



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE BIOQUIMICA Y FARMACIA**

**“EXTRACCIÓN, REFINACION, Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO -  
QUÍMICA Y NUTRACÉUTICA DEL ACEITE DE CHOCHO (*Lupinus  
mutabilis sweet*)”.**

**TESIS DE GRADO**

**PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
BIOQUIMICO FARMACEUTICO**

**PRESENTADO POR:  
MARIO VINICIO NAVARRETE PARRA**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2010**

## **DEDICATORIA**

*La presente investigación se lo dedico con todo el amor y respeto hacia dos personas muy importantes para mí, mis padres Mario y Loli; quienes siempre me han sabido dar su apoyo, amor, sacrificio y comprensión todos los días de mi vida.*

*A mis hermanos, Paúl y Fabricio, por brindarme su cariño, confianza y alegría.*

*Con la culminación de este trabajo, cierro una etapa de mi vida, para empezar otra, quizá más difícil, pero a la vez maravillosa, el ser padre, por eso se lo dedico a Mikaela, mi nueva razón de seguir luchando.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por darme la maravillosa oportunidad de vivir y culminar mis estudios.*

*A mis padres y hermanos, porque a pesar de los problemas siempre han tenido una voz de aliento para seguir adelante.*

*A mi esposa, por brindarme su apoyo en todo momento.*

*A mis grandes amigos, que han hecho que esta e largo camino de la vida sea muy alegre y divertido.*

*Al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, de manera especial a la Ing. Elena Villacrés, quien me supo dar su confianza, colaboración y apoyo para la elaboración de la presente tesis.*

*A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.*

*A la Dra. Olga Lucero por su valiosa colaboración y asesoramiento en este trabajo de investigación.*

*Al Dr. Galo Insuasti, por sus acertadas opiniones en la realización de este trabajo.*

*A todas las personas que de una u otra forma colaboraron para que este trabajo de investigación sea culminado.*

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

El Tribunal de Tesis certifica que el trabajo de investigación: “EXTRACCIÓN, REFINACION, Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA Y NUTRACÉUTICA DEL ACEITE DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis sweet*)” de responsabilidad del señor Mario Vinicio Navarrete Parra, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dra. Yolanda Días <b>DECANA FAC. CIENCIAS</b>	-----	-----
Dr. Luis Guevara <b>DIRECTOR ESCUELA BIOQUÍMICA Y FARMACIA</b>	-----	-----
Dra. Olga Lucero <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	-----	-----
Dr. Galo Insuasti <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	-----	-----
Tc. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	-----	-----
<b>NOTA DE TESIS</b>	-----	

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>INIAP</b>	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
<b>Ha</b>	Hectárea
<b>msn</b>	Metros sobre el nivel del mar
<b>m</b>	Metros
<b>Mm</b>	Milímetros
<b>SICA</b>	Servicio de Información y Censo Agropecuario
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>cm</b>	Centímetro
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>UPA</b>	Unidad de producción Agrícola
<b>ESPOCH</b>	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
<b>AGP</b>	Ácido graso poliinsaturado
<b>°C</b>	Grados celsius
<b>g</b>	Gramos
<b>QM</b>	Quilomicrones
<b>ATP</b>	Adenosin trifosfato
<b>NADPH</b>	Nicotinamida adenina dinucleótido fosfato
<b>ABT</b>	Azul de bromotimol
<b>rpm</b>	revoluciones por minuto
<b>ml</b>	Mililitro
<b>N</b>	Normalidad
<b>M</b>	Molaridad
<b>µg</b>	microgramo
<b>mg</b>	miligramo
<b>V</b>	Volumen
<b>cP</b>	Centipoise
<b>cg</b>	Centigramo
<b>IP</b>	Índice de peróxidos
<b>ln</b>	Logaritmo natural
<b>mEq</b>	Miliequivalente
<b>HR</b>	Humedad relativa

Yo, **Mario Vinicio Navarrete Parra**, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece al INTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS INIAP y a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO.

---

**MARIO VINICIO NAVARRETE PARRA**

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I.....	4
1. MARCO TEORICO.....	4
1.1. LEGUMINOSAS.....	4
1.2. EL CHOCHO.....	5
1.2.1 ESPECIES.....	6
1.2.2 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	7
1.2.3 CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS DE LA PLANTA.....	7
1.2.3.1 HOJAS.....	7
1.2.3.2 FLORES E INFLORESCENCIA.....	8
1.2.3.3 SEMILLA.....	9
1.2.3.4 TALLO Y RAMIFICACIONES.....	9
1.2.3.5 RAÍCES Y NÓDULOS.....	10
1.2.4 CULTIVO Y COSECHA.....	11
1.2.4.1 CULTIVO.....	11
1.2.4.2 COSECHA Y POSCOSECHA.....	12
1.2.4.2.1 COSECHA.....	12
1.2.4.2.1.1 PARA GRANO COMERCIAL.....	12
1.2.4.2.1.2 PARA SEMILLA.....	12
1.2.4.2.2 COSECHA Y POSCOSECHA.....	13
1.2.4.2.2.1 SECADO DEL GRANO.....	13
1.2.4.2.2.2 CLASIFICADO Y LIMPIEZA DEL GRANO.....	13
1.2.4.2.2.3 ALMACENAMIENTO.....	14
1.2.4.2.2.4 ELIMINACIÓN DE ALCALOIDES.....	14
1.2.5 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD.....	15
1.2.6 COMERCIALIZACIÓN.....	18
1.2.6.1 ANÁLISIS FODA PARA LA COMERCIALIZACIÓN.....	19
1.2.7 MODOS DE EMPLEO.....	20

1.2.7.1 CONSUMO HUMANO.....	21
1.2.7.2 USO INDUSTRIAL.....	21
1.2.7.3 USO MEDICINAL .....	22
1.2.7.4 USO AGRONÓMICO.....	22
1.2.7.5 COMO COMBUSTIBLE.....	23
1.2.8 COMPOSICION QUÍMICA.....	23
1.2.8.1 PROTEÍNAS.....	25
1.2.8.2 LÍPIDOS.....	25
1.2.8.3 FIBRA. ....	27
1.2.8.4 CARBOHIDRATOS.....	27
1.2.8.5 MINERALES.....	27
1.2.8.6 VITAMINAS.....	28
1.2.8.7 AMINOÁCIDOS.....	29
1.2.8.8 ALCALOIDES.....	30
1.3 LOS LÍPIDOS.....	30
1.3.1 COMPOSICIÓN GENERAL DE LOS LÍPIDOS.....	31
1.3.1.1 FOSFOLÍPIDOS.....	32
1.3.1.2 RESIDUO INSAPONIFICABLE.....	32
1.3.1.3 ÁCIDOS GRASOS.....	32
1.3.2 METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS.....	35
1.3.2.1 B- OXIDACIÓN.....	36
1.3.2.2 LIPOGÉNESIS.....	37
1.3.3 ALTERACIONES DE LOS LÍPIDOS.....	38
1.3.3.1 ENZIMAS EXISTENTES EN LAS SEMILLAS OLEAGINOSAS.	38
1.3.3.2 ENRANCIAMIENTO QUÍMICO.....	39
1.4 CARACTERÍSTICAS DE LA GRASA Y ACEITE DE CHOCHO.....	40
1.4.1 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS PRINCIPALES ÁCIDOS GRASOS DEL CHOCHO O TARWI.....	43
1.4.1.1 ÁCIDO OLEICO (OMEGA 9). ....	43
1.4.1.2 ÁCIDO LINOLEICO (OMEGA 6). ....	43
1.4.1.3 ÁCIDO PALMÍTICO.....	44

1.4.1.4	ÁCIDO LINOLÉNICO.....	45
1.4.2	TOCOFEROLES.....	46
1.4.3	VALOR NUTRITIVO.....	49
1.5	ACEITES COMESTIBLES. ....	50
1.5.1	EXTRACCIÓN DE ACEITE. ....	51
1.5.2	REFINACIÓN DE ACEITE.....	54
1.5.2.1	DESGOMADO.....	55
1.5.2.2	NEUTRALIZACIÓN .....	55
1.5.2.3	DECOLORACIÓN.....	56
1.5.2.4	DESODORIZACIÓN.....	56
1.5.2.5	WINTERIZACIÓN.....	57
1.5.3	EXTRACCIÓN Y REFINACIÓN DE ACEITE DE CHOCHO.....	58
1.6	CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS ACEITES Y GRASAS.....	60
1.6.1	PRUEBAS ORGANOLÉPTICAS.....	60
1.6.2	PRUEBA DE FRÍO.....	60
1.6.3	ÍNDICE DE REFRACCIÓN.....	61
1.6.4	ÍNDICE DE ACIDEZ.....	61
1.6.5	ÍNDICE DE YODO.....	61
1.6.6	ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN.....	61
1.6.7	MATERIA INSAPONIFICABLE.....	62
1.6.8	PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS.....	62
CAPITULO II.....		63
PARTE EXPERIMENTAL.....		63
2.1	LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO. ....	63
2.2	OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA. ....	63
2.2.1	EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHOCHO. ....	64
2.2.1.1	EQUIPOS Y MATERIALES. ....	64

2.2.1.2 REACTIVOS.....	64
2.2.1.3 PROCEDIMIENTO.....	64
2.2.2 REFINACION DE ACEITE DE CHOCHO. ....	65
2.2.2.1 EQUIPOS Y MATERIALES.....	65
2.2.2.2 REACTIVOS.....	66
2.2.2.3 PROCEDIMIENTO.....	66
2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA. ....	68
2.3.1 DENSIDAD. ....	68
2.3.1.1 PRINCIPIO.....	68
2.3.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS. ....	68
2.3.1.3 PROCEDIMIENTO.....	68
2.3.1.4 CÁLCULO.....	69
2.3.2 VISCOSIDAD. ....	70
2.3.2.1 MATERIALES Y EQUIPOS.....	70
2.3.2.2 PROCEDIMIENTO.....	70
2.3.3 PRUEBA DE FRIO. ....	71
2.3.3.1 PRINCIPIO. ....	71
2.3.3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	71
2.3.3.3 PROCEDIMIENTO ....	72
2.3.3.4 RESULTADOS.....	72
2.3.3.5 OBSERVACIONES.....	73
2.3.4 INDICE DE REFRACCION. ....	73
2.3.4.1 PRINCIPIO. ....	73
2.3.4.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	74
2.3.4.3 PROCEDIMIENTO. ....	74
2.3.4.4. CÁLCULO. ....	74
2.3.5 INDICE DE COLOR (ABT) ....	75
2.3.5.1 PRINCIPIO. ....	75
2.3.5.2 MATERIALES Y EQUIPOS. ....	76
2.3.5.3 REACTIVOS. ....	76
2.3.5.4 PROCEDIMIENTO. ....	77
2.3.5.5. EXPRESIÓN DE RESULTADOS. ....	78

2.4 CARACTERISTICAS QUIMICAS. ....	78
2.4.1 INDICE DE PERÓXIDOS. ....	78
2.4.1.1 PRINCIPIO. ....	79
2.4.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS. ....	79
2.4.1.3 REACTIVOS. ....	79
2.4.1.4 PROCEDIMIENTO. ....	80
2.4.1.5 CALCULO. ....	80
2.4.1.6 OBSERVACIONES. ....	81
2.4.2 INDICE DE ACIDEZ. ....	81
2.4.2.1 PRINCIPIO. ....	82
2.4.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS. ....	82
2.4.2.3 REACTIVOS. ....	82
2.4.2.4 PROCEDIMIENTO. ....	82
2.4.2.5 CALCULO. ....	83
2.4.3 INDICE DE SAPONIFICACION ....	83
2.4.3.1 PRINCIPIO.....	84
2.4.3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.....	84
2.4.3.3 REACTIVOS. ....	84
2.4.3.4 PROCEDIMIENTO. ....	84
2.4.3.5 CALCULO. ....	85
2.4.3.6. OBSERVACIONES. ....	85
2.3.4 INDICE DE YODO (MÉTODO DE WIJS). ....	86
2.3.4.1 PRINCIPIO. ....	86
2.4.4.2 MATERIALES Y EQUIPOS. ....	86
2.4.4.3 REACTIVOS. ....	86
2.4.4.4 PROCEDIMIENTO. ....	87
2.4.4.5 CALCULO.....	88
2.4.5 MATERIA INSAPONIFICABLE ....	89
2.4.5.1 PRINCIPIO. ....	89
2.4.5.2 MATERIALES Y EQUIPOS. ....	89
2.4.5.3 REACTIVOS. ....	89
2.4.5.4 PROCEDIMIENTO. ....	90

2.4.5.5 CALCULO.....	91
2.5 CARACTERÍSTICAS NUTRACÉUTICAS.....	92
2.5.1 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS.....	92
2.5.1.1 MATERIALES Y EQUIPOS .....	92
2.5.1.2 REACTIVOS.....	92
2.5.1.3 PROCEDIMIENTO.....	93
CAPÍTULO III.....	94
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	94
3.1 EXTRACCIÓN Y REFINACIÓN DE ACEITE DE CHOCHO.....	94
3.1.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE .....	94
3.1.2 REFINACIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO.....	100
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	102
3.2.1 DENSIDAD.....	103
3.2.2 VISCOSIDAD.....	106
3.2.3 ÍNDICE DE REFRACCIÓN.....	108
3.2.4 PRUEBA DE FRÍO.....	111
3.2.5 ÍNDICE DE COLOR.....	112
3.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	114
3.3.1 ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....	115
3.3.2 ACIDEZ.....	119
3.3.3 ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN.....	121
3.3.4 ÍNDICE DE YODO.....	124
3.3.5 MATERIA INSAPONIFICABLE.....	126
3.4 CARACTERÍSTICAS NUTRACÉUTICAS.....	129
3.4.1 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS.....	129
3.4.2 TOCOFEROLES .....	133
3.5 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL ACEITE DE CHOCHO EN CONDICIONES AMBIENTALES Y DE ALMACENAMIENTO ACELERADO.....	135
3.5.1 INDICE DE PEROXIDO PARA EL ACEITE	

ALMACENADO EN DIFERENTES CONDICIONES. ....	136
3.5.1.1 ÍNDICE DE PERÓXIDO PARA EL ACEITE	
ALMACENADO A TEMPERATURA AMBIENTE	
(18 °C Y 50% HR) .....	136
3.5.1.2 VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO EN	
CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO	
(35 °C Y 90% HR) .....	141
3.6 VIDA ÚTIL.....	145
CAPITULO IV.....	150
CONCLUSIONES.....	150
CAPITULO V.....	151
RECOMENDACIONES.....	151
CAPITULO VI.....	152
RESUMEN.....	152
SUMMARY.....	153
BIBLIOGRAFÍA.....	154
ANEXOS.....	165

