 0,32 Kg. hasta 2,0 Kg. llegando a 4,18 Kg. por árbol. Sin embargo MEDEL (2001), ha obtenido producciones desde 25 a 33 Kg. por árbol mediante plantas propagadas vegetativamente y seleccionadas por su productividad, alcanzando su peak productivo entre los 8 a 10 años de edad.

2.2.4 Características de la nuez. Posee un pericarpio (cáscara leñosa) con una coloración que varía desde verde a negro según el grado de madurez (DONOSO, 1978; RODRIGUEZ *et al.*, 1983) y este puede llegar a representar entre un 66% hasta un 70% del peso del fruto (MENDEZ, 1981; FRANCO *et al.*, 2001). En su interior, la semilla se separa en dos cotiledones comestibles de color blanco-cremoso con un diámetro de 1,0 a 1,4 cm. (DONOSO, 1978; RODRIGUEZ *et al.*, 1995; MEDEL y MEDEL, 2000), constituyendo aproximadamente el 28% y la cutícula un 6% (MENDEZ, 1981).

El crecimiento de la nuez se inicia en Octubre, comenzando a detener su desarrollo a mediados de Enero cuando el fruto alcanza el color rojo, por lo tanto la acumulación de grasas en la nuez sería entre los 20 a 30 días antes de la madurez fisiológica y cosecha (SILVA, 2002), Aconteciendo la cosecha entre los meses de Febrero, Marzo y Abril luego de la caída natural de la nuez (DONOSO, 1978; SILVA, 2002).

2.3 Usos y comercialización de la avellana.

A través del fruto de Gevuin se pueden obtener diversos productos y subproductos, entre los cuales se pueden mencionar avellanas tostadas para consumo

directo o para confitería y pastelería, avellana tostada salada y harina entera o desgrasada (KARMELIC, 1982; MEDEL y MEDEL, 2000; CASTILLO, 2002).

Para MEDEL y MEDEL (2000), este producto natural tiene una especial importancia en la industria cosmetológica, por la presencia en el ácido palmitoleico del isómero Δ^{11} ya que es poco común en otros aceites vegetales. Este isómero le da la capacidad de absorber las radiaciones bajas del espectro ultravioleta, actuando como filtro solar con una buena penetración en la piel. Esto es corroborado por la empresa PHARMOS ALOE VERA (2005), donde se detalla que entre las múltiples propiedades que posee el aceite de Gevuin, es el poder absorber las radiaciones bajas del espectro ultravioleta actuando como filtro U.V.

2.4 Composición química del fruto.

El contenido calórico de los frutos secos oscila entre 530 y 660 cal/100g por fruto. Las proteínas varían entre 10 hasta 25%, los azúcares entre 5 a 20% y los lípidos entre 50 a 60% (SAVAGE, 2000; SOLA y MASANA, 2002). En cuanto a la composición lipídica, son pobres en ácidos grasos saturados (5 a 8%), pero ricos en ácidos grasos insaturados diferenciándose en dos grupos: aquellos que poseen altos contenidos de monoinsaturados (en particular el ácido oleico), y los que ostentan elevadas cantidades de poliinsaturados (en especial ácido linoleico) (SOLÀ y MASANA, 2002).

Para FIDANZA (2002), los frutos secos en general presentan valores bajos en el contenido de macronutrientes y en el contenido de la fibra dietética, siendo principalmente insoluble.

En el Cuadro 2 se presenta la composición nutricional de algunos frutos secos consumidos en el mundo.

CUADRO 2 Composición nutricional de algunos frutos secos.

Composición	¹ almendra	¹ Avellano europeo	¹ Pistacho	¹ Macadamia	³ Gevuin
Agua (g/100g)	4,7	5,8	5,3	3,0	2,10
Proteína (g/100g)	18,6	12,6	19,3	7,8	12,70
Lípidos (g/100g)	54,2	62,4	53,7	71,6	50,20
Carbohidratos (g/100g)	19,5	16,7	19,0	15,9	22,65
Cenizas (g/100g)	3,0	2,5	2,7	1,7	3,35
Fibra (g/100g)	2,6	3,0	1,9	2,5	4,80
Energía (Cal/100g)	594	634	594	691	608
<u>Minerales</u>					
K (mg/100g)	773	704	972	603	332,1
Fe (mg/100g)	4,7	3,4	7,3	2,0	3,9
Ca (mg/100g)	234	209	131	48	209
P (mg/100g)	504	337	500	161	93
Na (mg/100g)	4	2	-	264,2	-
<u>Vitaminas</u>					
Tiamina (mg/100g)	0,24	0,46	0,67	0,34	
Riboflavina (mg/100g)	0,92	0,46	0,67	0,34	
Niacina (mg/100g)	3,5	0,9	1,4	1,3	
² Vit A (mg/100g)	1	30	43	-	
² Vit C (mg/100g)	0	4	2	-	
² Vit E (mg/100g)	26	15	4	-	

¹ Adaptado de SAVAGE (2000)

² Adaptado de FIDANZA (2002)

³ Adaptado de MEDEL (2005)

Es posible apreciar el importante contenido de lípidos, dentro de los cuales se encuentran contenidos los ácidos grasos que caracterizan una de las principales propiedades benéficas de los frutales de nuez (SAVAGE, 2000; SOLA y MASANA, 2002).

En relación a los aminoácidos presentes, el más limitante en los frutos secos es la lisina, predominando el ácido glutámico, arginina y aspartico, además de presentar en las almendras y Avellano europeo altos niveles de vitamina E (FIDANZA, 2002).

En el estudio realizado por MEDEL (2005), se obtuvo en el contenido proximal químico y mineral en clones de Gevuin una alta variabilidad y claras diferencias entre

los clones, excepto en el calcio. Estos resultados fueron similares a los obtenidos en otras especies. Entre los valores proximales más importantes, está el contenido total de aceite (45,2 hasta 55,2%), energía (535 a 680 cal) y proteína cruda (10,9 a 14,4%).

Además, según lo señalado por Villarroel *et al.* (1987) citado por MEDEL (2005), determinó que en los aminoácidos de la harina desgrasada de Gevuin, se encontraron altos contenidos de ácido glutámico, aspártico y arginina, siendo el aminoácido limitante la lisina.

2.5 Aceites vegetales

Se pueden clasificar de acuerdo a su origen, en aceites marinos (que se componen de una gran variedad de ácidos grasos insaturados), aceites animales y aceites vegetales (KIRSCHENBAUER, 1964).

Los aceites son predominantemente triésteres de ácidos grasos y glicerol, llamados comúnmente triglicéridos. Son insolubles en agua y solubles en la mayoría de los solventes orgánicos, también son menos densos que el agua y a temperatura ambiente poseen una consistencia líquida (BELITZ y GROSCH, 1988; WOLFE, 1996; ZILLER, 1996).

Los aceites vegetales se encuentran en las semillas y en los frutos, aunque también existen en las raíces, ramas y hojas de las plantas (KIRSCHENBAUER, 1964). Son extraídos de semillas oleaginosas y frutos usándose principalmente como aceites comestibles, aceites para freír y para la preparación de margarinas (CHEFTEL y CHEFTEL, 1992).

2.5.1 Ácidos grasos. Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos con cadenas hidrocarbonadas que contienen entre 4 hasta 36 carbonos. En algunos ácidos grasos, estas cadenas están totalmente saturadas (no tienen dobles enlaces) y no ramificadas. Otras cadenas contienen uno o más dobles enlaces y en algunos casos contienen hasta

tres anillos de carbono o grupos hidroxilos (LEHNINGER *et al.*, 1993; NELSON y COX, 2000).

Para WOLFE (1996), los ácidos grasos en los seres vivos son generalmente ácidos carboxílicos no ramificados, saturados o insaturados. Además, según BELITZ y GROSCH (1988), existen ácidos grasos lineales típicos en los ácidos grasos saturados y moléculas con dobles enlaces entre dos átomos de carbono, típicos en los ácidos grasos insaturados.

2.5.1.1 Ácidos grasos saturados. Son todos aquellos que contienen solamente enlaces carbono-carbono simples siendo los menos reactivos químicamente (ZILLER, 1996; FIGUEROA y VERA, 1986), y exceptuando el grupo carboxílico, todas las demás posiciones están ocupadas por átomos de hidrógeno (ACHAYA, 1978).

2.5.1.2 Ácidos grasos insaturados. Son todos aquellos que poseen uno o más dobles enlaces carbono-carbono. Esta formación de doble enlace puede producirse por una isomerización estereoquímica, que se encuentra en los dos lados de la doble valencia. Este doble enlace, puede estar al mismo lado de la doble valencia (cis) o en lados opuestos (trans) (ACHAYA, 1978).

2.5.1.2.1 Ácidos grasos monoinsaturados. Es una isomerización estereoquímica que se denomina monoinsaturado o monoénico cuando sólo se presenta un doble enlace (ZILLER, 1996; FIGUEROA y VERA, 1986). Entre los ácidos grasos que se encuentra en mayores cantidades tenemos al ácido oleico ($C_{18:1} \Delta^9$) como en el aceite de Pecan (*Carya illinoensis*) (WAKELING *et al.*, 2001). Esto se repite en otros frutales de nuez como en Gevuin (BERTOLI *et al.*, 1998; ROMERO *et al.*, 2004; MEDEL y CARRILLO, 2005) y también en Avellano Europeo (*Corylus avellana* L.) (ALASALVAR *et al.*, 2003).

Además, en el aceite de Gevuin se han encontrado cantidades importantes de un isómero posicional raro, principalmente de la familia n-5. Estos ácidos grasos aunque son producidos por varios microorganismos no se encuentran ampliamente en las plantas. Su fórmula es $C_{16:1} \Delta^{11}$, el cual se ha descubierto en algunos aceites de semilla de proteaceae (BERTOLI *et al.*, 1998) y en aceites de origen marino (VILLARROEL *et al.*, 1989). Su efecto en la dieta como grasas dietéticas de estos ácidos grasos raros es poco conocido (BERTOLI *et al.*, 1998). Además para VICKERY (1971) y MASSON y MELLA (1985) el ácido hexadecanoico ($C_{16:1}$) adquiere una gran importancia en el aceite de Gevuin por su elevado contenido en el perfil lipídico, y al ser un compuesto poco frecuente en el reino vegetal, siendo privilegiadas las especies que lo poseen.

2.5.1.2.2 Ácidos Grasos poliinsaturados. Son aquellos ácidos grasos que poseen más de un doble enlace carbono-carbono (ZILLER, 1996; FIGUEROA y VERA, 1986).

Se ha demostrado que los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga son esenciales, ya que no pueden ser sintetizados por el ser humano. Entre estos tenemos el ácido linoleico, α -linolénico y el araquidónico, pudiendo ser este último sintetizado a partir del ácido linolénico (ZILLER, 1996).

Esta importancia de la esencialidad del ácido linoléico ($C_{18:2}$ n-6) y el α -linolénico ($C_{18:3}$ n-3), según ACHAYA (1978) y WISEMAN (1984), radica en la incapacidad de los animales de poder insertar enlaces dobles en las posiciones n-6 y n-3, además de ser indispensable para el crecimiento de todos los tejidos.

Para BRENNER (1993) y UAUY (1994), el rol fundamental que juegan las series omega-6 (n-6) y omega-3 (n-3) es el estar actuando como componentes estructurales de membranas, como precursores hormonales, actuando sobre la agregación plaquetaria, liberación de citoquinas, desarrollo fetal normal, desarrollo de

la retina, del cerebro y de otros mediadores inmunológicos. Además ayuda a bajar el colesterol total y el colesterol LDL, especialmente con el ácido linoleico (UAUY, 1994).

2.5.1.3 Propiedades de los ácidos grasos. Al sustituir productos ricos en ácidos grasos saturados por frutos secos ricos en ácidos grasos insaturados, la dieta mantiene idéntica energía pero se favorece la reducción del colesterol plasmático, en consecuencia se favorece la protección frente a las enfermedades cardiovasculares, resultando ser esencial en la prevención y en el tratamiento de las enfermedades cardiovasculares. De ahí el enorme interés existente por los productos ricos en ácidos grasos insaturados como los frutos secos, que facilitan una dieta orientada a reducir el colesterol total y el colesterol de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) (SOLA y MASANA, 2002).

Se ha demostrado que la ingesta de nueces se asocia a un descenso del colesterol LDL en un 15%, aunque también se produce un discreto descenso de HDL provocando que la relación LDL/HDL muestra un cambio favorable. Esto origina que la ingesta de 25gr diarios de Avellanas Europeas durante dos meses, induce un descenso del colesterol total y LDL sin modificar la HDL ni los triglicéridos (MASANA, 2002).