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO N° 1. FACTORES Y TRATAMIENTOS PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO.....</b>	<b>95</b>
<b>CUADRO N° 2. RENDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE, A PARTIR DE DIFERENTES CONDICIONES DE GRANO Y TIEMPOS DE EXTRACCIÓN.....</b>	<b>96</b>
<b>CUADRO N° 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHOCHO.....</b>	<b>97</b>
<b>CUADRO N° 4. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHOCHO.....</b>	<b>98</b>
<b>CUADRO N° 5. NEUTRALIZACIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO.....</b>	<b>101</b>
<b>CUADRO N° 6. TRATAMIENTOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS ACEITES.....</b>	<b>102</b>
<b>CUADRO N° 7. RESULTADOS DE LA DENSIDAD DE LOS DIFERENTES ACEITES (g/ml).....</b>	<b>103</b>
<b>CUADRO N° 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DENSIDAD.....</b>	<b>104</b>
<b>CUADRO N° 9. PRUEBA DE TUKEY PARA LA DENSIDAD DE DIFERENTES ACEITES.....</b>	<b>105</b>
<b>CUADRO N° 10. VISCOSIDAD DE LOS DIFERENTES ACEITES.....</b>	<b>106</b>
<b>CUADRO N° 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VISCOSIDAD.....</b>	<b>106</b>
<b>CUADRO N° 12. PRUEBA DE TUKEY PARA LA VISCOSIDAD APARENTE DE DIFERENTES ACEITES.....</b>	<b>107</b>
<b>CUADRO N° 13. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN</b>	

DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ACEITES.....	109
<b>CUADRO N° 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN.....</b>	<b>110</b>
<b>CUADRO N° 15. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE DIFERENTES ACEITES.....</b>	<b>110</b>
<b>CUADRO N° 16. PRUEBA DE FRÍO PARA VARIOS ACEITES.....</b>	<b>112</b>
<b>CUADRO N° 17. ÍNDICE DE COLOR DE VARIOS ACEITES.....</b>	<b>113</b>
<b>CUADRO N° 18. TRATAMIENTOS PARA LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS TIPOS DE ACEITES.....</b>	<b>115</b>
<b>CUADRO N° 19. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS EN LOS ACEITES.....</b>	<b>116</b>
<b>CUADRO N° 20. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....</b>	<b>117</b>
<b>CUADRO N° 21. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE PERÓXIDO (mEq/kg) DE VARIOS ACEITES.....</b>	<b>118</b>
<b>CUADRO N° 22. ACIDEZ DE LOS DIFERENTES ACEITES (%).....</b>	<b>119</b>
<b>CUADRO N° 23. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA ACIDEZ.....</b>	<b>120</b>
<b>CUADRO N° 24. PRUEBA DE TUKEY PARA LA ACIDEZ (%) DE VARIOS ACEITES.....</b>	<b>120</b>
<b>CUADRO N° 25. RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g).....</b>	<b>121</b>
<b>CUADRO N° 26. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN.....</b>	<b>122</b>
<b>CUADRO N° 27. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g) DE VARIOS ACEITES.....</b>	<b>123</b>

<b>CUADRO N° 28. ÍNDICE DE YODO (cg/g) DE DIFERENTES ACEITES.....</b>	<b>124</b>
<b>CUADRO N° 29. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE YODO....</b>	<b>125</b>
<b>CUADRO N° 30. PRUEBA DE TUKEY PARA ÍNDICE DE YODO (cg I<sub>2</sub>/100 g de aceite) DE VARIOS ACEITES.....</b>	<b>125</b>
<b>CUADRO N° 31. RESULTADOS DE MATERIA INSAPONIFICABLE (%).....</b>	<b>127</b>
<b>CUADRO N° 32. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MATERIA INSAPONIFICABLE DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ACEITES.....</b>	<b>127</b>
<b>CUADRO N° 33. PRUEBA DE TUKEY PARA LA MATERIA INSAPONIFICABLE DE VARIOS ACEITES (%).....</b>	<b>128</b>
<b>CUADRO N° 34. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE DIFERENTES ACEITES VEGETALES.....</b>	<b>130</b>
<b>CUADRO N° 35. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE DIFERENTES ACEITES VEGETALES.....</b>	<b>131</b>
<b>CUADRO N° 36. TIPIFICACIÓN Y CONTENIDO DE TOCOFEROLES (ppm) EN VARIOS ACEITES VEGETALES.....</b>	<b>133</b>
<b>CUADRO N° 37. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE PEROXIDO DEL ACEITE ALMACENADO A CONDICIONES AMBIENTALES (18 °C y 50% HR).....</b>	<b>136</b>
<b>CUADRO N° 38. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE PEROXIDO DEL ACEITE ALMACENADO BAJO CONDICIONES AMBIENTALES.....</b>	<b>137</b>
<b>CUADRO N° 39. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL IP, EN CONDICIONES ACELERADAS (35 °C y 90% HR).....</b>	<b>141</b>
<b>CUADRO N° 40. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE PEROXIDO DE ACEITES ALMACENADOS EN CONDICIONES ACELERADAS (35 °C y 90% HR).....</b>	<b>142</b>

<b>CUADRO N° 41. VARIACIÓN DEL INDICE DE PEROXIDO DEL ACEITE DE CHOCHO*, DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....</b>	<b>145</b>
<b>CUADRO N° 42. VALORES DE LAS CONSTANTES CINÉTICAS DE PRIMER ORDEN.....</b>	<b>148</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> SUPERFICIE COSECHADA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE CHOCHO EN ECUADOR.....	15
<b>TABLA 2.</b> SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VENTAS DE CHOCHO. ....	17
<b>TABLA 3.</b> ANALISIS FODA PARA LA COMERCIALIZACION.....	20
<b>TABLA 4.</b> COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CHOCHO AMARGO Y DESAMARGADO.....	24
<b>TABLA 5.</b> COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA ENTRE VARIAS ESPECIES DE LUPINUS.....	25
<b>TABLA 6.</b> COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DEL CHOCHO AMARGO Y DESAMARGADO.....	26
<b>TABLA 7.</b> CONTENIDO DE MINERALES EN EL <i>LUPINUS MUTABILIS</i> SWEET.....	28
<b>TABLA 8.</b> CONTENIDO DE VITAMINAS EN EL GRANO CRUDO DE CHOCHO.....	28
<b>TABLA 9.</b> CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN <i>Lupinus Mutabilis Sweet</i> ....	29
<b>TABLA 10.</b> EJEMPLOS DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS.....	33
<b>TABLA 11.</b> EJEMPLOS DE ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS.....	35
<b>TABLA 12.</b> COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DEL TARWI (% DE ÁCIDOS GRASOS TOTALES).....	41
<b>TABLA 13.</b> PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE VARIOS ACEITES VEGETALES.....	42
<b>TABLA 14.</b> COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL TARWI Y	

SOYA (G/100 G).....	49
<b>TABLA 15.</b> DISOLUCIONES PARA EL ÍNDICE DE COLOR (ABT).....	77
<b>TABLA 16.</b> INDICE DE PEROXIDOS EN RELACIÓN AL PESO DE LA MUESTRA.....	81
<b>TABLA 17.</b> INDICE DE YODO PREVISTO.....	87
<b>TABLA 18.</b> NIVELES PERMISIBLES RELACIONADOS CON EL ÍNDICE DE PEROXIDOS.....	136
<b>TABLA 19.</b> ESPECIFICACIONES DEL ACEITE DE SOYA.....	178

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA N° 1. EFECTO DEL TRATAMIENTO EN EL RENDIMIENTO (%) DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHOCHO.....</b>	<b>99</b>
<b>FIGURA N° 2. RENDIMIENTO DESPUÉS DE LA REFINACIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO.....</b>	<b>101</b>
<b>FIGURA N° 3. EFECTO DEL TIPO DE ACEITE Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL INDICE DE PEROXIDO.....</b>	<b>137</b>
<b>FIGURA N° 4. VARIACIÓN DEL INDICE DE PEROXIDO EN ACEITES ALMACENADOS A TEMPERATURA AMBIENTE Y 50 % DE HUMEDAD RELATIVA.....</b>	<b>140</b>
<b>FIGURA N° 5. VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO DE VARIOS ACEITES ALMACENADOS EN CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO (35 °C Y 90% DE HUMEAD RELATIVA).....</b>	<b>144</b>
<b>FIGURA N° 6. VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO DEL ACEITE DE CHOCHO, ALMACENADO BAJO CONDICIONES NORMALES .....</b>	<b>146</b>
<b>FIGURA N° 7. VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO DEL ACEITE DE CHOCHO, ALMACENADO BAJO CONDICIONES ACELERADAS.....</b>	<b>146</b>
<b>FIGURA 8. RELACIÓN ENTRE LA CONSTANTE CINÉTICA <math>k</math> Y EL INVERSO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO.....</b>	<b>149</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO Nº 1.</b> ESTRUCTURA DEL ÁCIDO OLEICO.....	43
<b>GRÁFICO Nº 2.</b> ESTRUCTURA DEL ÁCIDO LINOLEICO.....	43
<b>GRÁFICO Nº 3.</b> ESTRUCTURA DEL ÁCIDO PALMÍTICO.....	44
<b>GRÁFICO Nº 4.</b> ESTRUCTURA DEL ÁCIDO LINOLÉNICO.....	45
<b>GRÁFICO Nº 5.</b> ESTRUCTURA DE TOCOFEROL.....	48
<b>GRÁFICO Nº 6.</b> EXTRACCIÓN Y REFINACIÓN DE ACEITES DE SEMILLAS OLEAGINOSAS.....	58

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>FOTOGRAFÍA N° 1. GRANOS DE CHOCHO INIAP 450 ANDINO.....</b>	<b>5</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 2. FLORES DE CHOCHO.....</b>	<b>8</b>
<b>FOTOGRAFIA N° 3. SEMILLAS DE CHOCHO.....</b>	<b>9</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 4. RAÍCES DEL CHOCHO.....</b>	<b>10</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 5. CULTIVO DE CHOCHO.....</b>	<b>11</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 6. LABORATORIO DEL DPTO. DE NUTRICIÓN Y CALIDAD DEL INIAP.....</b>	<b>179</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 7. MOLINO USADO EN LA ELABORACIÓN DE LA HARINA DE CHOCHO PREVIA A LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE.....</b>	<b>179</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 8. FLAKES DE CHOCHO AMARGO Y DESAMARGADO.....</b>	<b>180</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 9. HARINA DE CHOCHO AMARGO Y DESAMARGADO.....</b>	<b>180</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 10. EQUIPO DE SOXHLET PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE.....</b>	<b>181</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 11. EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO EN EL EQUIPO DE SOXHLET.....</b>	<b>181</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 12. ACEITE EXTRAÍDO CON EL EQUIPO DE SOXHLET.....</b>	<b>182</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 13. ELIMINACIÓN DEL SOLVENTE EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE.....</b>	<b>182</b>
<b>FOTOGRAFIA N° 14. ACEITES SOMETIDOS A CENTRIFUGACIÓN EN EL PROCESO DE REFINACIÓN.....</b>	<b>183</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 15. MUESTRAS DE ACEITES DE CHOCHO Y SOYA.....</b>	<b>183</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 16. TITULACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....</b>	<b>184</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 17. TITULACIÓN DEL ÍNDICE DE YODO.....</b>	<b>184</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 18. ÍNDICE DE YODO.....</b>	<b>185</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 19. ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN.....</b>	<b>185</b>

<b>FOTOGRAFÍA N° 20. MUESTRAS DE ACEITES SOMETIDOS A PRUEBAS DE ESTABILIDAD A TEMPERATURA AMBIENTE.....</b>	<b>186</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 21. CÁMARA DE ALMACENAMIENTO ACELERADO....</b>	<b>186</b>
<b>FOTOGRAFÍA N° 22. MUESTRAS DE ACEITE SOMETIDAS A PRUEBAS DE ESTABILIDAD EN CÁMARA ACELERADA.....</b>	<b>187</b>

## **INTRODUCCIÓN.**

Las leguminosas son una fuente alimenticia muy importante para el ser humano, poseen gran valor proteico, aunque también contienen cantidades variables de carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales.

El chocho (*Lupinus mutabilis*) es una leguminosa de origen andino, sin embargo, no se conoce a ciencia cierta el origen de dicho cultivo. Los datos se basan en tradiciones folklóricas y de costumbres, transmisiones orales y otras referencias indirectas. La semilla presenta varias formas: redonda u ovalada, lenticulares, de 5 – 15 mm de largo y 6 – 8 mm de ancho, de color variable, pueden ser blancas, marrones o negras, o también pueden tener combinaciones entre estos colores, y tienen un diámetro aproximado de 1 cm. El tegumento que cubre esta semilla es de consistencia dura y contienen alcaloides amargos que impiden su consumo.

En Ecuador se siembra principalmente en las provincias de Cotopaxi, Chimborazo, Tungurahua, Imbabura, Pichincha y Bolívar. Según el SICA (2002) y datos del III Censo Nacional Agropecuario, en el país se siembran 5974 ha y se cosechan 3921 ha. (35, 58)

En nuestro país se ha experimentado en las últimas décadas cambios en las condiciones agroalimentarias, demográficas, sanitarias y socioeconómicas, que han determinado que el patrón de consumo de alimentos siga la tendencia mundial de dietas occidentales, con un detrimento de la ingesta de alimentos tradicionales, lo que conduce a un estado de desnutrición calórico-proteica, deterioro de la salud y un incremento de la morbilidad y mortalidad por enfermedades crónicas. Debido a lo expuesto, el consumo de alimentos proteicos y ácidos grasos de origen vegetal como el chocho, quinua, avena, hojas verdes,

etc., pueden tener efectos beneficiosos para la salud en la prevención de las enfermedades.

En los últimos años se ha producido un inusual interés en el cultivo de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), debido a la valorización de sus componentes, especialmente desde el punto de vista nutritivo. De la caracterización físico-química se desprende que del grano, son económicamente aprovechables, las cáscaras, alcaloides, el aceite, las proteínas y los oligosacáridos. Por esta razón, actualmente se desarrollan procesos tecnológicos que permitan recuperar cada una de las fracciones del grano, en el menor tiempo posible. Además su producción y comercialización constituye trabajo e ingresos.

El chocho, por su contenido nutritivo, la cual es alta en proteína (42 - 51 %) y grasa (18-20 %), además calcio (0.42 %) y hierro (120 ppm), debería ocupar un lugar preponderante en la dieta de la población; sin embargo algunos factores como la dureza, sabor característico del grano limitan su consumo por ciertos sectores de la población (niños y personas de la tercera edad). Además su contenido medio de alcaloides (3%), hace necesario un proceso de desamargado previo a su utilización.

El aceite de chocho constituye el 20 % del peso de cada grano. Estudios preliminares muestran que el aceite es una buena fuente de ácidos grasos esenciales omega 3 (3,3 %) y 6 (28,47 %), estos se metabolizan rápidamente transformándose en energía, en contraste a los ácidos grasos saturados (de origen animal) que se almacenan en el tejido adiposo y dan lugar a la obesidad. (24)

También poseen tocoferoles y fitoesteroles, los que no siempre forman parte de la dieta y pueden mejorar la salud o ayudar en la prevención de enfermedades como el cáncer, enfermedades cardiovasculares, constituyéndose este producto en un nutraceutico, cien por ciento natural. Por ello el aprovechamiento del grano como una oleaginosa puede ayudar a mejorar la salud y el status nutricional de la población tanto rural como urbana. (36, 56, 74)

Estos atributos, convierten a esta leguminosa en una alternativa viable no sólo para combatir la desnutrición sino también para disminuir el colesterol y prevenir las enfermedades crónicas. (24)

Esta investigación se realizó con el objeto de evaluar las características físico-químicas y propiedades nutraceuticas del aceite de chocho, capaces de ofrecer garantías de salud, y contribuir a la mejora de las condiciones de vida y de salud de las personas, además del aprovechamiento de nuestros cultivos andinos.

Al finalizar la presente investigación se determinó que el mayor rendimiento en la extracción de aceite de chocho se obtuvo a partir de la harina de chocho desamargado, con un tamaño de partícula de 20 mesh, y, con un tiempo de extracción de 8 horas. El porcentaje de aceite extraído a partir de dichas condiciones es de 25.65 %.