Según MEDEL y MEDEL (2000), el aceite de Gevuin es el que posee un menor contenido de ácidos grasos saturados entre los aceites comestibles. Posee un alto contenido de ácido palmitoleico el cual es poco común en otros aceites vegetales, esto le da un gran valor como un producto cosmético/farmacéutico. Además puede absorber las radiaciones bajas del espectro ultravioleta, actuando como filtro solar con una buena penetración en la piel, por lo que la cosmetología tiene un producto natural de gran interés.

2.6 Características y composición química del aceite de Gevuin.

KARMELIC (1982), observó que en Gevuin prima la presencia de ácidos no saturados con uno, dos o tres dobles enlaces, representando el 93% aproximadamente del total de ácidos grasos. Esto es corroborado por BERTOLI *et al.* (1998), ya que para

este autor la composición del aceite de Gevuin contiene un elevado nivel de ácidos grasos monoinsaturados, con una gran cantidad de isómeros posicionales.

En el Cuadro 3 se pueden observar diferentes análisis sobre la constitución de los ácidos grasos en el aceite de Gevuin, apreciándose una identificación y cuantificación porcentual. Se muestra un alto valor de los monoinsaturados, los cuales junto con los ácidos grasos esenciales (linoleico y linolénico) representan un gran potencial para la industria de aceites comestibles, cosmetológica, farmacológica y nutricional (MEDEL y MEDEL. 2000).

CUADRO 3 Ácidos grasos presentes en el aceite de Gevuin.

Ácidos grasos	Masson y Mella (1985) (%)	Karmelic (1982) (%)	Bertoli <i>et al.</i> (1998) (%)	
C _{12:0} Laurico	Trazas			
C _{14:0} Mirístico	Trazas			
C _{16:0} Palmítico	1,80	1,80	1,90	
C _{18:0} Esteárico	0,80	0,05	0,50	
C _{20:0} Eicosanoico	1,60	1,30	1,40	
C _{22:0} Docosanoico	2,00	3,10	2,20	
C _{24:0}			0,50	C _{24:0}
Total Saturados	6,20		6,50	
C _{16:1} Palmitoleico	24,00	27,60	22,70	C _{16:1} Δ ¹¹
C _{18:1} Oleico	40,00	39,80	39,40	C _{18:1} Δ ⁹
C _{20:1} Licosaenoico	7,30		6,20	C _{18:1} Δ ¹²
C _{22:1} Docosaenoico	9,80		3,10	C _{20:1} Δ ¹¹
			6,60	C _{20:1} Δ ¹⁵
			7,90	C _{22:1} Δ ¹⁷
			1,60	C _{22:1} Δ ¹⁹
Total monoinsaturado	81,10		87,50	
C _{18:2} n-6 Linoléico	8,50	6,90	5,60	C _{18:2} Δ ^{9,12}
C _{18:3} n-3 Linolénico	2,60	10,10	0,10	C _{18:3}
Total poliinsaturados	11,10		5,70	
			0,30	otros

FUENTE: MEDEL y MEDEL. (2000)

Para VILLARROEL *et al.* (1989), el aceite de Gevuin se puede clasificar como un producto de buena calidad y estabilidad frente al proceso de enranciamiento,

producto de la baja concentración de ácido linolénico. Además KARMELIC (1982), dice que el aceite de Gevuin posee una buena recepción como producto nutricional para el consumo humano, especialmente por su contribución a impedir la formación de colesterol. En el caso de BERTOLI *et al.* (1998), sugiere que el principal potencial agroindustrial de este producto lo constituye la obtención para consumo humano o uso cosmetológico. Además para HALLOY *et al.* (1996), desde este fruto es posible extraer un aceite de alta calidad cuyo sabor es comparable al que ostenta el cotizado aceite de oliva.

2.7 Extracción de aceites.

El aceite se encuentra en las células vegetales como material nutritivo de reserva como en el caso de oleaginosas (FELLOWS, 1994). SCHMIDT-HEBBEL (1981), expresa que también el aceite se puede encontrar en la pulpa de los frutos (olivos) o en el germen de diferentes cultivos (aceites de maíz y arroz).

Las semillas que contienen aceite, se presan o se mezclan con un disolvente que extrae el aceite pero no los otros componentes de las semillas (EARLE, 1988). En el caso de la extracción por extrucción en frío FELLOWS (1994), señala que este método permite una separación selectiva en la cual se retiene la fase extractada, pero rechazándose el residuo resultante sobre el cual se puede aplicar una segunda extracción por disolventes. KARMELIC (1982), recomienda realizar una extracción combinando estos dos métodos, obteniendo un rendimiento del 98% de la extrusión.

2.7.1 Extracción de aceites por extrusión en frío. FELLOWS (1994), señala que es un proceso mecánico en la cual la temperatura no debe sobrepasar los 60°C, mejorando el rendimiento de la extracción, gracias a la reducción de la viscosidad en el aceite liberándolo de las células intactas y eliminando el agua. Además, el agua que contiene el producto actúa como un lubricante de la pulpa durante el prensado, reduciendo la presión y aumentando el rendimiento del proceso, por lo tanto para un rendimiento

máximo va a depender de cada tipo de semilla oleaginosa, existiendo un contenido óptimo de agua en la pulpa.

Además, se debe tener en cuenta que en el proceso de extracción de aceite desde el cotiledón de Gevuin, se quiere obtener una alta recuperación de aceite y alta calidad desde el punto de vista de rancidez y pureza, siendo necesario optimizar las etapas previas como también las etapas posteriores a la extracción (FUENTES, 2004).

Para el mismo autor (FUENTES, 2004), estudiando tres factores (granulometría, humedad y presión de extrusión) que pueden influir en la extracción del aceite, se concluyó que el factor más preponderante en el proceso de extracción era la humedad, seguido por el diámetro de abertura utilizado en la prensa. En cuanto a la granulometría este factor no influía en el resultado final. Bajo este criterio se recomienda trabajar con avellanas que contengan un menor contenido de humedad (VILLARROEL *et al.*, 1989; FUENTES, 2004) para obtener una mayor cantidad de aceite en desmedro de un menor contenido de harina (VILLARROEL, *et al.*, 1989), estableciendo FUENTES (2004), el contenido óptimo de humedad en 5,5%, y con un diámetro menor de abertura de mallaje (0,05mm).

3 MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Ubicación geográfica y época de cosecha.

La cosecha de nueces en los nueve clones de Gevuin se realizó durante los primeros 15 días de Marzo del año 2004, en el arboretum frutal de la Estación Experimental Santa Rosa de la Universidad Austral de Chile, ubicada en el paralelo 39° 14' 55" y 73° 15' 15" de latitud sur, a una altura de 12 m.s.n.m.

El clima del lugar es templado-húmedo con influencia marítima presentando isotermas anuales de 11° y 12°C. Las precipitaciones alcanzan como promedio 2.200 a 2.700 mm de agua caída en un periodo de 184 días (NISSEN, 1974, MEDEL, 1987). El suelo es trumao perteneciente a la serie Valdivia la cual se caracteriza por los altos niveles de materia orgánica y pH subácidos (NISSEN, 1974; MEDEL, 1988).

3.2 Material vegetal y manejo.

Las nueces utilizadas pertenecen a los clones: SAR 04, SAR 26, SAR 37, SAR 48, SAR 59, SAR 69, SAR 71, SAR 80 y SAR 93, los cuales son parte de un estudio de germoplasma y que han sido seleccionados por presentar interesantes características estructurales y de producción de frutos.

La edad de las plantas seleccionadas era de 17 años (2004) al momento de la cosecha de los frutos. Estas plantas crecieron en forma natural sin aplicación de pesticidas, fertilizantes y riego. No fueron sometidas a ningún tipo de manejo a excepción de una siega del pasto en el momento previo de la cosecha, la cual se realizó en forma manual desde el suelo.

3.3 Cosecha de las nueces.

La toma de muestras se realizó al azar en el momento de la madurez de los frutos durante los primeros 15 días de Marzo, cosechando aproximadamente 12 Kg. por planta y separadas en 2 muestras de 6 Kg. c/u. Las nueces recolectadas se mantuvieron en bolsas de papel en una cámara de frío a $\pm 4^{\circ}\text{C}$ de temperatura.

3.4 Extracción y determinación de los ácidos grasos.

La extracción del aceite se efectuó en la Empresa TERRASOL Ltda., ubicada en la ciudad de Pucón. Posteriormente los análisis químicos del aceite se realizaron, en el Laboratorio de Química Ambiental del Instituto de Química y en el Laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias, en la Universidad Austral de Chile durante los meses de Agosto del 2004 hasta Julio del 2005.

Para caracterizar el perfil lipídico de la nuez de Gevuin se manejaron los métodos que se señalan a continuación.

3.4.1 Extracción del aceite. La extracción del aceite se realizó en la Empresa TERRASOL Ltda., y el método utilizado para la extracción de aceite consistió en:

- a) Extraer el pericarpio en una máquina peladora.
- b) Reducir la humedad del cotiledón en horno (24°C) por 48 hrs., obteniendo una humedad final de 7%.
- c) Someter el cotiledón a una extrucción en frío empleando una prensa marca ABC CHANSEN para obtener un aceite virgen, realizándose en este proceso un primer filtrado utilizando un filtro malla.
- d) El segundo filtrado se realizó en el Laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Sanidad Vegetal de la Universidad Austral de Chile empleando un papel filtro whatmann N° 2.

3.4.2 Preparación de muestras: Las muestras de aceite de Gevuin se prepararon con el método de Transesterificación neutra (PALMA Y CRISTI, 1994) el cual consiste en:

- a) Pesar 100 mg. de la muestra de aceite de Gevuin.
- b) Agregar 1 ml de metanol-benceno 3:2 y 1 ml de cloruro acetilo-metanol 5:100.
- c) Calentar la mezcla a baño María (100°C) por 15 minutos, obteniendo una fase orgánica y una fase acuosa.
- d) Agregar 1 ml de agua y 1 ml de hexano para separar la fase orgánica de la fase acuosa.
- e) Concentrar la fase orgánica a 0,5 ml con nitrógeno gaseoso y tomar 2 µl para la inyección en el Cromatógrafo de Gas-Líquido.

3.4.3 Análisis de las muestras. El primer método utilizado fue la cromatografía de gas-líquido (GLC) y el segundo método fue la cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG/MS), que se pasan a describir a continuación:

3.4.3.1 Cromatografía de Gas-Líquido (GLC). Esta primera fase se realizó en el Laboratorio de Química Ambiental del Instituto de Química de la Universidad Austral de Chile. Consistió en la utilización de GLC para determinar los isómeros y ácidos grasos presentes en el aceite de Gevuin, utilizando como muestras los ésteres metílicos obtenidos del aceite de Gevuin.

Con respecto a las condiciones de operación para la detección en GLC fueron: La temperatura del Inyector fue de 270°C, el flujo de columna fue de 17 psi, el volumen de inyección de 2 µl, la temperatura del horno de 190°C con programa isotérmico y el gas portador fue el N₂, como se puede observar en el Cuadro 4.

CUADRO 4 Condiciones para el análisis por cromatografía (GLC) de aceite de Gevuin.

Ácidos Grasos (Metil-ésteres)	
Cromatógrafo	Modelo Perkin-Elmer Autosystem, y un computador PE NELSON MODEL 1022.
Columna capilar ^o	CP-select CB for FAME silica fundida WCOT de 50m*0,25mm d.i
Temperatura del horno	190°C con programa isotérmico
Temperatura inyector	270°C
Tiempo de duración	50 min
Presión de la columna	17 psi
Volumen de inyección	2 µl
Detector	Detector de ionización de llama (FID)
Gases ocupados	N (gas portador), H y aire (gases de detección)

3.4.3.2 Cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa (CG/MS). Esta segunda etapa que se utilizó, se realizó en el Laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile. Consistió en la utilización de CG/MS para reconocer algunos ácidos grasos que no fueron identificados con GLC, utilizando como muestras los ésteres metílicos obtenidos a partir del aceite de Gevuin.

Las condiciones de operación para la detección en CG/MS fueron: La temperatura del Inyector fue de 250°C, el flujo de la columna constante de 0,8 mL/min, la inyección de 0,5 µl en modo split y como gas portador el He, como se observa en el Cuadro 5.

CUADRO 5 Condiciones para el análisis por Cromatografía Gaseosa acoplada a Espectrometría de Masa (CG/MS) para el aceite de Gevuin.