Además se precisó el perfil de ácidos grasos y tocoferoles, permitiéndonos conocer el valioso aporte nutricional como fuente de ácidos grasos esenciales, e importantes componentes con actividad antioxidante.

## **CAPITULO I.**

### **1. MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. LEGUMINOSAS**

Las **fabáceas (Fabaceae)** o **leguminosas** son una familia de árboles, arbustos y hierbas perennes o anuales, fácilmente reconocibles por su fruto legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas. (43)

Las leguminosas constituyen un grupo muy diverso de plantas con distribución mundial, el fruto, llamado legumbre, es el elemento que mejor caracteriza a las leguminosas. Es una vaina aplanada con una sola cámara y dos suturas; suele abrirse a lo largo de éstas, como en el guisante o chícharo. Las semillas están unidas longitudinalmente a una de las suturas. La legumbre puede ser indehisciente (que no se abre), como la del maní, que madura bajo tierra; o indehisciente de forma explosiva, como en el chocho. En cuanto a tamaño, oscila entre unos pocos milímetros y más de treinta centímetros; puede encerrar una semilla o muchas, y ser de color apagado o vivo. (43)

Las leguminosas constituyen un alimento tradicional que ha suscitado el interés de numerosos grupos de investigación desde perspectivas muy diversas. La presencia simultánea de proteína y almidón en proporciones adecuadas, así como la riqueza en vitaminas, oligoelementos, saponinas, fibra, etc., las han hecho acreedoras de un

justificado interés desde el punto de vista nutritivo. El elevado contenido proteico en el grano de algunas especies de leguminosas convierte a esta familia en la principal fuente de proteína vegetal para la mayor parte de herbívoros y omnívoros, y entre estos últimos, para el hombre. (54)

Desde el punto de vista económico muchas especies se utilizan como alimento, por ejemplo el fréjol, el maní, chocho; otras que son productoras de aceite, como la soya; algunas de interés forrajero como la alfalfa o especies ornamentales como la falsa acacia. (54)

## 1.2. EL CHOCHO (*Lupinus mutabilis* Sweet).



FOTOGRAFÍA N° 1. GRANOS DE CHOCHO INIAP 450 ANDINO

El tarwi (Fotografía N° 1) es una leguminosa anual, de la cual se utiliza en la alimentación el grano desamargado, conocido como chocho en el norte de Perú y Ecuador, tarwi en el centro del Perú y tauri en el sur del Perú y Bolivia (chuchus en Cochabamba, Bolivia) (23, 44).

En las culturas pre-colombinas de Sudamérica, desempeñaba un papel importante como planta de cultivo para el abastecimiento proteico del habitante andino. Actualmente y con frecuencia el campesino andino emplea el lupino en la rotación de cultivos, lupino – papa – cebada, los cuales se realizan sin ningún abono. Esta leguminosa crece exitosamente en suelos pobres y sus propiedades de fijar nitrógeno y liberar el fósforo benefician los cultivos subsiguientes (68).

### 1.2.1 Especies

Esta planta presenta una gran variabilidad morfológica y de adaptación ecológica en los Andes, por lo cual existen muchas especies de lupinus, entre los cuales las más representativas son las siguientes:

- *Lupinus albus* o altramuz corriente (dulce)
- *Lupinus mutabilis* o tarwi, chocho (fuerte sabor amargo)
- *Lupinus angustifolius* (dulce)
- *Lupinus luteus* (dulce)
- *Lupinus hispánicus* (dulce)

Hasta ahora no se ha definido ninguna forma ancestral silvestre; sin embargo existen muchas especies afines y con caracteres morfológicos muy parecidos, como *L. praestabilis*, que se puede encontrar en el área del Cusco (44).

Según Mc Bride (1943), en los Andes se pueden diferenciar 83 especies del género *Lupinus* y el tarwi se debe haber originado probablemente de una mutación espontánea de una o varias de estas especies (23, 44, 61).

### 1.2.2 Descripción botánica

Familia	:	Leguminosidae
Género	:	Lupinus
Especie	:	<i>Lupinus mutabilis</i>
Nombre común	:	"tarwi", "chocho"
Inflorescencia	:	Color morado, blanco, morado.
Altura de planta	:	Hasta 0.8 - 1 m.
Semillas forman vainas	:	Semillas de color blanco marrones, negras de diámetro = 1cm.

Contienen alcaloides amargos que impiden su consumo directo (23).

### 1.2.3 Características Botánicas de la Planta

Es una leguminosa herbácea erecta de tallos robustos, algo leñosa. Alcanza una altura de 0.8-2.0 m. Se cultiva principalmente entre los 2.000 y 3.800 m de altitud, en climas templados y fríos.

#### 1.2.3.1 Hojas

La hoja de *Lupinus* es de forma digitada, generalmente compuesta por ocho folíolos que varían entre ovalados a lanceolados. En la base del pecíolo existen pequeñas hojas estipulares, muchas veces rudimentarias. Se diferencia de otras especies de *Lupinus* en que las hojas tienen menos vellosidades (44).

El color puede variar de amarillo verdoso a verde oscuro, dependiendo del contenido de antocianina (23, 32, 44, 61).

### 1.2.3.2 Flores e inflorescencia



**FOTOGRAFÍA N° 2. FLORES DE CHOCHO**

El tarwi pertenece a la subfamilia Papilionoideas por lo cual presenta una corola grande de 1 a 2 cm, con cinco pétalos y compuesta por un estandarte, dos quillas y dos alas. (32, 44)

Según el tipo de ramificación que presente la planta, puede tener hasta tres floraciones sucesivas (Fotografía N° 2). Blanco (1980) menciona que en una sola planta pueden existir hasta 1000 flores (23, 32).

La coloración de la flor varía entre el inicio de su formación hasta la maduración de un azul claro hasta uno muy intenso y de allí se origina su nombre científico, mutabilis, es decir que cambia. Los colores más comunes son los diferentes tonos de azul e incluso púrpura; menos frecuentes son los colores blanco, crema, rosado y amarillo (32, 44).

### **1.2.3.3 Semilla**



**FOTOGRAFIA N° 3. SEMILLAS DE CHOCHO**

Las semillas del tarwi están incluidas en número variable en una vaina de 5 a 12 cm y varían de forma (redonda, ovalada a casi cuadrangular), miden entre 0.5 a 1.5 cm. Un kilogramo tiene 3500 a 5000 semillas (Fotografía N° 3). La variación en tamaño depende tanto de las condiciones de crecimiento como del ecotipo o variedad. La semilla está recubierta por un tegumento endurecido que puede constituir hasta el 10% del peso total (32, 44).

Los colores del grano incluyen blanco, amarillo, gris, ocre, pardo, castaño, marrón y colores combinados como marmoleado, media luna, ceja y salpicado. La genética en la herencia del color de la semilla es bastante compleja y existen genes tanto para el color principal, como para cada una de las combinaciones Blanco (1980) (32, 44).

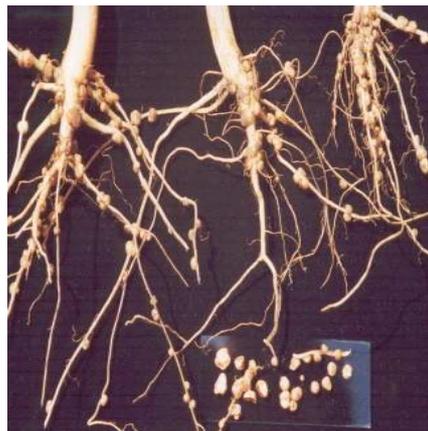
### **1.2.3.4 Tallo y ramificaciones**

La altura de la planta está determinada por el eje principal que varía entre 0.5 a 2.00 m. El tallo de tarwi es generalmente muy leñoso y se puede utilizar como combustible. Su alto contenido de fibra y celulosa, hace que se lo emplee como material de combustión, sin embargo podría permitir un proceso de industrialización. El color del tallo oscila

entre verde oscuro y castaño. En las especies silvestres es rojizo a morado oscuro (32, 44).

Según el tipo de ramificaciones, la planta puede ser de eje central predominante, con ramas desde la mitad de la planta, tipo candelabro, o ramas terminales; o de una ramificación desde la base con inflorescencia a la misma altura. El número de ramas varía desde unas pocas hasta 52 ramas. El número de vainas y de ramas fructíferas tiene correlación positiva con una alta producción (32, 44).

#### 1.2.3.5 Raíces y nódulos



FOTOGRAFÍA N° 4. RAÍCES DEL CHOCHO

Como leguminosa, el tarwi tiene una raíz pivotante vigorosa y profunda que puede extenderse hasta 3 metros de profundidad (Fotografía N° 4) (32, 44).

En la raíz se desarrolla un proceso de simbiosis con bacterias nitrificantes que forman nódulos de variados tamaños (1 a 3 cm). Meza (1974) indica que en suelos con presencia de bacterias, la formación de nódulos se inicia a partir del quinto día después de la germinación. Bernal (1982) encontró cepas de *Rhizobium lupini* con gran efectividad y su presencia en el eje central de la raíz estuvo altamente correlacionada con plantas más

vigorosas y productivas. Sin embargo, se deben seleccionar razas de condiciones semejantes para lograr resultados positivos (32, 44).

Los nódulos pueden alcanzar un diámetro hasta de 3 cm; se localizan principalmente en la raíz primaria, por encima de la ramificación radicular, e incluso en las raíces secundarias (Lange y Parker, 1960) (32, 44).

## **1.2.4 CULTIVO Y COSECHA**

### **1.2.4.1 CULTIVO**



**FOTOGRAFÍA N° 5. CULTIVO DE CHOCHO**

El chocho es cultivado en todo el Callejón Interandino, desde el Carchi hasta Chimborazo, a excepción de la zona austral (Provincias del Cañar y Azuay) (Fotografía N° 5).

Esta leguminosa fija nitrógeno en los suelos mejorando la calidad de estos (150kg/ha/año). Se cultiva normalmente en asociaciones con otros cultivos de la estación. En sus índices se muestran la bacteria *Rhizobium lupinum*, que es la responsable de fijar el nitrógeno atmosférico (21, 27).

Además es un cultivo que es resistente a sequías, heladas tempranas, es poco susceptible a plagas y, utiliza poca fertilización, solo requiere fósforo.

Actualmente, en Ecuador existen varios ecotipos locales especialmente de las provincias de Chimborazo y Cotopaxi, además el INIAP dispone de la variedad INIAP-450 Andino y varias líneas promisorias que se caracterizan por su precocidad de siete meses a la cosecha y rendimiento superior en un 100% a los ecotipos tradicionales. Sin embargo se ha determinado que no existen diferencias marcadas en el contenido de alcaloides entre variedades, líneas promisorias y ecotipos locales, por lo que la materia prima para el desamargado podría obtenerse de cualquiera de estos materiales (21, 27).

#### **1.2.4.2 COSECHA Y POSCOSECHA**

##### **1.2.4.2.1 COSECHA**

###### **1.2.4.2.1.1 Para grano comercial.**

Se recomienda arrancar las plantas y exponerlas al sol para conseguir un secado uniforme de tallos y vainas. También se puede cortar únicamente los racimos de vainas, usando una hoz o manualmente, cuando presente una coloración café y estén completamente secas (19, 21, 27).

###### **1.2.4.2.1.2 Para semilla.**

Se recomienda seleccionar plantas sanas, que presenten buena arquitectura. Se debe cosechar por separado los ejes centrales.

La trilla se puede realizar manualmente golpeando las vainas con palos o varas sobre mantos o eras. También se puede hacer utilizando trilladoras estacionarias de leguminosas o cereales (19, 21, 27).

#### **1.2.4.2.2 COSECHA Y POSCOSECHA**

Luego de la trilla, se recomienda ciertas prácticas de manejo poscosecha para evitar pérdidas innecesarias del producto cosechado o el deterioro prematuro de la calidad del grano (19, 21, 27).

##### **1.2.4.2.2.1 Secado del grano.**

Es conveniente realizar el secado del grano, labor que se puede hacer con la exposición al sol durante ciertos períodos de tiempo. La humedad máxima que debe tener el grano para el comercio o semilla es 13% o menos (21, 27).

##### **1.2.4.2.2.2 Clasificado y limpieza del grano.**

La clasificación y limpieza del grano se realiza para obtener un grano de alta calidad y un mejor precio en el mercado.

Para eliminar impurezas se utiliza un tamiz de 4 mm. de diámetro y un tamiz de 8 mm. para separar el grano de primera calidad de los granos más finos, que quedarían como subproductos de segunda calidad (21, 27).

#### **1.2.4.2.2.3 Almacenamiento.**

Utilizar bodegas con ventilación (secas) y libre de insectos. Se ha observado el ataque de gorgojo en ciertas áreas de Chimborazo. En grano almacenado se recomienda usar Gastoxin (Fosfamina) 1 tableta por 50 kg de grano o semilla en envase herméticamente cerrados (21, 27).

#### **1.2.4.2.2.4 Eliminación de alcaloides.**

El chocho es una leguminosa, cuyos granos o semillas contienen alcaloides. Por tanto, para su consumo es importante realizar un proceso de desamargado en agua. Este proceso se desarrolla en tres fases: hidratación, cocción y desamargado (21, 27).

- a) **Hidratación.-** Consiste en hidratar el grano en agua limpia por el tiempo de 14 horas.
- b) **Cocción.-** Consiste en cocinar el grano por 40 minutos, se puede hacer a gas o con leña.
- c) **Desamargado.-** Consiste en remojar por tres días o más el grano de chocho cocido, de preferencia agua corrida. No existen parámetros para determinar el punto ideal del grano sin alcaloides. La experiencia y palatabilidad ayuda a determinar el estado ideal para la comercialización y consumo (21, 27).

### 1.2.5 ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD

El cultivo de chocho en Ecuador, en los últimos años, tuvo una tendencia creciente en cuanto a superficie cosechada y producción, aunque los rendimientos se presentaron bajos (Tabla 1). Así mismo los centros de mayor producción son Cotopaxi y Chimborazo (21, 27).

Más del 70% de la superficie sembrada con chocho a nivel nacional se encuentra en plantaciones aisladas de este cultivo y el resto en asociación con otros cultivos.

**TABLA 1. SUPERFICIE COSECHADA, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE CHOCHO EN ECUADOR.**

AÑOS	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	PRODUCCIÓN TM	RENDIMIENTO (Kg/ha)
2005	3351	1614	482
2007	3197	1912	598

FUENTE: INIAP 2008

No se conoce el número exacto de productores de chocho, no existen organizaciones o gremios alrededor de este rubro. En los últimos años la demanda nacional e internacional, es insatisfecha, lo cual genera expectativa en cuanto a oportunidades de incrementar la superficie sembrada y la producción, pero al mismo tiempo se observa la necesidad de contar con tecnologías que permitan producir más y mejor, conservando los recursos naturales. El chocho tiene diferentes sistemas o formas de producción ya sea asociado, intercalada y para rotación con otros cultivos (21, 27).

En el INIAP, en varios trabajos de investigación y multiplicación de semillas se han obtenido rendimientos desde los 0.333 hasta los 1300 t.ha<sup>-1</sup>, con la variedad INIAP Andino 450. Por tanto en la actualidad existen líneas y/o variedades precoces y semitardías, las mismas que con una tecnología adecuada permiten obtener rendimientos superiores en un 40% al promedio nacional (21, 27).

Según la información revelada por el III Censo Nacional Agropecuario, el número de UPAs (Unidad de Producción Agrícola) registradas en el período del censo fueron 9596, con una superficie sembrada de 5974 ha y una superficie cosechada de 3921 ha (19, 21, 27).

La producción obtenida fue de 789 toneladas. Para el mismo período se registraron ventas por 601 toneladas, correspondiente al 76% de la producción del año censal. Es importante observar que las pérdidas fueron importantes, cosechándose el 66% de la superficie sembrada en el período de referencia (19, 21, 27).

La superficie promedio por UPA, no llega a la hectárea, considerando que se encuentra en algo más de media hectárea, es decir que existe una gran cantidad de productores con pequeñas superficies sembradas con este cultivo.

Es de considerar que casi el 100% de la producción se localiza en la región sierra, siendo la provincia de mayor peso en cuanto a la producción obtenida, Cotopaxi, donde se encuentran 4869 UPAs, y la producción obtenida fue de 327 toneladas. Dentro de esta provincia se destaca la producción en los cantones Pujilí y Latacunga. En Pujilí se localizaron unas 1765 UPAs con una superficie sembrada de 1189 ha, cosechada 686 ha, obteniéndose una producción de 73 toneladas y un rendimiento promedio de 106 kg/ha, siendo el promedio nacional 200 Kg/ha (19, 21, 27).

Chimborazo, también registra un número importante de UPAs (1882), con una superficie sembrada de 1324 ha, la superficie cosechada fue de 810 ha y una producción de 185 toneladas. Es de destacar que el 70% de las UPAs del país se encuentran en las provincias de Cotopaxi y Chimborazo, así como el 75% de la superficie sembrada y el 71% de la superficie cosechada. LA producción en estas provincias abarca el 65% de la producción nacional. Los rendimientos promedios encontrados en esta provincia corresponden a 230 kg/ha. La producción es más pareja en cuanto a los cantones; encontrándose superficie sembrada con chocho principalmente en Guano, Guamote, Riobamba, Colta y Alausí (19, 21, 27).

En cuanto a lo que tiene que ver a productores, el 98% son personas físicas, es decir productores individuales que no forman parte de ningún tipo de sociedad de hecho ni registrada. El 66% de los productores a nivel nacional son hombres. En Cotopaxi el 61% de productores son hombres y en Chimborazo ese porcentaje se incrementa, llegando al 71% (19, 21, 27).

Con respecto a la producción vendida, esta se entrega en un 95% a los intermediarios y el 5% restante directamente se da al consumidor.

**TABLA 2. SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VENTAS DE CHOCHO.**

<b>Cultivo</b>		<b>Superficie sembrada (hectáreas)</b>	<b>Superficie Cosechada (Hectáreas)</b>	<b>Producción (Tm).</b>	<b>Ventas (Tm).</b>
<b>Chocho</b>	<b>Solo</b>	4217	2861	717	550
	<b>Asociado</b>	1757	1060	72	51

**FUENTE:** III CENSO NACIONAL AGROPECUARIO

### **1.2.6 COMERCIALIZACIÓN.**

El chocho al igual que la mayoría de granos, una vez que es cosechado es sometido a un proceso de trillado. Este proceso consiste en eliminar o separar la vaina del grano. Luego se clasifica o selecciona el grano y finalmente se seca y almacena a temperaturas ambiente. Estas actividades ayudan a mejorar la calidad del grano para la comercialización (19, 21, 27).

En las provincias de mayor producción de chocho, Cotopaxi, Chimborazo, Pichincha e Imbabura, la distribución es similar en cada zona; por aspectos de tradición, ubicación y comercialización (19, 21, 27).

Debido a que el chocho es un cultivo casi excluido de las zonas montañosas, una estrategia para incrementar los ingresos en estas regiones sería promocionar el cultivo de estos productos no tradicionales en mercados externos. Hay muchas barreras para una ejecución exitosa de esta estrategia, tales como la uniformidad en la calidad, el volumen requerido por los compradores extranjeros y el acceso a los mercados y créditos, finalmente, el 96% de productores de chocho no tienen acceso a irrigación (63).

Debido a estos inconvenientes, los productores de chocho, que son en la mayoría agricultores a pequeña escala, siembran lo que comen y venden en los mercados locales lo que les sobra. De esta manera, estos agricultores encuentran una fuente sostenible de ingresos (63).

En los mercados locales se distinguen dos tipos de canales de comercialización, los canales no coordinados que terminan en los mercados de venta al por mayor y canales coordinados con cadenas de abastecimiento que terminan con las cadenas de supermercados (63).

Debido a la creciente dominancia de supermercados en el sector de alimentos, sus prácticas de manejo han producido un profundo impacto sobre el sector agrícola. Específicamente las cadenas de supermercados requieren del cumplimiento de los grados y estándares establecidos. Mientras los supermercados inicialmente compraban la mayor parte de fruta fresca y hortalizas de los mercados tradicionales, la falta de uniformidad del producto y los altos precios hicieron más eficiente para los supermercados el trabajar más directamente con los agricultores y procesadores (63).

El chocho ha tenido una gran variabilidad de precio a lo largo de los años, ya que en el año 2008 los precios variaron de \$ 0.44 a \$ 1.33. El precio fue más alto en la temporada de fuera de época, cuando el chocho fue más escaso. Los agricultores que más ganancias obtienen son los que fueron capaces de almacenar su producto hasta que subieran los precios, pero la mayoría no fue capaz de hacer esto por la necesidad de capital para comprar insumos para sus cultivos (63).

#### **1.2.6.1 Análisis FODA para la Comercialización.**

En la Tabla 3 se presentan las fortalezas y debilidades de la comercialización del chocho como grano desamargado, las mismas que presentan oportunidades y amenazas que habrá que tomar muy en cuenta para el buen desarrollo de este eslabón de la cadena.

**TABLA 3. ANALISIS FODA PARA LA COMERCIALIZACION**

<b>FACTORES INTERNOS</b>	<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
Producto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alto Contenido de proteína</li> <li>- Alternativa para mejorar otros alimentos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta perecibilidad</li> <li>- Bajos volúmenes de comercialización.</li> <li>- Falta de experiencia en la comercialización.</li> <li>- El consumidor todavía no reconoce la calidad del producto</li> </ul>
Comercialización	<ul style="list-style-type: none"> <li>Producto orgánico</li> <li>Altos niveles de rentabilidad, para consumo directo.</li> <li>Posibilidades de valor agregado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas costosos de comercialización</li> </ul>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>	<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
Demanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento de mercado nacional e internacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de la demanda por presencia de productos sustitutos de bajo costo y calidad.</li> </ul>
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incremento de capitales para investigación y desarrollo</li> <li>Precios atractivos</li> <li>Existen canales de comercialización y promoción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Demandas irregulares del producto</li> </ul>

**FUENTE: CAICEDO C. (2000)**

### **1.2.7 MODOS DE EMPLEO.**

Uno de los principales problemas para el consumo directo del chocho es la presencia de alcaloides que le dan un sabor amargo al grano y pueden ser tóxicos, por lo que no debe ser consumido sin un proceso previo de desamargado. Este se realiza mediante varios lavados de los granos con agua (70).

El chocho desamargado fresco puede guardarse hasta por quince días en refrigeración cambiando de agua cada día. Del mismo modo se lo puede secar exponiendo al sol por 3-4 días como un método de conservación alternativo (70).

Cuando el grano ha sido desamargado tiene una diversidad de usos como son:

- Consumo humano
- Uso industrial
- Uso medicinal
- Uso agronómico

#### **1.2.7.1 Consumo humano.**

En fresco se puede utilizar en guisos, purés, salsas, cebiches, sopas (crema de chocho); postres y refrescos (jugo de papaya con harina de chocho). Hay que indicar también que en nuestro país se lo consume en platos tradicionales de nuestra serranía como es el tostado o chulpi con chochos, en estos tiempos muy adquirido en los supermercados; o el ceviche de chochos muy consumido en la provincia de Chimborazo.

#### **1.2.7.2 Uso industrial.**

La harina de chocho puede ser usada en panificación (15%), para mejorar considerablemente el valor proteico y calórico del producto; permite una mayor conservación del pan, debido a la retrogradación del almidón y un mayor volumen por las propiedades emulgentes de la lecitina presente en el chocho desamargado.

En el INIAP, con la ayuda de la tecnología de alimentos se han desarrollado productos alternativos para el consumo masivo de chochos, podemos mencionar los chochos enlatados para mejorar la preservación de los granos; además el ají de chochos, pikles con chochos. Se han desarrollado métodos para elaborar yogurt, galletas, pan.

### **1.2.7.3 Uso medicinal**

Los alcaloides (esparteína, lupanina, lupanidina, etc.) se emplean para controlar ectoparásitos y parásitos intestinales de los animales. Ocasionalmente los agricultores utilizan el agua de cocción del chocho como laxante y para el control de plagas en plantas.

El INIAP junto con la ESPOCH, en un proyecto adjunto comprobaron el efecto antibiótico de los alcaloides en ciertas cepas bacterianas.

### **1.2.7.4 Uso agronómico.**

En estado de floración la planta puede incorporarse a la tierra como abono verde, con buenos resultados, ya que mejora la materia orgánica, estructura y retención de humedad del suelo.

Por su contenido de alcaloides se siembra a menudo como cerco vivo o para separar parcelas de diferentes cultivos, previniendo el daño por animales.

Debido al contenido de alcaloides, en el INIAP se probó también como un plaguicida natural, ayudando a que insectos y bacterias no ataquen a las plantas.

#### **1.2.7.5 Como combustible.**

Los residuos de la cosecha (tallos secos) ricos en celulosa se usan como combustible con un buen poder calorífico.

El cultivo tiene potencial productivo y perspectivas de uso como oleaginosa, fuente de proteína, fijador de nitrógeno y productor de alcaloides con uso en sanidad animal y vegetal (76).

#### **1.2.8 COMPOSICION QUÍMICA.**

Entre las fuentes vegetales, las semillas de leguminosas son una de las más ricas fuentes de proteína (20 – 40% de las semillas secas) y han sido consumidas por el hombre desde tiempos inmemoriales.

El *Lupinus mutabilis* es importante por su contenido de proteína y aceite, lo coloca en un plano muy competitivo con la soya (28, 69).

Las proteínas y el aceite de estas semillas constituyen más de la mitad de su peso, un estudio hecho en 300 diferentes genotipos de semillas muestran que la proteína contenida varía de 41 a 51 %. El aceite (cuyo contenido es inversamente proporcional a sus proteínas) varía de 24 a 14%. Al eliminar la cáscara de la semilla y moliendo el grano se obtiene una harina constituida por 50% de proteínas. La proteína del tarwi contiene cantidades adecuadas de lisina y cistina (28, 69).

Según los análisis químicos, otros granos de leguminosas como: el fréjol, lenteja, y la arveja contiene entre 18 y 25% de proteína, mientras los cereales como el trigo, avena, y maíz alcanzan apenas el 8 al 13% (28, 69).

En la tabla 4 se puede observar el análisis proximal del chocho, y una comparación entre el grano amargo y desamargado.

**TABLA 4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CHOCHO AMARGO Y DESAMARGADO**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>GRANO AMARGO</b>	<b>GRANO DESAMARGADO</b>
Humedad	%	9.90	73.63
Materia seca	%	90.10	26.37
Proteína	%	41.20	51.06
Grasa	%	17.54	20.37
Cenizas	%	3.98	2.36
Fibra	%	6.24	7.47
ELN	%	30.88	18.73
Alcaloides	%	3.11	0.08
Calcio	%	0.12	0.42
Fósforo	%	0.60	0.43
Magnesio	%	0.24	0.17
Sodio	%	0.015	0.042
Potasio	%	1.13	0.018
Hierro	ppm	73	120
Manganeso	ppm	37	26
Zinc	ppm	34	50
Cobre	ppm	11	10

**FUENTE: VILLACRÉS, CAICEDO, PERALTA (1998)**

### 1.3.8.1 Proteínas

La semilla de chocho es una excelente fuente de proteínas con un contenido promedio proteico de 42%. En este sentido, la variabilidad es muy amplia y se pueden presentar ecotipos con un contenido de casi el 50%. Las globulinas corresponden a la mayor fracción proteica, siendo la albúmina la restante. El proceso de desamargado concentra todavía más el contenido proteico encontrándose en todos los productos valores de proteína mayores al 50% del peso seco (40).

En la tabla 5 constan los datos del contenido de proteínas de varias especies de chocho.

**TABLA 5. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA ENTRE VARIAS ESPECIES DE LUPINUS.**

<b>LUPINUS</b>	<b>PROTEÍNA (%)</b>
<i>L. mutabilis</i>	39.0 – 52.0
<i>L. angustifolius</i>	33.2 – 35.5
<i>L. hispaniscus</i>	43.9 – 46.9
<i>L. albus</i>	39.2 – 43.3

Fuente: ILA, 1982

### 1.3.8.2 Lípidos

El *Lupinus mutabilis* tiene un elevado contenido de grasa (18–25%), lo que hace factible la extracción de aceite a nivel industrial. Los lípidos constan de ácidos grasos insaturados, aproximadamente la mitad de estos constan de ácido oleico (35.1-54.6%),

existiendo un 22.3-43.9% de ácido linoleico y el 2.1-2.7%, le corresponde al ácido linolénico (40).

El porcentaje de ácido linolénico es bajo comparado con el de soya, en la cual existe en gran cantidad, característica que favorece la conservación del aceite ya que este se oxida rápidamente y puede originar cambios indeseables en el sabor (40).

Las semillas de chocho y su composición de ácidos grasos son comparadas frente a otro tipo de semillas oleaginosas, para ver la calidad de su grasa (tabla 6).

**TABLA 6. COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DEL CHOCHO AMARGO Y DESAMARGADO.**

<b>ÁCIDOS GRASOS</b>	<b>CHOCHO GRANO AMARGO</b>	<b>CHOCHO GRANO DESAMARGADO</b>	<b>MANÍ</b>	<b>SOYA</b>
Mirístico	0.6	Trazas	0.1	11
Palmítico	13.4	11.28	11	11
Palmitoleico	0.2	0.16	-	-
Esteárico	5.7	7.30	3	4
Oleico	40.4	52.53	55	22
Linoleico	37.1	28.40	28	55
Linolénico	2.9	2.98	1	8
Araquidónico	0.2	-	1.5	0.4
Behénico	0.2	-	3.5	0.3

Fuente: Gross (1982)

### **1.3.8.3 Fibra.**

El contenido de fibra representa más del 6% y supone el 10% del peso de la semilla. Tiene gran valor debido al rol que este componente desempeña en el organismo humano. Se conoce que la proporción de material celular de las paredes de los cotiledones, son esencialmente polisacáridos y su contenido es altamente variable entre especies y variedades de *Lupinus* (34).

### **1.3.8.4 Carbohidratos**

El contenido de sacarosa y almidón es bajo, mientras que la proporción de oligosacáridos que no son aprovechables por el hombre es relativamente alto. Estos oligosacáridos son los causantes de la producción de flatulencias en el hombre y animales, caracterizada por la producción de gran cantidad de CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>. En este grupo de  $\alpha$ -galactósidos se han identificado los siguientes azúcares: rafinosa, estaquiosa, verbascosa y otros de peso molecular más alto. En todos ellos está presente la galactosa con 1, 2 y 3 moléculas respectivamente, unidas a la sacarosa con enlaces  $\alpha$  1, 6 (34).