Ácidos Grasos (Metil-ésteres)	
Cromatógrafo	Cromatógrafo de gases marca Varian, modelo CP-3800, con inyector automático marca Varian modelo CP-8400, acoplado a un espectrómetro de masa marca Varian, modelo SATURN 2200 GC/MS.
Columna capilar	VF-23 ms CG/MS (60 m de largo 0,25 mm de diámetro interno)
Temperatura inyector	250 °C
Tiempo de duración	55,33 min
Flujo de la columna	0,8 ml/min
Volumen de inyección	0,5 µl
Detector	Espectrómetro de masa
Gases ocupados	He (gas portador)

Con respecto al programa de temperatura del horno, las condiciones de operación fueron con temperaturas de columna programada con un tiempo de espera de 5 minutos, al alcanzar una temperatura inicial de 148°C. Luego, la razón de incremento fue de 3°C/min hasta los 155°C; en seguida, la razón de aumento de la temperatura fue de 5°C/min, hasta alcanzar una temperatura de 220°C, como se observa en el Cuadro 6.

CUADRO 6 Programa de temperatura del horno de columna para el aceite de Gevuin.

Temperatura (°C)	Tasa (°C/min)	Tiempo de espera (min)	Total (min)
148	0	5	5
155	3,0	0	7,33
220	5,0	35	55,33

3.5 Observaciones y mediciones.

Se evaluó el contenido y tipo de los ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados), índice de insaturación, y los isómeros presentes se caracterizaron en el aceite extruído en frío para cada clon de Gevuin.

3.5.1 Ácidos grasos. Se cuantificaron a través de porcentajes (%) de ácidos grasos de esteres metílicos (FAME) representándose los ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y sus isómeros.

3.5.2 Índice de insaturación. El índice de insaturación es una relación (cuociente) entre ácidos grasos insaturados (monoinsaturados y poliinsaturados) y el total de ácidos grasos saturados.

3.6 Diseño experimental.

El diseño experimental es de tipo jerárquico y completamente al azar, con once tratamientos (clones) y con dos repeticiones por cada tratamiento. Las fuentes de variación fueron los ácidos grasos presentes (saturados, monoinsaturados y poliinsaturados), sus isómeros y el índice de insaturación.

3.7 Análisis estadístico.

El programa computacional utilizado para los análisis y las pruebas estadísticas fue Statgraphics 2.0. Previo al análisis de varianza se transformaron los datos que se encontraban expresados en porcentajes, para ello se utilizó la fórmula de Bliss (1.3):

$$x' = \text{sen}^{-1} \left[\sqrt{\frac{x}{100}} \right] \quad (1.3)$$

Para comprobar la homogeneidad de las varianzas de los datos originados, se realizaron los test estadísticos de Cochran's y Bartlett (desviación estándar), con un nivel de significancia de 1%. Posteriormente los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANDEVA) y a una comparación de medias a través del test Tukey DHS ($p \leq 0,05$) (LITTLE, 1976).

4 PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan y se discuten los resultados en relación al contenido de los ácidos grasos, isómeros y la relación insaturación/saturación en el aceite extruído en frío cotiledonar de nueve clones de Gevuin.

4.1 Cantidad y variabilidad de los ácidos grasos saturados.

En este caso como también en los análisis a realizar posteriormente (monoinsaturados y poliinsaturados), se analizaran los resultados respecto del total de los ácidos grasos y dependiendo de cada caso, los ácidos grasos en particular y los isómeros que presentan diferencias entre los clones.

4.1.1 Ácidos grasos saturados totales. En el Cuadro 7 se observa la presencia de diferencias genotípicas entre los clones estudiados, presentando el total de los ácidos grasos saturados un rango entre 6,77% (clon 93) hasta 7,47% (clon 71). Esta variación clonal que se señala en este trabajo ya fue establecida con anterioridad por MEDEL y CARRILLO, (2005), manteniéndose además las diferencias entre clones en estos dos estudios. Sin embargo, los valores absolutos se muestran un tanto diferentes entre el actual estudio respecto a lo realizado por MEDEL y CARRILLO, (2005), probablemente por:

1. Técnica de extracción diferente (Extrusión en frío en el presente trabajo y extracción por solventes orgánicos en el estudio realizado por MEDEL y CARRILLO, (2005)).
2. Efecto del año que tiene relación con la síntesis de la materia grasa influenciada por el clima y el estrés hídrico (MEDEL y CARRILLO, 2005).

CUADRO 7 Variación de los ácidos grasos saturados en nueve clones de Gevuin (%FAME).

Clones SAR	Total Saturados
93	6,77 a
59	6,83 ab
80	6,88 bc
26	6,91 cd
48	6,92 cd
69	6,99 d
37	7,19 e
04	7,26 e
71	7,47 f

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

El valor promedio de los ácidos grasos saturados en el presente estudio es de 7,02%. Este resultado es cercano a lo obtenido por KARMELIC (1982) (7,0%) y MEDEL y CARRILLO (2005) (7,52%), pero diferente a los trabajos realizados por MASSON y MELLA (1985) (6,2%), BERTOLI *et al.* (1998) (6,5%) y ROMERO *et al.* (2004) el cual obtuvo un 9,4%.

Es necesario explicitar que en los estudios relacionados con la materia (KARMELIC, 1982; MASSON y MELLA, 1985; BERTOLI *et al.*, 1998; ROMERO *et al.*, 2004) no se conoce el origen de la nuez en relación a las características del suelo, clima, tipo de planta, magnitud del modelo y tipo de modelo, ello otorga un sesgo particular a esta información la cual podría adolecer de importantes errores. Por otra parte, los datos que se presentan en este estudio y en el trabajo realizado por MEDEL y CARRILLO (2005) son parte de un programa de mejoramiento genético y productivo de Gevuin a través de los años, a partir de un material seleccionado por sus características físicas de la nuez y de rendimientos.

4.1.2 Ácidos grasos en particular. En el Cuadro 8 se presenta el contenido clon a clon de los ácidos grasos saturados presentes en este estudio, procediéndose a realizar un

breve análisis de los ácidos grasos considerados como trazas. Entre los elementos trazas presentes, se tiene el ácido Cáprico ($C_{10:0}$), Láurico ($C_{12:0}$), Mirístico ($C_{14:0}$), Heneicosanoico ($C_{21:0}$) y Tricosanoico ($C_{23:0}$), los cuales se encontraron en cantidades que no superan el 0,1%, los que los caracterizan como elementos trazas.

CUADRO 8 Contenido de ácidos grasos saturados en nueve clones de Gevuin (%FAME).

Clones SAR	** $C_{10:0}$	** $C_{12:0}$	** $C_{14:0}$	* $C_{16:0}$	* $C_{18:0}$	* $C_{20:0}$	** $C_{21:0}$	* $C_{22:0}$	** $C_{23:0}$	* $C_{24:0}$
04	0,04	0,06	0,06	2,07	0,51	1,49	0,08	2,45	0,02	0,48
26	0,02	0,05	0,05	1,95	0,49	1,43	0,06	2,36	0,01	0,48
37	0,03	0,09	0,06	2,12	0,56	1,54	0,06	2,25		0,47
48	0,06	0,03	0,06	2,07	0,50	1,41	0,07	2,20	0,02	0,50
59	0,09	0,04	0,06	2,00	0,49	1,40	0,02	2,21	0,02	0,49
69	0,07	0,03	0,06	2,10	0,51	1,44	0,08	2,20		0,49
71	0,06	0,04	0,07	2,18	0,55	1,58	0,06	2,44		0,51
80	0,01	0,06	0,06	2,07	0,47	1,41	0,08	2,24		0,47
93	0,02	0,08	0,06	1,89	0,42	1,30	0,06	3,38	0,04	0,53

*Existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$)

**< a 0,1% se consideran elementos trazas.

La importancia de la presencia de $C_{10:0}$, $C_{21:0}$ y $C_{23:0}$ aún siendo elementos trazas (< a 0,1%), es por la nula figuración de estos compuestos en la constitución lipídica de los estudios realizados con anterioridad sobre Gevuin.

En cuanto al $C_{12:0}$, este compuesto fue identificado por MASSON y MELLA (1985) como traza. Con respecto al $C_{14:0}$, MASSON y MELLA (1985), ROMERO *et al.* (2004) y MEDEL y CARRILLO (2005) también lo identificaron como traza.

4.1.3 Ácido Palmítico ($C_{16:0}$). En el Cuadro 9 se observa la presencia de variaciones entre los clones, cuyo rango esta entre 1,89% (clon 93) hasta 2,18% (clon 71).

CUADRO 9 Variación de C_{16:0} en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	C _{16:0}
93	1,89 a
26	1,95 a b
59	2,00 a b c
48	2,07 a b c
80	2,07 b c
04	2,07 b c
69	2,10 b c
37	2,12 b c
71	2,18 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

El contenido promedio de C_{16:0} en el presente estudio fue de 2,05%; éste resultado es cercano a lo descrito por MEDEL y CARRILLO (2005) (1,89%), KARMELIC (1982) y MASSON y MELLA (1985) con 1,8% respectivamente y BERTOLI *et al.* (1998) con 1,9%, pero se aleja de lo registrado por ROMERO *et al.* (2004) con un 2,3%.

4.1.4 Ácido Esteárico (C_{18:0}). En el Cuadro 10 se observa la presencia de variaciones entre los clones, fluctuando los contenidos entre 0,42% (clon 93) hasta 0,56% (clon 71).

CUADRO 10 Variación de C_{18:0} en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	C _{18:0}
93	0,42 a
80	0,47 b
59	0,49 bc
26	0,49 bc
48	0,50 bc
04	0,51 c
69	0,51 c
71	0,55 d
37	0,56 d

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

El contenido medio de C_{18:0} en este estudio es de 0,5%. Este valor es similar a lo descrito por varios autores, tales como KARMELIC (1982) y BERTOLI *et al.* (1998). Además, otros investigadores como MASSON y MELLA (1985) y MEDEL y CARRILLO (2005) detectaron valores entre 0,8 y 0,71%. Sin embargo la media de este estudio es inferior a lo reportado por ROMERO *et al.* (2004) que identificó un 1,7% para este compuesto.

4.1.5 Ácido Araquídico (C_{20:0}). En el Cuadro 11 se observa que el C_{20:0} presenta una variación clonal, con un rango entre 1,30% (clon 93) hasta 1,58% (clon 71).

CUADRO 11 Variación de C_{20:0} en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	C _{20:0}
93	1,30 a
59	1,40 b
80	1,41 b
48	1,42 b
26	1,43 b
69	1,44 bc
04	1,49 cd
37	1,54 de
71	1,58 e

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

El promedio de C_{20:0} en este estudio es de 1,45%. Este valor se ubica en el rango descrito por BERTOLI *et al.* (1998) con un 1,4%. Asimismo, otros investigadores como MASSON y MELLA (1985) y MEDEL y CARRILLO (2005) detectaron valores de 1,6 y 1,67% respectivamente. Sin embargo, la media de este estudio es inferior a lo encontrado por ROMERO *et al.* (2004) quien identificó un 2,0%.

4.1.6 Ácido Behénico (C_{22:0}). En el Cuadro 12 se observa que el contenido de C_{22:0} presento una variación clonal, cuyo rango estuvo entre 2,20% (clon 69) hasta 2,45% (clon 04).

CUADRO 12 Variación de C_{22:0} en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	C _{22:0}
69	2,20 a
48	2,20 a
59	2,21 a
80	2,24 ab
37	2,26 ab
26	2,36 bc
93	2,38 bc
71	2,44 c
04	2,45 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

La media en el C_{22:0} en el actual estudio es de 2,31%. Este resultado es cercano a lo registrado por MASSON y MELLA (1985) (2,0%) y BERTOLI *et al.* (1998) (2,2%), pero inferior a lo señalado por KARMELIC (1982) (3,1%), ROMERO *et al.* (2004) (2,8%) y MEDEL y CARRILLO (2005) con un 2,68%.

4.1.7 Ácido Lignocérico (C_{24:0}). En el Cuadro 13 se observa que el C_{24:0} presenta diferencias entre los clones, con un rango de 0,47% (clon 37) hasta 0,53% (clon 93).

CUADRO 13 Variación de C_{24:0} en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	C _{24:0}
80	0,47 a
37	0,47 a
26	0,48 a
04	0,48 ab
69	0,49 ab
59	0,49 ab
48	0,50 ab
71	0,51 ab
93	0,53 b

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

Con respecto al C_{24:0} la media es de 0,49%. Ahora, las investigaciones realizadas sobre Gevuin sólo las más recientes han identificado este compuesto con similares resultados al promedio de este estudio (BERTOLI *et al.* (1998) 0,5%; ROMERO *et al.* (2004) 0,6% y MEDEL y CARRILLO (2005) 0,53%).

4.2 Cantidad y variabilidad de los ácidos grasos poliinsaturados.

Se procederá a discutir los resultados respecto del total de los ácidos grasos poliinsaturados, y dependiendo de cada caso, los compuestos isoméricos que presenten diferencias entre los clones.

4.2.1 Ácidos grasos poliinsaturados totales. En el Cuadro 14 se observa que en el actual estudio el total de los ácidos grasos poliinsaturados presentan diferencias entre los clones estudiados, cuyo rango se ubica entre 8,45% (clon 26) hasta 9,74% (clon 71).

CUADRO 14 Variación de los ácidos grasos poliinsaturados en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	Total Poliinsaturados
26	8,45 a
80	8,57 ab
59	8,69 ab
04	8,82 b
37	8,82 b
69	9,15 c
93	9,31 c
48	9,35 c
71	9,74 d

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

La media obtenida en el total de los ácidos grasos poliinsaturados en el estudio que se presenta fue de 8,99%. Con respecto a los valores expuestos por otros autores, estos fluctúan entre un 17% (KARMELIC, 1982), 11,1% (MASSON y MELLA, 1985), 5,7% (BERTOLI *et al.*, 1998), 6,6% (ROMERO *et al.*, 2004) y 7,22% (MEDEL y

CARRILLO, 2005). Como se puede apreciar, el más cercano a la media del actual estudio es el trabajo realizado por MEDEL y CARRILLO, (2005).

4.2.2 Ácidos grasos en particular. En el Cuadro 15, se exhiben los ácidos grasos poliinsaturados presentes en este estudio, procediéndose a realizar un breve análisis de los ácidos grasos considerados como trazas. Entre estos elementos, tenemos el ácido linoleico ($C_{18:2}$ ni) y el eicosadienoico ($C_{20:2} \Delta^{11, 14}$) los cuales se encuentran presentes como elementos trazas en la constitución lipídica de Gevuin.

CUADRO 15 Contenido de ácidos grasos poliinsaturados en nueve clones de Gevuin (%FAME).

Clones SAR	** $C_{18:2}$ ni	* $C_{18:2} \Delta^{9, 12}$	* $C_{18:3} \Delta^{9, 12, 15}$	** $C_{20:2} \Delta^{11, 14}$
04	0,01	8,68	0,11	0,02
26	0,01	8,28	0,12	0,04
37	0,02	8,63	0,14	0,03
48	0,02	9,14	0,15	0,04
59	0,02	8,53	0,13	0,02
69	0,01	8,94	0,15	0,06
71	0,01	9,57	0,13	0,03
80	0,01	8,42	0,13	0,02
93		9,15	0,13	0,04

* Existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$)

** < a 0,1% se consideran elementos trazas.

ni (isómero no identificado)

En relación a la presencia de $C_{20:2} \Delta^{11, 14}$, no hay antecedentes en Gevuin en el cual se haya identificado este compuesto mediante el método de extrusión en frío. Sin embargo CARRILLO (2004), identificó este ácido graso con una media de 1,82% a partir del aceite extraído del pericarpio (cáscara leñosa de la nuez). Además, el autor hace referencia a la ausencia de este ácido graso en el aceite extraído del cotiledón sin cutícula. Bajo la observación anterior, cabe destacar que el aceite de esta investigación fue obtenido por una extrusión en frío del cotiledón y su cutícula, sin la utilización del pericarpio el cual fue extraído antes de procesar. Por lo tanto, la presencia en el perfil

lipídico de $C_{20:2} \Delta^{11, 14}$ (como también de $C_{18:2}$ ni), puede estar originada por la presencia de la cutícula en el cotiledón al momento de la extracción. Esto puede originar la tesis de que estos compuestos sean parte de la cutícula y por tanto enriquecer el perfil lipídico.

4.2.3 Ácido Linoleico ($C_{18:2} \Delta^{9, 12}$). En el Cuadro 16 se observa la presencia de diferencias entre los clones, con un rango entre 8,28% (clon 26) hasta 9,57% (con 71).

CUADRO 16 Variación de $C_{18:2} \Delta^{9, 12}$ en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	$C_{18:2} \Delta^{9, 12}$
26	8,28 a
80	8,42 a
59	8,53 ab
37	8,63 ab
04	8,68 ab
69	8,94 abc
48	9,14 bc
93	9,15 bc
71	9,57 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

El contenido medio en este estudio es de 8,82%, cercano a lo registrado por MASSON y MELLA (1985) (8,5%) y MEDEL y CARRILLO (2005) (7,63%). En cuanto a lo realizado por ROMERO *et al.* (2004), BERTOLI *et al.* (1998) y KARMELIC (1982), sus resultados fueron menores con promedios de 6,4, 5,6 y 6,9% respectivamente.

4.2.4 Ácido Linolénico ($C_{18:3} \Delta^{9, 12, 15}$). En el Cuadro 17 se detecta una variación entre los clones, con un rango entre 0,11% (clones 04) hasta 0,15% (clon 69 y 48).

CUADRO 17 Variación de $C_{18:3} \Delta^{9,12,15}$ en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	$C_{18:3} \Delta^{9,12,15}$
04	0,11 a
26	0,12 b
80	0,13 b
59	0,13 b
71	0,13 b
93	0,13 b
37	0,14 bc
69	0,15 c
48	0,15 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

El promedio de las muestras analizadas en este estudio fue de 0,13%, lo cual es similar a lo obtenido por BERTOLI *et al.* (1998) (0,1%), ROMERO *et al.* (2004) (0,2%) y MEDEL y CARRILLO (2005) (0,09%), pero inferior a lo realizado por KARMELIC (1982) y MASSON y MELLA (1985) que totalizaron promedios entre 10,1 y 2,6% respectivamente.

En cuanto a la estabilidad del aceite de Gevuin a la termooxidación, BERTOLI *et al.* (1998), dice que es producto del bajo contenido de $C_{18:3}$ (0,1%) originando un aceite más estable a la oxidación por el aumento de la temperatura. Estos bajos contenidos de $C_{18:3} \Delta^{9,12,15}$ han sido corroborados por los análisis realizados en esta investigación, cuyos resultados son similares a los obtenidos por BERTOLI *et al.* (1998), ROMERO *et al.* (2004) y MEDEL y CARRILLO (2005).

4.3 Cantidad y variabilidad de los ácidos grasos monoinsaturados.

A continuación se procederá a discutir los resultados de los ácidos grasos monoinsaturados y dependiendo de cada caso, las diferencias genotípicas entre clones y los isómeros presentes.

4.3.1 Ácidos grasos monoinsaturados totales. En el Cuadro 18 se presenta el total de los ácidos grasos monoinsaturados, donde se demuestra la existencia de variaciones entre los clones estudiados, cuyo rango va desde 82,55% (clon 71) hasta 84,35% (clon 26).

CUADRO 18 Variación de los ácidos grasos monoinsaturados en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	Total Monoinsaturados
71	82,55 a
48	83,43 b
04	83,50 b
69	83,61 b
93	83,68 b
37	83,71 b
59	84,29 c
80	84,33 c
26	84,35 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

Con respecto al contenido medio en el total de los ácidos grasos monoinsaturados fue de 83,72%, un valor que es cercano a lo señalado por MEDEL y CARRILLO, (2005) (83,12%) y ROMERO *et al.* (2004) (83,9%). Sin embargo es superior a lo encontrado por KARMELIC (1982) y MASSON y MELLA (1985) los cuales respectivamente totalizaron un 76,1 y 81,1%, pero inferior a lo señalado por BERTOLI *et al.* (1998) con un 87,5%.

4.3.2 Ácidos grasos en particular. En el Cuadro 19, se exhiben los ácidos grasos monoinsaturados presentes en este estudio, procediéndose a realizar un breve análisis de los ácidos grasos considerados como trazas.

Entre los elementos trazas se tiene: al ácido miristoleico (C_{14:1}), con un rango entre 0,04% (clones 04 y 26) hasta 0,06% (clon 59). Otro compuesto es el ácido

heptadecenoico ($C_{17:1} \Delta^{10}$) cuyo rango es de 0,03% (Clones 26 y 48) hasta 0,06% (clon 37). Finalmente se tiene al ácido nervónico ($C_{24:1}$) el cual sólo se ha identificado en 4 clones, con un rango que va desde 0,01% (clon 26) hasta 0,03% (clon 59).

CUADRO 19 Contenido de los ácidos grasos monoinsaturados en nueve clones de Gevuin (%FAME).

Clones SAR	** $C_{14:1}$	* $C_{16:1}$	** $C_{17:1} \Delta^{10}$	* $C_{18:1}$	* $C_{20:1}$	* $C_{22:1}$	** $C_{24:1}$
04	0,04	21,37	0,04	42,53	9,69	9,81	0,02
26	0,04	21,74	0,03	42,64	9,96	9,91	0,01
37	0,05	22,21	0,06	42,24	9,85	9,29	-
48	0,05	21,84	0,03	41,67	10,04	9,79	0,02
59	0,06	22,13	0,04	42,51	9,89	9,62	0,03
69	0,05	21,90	0,05	41,95	10,05	9,57	-
71	0,05	22,83	0,04	40,00	9,86	9,86	-
80	0,05	21,83	0,04	42,45	10,09	9,87	-
93	0,05	22,97	0,04	40,11	9,78	10,73	-

*Existen diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$)

**< a 0,1% se consideran elementos trazas

En el $C_{14:1}$ el cual posee una media de 0,05%, además de la identificación en este estudio, MEDEL y CARRILLO (2005) también lo identifico con un 0,02%. Con respecto al $C_{17:1} \Delta^{10}$ el cual posee una media de 0,04%, el único otro estudio que lo ha identificado es CARRILLO (2004), con una media de 0,20%, pero sólo en el aceite de pericarpios (cáscara leñosa). Finalmente el $C_{24:1}$ solo se ha identificado en estudio con una media de 0,02% y en el de ROMERO *et al.* (2004) con un 0,2%.

4.3.3 Ácido Hexadecanoico ($C_{16:1}$). En el Cuadro 20 se presentan el contenido de $C_{16:1}$ junto a los isómeros constituyentes. Con respecto al contenido total de $C_{16:1}$, este varía desde 21,37% (clon 04) hasta 22,97% (clon 93) presentando diferencias estadísticas entre los clones.

En cuanto a la composición del $C_{16:1}$ se observa en el Cuadro 20 que esta estructurado de la siguiente forma: Primero tenemos al $C_{16:1} \Delta$, el cual es un isómero no

identificado y cuyo rango fluctúa entre 0,01% (clones 93, 80, 59 y 71) hasta 0,05% (clon 37). El siguiente compuesto es el $C_{16:1} \Delta^9$, observándose la ausencia de diferencias entre los clones, con un rango entre 0,05% (clones 26 y 04) hasta 0,14% (clon 80). Con respecto al $C_{16:1} \Delta^{11}$, se observa la presencia de diferencias entre los clones y cuyo rango fluctúa entre 21,31% (Clon 04) hasta 22,87% (clon 93).

CUADRO 20 Variación de $C_{16:1}$ en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	$C_{16:1} \Delta^{11}$	$*C_{16:1} \Delta^9$	$*C_{16:1} \Delta$	Total $C_{16:1}$
04	21,31 a	0,05	0,02	21,37 a
26	21,67 ab	0,05	0,03	21,74 ab
80	21,68 abc	0,14	0,01	21,83 abc
48	21,72 abc	0,10	0,02	21,84 abc
69	21,80 abc	0,11	-	21,91 abc
59	22,03 abc	0,09	0,01	22,13 abc
37	22,06 abc	0,11	0,05	22,21 abc
71	22,73 bc	0,09	0,01	22,83 bc
93	22,87 c	0,10	0,01	22,97 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

En relación a la presencia de $C_{16:1} \Delta$, sólo se ha identificado en este estudio con un promedio de 0,02% y en el de MEDEL y CARRILLO (2005) con un 0,06%.

En el caso de $C_{16:1} \Delta^9$ que presenta una media de 0,09%, se ha identificado en el trabajo de MEDEL y CARRILLO (2005) con un 0,25%, siendo el resultado de ROMERO *et al.* (2004) el más alejado con un 0,6%.

Con respecto al $C_{16:1} \Delta^{11}$ el cual presenta en este estudio un promedio de 21,99%, los resultados más cercanos son los de MEDEL y CARRILLO (2005) con un 22,65%, ROMERO *et al.* (2004) con un 21,1% y BERTOLI *et al.* (1998) con un 22,7%.

En otros frutales de nuez como Macadamia, la concentración de $C_{16:1}$ se encuentra entre los rangos de 15,6% hasta 27,6% (HALLOY *et al.*, 1996). La gran

diferencia radica en la presencia del tipo de isómeros ya que en el caso de Macadamia, el 99% del total de $C_{16:1}$ esta constituido por el Δ^9 y sólo el 1% esta representado por el Δ^{11} (VICKERY, 1971), Contrastando este valor con los resultados obtenidos en este estudio más lo realizado por MEDEL y CARRILLO, (2005), se aprecia que la relación es totalmente inversa ya que el Δ^9 sólo representa el 0,41%, y en el caso Δ^{11} representa el 99,5%, del total de los isómeros presentes en $C_{16:1}$.