### **1.3.8.5 Minerales**

Los minerales se pueden considerar como nutrientes indispensables ya que el organismo no los sintetiza. El contenido de minerales en el *Lupinus mutabilis*, es semejante al de otras leguminosas, solo el contenido de fósforo y magnesio es un poco más elevado. La semilla de Lupino representa para el hombre una valiosa fuente de calcio y potasio, el primer elemento se encuentra principalmente en la cáscara, y el fósforo se halla en el núcleo, por lo que hay que tener en cuenta que después del descascarado se altera la relación Calcio – Fósforo (Ca – P) (40).

La tabla 7 muestra el contenido de minerales en el *Lupinus mutabilis*.

**TABLA 7. CONTENIDO DE MINERALES EN EL *LUPINUS MUTABILIS SWEET***

<b>MACROELEMENTOS</b>	<b>mg/g</b>	<b>MICROELEMENTOS</b>	<b>mg/g</b>
Calcio	1.07 – 1.53	Hierro	46.00 – 73.3
Magnesio	2.00 – 3.02	Zinc	40.00 – 51.66
Sodio	0.25 – 0.75	Manganeso	21.33 – 29.10
Potasio	11.06 – 13.56	Cobre	4.00 – 12.10
Fósforo	0.44 – 0.88		

FUENTE: ILA, 1982

### 1.3.8.6 Vitaminas.

El contenido de vitaminas como la tiamina, riboflavina, niacina (Tabla 8), se asemeja a los valores de otras leguminosas, debido a lo cual constituye una valiosa fuente de vitamina B para el hombre (34).

**TABLA 8. CONTENIDO DE VITAMINAS EN EL GRANO CRUDO DE CHOCHO.**

<b>VITAMINAS</b>	<b>mg/100g</b>
B - caroteno	0.09
Tiamina	0.51
Riboflavina	0.42
Niacina	4.1

FUENTE: GROSS (1982)

### 1.3.8.7 Aminoácidos

La distribución de aminoácidos es relativamente estable, presenta mayor contenido de triptófano y tirosina frente a la soya y el fréjol, los aminoácidos como la metionina son los primeros limitantes, pero se puede equilibrar este déficit combinando el chocho especialmente con cereales ya que éstos últimos son deficientes en lisina. El contenido de metionina disponible varía en las variedades de chocho. La tabla 9 muestra el contenido de aminoácidos en los granos de chocho (34).

**TABLA 9. CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS EN *Lupinus Mutabilis Sweet*.**

<b>AMINOÁCIDO</b>	<b>Lupinus mutabilis Sweet (g/16g de N)</b>	<b>Soya (g/16g de N)</b>	<b>Fréjol (g/16g de N)</b>
Isoleucina	4.3	4.5	4.2
Leucina	7.4	7.8	7.6
Lisina	5.3	6.4	7.2
Metionina	0.4	1.3	1.1
Fenilalanina	3.4	4.9	5.2
Treonina	3.5	3.9	4.0
Valina	3.5	4.8	4.6
Histidina	2.2	2.5	2.8
Tirosina	3.5	3.1	2.5
Triptófano	1.8	1.0	-

FUENTE: FAO, CITADO POR VILLACRÉS (1998).

### **1.3.8.8 Alcaloides**

En algunos alimentos de origen vegetal y de manera especial en las leguminosas, existen sustancias antinutritivas que limitan su consumo directo. Entre estas se hallan los alcaloides, que en el vegetal se encuentran formando combinaciones solubles en estado de sales: citratos, maleatos, tartratos, isobutiratos, benzoatos, etc. Se localizan principalmente en los tejidos periféricos, tegumentos de la semilla, capas externas de cortezas, tallos, raíces, epidermis y subepidermis de las hojas. En el chocho estos compuestos constituyen del 2.5 a 4% (34).

A pesar de que la composición de alcaloides está sujeta a variaciones, la lupanina constituye el principal alcaloide en la semilla amarga del chocho. Dicha composición puede variar radicalmente en las formas semidulces, lo cual tiene importancia en fitomejoramiento.

Los alcaloides son conocidos en primera instancia como sustancias tóxicas, pero, en pequeñas cantidades, tienen efectos farmacológicos. El alcaloide que más se ha estudiado desde el punto de vista farmacológico es la esparteína. En *Lupinus mutabilis* se han encontrado 25 alcaloides quinolizidinicos, de los cuales se han identificado 19 (33, 34).

## **1.4 LOS LÍPIDOS**

Los lípidos son un grupo de compuestos de estructura heterogénea que tienen en común su liposolubilidad en disolventes orgánicos apolares (hexano, éter, cloroformo). La fracción lipídica de los alimentos es la parte del alimento que se puede extraer en el laboratorio mediante un disolvente orgánico apolar (39).

Los componentes mayores de las grasas son triglicéridos o ésteres provenientes de la glicerina con ácidos grasos, que se diferencian entre sí en mayor o menor medida por su

composición en ácidos grasos. Los demás componentes, cuya participación normalmente es inferior al 3% son los fosfolípidos (fosfoglicéridos, esfingolípidos, etc.); alcoholes de cadena larga, esteroides, hidrocarburos, etc., que forman el residuo insaponificable (31, 62).

Dependiendo de su consistencia, en el lenguaje ordinario se diferencia entre grasas (sólidas) y aceites (líquidos). El estado de agregación depende de las condiciones climáticas y muchas grasas presentan una consistencia intermedia (62).

Las grasas realizan varias funciones de importancia en el organismo, entre las que podemos citar las siguientes:

- Función energética: Como decíamos al principio del estudio de las grasas, éstas producen nueve calorías por cada gramo al metabolizarse en el organismo, cantidad superior a la de hidratos de carbono (4g) y proteínas (4g) (45).
- Son vehículo para las importantes vitaminas liposolubles (solubles en las grasas), tales como la A (antixeroftálmica), D, K y E (45).
- Aportan la vitamina F (ácidos grasos no saturados, tales como el linólico, linolénico y araquidónico) cuya carencia puede producir trastornos diversos. (45)
- Favorecen la absorción del calcio (45).

### **1.3.1 COMPOSICIÓN GENERAL DE LOS LÍPIDOS**

Los componentes principales de las grasas son los siguientes:

#### **1.4.1.1 Fosfolípidos**

En las grasas vegetales se encuentran, principalmente, los fosfoglicéridos lecitina, cefalina, fosfatilinositol y también esfingolípidos. También en este caso la posición 2 de la cadena está ocupada, preferentemente, por ácidos insaturados (62).

Por su carácter lipófilo y polar, los fosfolípidos son buenos emulgentes y se obtienen en la industria, a partir sobre todo del aceite de soja, además son inestables y se oxidan con mayor facilidad, por lo que, en algunos aceites deben separarse en las operaciones de refinado (62).

#### **1.4.1.2 Residuo insaponificable**

Existe en las grasas un conjunto heterogéneo de sustancias (hidrocarburos, alcoholes largos, esteroides, carotenoides, tocoferoles, etc.) que se separan en el llamado residuo insaponificable (62).

La cantidad y la composición del residuo insaponificable son características de cada grasa, y algunas de sus propiedades se utilizan con fines de caracterización y para detectar adulteraciones y mezclas (62).

#### **1.4.1.3 Ácidos grasos**

Los principales componentes de todas las grasas son los ácidos grasos, estos son muy variados y se los agrupa en:

- *Ácidos grasos saturados*: Su fórmula general es  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)-COOH}$ . Sólo poseen enlaces sencillos entre los átomos de carbono. Las grasas que contienen una gran

proporción de ácidos grasos saturados son sólidas a temperatura ambiente. Se conocen como grasas saturadas y, normalmente, son de origen animal; por ejemplo, manteca, sebo y mantequilla (39).

De los ácidos grasos saturados, se destacan en la alimentación el ácido palmítico (16 carbonos) y el ácido esteárico (18 carbonos), que se encuentran sobre todo en alimentos de origen animal y en ciertos alimentos de origen vegetal (39).

La tabla 10 muestra algunos ácidos grasos saturados.

**TABLA 10. EJEMPLOS DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS.**

<b>Ácido graso</b>	<b>Nro. de Carbonos</b>
Ácido butírico	4
Ácido capróico	6
Ácido caprílico	8
Ácido cáprico	10
Ácido láurico	12
Ácido mirístico	14
Ácido palmítico	16
Ácido esteárico	18
Ácido araquídico	20

**FUENTE: KUKLINSKI C., (2003).**

- **Ácidos grasos insaturados**: poseen uno o varios dobles enlaces en la cadena (Ver tabla 11). Hay dos nomenclaturas de los ácidos grasos en lo que se refiere a la posición del primer doble enlace. Si se numera a partir de la posición ácido (COOH), se indica con la nomenclatura  $\Delta$ , y si se numera a partir del extremo metilo (CH<sub>3</sub>) terminal, se utiliza la nomenclatura  $\omega$  (39).

Los ácidos grasos insaturados presentes en los alimentos tienen en general entre 1 y 6 insaturaciones que son siempre dobles enlaces no conjugados, ya que están separados por un grupo metileno (-CH<sub>2</sub>-). Los dobles enlaces de los ácidos grasos naturales son siempre de configuración *cis*, posteriormente por tratamiento tecnológico o culinario pueden isomerizarse a *trans* (39).

Los ácidos grasos con varios dobles enlaces reciben el nombre genérico de ácidos poliinsaturados o ácidos PUFA (*poliunsaturated fatty acid*), los más importantes constan en la tabla 11, en la que se indican ejemplos de esta clase de ácidos grasos (39).

Existen dos ácidos grasos poliinsaturados (AGP) que el cuerpo no puede producir: el ácido linoleico y el ácido alfa linolénico. Deben obtenerse de la dieta y se conocen como ácidos grasos esenciales. Una vez en el cuerpo, se pueden convertir en otros AGP, como el ácido araquidónico, ácido eicosapentanoico (EPA) y el ácido docosahexanoico (DHA) (1).

En el cuerpo, los AGP son importantes para mantener las membranas de todas las células, para producir las prostaglandinas que regulan muchos procesos corporales, por ejemplo, la inflamación y la coagulación de la sangre. Asimismo, las grasas son necesarias en la dieta para que las vitaminas liposolubles de los alimentos (A, D, E y K) puedan ser absorbidas y para regular el metabolismo del colesterol (1).

Las grasas saturadas y monoinsaturadas no son necesarias en la dieta, ya que se producen en el cuerpo humano (1).

**TABLA 11. EJEMPLOS DE ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS**

<b>Ácido graso</b>	<b>Carbonos</b>	<b>Dobles enlaces</b>	<b>Posición de los dobles enlaces</b>
Ácido oleico	18	1	9
Ácido linoleico	18	2	9,12
Ácido linolénico	18	3	9, 12, 15
Ácido araquidónico	20	4	5, 8, 11, 14
Ácido eicosapentanoico	20	5	5, 8, 11, 14, 17
Ácido docosahexanoico	22	6	4, 7, 10, 13, 16, 19

FUENTE: KUKLINSKI C., (2003).

#### **1.4.2 METABOLISMO DE LOS LÍPIDOS**

Los organismos vivos obtienen lípidos a partir de la dieta, las reservas del tejido adiposo y de la síntesis endógena de lípidos o lipogénesis. La dieta contiene principalmente triglicéridos, ésteres de colesterol y fosfolípidos (30).

Los ácidos grasos más abundantes en la dieta son de cadena larga (mayor de 12 Carbonos), saturados e insaturados en grado variable según el tipo de dieta (incluyendo los ácidos grasos esenciales) (30).

Debido al creciente aumento de las enfermedades cardiovasculares asociadas al consumo de dieta grasa, los especialistas recomiendan disminuir el contenido de lípidos de la dieta y aumentar el consumo de pescados y mariscos abundantes en ácidos grasos omega 3 ( $\omega$ -3) (30).

La utilización de los lípidos de la dieta implica la digestión y absorción intestinal por acción de lipasas y ácidos biliares. Los ácidos grasos de cadena corta se incorporan directamente a la sangre, mientras que los ácidos grasos de cadena larga se incorporan como quilomicrones (QM), que son sintetizados en la pared intestinal. (30)

Alrededor del 50% de los ácidos grasos absorbidos se catabolizan por  $\beta$ - oxidación mitocondrial y peroxisomal en los animales, mientras que los vegetales realizan sólo  $\beta$ -oxidación peroxisomal. El 50% restante se almacena como triglicéridos en el tejido adiposo especialmente, lo cuál es dependiente del metabolismo de hidratos de carbono. (30)

### **1.3.2.1 $\beta$ - oxidación**

Una vez activados en el citosol los ácidos grasos son transportados a la matriz mitocondrial, donde son sometidos a una secuencia de 4 reacciones: deshidrogenación, hidratación, deshidrogenación y ruptura tiorífica a nivel del carbono  $\beta$ , de donde viene el nombre de  $\beta$ - oxidación. (30)

Cada ciclo de reacciones genera un mol de acetilCoA, NADH y FADH<sub>2</sub>, productos que serán oxidados en el ciclo de Krebs y en la cadena respiratoria para producir ATP.

Los ácidos grasos insaturados y de cadena impar requieren de 2 y 3 reacciones adicionales respectivamente. (30)

Los peroxisomas animales realizan  $\beta$ - oxidación por un proceso similar, aunque no acoplado a la síntesis de ATP, por lo que los productos de la  $\beta$ - oxidación deben ser exportados a la mitocondria para ser oxidados. Además la primera reacción produce  $H_2O_2$ , la que es degradada por la catalasa peroxisomal (30).

En los vegetales la  $\beta$ - oxidación tiene lugar en los peroxisomas de las hojas y en los glioxisomas de la semillas en germinación, ya que las mitocondrias vegetales no poseen enzimas de la  $\beta$ - oxidación. Una íntima relación entre peroxisomas y mitocondrias permite la producción de ATP a partir de los lípidos.

En los glioxisomas, el acetilCoA derivado de los ácidos grasos por  $\beta$ - oxidación es transformados en succinato por el ciclo del glioxilato. El succinato a su vez, genera malato vía ciclo de Krebs para producir glucosa por gluconeogénesis. Se produce así la formación de glucosa a partir de lípidos, proceso que no ocurre en organismos animales. (30)

En animales con déficit de glucosa (ayuno, diabetes, ejercicio intenso, etc), la  $\beta$ - oxidación produce un exceso de acetilCoA que sobrepasa la capacidad oxidativa del ciclo de Krebs y se transforman en cuerpos cetónicos, los que pueden ser eliminados o utilizados por el cerebro, el corazón y los músculos. Si la producción de cuerpos cetónicos supera la eliminación y utilización se produce cetosis y acidosis, situación que puede ser bastante grave llegando a producir estado de coma y muerte. (30)

### **1.3.2.2 Lipogénesis**

El nivel de lípidos y su utilización está regulada por el organismo, el cual puede además realizar la síntesis de ácidos grasos o lipogénesis a partir de acetilCoA derivado del metabolismo de hidratos de carbono y aminoácidos. Este proceso que es realizado por sistemas multienzimáticos localizados en el citosol, es dependiente del aporte de ATP y

NADPH producido por la vía de las pentosas y es activado por citrato, el cual es además una fuente de acetilCoA citosólico (30).