Con respecto a las características de estos isómeros VICKERY (1971), manifiesta que los datos relacionados sobre los isómeros posicionales en $C_{16:1}$, están disponibles solamente en cuatro especies de las proteoidadeae y en 11 especies de grevolleioideae, predominando en ellos los isómeros Δ^{11} y Δ^9 .

La importancia que posee este ácido graso ya fue establecida por KARMELIC (1982); MEDEL (1987) y MEDEL y MEDEL (2000) ya que según estos autores por las características que presenta este aceite, al poder absorber las radiaciones bajas del espectro U.V. le permite actuar como filtro solar, confiriéndole una gran importancia en el campo de los cosméticos. Siguiendo este mismo camino MEDEL y CARRILLO (2005), realizaron un estudio a partir de un aceite obtenido por una extrucción en frío; sus estudios arrojaron un rango de absorbancia de 315 nm (UVB con espectro de radiación entre 280 a 315 nm) siendo mas alto en la muestra 1 (absorbancia 3.2) que la muestra 2 (absorbancia 2.3). El autor nos explica que el mejor rango de absorbancia obtenido en la muestra 1, es producto en parte al "complejo antioxidante" especialmente a las cantidades de $C_{16:1} \Delta^{11 \text{ cis}}$, como también al α -tocotrienol y esteroides presentes en el aceite. Esto reafirma la importancia como un producto de índole cosmético y farmacéutico si se añade los altos contenidos de α tocotrienol y esteroides (vitamina E).

Finalmente SAVAGE (2000), señala que es posible que algunas plantas de nuez tengan mayores efectos benéficos que otras plantas según el perfil lipídico que posean. Kaijser *et al.* (2000), citado por SAVAGE (2000), señala que Macadamia presenta diferencias en el contenido de $C_{16:1}$ según sus cultivares. Además, según lo señalado por

Hadorn y Zurcher (1967), Contini *et al.* (1991) y Parcerisa *et al.* (1995), estudios mencionados por PARCERISA *et al.* (1998), quienes estudiaron la relación existente entre la composición de los ácidos grasos en algunas variedades de Avellano europeo, con respecto a la procedencia geográfica que poseían. Los resultados en estos estudios, señalaron diferencias en el contenido de los ácidos grasos en las variedades estudiadas, de acuerdo al origen geográfico en donde estos frutos fueron cosechados. Otro estudio (WAKELING *et al.*, 2001), pero realizado sobre la composición del aceite de Pecan, se llegó a la conclusión que la variación del aceite dependía de las condiciones climáticas, prácticas hortícolas, cultivares, estación del año, y según el nivel de madurez del árbol. Pero aún cuando la mayoría de estos factores afectan a la composición global del grano resultante, se llegó a demostrar que algunos componentes pueden afectar más que otros; por ejemplo, el volumen de los lípidos puede variar dependiendo ampliamente del tipo de cultivar, de acuerdo a la estación del año, el entorno de establecimiento, prácticas hortícola, tipo de suelo, condiciones climáticas, y madurez.

Esto se traduce en la importancia de una selección clonal para obtener aquellos genotipos que posean cantidades interesante de $C_{16:1} \Delta^{11}$ como lo es en el aceite de Gevuin. Esto le daría una característica muy importante para el uso en la cosmética como también para un uso nutricional.

4.3.4 Ácido Oleico ($C_{18:1}$). Con respecto a la presencia de este compuesto, los clones lograron contenidos que variaron entre 39,92% (clon 71) hasta 42,65% (clon 26) como se aprecia en el Cuadro 21.

CUADRO 21 Variación de C_{18:1} en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	Total C _{18:1}
71	39,92 a
93	40,15 a
48	41,67 b
69	41,95 bc
37	42,25 cd
80	42,46 d
59	42,51 d
04	42,53 d
26	42,65 d

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

En el actual estudio los clones lograron una media de 41,78%, un valor cercano a lo señalado por MEDEL y CARRILLO (2005) (41,85%), pero alejado de los otros estudios reportados en la literatura como BERTOLI *et al.* (1998) (45,6%), ROMERO *et al.* (2004) (43,3%) y KARMELIC (1982) con 39,8%.

La importancia que posee este ácido graso radica en el efecto que tiene en la disminución de los niveles de colesterol de baja densidad (LDL malo) en aquellas personas que lo han consumido, ocasionando el aumento de los niveles de colesterol de alta densidad (HDL bueno) incidiendo en una disminución de la mortalidad por accidentes cardiovasculares, además sirve como parámetro para evaluar y clasificar la calidad de los aceites de mesa (MASSON y MELLA, 1985).

4.3.4.1 Isómeros presentes en el C_{18:1}. En el Cuadro 22 se presentan los isómeros presentes en el C_{18:1}. Con respecto al C_{18:1} Δ^9 , se aprecia la presencia de diferencias entre los clones, con un rango entre 33,47% (clon 71) hasta 36,04% (clon 04). Con respecto al C_{18:1} Δ^{14+15} , también se observan diferencias entre los clones cuyo rango varía entre 6,27% (clones 93) hasta 7,19% (clon 48).

CUADRO 22 Variación de $C_{18:1} \Delta^9$ y $C_{18:1} \Delta^{14+15}$ en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	$C_{18:1} \Delta^9$	Clones SAR	$C_{18:1} \Delta^{14+15}$
71	33,47 a	93	6,27 a
93	33,85 a	71	6,45 b
48	34,47 b	04	6,45 b
69	34,75 b	80	6,51 b
37	35,43 c	26	6,75 c
59	35,62 cd	37	6,82 c
26	35,89 cd	59	6,89 c
80	35,95 cd	69	7,17 d
04	36,08 d	48	7,19 d

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

El promedio logrado en $C_{18:1} \Delta^9$ fue de 35,06%, cifra similar a la obtenida por ROMERO *et al.* (2004) con 34,6% y MEDEL y CARRILLO (2005) con 35,32%, pero inferior a lo registrado por BERTOLI *et al.* (1998) con 39,2%.

El siguiente isómero presente en el Cuadro 22 es el $C_{18:1} \Delta^{14+15}$ con una media de 6,72%, pero si observamos el Cuadro 28 se aprecia que no fue identificado por otros autores siendo el homólogo en cantidad el $C_{18:1} \Delta^{11}$. Bajo esta incertidumbre se procedió a realizar un análisis con CG/MS en el Laboratorio de Producción y Sanidad Vegetal de la Universidad Austral de Chile, donde se tomaron tres muestras al azar para corroborar e identificar definitivamente este compuesto. Los resultados se muestran en el Cuadro 23.

En este análisis se identificaron tres compuestos los cuales correspondían al $C_{18:1} \Delta^9$ con un 32,30%, el $C_{18:1} \Delta^{11}$ con un 0,09% y un isómero ni (no identificado) con un 7,43% siendo este último homólogo en cantidad a lo apreciado en $C_{18:1} \Delta^{14+15}$, sin establecerse una identificación fehaciente del isómero correspondiente. Es decir, no se puede establecer irrefutablemente que el isómero en cuestión corresponda al $C_{18:1} \Delta^{14+15}$ el cual es el isómero identificado en este estudio.

CUADRO 23 Confirmación de las características isoméricas del C_{18:1} por CG/MS.

Ácido Graso	Muestras (%)			Promedio
	8b	1b	1a	
C _{18:1} Δ ⁹	32,876	31,933	32,09	32,30
C _{18:1} Δ ¹¹			0,086	0,09
C _{18:1} ni	7,561	7,237	7,499	7,43

ni (isómero no identificado)

En investigaciones realizadas por SAVAGE y MCNEIL (1998), en Avellano europeo, se estableció la presencia de dos isómeros los cuales eran el C_{18:1} Δ⁹ con un 80,07% y el otro correspondía al C_{18:1} Δ¹¹ con un 0,87%. En otro estudio realizado sobre la composición lipídica en Macadamia (KAIJSER *et al.*, 2000), nuevamente los isómeros presentes son el C_{18:1} Δ⁹ (47,34%) y el C_{18:1} Δ¹¹ (3,05%). En el siguiente estudio realizado por VICKERY (1971), quién realizó un análisis sobre el contenido lipídico de los frutales de nuez de las proteáceas, observó que en todos los casos estudiados la composición lipídica del C_{18:1}, se centra principalmente en el C_{18:1} Δ⁹ el cual se encuentra presente en todos los frutos analizados. Con respecto a la presencia del segundo isómero en los frutales de nuez, no hay una coincidencia en la presencia fundamental del C_{18:1} Δ¹¹, diversificándose en la presencia de otros isómeros como Δ¹⁰ y el Δ¹³.

4.3.5 Ácido Eicosenoico (C_{20:1}). En el Cuadro 24 se presenta el contenido de C_{20:1} junto a los isómeros constituyentes en los distintos genotipos. Con respecto al contenido total de C_{20:1}, se observa la presencia de diferencias entre los clones, cuyo rango se ubica entre 9,69% (clon 04) hasta 10,09% (clon 80).

En relación al C_{20:1} Δ¹¹, se aprecia la presencia de diferencias entre los clones estudiados, con un rango que varía entre 2,79% (clon 48) hasta 3,02% (clon 80). En el caso de C_{20:1} Δ el cual es un isómero no identificado, no se presentaron diferencias entre sus clones exhibiendo un rango entre 0,08% (clones 04 y 93) a 0,10% (clones 26 y 80).

En relación al C_{20:1} ni el cual es un isómero sin identificación, se observa la presencia de diferencias entre clones con un rango entre 6,66% (clones 04) hasta 7,25% (clon 48).

CUADRO 24 Variación de C_{20:1} en nueve clones de Gevuin (% FAME).

SAR	C _{20:1} Δ ¹¹	SAR	*C _{20:1} Δ	SAR	*C _{20:1} ni	SAR	C _{20:1} Total
48	2,79 a	04	0,08	04	6,66 a	04	9,69 a
69	2,86 ab	26	0,10	93	6,74 a	93	9,78 ab
71	2,88 abc	37	-	71	6,93 b	37	9,85 abc
37	2,89 abc	48	-	37	6,96 b	71	9,86 abc
59	2,89 abc	59	-	26	6,97 b	59	9,89 abc
26	2,90 abc	69	-	80	6,98 b	26	9,96 abc
93	2,96 bc	71	0,09	59	7,01 b	48	10,04 bc
04	2,99 bc	80	0,10	69	7,21 c	69	10,05 bc
80	3,02 c	93	0,08	48	7,25 c	80	10,09 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

*ni (no identificado)

En el total de C_{20:1} se obtuvo una media de 9,97%, el cual es un resultado que está próximo a los trabajos realizados por BERTOLI *et al.* (1998) y ROMERO *et al.* (2004) ambos con 9,7%, pero es levemente inferior al estudio de MEDEL y CARRILLO (2005) (11,6%) y superior al 7,3% encontrado por MASSON y MELLA (1985).

Con respecto al C_{20:1} Δ¹¹, este estudio tuvo una media de 2,91% siendo un resultado cercano a lo registrado por BERTOLI *et al.* (1998) y MEDEL y CARRILLO (2005) (3,1-3,13%). En el caso de C_{20:1} Δ se registro una media de 0,09%, un valor mas lejano a lo identificado por MEDEL y CARRILLO (2005) con un 0,23%.

En relación al C_{20:1} ni con un promedio de 6,97%, se procedió a realizar un segundo análisis en CG/MS cuyos resultados se muestran en el Cuadro 25. La finalidad de este segundo análisis fue poder corroborar la identificación de este compuesto, ya que en el primer estudio realizado con GLC no se pudo identificar fehacientemente.

Los resultados del CG/MS que se presentan en el Cuadro 25 son cercanos a los ya analizados en el Cuadro 23. El $C_{20:1} \Delta^{11}$ tiene una media de 3,036%. En relación al ácido graso no identificado el resultado del análisis fue la identificación del $C_{20:1}$, pero sin demostrar fehacientemente el isómero correspondiente.

CUADRO 25 Confirmación de las características isoméricas del $C_{20:1}$ por CG/MS.

Ácidos Grasos	Muestras (%)			
	8b	1b	1a	Promedio
$C_{20:1} \Delta^{11}$	3,119	3,048	2,941	3,036
$C_{20:1}$ ni	6,779	6,420	6,469	6,556

ni (no identificado)

Con respecto a los estudios que ya se han realizado, se observa que en el trabajo realizado por KARMELIC (1982), no obtuvo datos concluyentes sobre la composición isomérica de este ácido graso, lo mismo sucede con MASSON y MELLA (1985). En el caso de BERTOLI *et al.* (1998), en su caracterización del perfil lipídico de Gevuin reconoció el $C_{20:1} \Delta^{11}$ (3,1%) y el $C_{20:1} \Delta^{15}$ (6,6%). En cambio MEDEL y CARRILLO (2005), los compuestos que identificaron fueron el $C_{20:1} \Delta^{11}$ (3,13%) y el $C_{20:1} \Delta^9$ (5,92%).

Como podemos apreciar, los isómeros más cercanos a lo identificado en el $C_{20:1}$ ni son el Δ^{15} (BERTOLI *et al.*, 1998) y el Δ^9 (MEDEL y CARRILLO, 2005), por lo tanto, no hay antecedentes concluyentes para realizar una caracterización satisfactoria de la constitución isomérica del $C_{20:1}$.

4.3.6 Ácido Docosenoico ($C_{22:1}$). En el Cuadro 26 se presenta el contenido de $C_{20:1}$ junto a los isómeros constituyentes. En el caso de $C_{22:1}$ se observa la presencia de variaciones entre los clones estudiados, con un rango que varía entre 1,36% (clon 48) a 1,69% (clon 93). En cuanto al $C_{22:1}$ ni (isómero no identificado) se aprecia diferencias entre los clones, cuyo rango es de 7,87% (clon 37) hasta 9,04% (clon 93).

CUADRO 26 Variación de C_{22:1} en nueve clones de Gevuin (% FAME).

Clones SAR	C _{22:1}	Clones SAR	C _{22:1} ni
48	1,36 a	37	7,87 a
69	1,36 a	59	8,21 ab
59	1,41 a	4	8,22 ab
37	1,42 a	69	8,24 b
71	1,46 ab	80	8,31 b
26	1,46 ab	71	8,40 b
80	1,56 bc	48	8,43 b
4	1,59 cd	26	8,45 b
93	1,69 d	93	9,04 c

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

ni (no identificado)

Con respecto a la presencia de un compuesto cercano a lo obtenido en C_{22:1} el cual posee una media 1,48%, MEDEL y CARRILLO (2005) registro un promedio de 1,51% identificado como C_{22:1} Δ^{13} , en cuanto a BERTOLI *et al.* (1998) registro una media de 1,6% pero identificando este compuesto como C_{22:1} Δ^{19} .

En el caso de C_{22:1} ni, KARMELIC (1982), registro un 8,7% pero sin una identificación isomérica. Con respecto a MASSON y MELLA (1985) logró un total de 9,8% pero sólo identificando el C_{22:1} Δ^{13} . En trabajos más recientes como BERTOLI *et al.* (1998), presenta tres isómeros identificados los cuales son el Δ^{19} con un 1,6%, el Δ^{17} con un 7,9% y el Δ^{15} con un 6,6%, siendo los dos últimos similares en cantidad a lo arrojado en el C_{22:1} ni. En el caso de MEDEL y CARRILLO, (2005), se identificó el Δ^{13} (1,51%), y el segundo isómero identificado fue el Δ^{11} (8,16%).

Como podemos observar, no hay datos concluyentes para realizar una caracterización satisfactoria de la constitución isomérica del C_{22:1}. Presentando la literatura una gran variabilidad en cuanto a los isómeros presentes en el aceite de Gevuin.

4.4 Índice de insaturación.

El índice de insaturación permite obtener la proporción de ácidos grasos insaturados con respecto a los saturados, ya que se obtiene mediante el cociente de estos dos elementos. Esto permite estudiar aquellos aceites que pueden ser más o menos dañinos para la salud humana apreciándose los resultados en el Cuadro 27, además de otros estudios realizados en otros frutales de nuez.

Los datos presentados en el Cuadro 27 mostraron diferencias genotípicas, fluctuando los valores entre 12,36 (clon 71) a 13,73 (clon 93) con una media de 13,22.

CUADRO 27 Índice de insaturación en los nueve clones de Gevuin más otras especies.

Clones SAR	Índice de insaturación (%)	
	Gevuin	Otras especies
71	12,36	a
04	12,79	b
37	12,87	b
69	13,26	c
26	13,41	cd
48	13,43	cd
80	13,51	cd
59	13,63	de
93	13,73	e
Promedio	13,22	
Avellano europeo ¹		11,9
Pecan ¹		10,9
Nuez ¹		9,6
Almendro ¹		9,0
Pistacho ¹		6,6
Mani ¹		5,8
Macadamia ¹		5,4
Gevuina clones SAR ²	12,81	

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) según el test de Tukey.

¹Adaptado de SAVAGE (2000).

²Adaptado de MEDEL y CARRILLO, (2005).

El resultado obtenido en el actual estudio, es cercano a lo observado por MEDEL y CARRILLO (2005), con una media de 12,81%. Ahora, si estos resultados se cotejan con otras especies se puede apreciar la diferencia que poseen con Gevuin, ya que se observa que la media en Gevuin es superior a otros frutales de nuez como en el caso de Avellano europeo, Pecan, Nuez, Almendro, Pistacho, Maní y Macadamia.

Esto se reafirma por MEDEL y CARRILLO (2005), el cual expresa que el índice de insaturación es un buen parámetro para discriminar entre los clones, además por la amplia gama entre sus valores extremos, demostrando que el aceite de Gevuin posee un rango más amplio entre el cociente de los insaturados con los saturados con respecto a otros frutales de nueces.

Estos resultados tan propios de este frutal son originados por la gran concentración de monoinsaturados (sobre un 80%) entre los genotipos, por los excelentes niveles de poliinsaturados los cuales están en 9,0% y además por el bajo porcentaje de ácidos grasos saturados ya que no sobrepasan el 7,5%. Esto se corrobora por lo expresado por SAVAGE (2000), que nos dice que el alto grado de insaturación es debido al alto contenido de monoinsaturados, y a medida que aumenta el nivel de saturados disminuye el índice de insaturación, provocado por la menor participación de insaturados en la fracción lipídica.

Se puede asegurar después de conocer estos análisis, que Gevuin es superior entre los frutales de nuez principalmente por el bajo nivel de ácidos grasos saturados, en contraposición con la presencia de monoinsaturados y poliinsaturados, que en conjunto representan el 92,77% en el total de ácidos grasos presentes en el aceite virgen de Gevuin.

4.5 Variabilidad clonal.

Como se aprecia en el Cuadro 28, en la gran mayoría de los compuestos identificados en la literatura tienen una similitud en sus medias totales, no así en su

composición isomérica. Pero es importante establecer que en muchos de los estudios no hay un trabajo de selección clonal, como si ocurre con MEDEL y CARRILLO (2005) y en el actual trabajo. Además se aprecia la existencia de nuevos compuestos en los clones SAR (2006), donde los resultados expuestos son una media de los clones utilizados.

CUADRO 28 Contenido de ácidos grasos de Gevuin de diferentes autores.

Ácidos Grasos	Clones SAR 2006	Medel y Carrillo 2005	Romero <i>et al.</i> 2004	Bertoli <i>et al.</i> 1998	Masson y Mella 1985	Karmelic 1982
C _{10:0}	0,04					
C _{12:0}	0,05				Trazas	
C _{14:0}	0,06	0,06	Trazas		Trazas	
C _{16:0}	2,05	1,89	2,3	1,9	1,8	1,8
C _{18:0}	0,50	0,71	1,7	0,5	0,8	0,5
C _{20:0}	1,45	1,65	2,0	1,4	1,6	1,3
C _{21:0}	0,06					
C _{22:0}	2,30	2,68	2,8	2,2	2,0	3,1
C _{23:0}	0,01					
C _{24:0}	0,49	0,53	0,6	0,5		
T. saturados	7,01	7,52	9,4	6,5	6,2	6,7
C _{18:2} Δ ^{9,12}	8,82	7,63			8,5	
C _{18:2} ni	0,02					
C_{18:2} Total	8,84	7,63	6,4	5,6		6,9
C _{18:3} Δ ^{9,12,15}	0,13	0,09	0,2	0,1	2,6	10,1
C _{20:2} Δ ^{11,14}	0,03					
T. Poliinsaturados	8,99	7,72	6,6	5,7	11,1	17,0
C _{14:1}	0,05	0,04				
C _{16:1} Δ ⁹	0,09	0,25	0,6			
C _{16:1} Δ ¹¹	21,99	22,65	21,1	22,7	24,0	
C _{16:1} Δ	0,02	0,06				
C_{16:1} Total	22,1	22,96	22,2	22,7		27,6
C _{17:1} Δ ¹⁰	0,04					
C _{18:1} Δ ⁹	35,06	35,32	34,6	39,4	40,0	
C _{18:1} Δ ¹¹		5,82	8,7			
C _{18:1} Δ ¹⁴⁺¹⁵	6,72					
C _{18:1} Δ ¹²				6,2		
C _{18:1} isómero		0,71				
C_{18:1} Total	41,78	41,85	43,3	45,6		39,8
C _{20:1} Δ	0,09	0,23				
C _{20:1} Δ ¹¹	2,91	3,13		3,1		
C _{20:1} Δ ⁹		5,92	9,7		7,3	
C _{20:1} Δ ¹⁵				6,6		
C _{20:1} ni	6,97	0,3				
C _{20:1} Δ ¹³		2,02			9,8	
C_{20:1} Total	9,97	11,6	9,7	9,7		
C _{22:1} Δ ¹¹		8,16				
C _{22:1} Δ ¹³		1,51				
C _{22:1} Δ ¹⁵				6,6		
C _{22:1} Δ ¹⁷				7,9		
C _{22:1} Δ ¹⁹				1,6		
C _{22:1}	1,48					
C _{22:1} ni	8,35		9			
C_{22:1} Total	9,83	9,67	9			8,7
C _{24:1}	0,02		0,2			
T. monoinsaturados	83,78	84,47	83,9	87,5	81,1	76,1

El estudio presentado sobre el aceite de Gevuin el cual fue elaborado por medio de una extrusión en frío, a diferencia del resto de los estudios que fueron procesados por métodos químicos, es el más completo realizado hasta el momento sobre el perfil lipídico de Gevuin, encontrando compuestos de hasta de 10 carbonos (C_{10:0}). Según BERTOLI *et al.* (1998), en este aceite se pueden llegar a encontrar compuestos de hasta 5 carbonos pero que en este estudio no se logró identificar, pero que con estudios posteriores se podría llegar a establecer nuevos compuestos como se ha realizado en este trabajo.

Se puede apreciar que a medida que se van profundizando los estudios se observa que aumentan los compuestos encontrados siendo los dos últimos estudios (clones SAR 2006 y MEDEL y CARRILLO, 2005) los que presentan más compuestos identificados con una gran cantidad de isómeros posicionales, superior a los otros frutales de nuez. Es por esto la importancia de poder tener un registro de la composición lipídica en cultivares que estén sometidos a un estudio clonal en el tiempo, para obtener la máxima eficiencia productiva y de calidad. Esto permitirá finalmente poder seleccionar los mejores clones según los objetivos productivos y comerciales que se deseen desarrollar.

5 CONCLUSIONES

La hipótesis general que se planteó en este estudio, fue la presencia de diferencias en el contenido y en la calidad de los ácidos grasos en nueve clones de Gevuin. Al realizar la caracterización del perfil lipídico en el aceite de Gevuin, se pudo demostrar la presencia de variaciones significativas entre los clones, del mismo modo se observó la variación en el índice de insaturación, por lo que se acepta la hipótesis lo que permite disponer de interesantes indicadores para el programa de mejoramiento genético de esta especie.

Con respecto a los ácidos grasos en particular, los compuestos de mayor importancia cuantitativa son los monoinsaturados, alcanzando una media de 83,78%. Entre ellos, el más significativo en cantidad es el $C_{18:1}$ que posee una variación clonal entre 39,92% (clon 71) hasta 42,65% (clon 26). Es seguido por el $C_{16:1}$, el cual varía desde 21,37% (clon 04) hasta 22,97% (clon 93). Este último ácido graso ($C_{16:1}$) adquiere una gran trascendencia cualitativa por presentar el isómero 11, representando el 99% aproximadamente en la constitución isomérica de $C_{16:1}$.

Asimismo, se detectó la presencia de nuevos isómeros presentes en pequeñas cantidades en la constitución lipídica de Gevuin, que no han sido descritos en estudios previos ($C_{10:0}$, $C_{12:0}$, $C_{21:0}$, $C_{23:0}$ y $C_{20:2}$).

En la relación insaturación/saturación del aceite extruido en frío de Gevuin, se lograron valores que fluctuaron entre 12,36% (clon 71) a 13,73% (clon 93). Estas cifras, las cuales son superiores a las registradas en otros frutales de nuez, adquieren una gran trascendencia debido a la connotación nutritiva y comercial que le confieren a este producto natural.