Los ácidos grasos sintetizados pueden ser esterificados a triglicéridos, fosfolípidos o ésteres de colesterol. La formación de triglicéridos requiere de glicerol-P, el que se obtiene por fosforilación del glicerol (glicerolquinasa) como ocurre en el hígado o por deshidrogenación de la dihidroxiacetona-P proveniente de la glicolisis como ocurre en el tejido adiposo. Así, la lipogénesis en el tejido adiposo es altamente dependiente del metabolismo de glucosa (30).

Otros lípidos importantes sintetizados por el organismo son colesterol, prostaglandinas y ácidos biliares. La síntesis y degradación del colesterol se realiza principalmente en el hígado. La síntesis se produce a partir de acetilCoenzima A y su degradación da origen a los ácidos biliares. Por su parte las prostaglandinas se sintetizan a partir del ácido araquidónico.

El metabolismo de los lípidos presenta interacciones con diferentes vías metabólicas y un alto grado de integración entre diferentes tejidos, razón por la cual está sometido a mecanismos de regulación que implican la participación de varias hormonas (glucagón, insulina, adrenalina, tiroxina, corticoides, etc.) y múltiples metabolitos (30).

### **1.4.3 ALTERACIONES DE LOS LÍPIDOS**

#### **1.4.3.1 Enzimas existentes en las semillas oleaginosas**

- a) **Lipasas y fosfolipasas:** En las semillas oleaginosas crudas existe una notable cantidad de lipasas activas, y, al triturar las semillas se desencadena la acción lipásica y los aceites presentes en la harina se hidrolizan y acidifican (62).

Hay gran número de lipasas, cuyas especificidades son muy variadas, tanto respecto a los glicéridos como respecto a la posición que hidrolizan o al ácido que separan preferentemente (62).

La temperatura juega un papel importante en la velocidad de hidrólisis de los lípidos por acción de las lipasas. Además, las fosfolipasas pueden atacar a los fosfoglicéridos, separando los ácidos grasos de las posiciones 1 y 2, hidrolizando el enlace éster del fosfórico con la glicerina o el del fosfórico con la colina (62).

**b) Lipoxidasas y peroxidasas:** Las lipoxidasas catalizan la peroxidación de los carbonos insaturados de los ácidos grasos. Los productos de oxidación son similares a los que se forman en el enranciamiento de las grasas. Los enlaces se mueven y quedan en forma conjugada, uno de ellos en forma *trans* (62).

Se encuentran abundantes lipoxidasas en la soja y otras leguminosas, y en los gérmenes de trigo, arroz y maíz. Algunas son específicas para los ésteres y otras para los ácidos libres (62).

Las peroxidasas transfieren oxígeno de los peróxidos a un sustrato oxidable. Los peróxidos formados por las lipoxidasas son buenos suministradores de oxígeno en las reacciones catalizadas por peroxidasas y pueden servir, incluso, para oxidar nuevas moléculas de ácidos grasos insaturados, siendo por tanto una nueva fuente de enranciamiento (62).

#### **1.4.3.2 Enranciamiento químico**

El enranciamiento químico se produce, principalmente, en los aceites y grasas elaborados. El enranciamiento o autooxidación es una alteración de gran importancia

comercial por las pérdidas que produce en grasas, aceites y componentes grasos de los alimentos. (62)

La acción del oxígeno atmosférico sobre las cadenas alifáticas de ácidos grasos y glicéridos da lugar al sabor y olor típicos, fuertes y desagradables, y a la formación de compuestos nocivos (62).

El oxígeno reacciona principalmente, en los dobles enlaces; por esto, los componentes poliinsaturados de las grasas se oxidan mucho más deprisa que los más saturados (62).

## **1.5 CARACTERÍSTICAS DE LA GRASA Y ACEITE DE CHOCHO**

El cotiledón de *Lupinus mutabilis* tiene un elevado contenido de grasa (18-25%) lo que puede ser aprovechado para la extracción de aceite a nivel industrial. (38)

Es una leguminosa rica en ácidos grasos mono y poliinsaturados, principalmente los ácidos, oleico, linoleico y linolénico. La concentración de ácidos grasos saturados (cáprico, laúrico, mirístico, palmítico), es relativamente baja, con relación a sus homólogos de soya y oliva. Esta característica, es de interés para la salud del organismo, ya que el consumo de grasas saturadas se correlaciona con el nivel de colesterol en la sangre y la Insuficiencia Coronaria, a pesar de que el metabolismo orgánico utiliza los ácidos grasos saturados y monoinsaturados fundamentalmente como fuente de energía, a través de la vía de degradación oxidativa (59).

En la tabla 12 se indica la composición porcentual de ácidos grasos del *Lupinus* o chocho

**TABLA 12. COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS DEL TARWI (% DE ÁCIDOS GRASOS TOTALES).**

<b>Ácidos</b>	<b>%</b>
Oleico (Omega 9)	40.3
Linoleico (Omega 6)	37.1
Palmítico	13.2
Linolénico (Omega 3)	2.7
Palmitoleico	0.2
Esteárico	5.6
Mirístico	0.6
Araquídico	0.2
Behénico	0.2
Erúsico	0.0
Cociente Polisat/Satur	2.0

**FUENTE: GROSS, (1988).**

Los ácidos grasos poliinsaturados (AGP) son de particular interés en la nutrición del ser humano, debido a que no pueden ser sintetizados por el organismo humano y tienen que ser suministrados a través de la alimentación, proveen la materia prima para la síntesis de las hormonas prostaglandinas, forman parte de las membranas de todas las células y son imprescindibles para las estructuras del sistema nervioso y la retina (59).

De los ácidos grasos insaturados, el más importante es el linoleico, el cual se encuentra en el chocho en una concentración del 30 %, valor similar al del aceite de soya y mayor al aceite de oliva. Mientras que el ácido oleico supera aproximadamente en un 4% al presente en el aceite de soya, no así al de los aceites de oliva, girasol y maíz. Este ácido graso es fundamental en la liberación de hormonas gastrointestinales (59).

En la tabla 13 se muestra un perfil de ácidos grasos de algunos aceites vegetales.

**TABLA 13. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE VARIOS ACEITES VEGETALES**

<b>MUESTRA</b>	<b>Cáprico C<sub>10:0</sub> (%)</b>	<b>Laúrico C<sub>12:0</sub> (%)</b>	<b>Mirístico C<sub>14:0</sub> (%)</b>	<b>Palmítico C<sub>16:0</sub> (%)</b>	<b>Esteárico C<sub>18:0</sub> (%)</b>	<b>Oleico (ω<sub>9</sub>) C<sub>18:1</sub> (%)</b>	<b>Linoleico (ω<sub>6</sub>) C<sub>18:2</sub> (%)</b>	<b>Linolénico (ω<sub>3</sub>) C<sub>18:3</sub> (%)</b>
Soya			0	10	4	24	30.8	3.79
Oliva			0	12	2	73	11	1
Girasol			0	6	6	33	58	0
Chocho desamargado	0	0,25	0,41	9,19	19,69	30,29	32,53	3,26
Chocho Amargo	0	0,53	0,78	8,25	13,08	28,69	28,04	2,71

FUENTE: CAMERON, F. 1998

## 1.6.4 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS PRINCIPALES ÁCIDOS GRASOS DEL CHOCHO O TARWI.

### 1.6.4.1 Ácido Oleico (Omega 9).

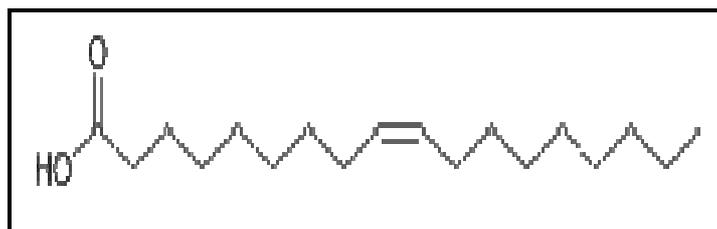


GRAFICO Nº 1. ESTRUCTURA DEL ÁCIDO OLEICO

FUENTE: [http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_oleico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_oleico)

El ácido oleico (Gráfico 1) es un tipo de grasa monoinsaturada típica de los aceites vegetales como el aceite de oliva, de aguacate, etc. Ejerce una acción beneficiosa en los vasos sanguíneos reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares y hepáticas. Su fórmula química es  $C_{18}H_{34}O_2$  (o  $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ ). Su nombre IUPAC es ácido cis-9-octadecenoico, y su nombre de taquigrafía de lípido es 18:1 cis-9 (También existe el isómero trans-9). La forma saturada de este ácido es el ácido esteárico (10).

### 1.6.4.2 Ácido Linoleico (Omega 6).

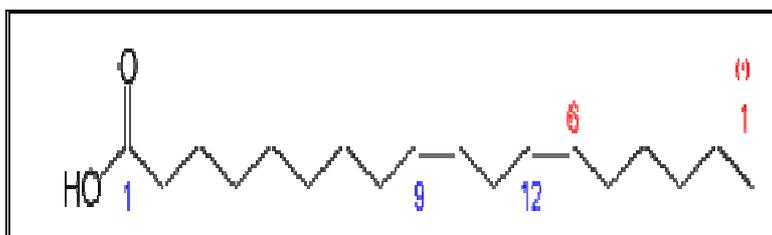


GRAFICO Nº 2. ESTRUCTURA DEL ÁCIDO LINOLEICO

El ácido linoleico es un ácido graso esencial para el organismo humano, lo cual quiere decir que el organismo no puede sintetizarlo y tiene que ser ingerido por la dieta. Es un ácido graso insaturado, más concretamente poliinsaturado (dos enlaces dobles) y perteneciente al grupo omega-6 ya que el primer enlace dobles está tras el carbono 6, a contar desde el extremo metilo ( $-\text{CH}_3$ ), (Gráfico 2) (7).

Es ampliamente usado en la industria farmacéutica como en la producción de preservativos; en alimentos industrialmente procesados una parte de este ácido debe ser saturado con hidrógeno para que el alimento sea más estable, lo que hace que se originen grasas hidrogenadas y de configuración trans, que en nuestro organismo se comportan como las grasas saturadas. Aquí radica el problema que se plantea la industria mundial al intentar erradicar las grasas "malas" saturadas o parcialmente hidrogenadas (7).

#### 1.6.4.3 Ácido Palmítico.

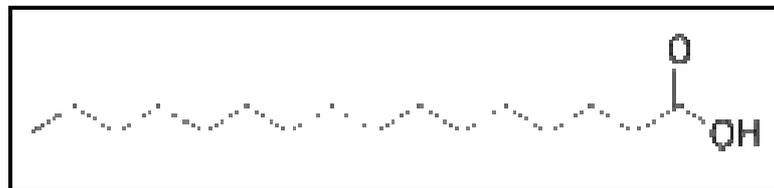


GRÁFICO Nº 3. ESTRUCTURA DEL ÁCIDO PALMÍTICO

El ácido palmítico es un ácido graso saturado de cadena larga, formado por dieciséis átomos de carbono (Gráfico 3). Su nombre químico es ácido hexadecanoico (11).

Constituye el principal ácido graso saturado de la dieta, con aproximadamente un 60% de aporte. Es el más abundante en las carnes y grasas lácteas (mantequilla, queso y nata) y en los aceites vegetales como el aceite de coco y el aceite de palma (11).

El ácido palmítico es un sólido blanco que se licúa a unos 63,1 °C. Su fórmula química es  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ .

Es el primer ácido graso que se produce durante la lipogénesis y a partir de él se pueden formar otros ácidos grasos de cadena más larga. Durante el catabolismo, la oxidación total de un mol de ácido palmítico produce en energía química, 129 moles de ATP (11).

Es el ácido graso menos saludable pues es el que más aumenta los niveles de colesterol en la sangre, por lo que es el más aterogénico (11).

#### 1.6.4.4 Ácido Linolénico

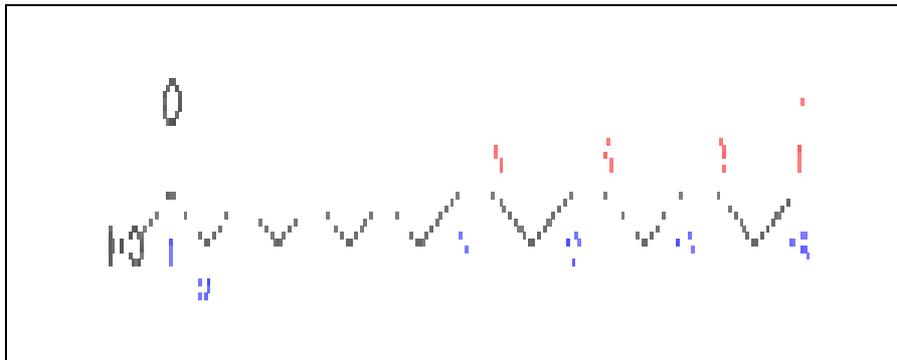


GRAFICO Nº 4. ESTRUCTURA DEL ÁCIDO LINOLÉNICO.

El **ácido linolénico** es un ácido graso esencial poliinsaturado de la serie omega-3, formado por una cadena de 18 carbonos con tres dobles enlaces en las posiciones 9, 12 y 15. (8)

Es un ácido carboxílico de fórmula molecular  $\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$ , de masa molar 278.43 g/mol. En la literatura fisiológica, se le da el nombre 18:3 (n-3), por tener 18 carbonos, tres dobles enlaces de configuración *cis*, a partir del carbono número 3 (Gráfico Nº 4) (8).

Es un componente de muchos aceites vegetales comunes y es importante para la nutrición humana. El ácido  $\alpha$  linolénico se encuentra en abundancia en las semillas de chía (8).

La mayoría de las semillas y sus aceites son más ricas en el omega 6 ácido linoleico, también un ácido graso esencial. Sin embargo, el ácido linoleico y otros ácidos grasos omega 6 compiten con los omega 3 por puestos en las membranas celulares y tienen además diferentes efectos en la salud humana (8).

Hay estudios que han demostrado evidencias de que el ácido linolénico está asociado a un riesgo menor de enfermedad cardiovascular, pero por un mecanismo aún no entendido. No se sabe si el efecto protector en contra de arritmias cardíacas es ejercido por el mismo o por los productos metabólicos eicosanoideos. Se ha sugerido en algunas investigaciones que existe un mayor efecto neuroprotector en modelos vivos para la isquemia y ciertos tipos de epilepsias (8).

### **1.6.5 TOCOFEROLES**

Los tocoferoles o más conocidos como **vitamina E** es una vitamina liposoluble que actúa como antioxidante a nivel de la síntesis del hemo, que es una parte esencial de la hemoglobina de los glóbulos rojos (46, 73).

Se encuentra en muchos alimentos, principalmente de origen vegetal, sobre todo en los de hoja verde, semillas, entre ellos el brócoli, las espinacas, la soja, el germen de trigo y la levadura de cerveza; también puede encontrarse en alimentos de origen animal como la yema de huevo (46, 73).

Normalmente se suele considerar un aporte de vitamina a los aceites vegetales. Algunas

dietas que emplean desayunos de cereales aportan una gran cantidad de vitamina E al cuerpo (46, 73).

Además Los tocoferoles abundan de forma natural en las grasas vegetales sin refinar, y especialmente en los aceites de germen de trigo, arroz, maíz o soja. Se obtienen industrialmente como un subproducto del refinado de estos aceites o por síntesis química. Su actividad como antioxidante parece seguir el orden inverso a su actividad biológica como vitamina, siendo el más eficaz el delta. Sólo son solubles en las grasas, no en el agua, por lo que se utilizan en alimentos grasos. En las grasas utilizadas en fritura desaparecen rápidamente por oxidación (60).