Lo significativo de este estudio al caracterizar el perfil lipídico de Gevuin, sobre la base de un aceite natural sin una intervención química para su extracción, fue el comprobar la existencia de una importante variabilidad en la composición isomérica de los ácidos grasos (clones), además una gran presencia de nuevos compuestos.

Todo lo anterior manifiesta la viabilidad del mejoramiento genético que se ha estado realizando en Gevuin, para obtener finalmente un producto de excelentes propiedades nutricionales, cosméticas y fitoterapéutica.

6 RESUMEN

Gevuin (*Gevuina avellana* Mol.) es una especie endémica de Chile, sobre la cual desde 1987 se está realizando un programa de “mejoramiento genético y productivo de *Gevuina*” en la Universidad Austral de Chile, seleccionando variedades en función de sus características productivas, estructurales y de calidad de fruto.

Los objetivos generales de esta investigación fueron determinar y evaluar el contenido de ácidos grasos en los nueve clones de Gevuin de la serie SAR para definir los genotipos que posean los mejores contenidos de ácidos grasos.

Para ello, durante los primeros 15 días de Marzo del año 2004 se seleccionaron nueces por cada clon. Se extrajo el aceite en la Empresa TERRASOL Ltda., por medio de una extrusión en frío. Posteriormente se realizó una transesterificación neutra, para luego determinar los ácidos grasos a través de cromatografía de gas - líquido. Después se corroboraron algunos compuestos por cromatografía gaseosa, acoplada a espectrometría de masa.

Los resultados arrojaron variaciones genotípicas en la constitución lipídica en Gevuin respecto al índice de insaturación, el total de los ácidos grasos saturados, monoinsaturados, poliinsaturados y en gran parte de sus isómeros.

En cuanto al contenido del aceite cotiledonar de Gevuin, los ácidos grasos saturados totalizaron un total promedio de 7,01%, siendo el más valioso el C_{22:0} (2,30%) y el C_{16:0} (2,05%). Con respecto a los ácidos grasos poliinsaturados la media total fue de 8,99%, siendo el más importante el C_{18:2} con un 8,84%. En relación a los ácidos grasos monoinsaturados, el más significativo en términos cuantitativos fue el C_{18:1} (41,78%) y el C_{16:1} (22,10%), este último constituido por el C_{16:1} Δ¹¹ (21,99%), C_{16:1} Δ⁹ (0,09%) y el

$C_{16:1} \Delta$ (0,02%). Además, se detectó la presencia de isómeros no identificados anteriormente en el aceite de Gevuin ($C_{10:0}$, $C_{12:0}$, $C_{21:0}$, $C_{23:0}$ y $C_{20:2}$).

En relación al índice de insaturación, este es superior a los registrados en los otros frutales de nuez producto del alto nivel de monoinsaturados y al bajo contenido de saturados.

Los resultados demostraron la presencia de variaciones entre los clones y de la importancia de una selección genotípica en Gevuin, lo que permite poder potenciar sus propiedades y sus características, resultando un producto con incipientes posibilidades en la industria de los cosméticos, alimenticia, farmacológica y fitoterapéutica.

SUMMARY

Gevuin (*gevuina avellana* Mol.) is a Chilean endemic species about which, since 1987, the Universidad Austral de Chile is carrying out a program of “Genetic and Productive Improvement of *Gevuina*”, selecting varieties in function of its structural, productive characteristics and quality of fruit.

The general objectives of this research were to determine and to evaluate the fatty acid content in nine clones of *Gevuin* SAR series to define the genotypes that possess the better contents of greasy acids.

For this, nut clones were collected during the first two weeks of march 2004. The oil was extracted in Terrasol Ltda., by mean of cold extrusion. Subsequently neuter trans-sterification was carried out. Finally, gas-liquid chromatography was employed to determine the fatty acid content and GC-MSD was used for confirmatory purposes.

The results show genotypic variations in the lipidic constitution of *Gevuin* relative to insaturation index, total saturated fatty acids, monounsaturated, polyunsaturated and in a large extent of their isomers.

As of the cotyledonar oil content of *Gevuin*, the saturated fatty acids totaled an average of 7,01%, being the most valuable the C_{22:0} (2,30%) and the C_{16:0} (2,05%). With regard to the polyunsaturated fatty acids the total average was of 8,99%, being the most important one the C_{18:2} with a 8,84%. Relating to the monounsaturated fatty acids, the most significant in quantitative terms were the C_{18:1} (41,78%) and the C_{16:1} (22,10%), this last one constituted by the C_{16:1} Δ¹¹ (21,99%), C_{16:1}Δ⁹ (0,09%) and the C_{16:1}Δ (0,02%). Besides, the presence of not identifying isomers was detected previously in the *Gevuin* oil (C_{10:0}, C_{12:0}, C_{21:0}, C_{23:0} and C_{20:2}).

In relation to the unsaturation index, this is over registered in the other nuts fruit trees due to the high level of monounsaturated and a low content of saturated.

The results show the presence of variations between the clones and the importance of a genotypic selection in Gevuin, what permits us to be able to promote its properties and its characteristics, and as a result, a product with great possibilities in the cosmetics, alimentary, pharmacological and fitotherapeutic industry.

7 BIBLIOGRAFÍA

- ACHAYA, K. 1978. Las grasas y aceites en la nutrición. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 90 p.
- ALAVASAR, C.; SHAHIDI, F.; OHSHIMA, T.; WANASUNDARA, U.; YURTTAS, H.; LIYANAPATHIRANA, CH. y RODRIGUES, F. 2003. Turkish Tumbul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). 2. Lipid characteristics and oxidative stability. *Journal Food Chemistry*. 51 (13): 3797 – 3805.
- BELITZ, H. y GROSCH, W. 1988. *Química de los Alimentos*. Zaragoza, Acribia. 88 p.
- BERTOLI, C.; FAY, L.; STANCANELLI M.; GUMY, D. y LAMBELET, P. 1998. Characterization of Chilean Hazelnut (*Gevuina avellana* Mol) seed oil. *JAOCS* 75 (8): 1037 – 1010.
- BRENNER, R. 1993. Los ácidos grasos esenciales y sus funciones. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana* 27 (1):3 – 38.
- CARRILLO, T. 2004. Caracterización y evaluación del contenido de lípidos y ácidos grasos en nueve clones de *Gevuina avellana* Mol. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 77 p.
- CASTILLO, W. 2002. Estudio Técnico y Plan de Negocios para un Centro de Procesamiento de la Avellana. Tesis Lic. Ing. Alimentos. Temuco, Universidad de la Frontera. 65 p.

- CHEFTEL, J. y CHEFTEL, H. 1992. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos. Acribia. Zaragoza. 82 p.
- CONTINI, M.; DE SANTIS, D.; ANELLI, G. 1991. Riv. Ital. Sostanze Grasse 68: 405 - 461.
- DONOSO, C. 1978. Antecedentes Sobre Producción de Avellanas. Bosque (Chile). 2 (1): 105 – 109.
- EARLE, R. 1988. Ingeniería de los Alimentos: Las operaciones básicas del procesado de los alimentos. Zaragoza. Acribia.
- FELLOWS, P. 1994. Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y Prácticas. Zaragoza, Acribia. 549 p.
- FIDANZA, F. 2002. Tree nuts in the mediterranean diet context. Fundacion Nucis Salud y Frutos Secos. (On line). <<http://www.nucis.org/pdf/NUTS-FIDANZA-CMC.pdf>> (06 abr. 2004).
- FIGUEROA, E. y VERA, P. 1986. Bioquímica. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 275 p.
- FRANCO, D.; MOURE, A.; SINEIRO, J.; DOMINGUEZ, H. y NUÑEZ, M. 2001. Extracto de cáscara de Gevuina avellana como antioxidante/filtro UV para uso alimentario y cosmético. (On line). Solicitud de patente Universidad Santiago de Compostela, España. <<http://imaisd.usc.es/webcitt/carteira/patentes.htm>> (05 abr. 2004).

- FUENTES, G. 2004. Extracción de aceite de avellana (*Gevuina avellana* mol.) por prensado. Tesis para optar al título de Ingeniero en Alimentos. Temuco, Universidad de la Frontera. Facultad de Ingeniería, Ciencias y administración. 82 p.
- GONZALEZ, M. 1990. Estudio comparativo de las raíces de las proteáceas chilenas cultivadas en el jardín botánico de la Universidad Austral de Chile. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 72 p.
- GRINBERGS, J.; VALENZUELA, E. y RAMIREZ, C. 1987. Formación y Desarrollo de Raíces Proteiformes en Plántulas de *Gevuina avellana* Mol. Agro Sur (Chile) 15 (1): 1-9.
- HADORN, H. y ZURCHER, K. 1967. Mitt. Gebiete Lebens. Hyg. 58 351.
- HALLOY, S.; GRAU, A. y MCKENIE, B. 1996. Gevuina nut (*Gevuina avellana*, Proteaceae) a cool climate alternative to Macadamia. Economic Botany, (EEUU) 50 (2): 224 – 225.
- HOFMANN, A. 1982. Flora Silvestre de Chile Zona Araucana. 2º ed. Santiago, Chile, Fundación Claudio Gay. 258 p.
- INTERNATIONAL TREE NUT COUNCIL. 2002. Official Response to World Health Organization (WHO) Food and Agriculture Organization (FAO) Expert Consultation on Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. International Tree Nut Council. 30 p.

- KAIJSER, N.; DUTTA, P.; SAVAGE, G. 2000. Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. *Food Chemistry*. 71: 37 – 70.
- KARMELIC, J. 1982. Recolección e industrialización de avellana chilena. Corporación de investigación tecnológica, INTEC-CHILE. Santiago. 87 p.
- KIRSCHENBAUER, H. 1964. Grasas y Aceites, Química y Tecnología. 2º ed. México. Continental. 309 p.
- LEHNINGER, A.; NELSON, D.; COX, M. 1993. Principles of Biochemistry. 2º ed. Worth Publisher. 1342 p.
- LITTLE, T. 1976. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. México. Trillas. 270 p.
- MASANA, LI. 2002. Frutos Secos y Salud Cardiovascular. Fundación Nucis Salud y Frutos Secos. (On line). <http://www.nucis.org/duesart2_esp.htm> (06 abr. 2004).
- MASSON, L y MELLA, M. 1985. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Composición en ácidos grasos. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. 31 p
- MEDEL, F. 1987. Árboles frutales: Situación y potencial en el sur de Chile. Corporación de Fomento – Universidad Austral de Chile. Chile. 59 p.
- MEDEL, F. 1988. Fertilización y nutrición mineral de huertos frutales en el sur de Chile. Corporación de Fomento – Universidad Austral de Chile. Chile. 64 p.

- MEDEL, F. y MEDEL, R. 2000. *Gevuina avellana* Mol: Características y mejoramiento genético de un frutal de nuez nativo para el mercado internacional. Revista Frutícola (Chile) 21 (2): 37 – 47 p.
- MEDEL, F. 2001. *Gevuina avellana* Mol.: Potential for commercial nut clones. Acta Horticulturae (EEUU) 556: 521 - 528.
- MEDEL, F. 2005. Clonal selection in *Gevuina avellana* For Nutritional and Phytotherapy purposes. Acta Horticulturae: 625 – 630 p.
- MEDEL, F. y CARRILO, T. 2005. Variability of Total Fat and Fatty Acids in Nut Oil from *Gevuina avellana* Clones. Acta Horticulturae. 631 – 637 p.
- MENDEZ, C. 1981. Utilización del fruto del avellano (*Gevuina avellana* Mol.) en alimentación de pollos broilers. Tesis Lic. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 32p.
- MONTENEGRO, G. 2000. Chile, Nuestra Flora Útil. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 267 p.
- NELSON, D. y COX, M. 2000. LEHNINGER: Principles of Biochemistry. 3º ed. Worth Publisher.
- NISSEN, J. 1974. Estudio agroecológico del predio Experimental Santa Rosa. Valdivia. Universidad Austral de Chile. 46 p.
- PALMA, R. y CRISTI, E. 1994. Composición ácido graso de laevas intracapsulares maduras cultivadas y naturales, adultos de *Concholepas concholepas* (Bruguière, 1789). Medio Ambiente 12: 76 – 81.