Existen en cuatro formas químicas denominadas alfa-, beta-, gamma- y delta-tocoferol (gráfico N° 5). Su acción antioxidante tiene una doble vertiente: por un lado ejercen una protección antioxidante in vivo, protegiendo a los lípidos celulares de la oxidación (actividad de vitamina E), y por otro ejercen una acción in vitro, protegiendo el aceite y los alimentos del enranciamiento oxidativo. Los cuatro tipos de tocoferoles presentan distintos grados de actividad in vitro e in vivo. Así, alfa-tocoferol presenta la máxima actividad antioxidante in vivo pero una baja actividad in vitro, mientras que gamma-tocoferol presenta máxima actividad antioxidante in vitro pero escasa actividad de vitamina E. Beta- y delta-tocoferol presentan propiedades intermedias. Adicionalmente, existen relaciones de sinergia entre distintos tocoferoles así como entre perfiles de tocoferoles y de ácidos grasos, aunque los estudios en este campo son escasos (60).

De los cuatro tipos de tocoferoles existentes, el aceite de girasol posee mayoritariamente alfa-tocoferol (>95%). Por tanto, se trata de un aceite con alto poder vitamínico pero muy susceptible al enranciamiento oxidativo. Numerosos usos alimenticios e industriales del aceite de girasol requieren una mayor estabilidad oxidativa, sólo o combinada con el mantenimiento de unos ciertos niveles de vitamina E (60).

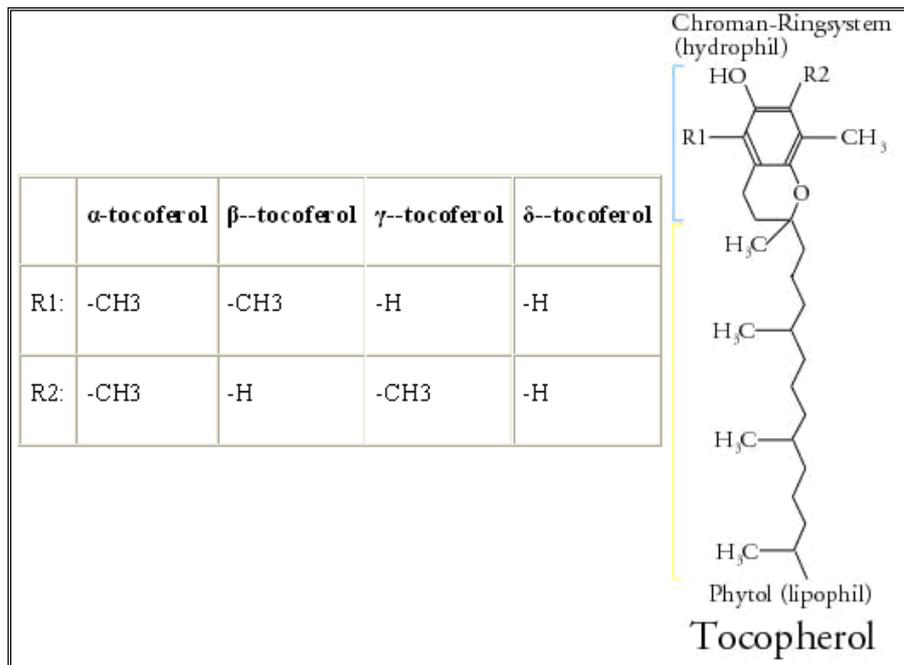


GRAFICO Nº 5. ESTRUCTURA DE TOCOFEROL

El  $\beta$ -tocopherol,  $\gamma$ -tocopherol y  $\delta$ -tocopherol difieren del  $\alpha$ -tocopherol en la ausencia de uno o de dos grupos metilo del anillo aromático de los tres que se encuentran presentes en el  $\alpha$ -tocopherol (Gráfico 5) (60).

Los otros tocoferoles son bastante menos activos como vitaminas que el  $\alpha$ -tocopherol. La actividad del  $\beta$ -tocopherol es el 30% de la del  $\alpha$ -tocopherol, mientras que la del  $\gamma$ -tocopherol es el 15% y la del  $\delta$ -tocopherol de solamente el 3%. El  $\alpha$ -tocotrienol tiene una actividad vitamínica del orden del 25% de la del  $\alpha$ -tocopherol (60).

Los tocoferoles con mayor actividad vitamínica medida en animales de experimentación son también los que tienen mayor actividad como antioxidantes en sistemas químicos, aunque las diferencias son menos marcadas (60).

### 1.6.6 VALOR NUTRITIVO

Las grasas son, fundamentalmente, alimentos calóricos y, en este aspecto, todas las grasas digeribles tienen, aproximadamente, el mismo valor energético, 9.3 Kcal/g. Los ácidos grasos poliinsaturados, que no pueden ser sintetizados por el organismo, deben estar presentes en la dieta, para evitar síntomas de carencia, y, en este sentido, pueden considerarse como una especie de factores vitamínicos, estos son los ácidos linoleico y linolénico (62).

En relación a las semillas de tarwi o chocho, éstas son excepcionales nutritivas. La proteína del tarwi contiene cantidades adecuadas de lisina y cistina, pero tiene únicamente 23 a 30% de la metionina requerida para el óptimo crecimiento de los animales (69).

La tabla 14 indica una comparación entre la composición química del chocho o tarwi y la soya.

**TABLA 14. COMPARACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL TARWI Y SOYA (g/100 g).**

<b>Componente</b>	<b>Tarwi</b>	<b>Soya</b>
Proteína	44.3	33.4
Grasa	16.5	16.4
Carbohidratos	28.2	35.5
Fibra	7.1	5.7
Ceniza	3.3	5.5
Humedad	7.7	9.2

**FUENTE: GROSS, (1988).**

En cuanto a la nutrición humana el chocho se considera apropiado para los niños en etapa de crecimiento, mujeres embarazadas o que dan de lactar. Combinado con cereales como la quinua o amaranto, es capaz de reunir las cualidades de la leche, la carne, el queso y el huevo (69).

El aceite de tarwi es de color claro lo cual lo hace aceptable para el uso doméstico. Es similar al aceite de maní y es relativamente rico en ácidos grasos no saturados, incluyendo el ácido linoleico. El contenido de fibra de la semilla no es excesivo, pero se estima que pueda constituir una fuente importante de minerales (32).

En base a análisis bromatológico, posee en promedio 35.5% de proteína, 16.9% de aceites, 7.65% de fibra cruda, 4.145% de cenizas y 35.77% de carbohidratos, encontrando correlación positiva entre proteína y alcaloides, mientras que es negativa entre proteína y aceite (32).

## **1.7 ACEITES COMESTIBLES.**

La palabra aceite (del árabe *az-zait*) es un término genérico para designar numerosos líquidos grasos de orígenes diversos que no se disuelven en el agua y que tienen menor densidad que ésta. Es sinónimo de *óleo* (del latín *oleum*), pero este término se emplea sólo para los sacramentos de la Iglesia Católica y en el arte de la pintura (12).

Originalmente designaba con la palabra aceite solo al de oliva, pero la palabra se ha generalizado para denominar tanto a aceites vegetales, animales o minerales.

En la Antigüedad, quizá el aceite que se conoció y utilizó primero es el de ajonjolí. Se sabe que lo usaban los egipcios. Los griegos usaron aceite de oliva, y en Atenas el olivo era considerado un árbol sagrado, símbolo de la vida de la ciudad. El aceite servía para la alimentación, para el alumbrado y para usos religiosos (los óleos para ungir) (12).

La ingestión moderada de aceites es fuente de ácidos grasos esenciales para el organismo. Dichos ácidos participan en un sinnúmero de reacciones bioquímicas, dichas reacciones conducen al desdoblamiento y transformación de la energía química de los aceites en energía calórica elevada y al revés, en la formación del panículo graso de la piel y al almacenamiento corporal como reserva de energía. En general, los aceites vegetales aportan ácidos grasos insaturados y son ricos en vitamina E. Su valor energético es de 900 Kcal cada 100 g (12).

Es un hecho conocido que un individuo con carencia de carbohidratos echará a mano de su reserva lipídica o grasa en busca de energía para mantener el metabolismo, y por último, en caso de que también haya una carencia prolongada de lípidos, consumirá sus proteínas (es decir, su tejido muscular) antes de fallecer (12).

### **1.7.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE.**

Desde el punto de vista de los procedimientos técnicos que se utilizan para su obtención tiene sentido dividir las grasas vegetales según que procedan de frutos o de semillas oleaginosas. Si bien sólo son importantes las grasas de dos frutos, son numerosas las grasas de semillas (31).

Todos los aceites comestibles con excepción de los obtenidos por fusión de las mantecas, son de procedencia vegetal. O bien se comercializan aceites que proceden de una sola planta, por ejemplo, oliva, girasol o maíz, o mezclas que en general se designan como aceites comestibles, de mesa o para freír (31).

Las semillas oleaginosas de ciertas plantas son importantísimas como materia prima para la obtención de aceites comestibles. En la extracción de aceites, el beneficio del uso de las semillas es que se puede realizar por prensado o por extracción con disolventes. Ambos procesos han alcanzado una gran perfección y se usan en todo el mundo (62).

Para obtener un buen rendimiento, por prensado, dejando poco aceite en la harina residual, es necesario aplicar grandes presiones, y para ello se usan, generalmente, las prensas de tornillo llamadas “expellers”. Estas producen presiones hasta de 2500 Kg por cm<sup>2</sup>, y la harina residual contiene del 2 al 4 % de aceite. Con estas presiones se desarrolla mucho calor y se aumenta mucho la temperatura de la masa, lo que da lugar a la desnaturalización de las proteínas, alteración de algunos componentes y oscurecimiento del aceite (62).

Algunos de estos efectos, como la inactivación de enzimas que alteran las harinas, o de los inhibidores de las proteolíticas, digestivas, o la destrucción de tóxicos, son favorables, y deben tenerse en cuenta, en todo caso, los efectos del calor desarrollado en las prensas. Algunas industrias realizan un pre-prensado a menor presión y una extracción con disolventes, para agotar el aceite (62).

La extracción con disolventes exige instalaciones costosas, una ingeniería depurada, para evitar las antieconómicas pérdidas de los disolventes que son muy volátiles, una cuidadosa eliminación de los residuos de éstos en el aceite, cuando el disolvente destila de su mezcla con el aceite extraído o “miscella”, y su recuperación a fondo de la masa sólida extraída. El mayor desarrollo de esta tecnología se debe a la importancia alcanzada por la soja (62).

Previa a la extracción del aceite se realiza una preparación de las semillas. Describiremos brevemente los pasos previos a la obtención del aceite.

**a) Preparación previa:** Para facilitar la separación del aceite, las semillas previamente trituradas se tratan con vapor de agua. Las células todavía intactas se rompen y parte de las proteínas se desnaturalizan (inactivación de enzimas). La temperatura del proceso debe limitarse a fin de que no se formen coloraciones no deseadas y no se produzcan alteraciones del aroma (31).

A partir de las semillas así preparadas y secadas hasta volver a su humedad inicial se aísla el aceite por presión o extracción. El tipo de procedimiento a seguir depende del contenido en aceite. Si es inferior al 25%, entonces solamente será económico el proceso de extracción (31).

**b) *Prensado:*** Con una prensa de tornillo sinfín, que funciona en trabajo continuo, se extrae el aceite a partir de la materia prima previamente calentada hasta que sólo quede un resto del 4-7%. En general, sin embargo, resulta económico emplear presiones menores, de tal modo que la torta que quede tenga un 15-20% de aceite, resto que finalmente se obtiene por extracción (31).

**c) *Extracción:*** Las semillas, de las que se han obtenido en la instalación adecuada copos finos, se extraen con una fracción de éter de petróleo (intervalo de ebullición 60-70°C) que se denomina hexano técnico, que además de hexano contiene 2- y 3-metilpentano, así como 2,3-dimetilbutano y que está en gran medida exenta de sustancias aromáticas. La extracción se lleva a cabo en extractores de distinto tipo, en lo que el disolvente fluye a contracorriente del material a extraer (principio de percolación) (31).

La eliminación del disolvente del aceite bruto se realiza por destilación a vacío y sólo debe quedar como máximo un 0.1%. El residuo separado del extracto se libera de disolvente mediante vapor de agua y se utiliza como pienso rico en proteína (31).

De la grasa bruta obtenida por presión o extracción se separan por filtración los restos de vegetales, proteínas y sustancias mucilaginosas, etc.

## 1.7.2 REFINACIÓN DE ACEITE

Tras el proceso de extracción se obtiene aceite crudo o mezclado con disolvente que habitualmente necesita un refinado previo para ser apto para el consumo. El procesado a que son sometidos los aceites tras su extracción dependerá de la fuente de la que proceden, de su calidad y de su uso final. Se realiza para eliminar distintos compuestos que pueden originar problemas organolépticos, de inestabilidad o defectos en el aceite. Algunas de las impurezas que se pueden presentar son fosfolípidos (fosfátidos), gomas, resinas, ácidos grasos libres, pigmentos, etc. (55)

En general, durante la refinación se aplican temperaturas elevadas que pueden producir pérdidas de componentes naturales en los aceites.

Se denomina refinación (*refino o refinado*) a una serie de operaciones que tienen como objetivo eliminar los defectos de los aceites y las grasas (excesiva acidez, sabor y olor desagradable, coloración inadecuada, turbidez, etc) (55).

El procedimiento que regularmente se suele seguir en la industria es la siguiente:

Lo primero que se hace al aceite puro es una centrifugación, la cual debe ser rápida para evitar la hidrólisis de los triglicéridos que aumentaría la acidez libre, para lo cual se usa una centrifuga tubular si la concentración de sólidos retenidos es menor al 1%, si tiene 25% de sólidos se utiliza centrifuga autodeslodante de boquilla (continua) (55).

Por filtración y decantación no debido a que es muy lenta y costosa.

### **1.7.2.1 DESGOMADO**

El proceso de desgomado es la separación de sustancias proteicas, coloides o partículas pequeñas en emulsión, fosfolípidos, ceras mucilaginosas, gomas, sustancias resinoides, etc. que con el tiempo pueden polimerizar y precipitar (55).

El ácido hace que carbonice y precipiten las proteínas, gomas, pigmentos, sin embargo también pueden atacar a los glicéridos y producir una ligera sulfatación de los mismos, esto debe evitarse pues esto significa la aparición a menudo de un color rojizo que ya no puede eliminarse (55).

La concentración del ácido no debe ser demasiado elevada y la temperatura no debe exceder de los 25- 30°C. Habitualmente se emplea ácido sulfúrico.

### **1.7.2.2 NEUTRALIZACIÓN**

En la neutralización se elimina la acidez libre, provocada por los ácidos grasos libres, mediante el agregado de una solución de álcali que puede ser hidróxido de sodio, o carbonato de sodio (55).

La proporción y concentración de álcali a utilizar depende de la acidez que presente el aceite.

También se van partes de las sustancias colorantes y odoríferas, adsorbidas en los jabones (55).

El álcali modifica la condición de hidratación de las gomas por eso se los debe eliminar antes para que no precipiten cuando se neutraliza (55).

### **1.7.2.3 DECOLORACIÓN**

Se realiza luego de la neutralización, en caso que el aceite quede con un color verdoso o anaranjado.