- PARCERISA, J.; RICHARDSON, D.; RAFECAS, M.; CODONY, R. y BOATELLA, J. 1998. Fatty acid, tocopherol and sterol content of some hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.) harvested in Oregon (USA). *Journal of Chromatography* 805: 259 – 268.
- PHARMOS ALOE VERA. 2005. Olio di Avellana (On line) Italia. <http://www.pharmos.it/prodotti/olio_per_la_pelle.html> (10 agost. 2005).
- RODRIGUEZ, R.; MATHEY, O. y QUEZADA, M. 1983. Flora Arbórea de Chile. Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 408 p.
- RODRIGUEZ, G; RODRIGUEZ, R. y BARRALES, H. 1995. Plantas Ornamentales Chilenas. Lamas y Cía Ltda, Concepción, Chile. 130p.
- ROMERO, N.; ROBERT, P.; MASSON, L.; ORTIZ, J.; PAVEZ, J.; GARRIDO, C.; FOSTER, M. y DOBARGANES, C. 2004. Effect of α -tocopherol and α -tocotrienol on the performance of chilean hazelnut oil (*Gevuina avellana* Mol) at high temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84: 943 – 948.
- SAVAGE, G. y MCNEIL D. 1998. Chemical composition of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) grown in New Zealand. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 49: 199 – 203.
- SAVAGE, G. 2000. The nutritive value and composition of nuts commoly eaten by humans. Lincoln University (New Zealand). 43 p.
- SCHMIDT-HEBBEL, H. 1981. Avances en ciencia y tecnología de los alimentos. Alfabeto Impresores. Chile. 313 p.

- SILVA, V. 2002. Caracterización estructural, fenológica y productiva de once clones de "Avellano Chileno" (*Gevuina avellana* Mol.). Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias 98 p.
- SOLA, R. y MASANA, LI. 2002. Frutos secos y salud cardiovascular. Fundación Nucis Salud y Frutos Secos. (On line). <<http://www.nucis.org/duesart2esp.htm>> (06 abr. 2004).
- UAUY, R. 1994. "Que hay de nuevo en nutrición de grasas y aceites". Doc. núm. 57 Grasas y aceites en la nutrición humana: Informe del comité conjunto de expertos FAO-OMS.
- VICKERY, J. 1971. The fatty acid composition of the seed oils of Proteacea: Chemotaxonomic Study. *Phytochemistry*. 10: 123 – 130.
- VILLARROEL, M.; BIOLLEY, E.; SCHNEEBERGER, R.; BALLESTER, D. y SANTIBAÑEZ, S. 1989. Composición química y calidad biológica de harina desgrasada de avellana. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 39 (2): 200 – 211.
- WAKELING, L.; MASON, R.; D'Arcy, B. y CAFFIN, N. 2001. Composition of Pecans cultivars Wichita and Western Schley (*Carya illinoensis* (wangenh.) K. Koch) grown in Australian. *Journal Food Chemistry*. 49 (3): 1277 – 1281.
- WISEMAN, J. 1984. Fats in animal nutrition. The British Council. 551 p.
- WOLFE, D. 1996. Química general, orgánica. ed. Mc Graw Hill. 757 p.
- ZILLER, S. 1996. Grasas y aceites alimentarios. ed. Acribia. 71 p.

ANEXOS

ANEXO 1 Nomenclatura de los ácidos grasos en Gevuin

Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Molecular
Ácidos Grasos Saturados		
Ácido Decanoico	Ácido Cáprico	C _{10:0}
Ácido n-Dodecanoico	Ácido Láurico	C _{12:0}
Ácido Tetradecanoico	Ácido Mirístico	C _{14:0}
Ácido Hexadecanoico	Ácido Palmítico	C _{16:0}
Ácido Octadecanoico	Ácido Esteárico	C _{18:0}
Ácido Eicosanoico	Ácido Araquídico	C _{20:0}
Ácido Heneicosanoico	Ácido Heneicosanoico	C _{21:0}
Ácido Docosanoico	Ácido Behenico	C _{22:0}
Ácido Tricosanoico	Ácido Tricosanoico	C _{23:0}
Ácido Tetracosanoico	Ácido Lignocérico	C _{24:0}
Ácidos Grasos Monoinsaturados		
Ácido Tetradecenoico	Ácido Miristoleico	C _{14:1}
Ácido Hexadecenoico	Ácido Palmitoleico	C _{16:1}
Ácido Heptadecenoico	Ácido Heptadecenoico	C _{17:1}
Ácido Octadecenoico	Ácido Oleico	C _{18:1}
Ácido Eicosenoico	Ácido Eicosenoico	C _{20:1}
Ácido Docosenoico	Ácido Erucico	C _{22:1}
Ácido Tetracosanoico	Ácido Nervonico	C _{24:1}
Ácidos Grasos Poliinsaturados		
Ácido 9,12-Octadecadienoico	Ácido Linoleico	C _{18:2} Δ ^{9, 12}
Ácido 9,12,15-Octadecatienoico	Ácido α-Linolénico	C _{18:3} Δ ^{9, 12, 15}
Ácido 11,14-Eicosadienoico	Ácido Eicosadienoico	C _{20:2} Δ ^{11, 14}

ANEXO 2 Análisis de varianza del contenido de ácidos total grasos saturados en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,07886	8	0,134858	350,80	*0,0000
Dentro de grupos	0,00345987	9	0,00038443		
Total (Corregido)	1,08232	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 3 Análisis de varianza del contenido de C_{10:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arco seno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,13313	8	0,391638	1,39	0,3149
Dentro de grupos	2,53139	9	0,281265		
Total (Corregido)	5,66449	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 4 Análisis de varianza del contenido de C_{12:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arco seno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,06237	8	0,132796	2,34	0,1141
Dentro de grupos	0,511726	9	0,0568585		
Total (Corregido)	1,5741	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 5 Análisis de varianza del contenido de C_{14:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arco seno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,0421951	8	0,00527439	4,85	*0,0148
Dentro de grupos	0,0097791	9	0,00108657		
Total (Corregido)	0,0519742	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 6 Análisis de varianza del contenido de C_{16:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,505355	8	0,0631693	7,67	*0,0031
Dentro de grupos	0,0741579	9	0,00823977		
Total (Corregido)	0,579513	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 7 Análisis de varianza del contenido de C_{18:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,469309	8	0,0586636	143,52	*0,0000
Dentro de grupos	0,00367868	9	0,000408743		
Total (Corregido)	0,472988	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 8 Análisis de varianza del contenido de C_{20:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,613619	8	0,0767024	71,52	*0,0000
Dentro de grupos	0,00965196	9	0,00107244		
Total (Corregido)	0,623271	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 9 Análisis de varianza del contenido de C_{21:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,68601	8	0,210751	2,08	0,1488
Dentro de grupos	0,913921	9	0,101547		
Total (Corregido)	2,59993	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 10 Análisis de varianza del contenido de C_{22:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,610789	8	0,0763486	28,29	*0,0000
Dentro de grupos	0,0242913	9	0,00269903		
Total (Corregido)	0,63508	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 11 Análisis de varianza del contenido de C_{23:0} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,501363	4	0,125341	0,26	0,8891
Dentro de grupos	2,3695	5	0,4739		
Total (Corregido)	2,87086	9			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 12 Análisis de varianza del contenido de $C_{24:0}$ en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,102763	8	0,0128454	5,77	*0,0083
Dentro de grupos	0,0200282	9	0,00222535		
Total (Corregido)	0,122792	17			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas

ANEXO 13 Análisis de varianza del contenido total de ácidos grasos poliinsaturados en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	2,85279	8	0,356599	21,30	*0,0001
Dentro de grupos	0,15065	9	0,0167389		
Total (Corregido)	3,00345	17			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas

ANEXO 14 Análisis de varianza del contenido de $C_{18:2} \Delta^{9,12}$ en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	2,78222	8	0,347778	18,03	0,0001
Dentro de grupos	0,173596	9	0,0192884		
Total (Corregido)	2,95582	17			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas

ANEXO 15 Análisis de varianza del contenido de C_{18:2} ni en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,396123	7	0,056589	0,19	0,9807
Dentro de grupos	2,44301	8	0,305376		
Total (Corregido)	2,83913	15			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ni (indica isómero no identificado)

ANEXO 16 Análisis de varianza del contenido de C_{18:2} Total en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	2,75925	8	0,344906	18,66	*0,0001
Dentro de grupos	0,166332	9	0,0184813		
Total (Corregido)	2,92558	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 17 Análisis de varianza del contenido de C_{18:3} Δ^{9,12,15} en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,157094	8	0,0196368	24,00	*0,0000
Dentro de grupos	0,00736332	9	0,000818147		
Total (Corregido)	0,164457	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 18 Análisis de varianza del contenido de $C_{20:2} \Delta^{11, 14}$ en aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,58543	8	0,198179	1,03	0,4799
Dentro de grupos	1,7379	9	0,1931		
Total (Corregido)	3,32333	17			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas

ANEXO 19 Análisis de varianza del contenido Total de ácidos grasos monoinsaturados en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	3,11851	8	0,389814	38,42	* 0,0000
Dentro de grupos	0,0913067	9	0,0101452		
Total (Corregido)	3,20982	17			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas.

ANEXO 20 Análisis de varianza del contenido $C_{14:1}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,0704238	8	0,00880297	0,23	0,9748
Dentro de grupos	0,344475	9	0,0382751		
Total (Corregido)	0,414899	17			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas

ANEXO 21 Análisis de varianza del contenido C_{16:1} Δ¹¹ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,99037	8	0,248796	5,75	*0,0085
Dentro de grupos	0,3896	9	0,0432889		
Total (Corregido)	2,37997	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 22 Análisis de varianza del contenido C_{16:1} Δ⁹ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	3,13832	8	0,39229	1,14	0,4210
Dentro de grupos	3,09617	9	0,344019		
Total (Corregido)	6,23449	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas

ANEXO 23 Análisis de varianza del contenido C_{16:1} Δ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,23664	7	0,176663	0,61	0,7333
Dentro de grupos	2,30411	8	0,288014		
Total (Corregido)	3,54075	15			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 24 Análisis de varianza del contenido C_{16:1} Total en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	2,03478	8	0,254348	6,27	*0,0063
Dentro de grupos	0,364998	9	0,0405554		
Total (Corregido)	2,39978	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 25 Análisis de varianza del contenido C_{17:1} Δ¹⁰ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,316594	8	0,0395743	0,75	0,6531
Dentro de grupos	0,475816	9	0,0528684		
Total (Corregido)	0,79241	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 26 Análisis de varianza del contenido Total de C_{18:1} en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	5,94405	8	0,743006	146,74	*0,0000
Dentro de grupos	0,04557	9	0,00506333		
Total (Corregido)	5,98962	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 27 Análisis de varianza del contenido $C_{18:1} \Delta^9$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arco seno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	5,33401	8	0,666751	93,09	*0,0000
Dentro de grupos	0,0644631	9	0,00716257		
Total (Corregido)	5,39847	17			

*P \leq 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 28 Análisis de varianza del contenido $C_{18:1} \Delta^{14+15}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arco seno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	2,23459	8	0,279323	131,69	*0,0000
Dentro de grupos	0,0190898	9	0,00212109		
Total (Corregido)	2,25368	17			

*P \leq 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 29 Análisis de varianza del contenido $C_{20:1} \Delta^{11}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arco seno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,226724	8	0,0283405	7,58	*0,0032
Dentro de grupos	0,0336375	9	0,0037375		
Total (Corregido)	0,260361	17			

*P \leq 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 30 Análisis de varianza del contenido C_{20:1} ni en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,747685	8	0,0934606	34,55	*0,0000
Dentro de grupos	0,0243446	9	0,00270495		
Total (Corregido)	0,77203	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas.

ni (isómero no identificado)

ANEXO 31 Análisis de varianza del contenido C_{20:1} Total en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,282441	8	0,0353051	6,83	*0,0047
Dentro de grupos	0,0446546	9	0,00517177		
Total (Corregido)	0,328986	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 32 Análisis de varianza del contenido C_{22:1} en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,11298	8	0,139123	28,45	*0,0000
Dentro de grupos	0,0440175	9	0,00489083		
Total (Corregido)	1,157	17			

*P ≤ 0,05 indica diferencias significativas.

ANEXO 33 Análisis de varianza del contenido $C_{22:1}$ ni en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	1,62623	8	0,203278	15,75	*0,0002
Dentro de grupos	0,116159	9	0,0129066		
Total (Corregido)	1,74239	17			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas.

ni (significa no identificado).

ANEXO 34 Análisis de varianza del contenido del índice de Insaturación en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F-calculado	P-Valor
Entre grupos	2,49119	8	0,311398	323,59	*0,0000
Dentro de grupos	0,0086608	9	0,000962311		
Total (Corregido)	2,49985	17			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas.

ANEXO 35 Análisis de varianza del contenido Total de $C_{24:1}$ en el aceite extruído en frío de Gevuina (Transformación arcoseno)

Fuente	SC	GL	CM	F calculado	P-Valor
Entre grupos	0,0410031	3	0,0136677	0,02	0,9948
Dentro de grupos	2,44907	4	0,612268		
Total (Corregido)	2,49007	7			

* $P \leq 0,05$ indica diferencias significativas.