Para ello se usan sustancias adsorbentes que poseen puntos activos en su superficie exterior (reaccionan con los orbitales deslocalizados, hay superposición de orbitales con las sustancias colorantes) (55).

Se trata de arcillas, carbón activo, tierras activadas que poseen un alto nivel de porosidad, al ponerlos en contacto con el aceite y agitar los pigmentos contenidos en este son adsorbidos por estas tierras (55).

Se mezcla el aceite caliente con el carbón activado al que previamente se le hizo vacío para eliminar el aire de los poros, para que el aceite pueda difundir por ellos (55).

La mezcla se agita y se calienta y se da un tiempo para que el carbón cumpla su función y tenga lugar el proceso difusivo. Todo el proceso se debe controlar para que la reacción no se revierta (55).

### **1.7.2.4 DESODORIZACIÓN**

Elimina olores extraños provocados por aldehídos, cetonas, los olores tienen una presión de vapor alta (son volátiles) y por eso lo podemos oler.

Se mejora su tendencia a volatilizarse calentándolos y haciendo vacío, aumenta la temperatura descendiendo la presión. Se trabaja a temperaturas de 150 160°C con esta

temperatura nos están asegurando que todas las sustancias al ser volátiles alcanzan su punto de ebullición, formándose vapor (55).

En la industria se introduce en una torre de destilación, a la cual se le hace vacío el aceite caliente e inyectándole a la torre vapor de agua recalentado, por abajo que actúa como elemento de arrastre, también se podría usar aire caliente pero como es oxidante se prefiere el vapor que transfiere calor, mantiene calor en el medio y a su vez baja la viscosidad del producto porque burbujea dentro de la masa y eso es lo que genera el arrastre (55).

Como el vapor es recalentado no se condensa en el aceite por eso se obtiene un aceite desodorizado y seco (sin agua).

Se trabaja con una presión de 30- 25 mmHg para provocar el vacío necesario.

#### **1.7.2.5 WINTERIZACIÓN**

La winterización se emplea para obtener un aceite de mayor nitidez, que no presente turbios (debido a la suspensión de un precipitado fino) durante el almacenamiento.

Consiste en separar del aceite las sustancias con punto de fusión elevado (estearinas, glicéridos muy saturados, ceras y esteroides) que provocarían turbidez y precipitaciones en el aceite al encontrarse este a baja temperatura (12).

Generalmente se realiza por enfriamiento rápido del aceite con agua fría o equipos frigoríficos, con lo que se consigue la cristalización de los compuestos que queremos eliminar. Estos sólidos (las “*estearinas*”) se separan de las “*oleínas*” por filtración o centrifugación (12).

Típicamente, se somete al aceite a un enfriamiento rápido hasta 5°C y se mantiene durante 24 horas.

El gráfico 6 indica el proceso de extracción y refinación de aceite a nivel industrial.

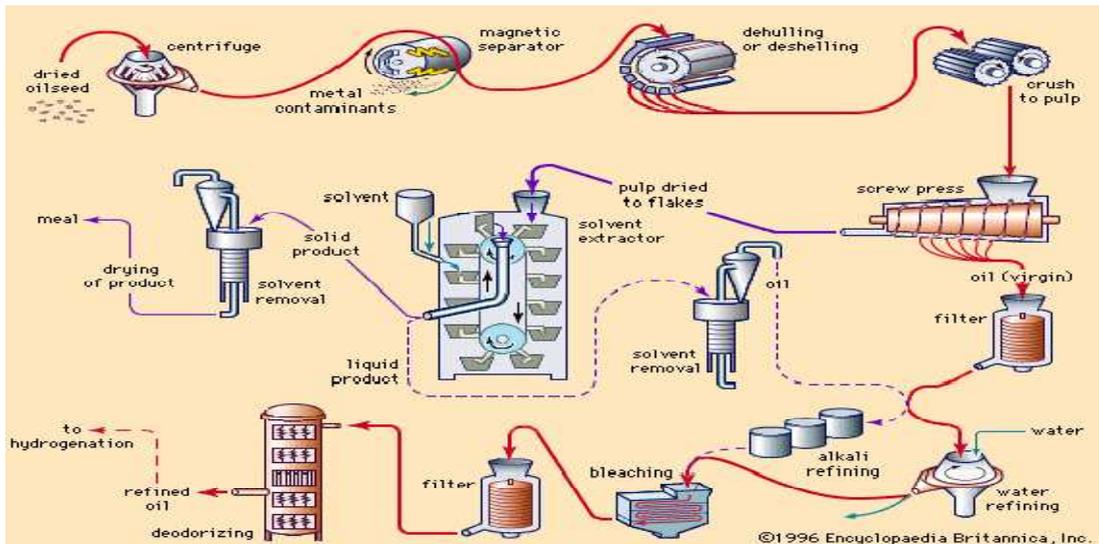


GRAFICO Nº 6. EXTRACCIÓN Y REFINACIÓN DE ACEITES DE SEMILLAS OLEAGINOSAS

### 1.7.3 EXTRACCIÓN Y REFINACIÓN DE ACEITE DE CHOCHO (*Lupinus mutabilis Sweet*)

El contenido promedio de grasa del grano de tarwi es de 18%, lo que permite una extracción económica de aceite. Para tal efecto se puede recurrir a la extracción convencional mediante solventes, utilizando hexano. Esta extracción se la realiza con otras fuentes oleaginosas de bajo contenido de grasa, tales como soya. Después de limpiar la semilla de partículas extrañas como piedrecillas, astillas, paja, etc., se procede a descascararla (32).

A continuación se tuesta y se lamina la semilla descascarada a fin de facilitar la extracción con solventes. Después de la extracción del aceite con hexano, la torta de

lupino contiene 4.05% de alcaloides, lo que significa una concentración de sustancias amargas, ya que la mayor parte no llega a ser eliminada mediante el hexano. Solamente una pequeña parte de alcaloides pasa a la miscela de aceite; aquí se trata, sobre todo, de ésteres de alcaloides que son más fácilmente liposolubles, debido a su componente lipofílica de éster, así como de N-metilangustifolina con su cadena lateral móvil, lipofílica (32).

En el transcurso de la refinación de aceite se reduce el contenido de alcaloides en el aceite comestible a 5 ppm; dicha cantidad no tiene importancia alguna desde el punto de vista toxicológico. Además de las fases convencionales de la refinación, tales como el desgomado, la neutralización, el blanqueo, la deodorización, en la obtención de aceite de lupino se intercala una fase más, a saber, el desamargamiento. En realidad, esta fase constituye una variante prolongada de la extracción de lecitinas, ya que los alcaloides se extraen mediante un lavado de agua acidificada adicional. Dado que no se necesitan máquinas especiales para el desamargamiento del lupino, dicho proceso puede realizarse en las instalaciones convencionales de refinación (32).

El alto contenido de lecitinas crudas (aproximadamente 13.6% del aceite crudo) origina considerables pérdidas en la obtención de aceite. Por otro lado, las lecitinas pueden ser utilizadas tanto en la industria alimentaria como en la farmacéutica. Sin embargo, es necesario limpiar y, eventualmente, desamargar las lecitinas, de acuerdo al uso que se les dé (32).

La torta residual puede ser empleada como portador de proteína en pequeñas cantidades en alimentos para rumiantes o broilers (32).

## **1.8 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LOS ACEITES Y GRASAS.**

Para caracterizar la composición y el estado de las grasas, se estableció una serie de índices con los cuales mediante el cálculo del reactivo gastado, se podían determinar ciertos grupos funcionales o ciertos componentes.

La consistencia, viscosidad, plasticidad, etc., son propiedades importantes para muchas aplicaciones de las grasas en tecnología de alimentos; la temperatura de formación de humos es importante en los aceites para freír, así como el punto de inflamación. La presencia de ácidos grasos libres hace descender ambos índices (31, 62).

Con las nuevas técnicas analíticas, tales como la cromatografía de gases de los ácidos grasos, resultan obsoletos muchos de estos índices. Entre los que todavía se utilizan para observar diferencias entre grasas mencionaremos los siguientes (31, 62):

### **1.8.1 Pruebas organolépticas.**

Las cualidades organolépticas, color, aroma y sabor, también son importantes en la evaluación comercial de las grasas, y se determinan según métodos normalizados (57, 62).

### **1.8.2 Prueba de frío.**

El no enturbiamiento del aceite, cuando se mantiene varias horas en un baño de hielo, o prueba del frío, es importante para los que están destinados a la fabricación de mayonesas. Cuando éstas se preparan con aceites que se enturbian en la prueba, la emulsión puede romperse durante el almacenamiento refrigerado (57, 62).

### **1.8.3 Índice de refracción.**

El índice de refracción de un aceite depende de su composición en ácidos grasos y aumenta con la insaturación y con la longitud de la cadena. Hay una correlación entre el índice de yodo y el índice de refracción (57, 62).

### **1.6.4 Índice de acidez**

El índice de acidez representa la cantidad de ácidos libres en la grasa y es un factor de mala calidad, que indica una hidrólisis previa, por mal almacenamiento de las materias primas y acción de las lipasas o por fabricación defectuosa (57, 62).

### **1.6.5 Índice de yodo**

El índice de yodo es el número de cg de yodo que se adicionan a los enlaces dobles por cada gramo de grasa, en condiciones normalizadas, y representa el valor medio de insaturación de los distintos glicéridos existentes en la grasa (57, 62).

Con frecuencia el índice de yodo es el valor más útil y fácil de determinar para identificar un aceite o al menos para colocarlo dentro de un grupo en particular (57, 62).

### **1.6.6 Índice de saponificación**

El índice de saponificación de un aceite o de una grasa, se define como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos resultantes de la hidrólisis completa de 1 g de muestra. El índice es menor cuanto más largos son los ácidos grasos componentes de los glicéridos de la grasa (57, 62).

### **1.6.7 Materia Insaponificable**

La materia insaponificable se puede definir como el material que existe en aceites y grasas, el cual después de saponificación del aceite o de la grasa con álcali cáustico y extracción con un disolvente orgánico apropiado, permanece sin volatilizarse al secar a 80°C (57).

El material insaponificable comprende hidrocarburos, alcoholes superiores y esteroides (colesterol, fitosterol). La mayor parte de los aceites y grasas de pureza normal contienen menos de 2% de material insaponificable. La adulteración de aceites y grasas con hidrocarburos parafínicos aparece en el material insaponificable (57).

### **1.6.8 Perfil de ácidos grasos**

El perfil de ácidos grasos se lo realiza mediante la cromatografía de gas, esta técnica hace factible la medición rápida y segura de la composición de ácidos grasos en aceites y grasas después de la conversión de los ésteres triglicéridos en los ésteres metílicos más volátiles (57).

El registro permite obtener un cromatograma de los diferentes componentes de la muestra. Cada ácido graso tiene un parámetro característico, que es el tiempo de retención ( $t_r$ ). El  $t_r$  depende de la estructura característica de cada ácido graso como el grado de insaturación y la longitud de la cadena (39).

## **CAPITULO II**

### **2. PARTE EXPERIMENTAL**

#### **2.1 LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO.**

El experimento se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad de Alimentos de la Estación.

#### **2.2 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.**

Se utilizó como materia prima la variedad de chocho INIAP Andino 450, la misma que se caracteriza por su precocidad (8 meses) y color blanco predominante en toda la semilla.

Antes de la ejecución del experimento se procedió a realizar la limpieza y selección del grano para eliminar impurezas, una parte del grano seleccionado se destinó a los procesos de desamargado y secado, en una estufa de aire forzado. Tanto el grano amargo como el desamargado, fueron molidos en un molino provisto de tamices de diferente abertura, para obtener harina con un tamaño de partícula 0,75 mm (20 mesh) y flakes de 7 mm

## **2.2.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHOCHO.**

### **2.2.1.1 EQUIPOS Y MATERIALES.**

- Molino
- Balanza técnica
- Equipo Soxhlet
- Baño María
- Rotavapor
- Estufa
- Papel filtro
- Balones de destilación
- Frascos con tapa hermética

### **2.2.1.2 REACTIVOS**

- Hexano grado técnico

### **2.2.1.3 PROCEDIMIENTO**

El grano fue lavado y seleccionado previamente, luego una porción de la muestra fue desamargada. Para este proceso, el grano fue hidratado por 12 horas, cocinado en olla abierta por 40 min. y lavado en agua corriente por 72 horas. El grano así procesado fue secado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 50°C por un tiempo de 2 horas. El grano deshidratado fue molido, obteniendo fracciones de diferente granulometría, las que separadamente se empacaron en papel filtro, se sellaron y se pesaron.

Las muestras empacadas se dispusieron en el equipo Soxhlet, provisto con 200 ml de hexano, grado técnico para la extracción del aceite, en tiempos variables entre 2 a 8 horas.

El aceite extraído, se separa del hexano con la ayuda de un rotavapor, que evapora el solvente y reserva el aceite, en base a los diferentes puntos de ebullición de los dos componentes.

El aceite recuperado, se coloca en la estufa por alrededor de 20 minutos, para eliminar el hexano residual, se enfría el contenido y se guarda en envase provisto de selle hermético.

## **2.2.2 REFINACION DE ACEITE DE CHOCHO.**

Luego de la recuperación del aceite, éste se somete a refinación, con el fin de eliminar ciertas impurezas, el exceso de color, ciertos aromas y sustancias que transmiten turbidez al aceite.

El proceso de refinación comprende el desgomado, la neutralización, y decoloración.

En el aceite obtenido a partir del grano amargo, además de la refinación se aplica un proceso adicional de desamargado, para eliminación de los alcaloides que impiden que el aceite sea apto para el consumo humano.

### **2.2.2.1 EQUIPOS Y MATERIALES**

- Centrifuga
- Agitador magnético
- Tubos de centrífuga

- Embudo buchner
- Vasos de precipitación
- pHmetro
- Refrigeradora
- Kitasato
- Papel filtro
- 

### **2.2.2.2 REACTIVOS**

- Ácido cítrico 1 %
- Agua destilada
- Ácido Fosfórico 0.5 %
- NaOH 0.5N
- Carbón activado

### **2.2.2.3 PROCEDIMIENTO**

- a) Desgomado

Se coloca 100 ml de aceite en un vaso de precipitación, se añade 15 ml de agua destilada y 1 ml de ácido cítrico al 1 %, Se agita el conjunto por alrededor de 20 minutos.

A continuación se añade 15 ml de agua destilada, para eliminar los residuos de ácido y se vuelve a agitar por cerca de 15 minutos. La emulsión formada se distribuye en tubos y se procede a centrifugar por 20 minutos a 30000 rpm.

Se recoge el sobrenadante y se adiciona 10 ml de agua destilada, se agita por 10 minutos y se centrifuga otra vez por 20 minutos a 30000 rpm. Se rescata el aceite sobrenadante, separado de las otras sustancias presentes en la mezcla.

En el caso del aceite obtenido a partir del grano amargo, en el transcurso del desgomado, se añade 5 ml de ácido fosfórico al 0.5 %, en la primera etapa; en el segundo lavado se adiciona 1 ml de ácido cítrico al 1 % y la misma cantidad de agua utilizada en el aceite proveniente del grano desamargado. Se realiza un lavado adicional con agua para eliminar posibles residuos de ácido en la muestra.

#### b) Neutralización

Se determina el potencial hidrogeniónico (pH) del aceite y se añade lentamente NaOH 0.5 N, monitoreando regularmente el ascenso del pH hasta alcanzar el punto de neutralización (pH 7). Se centrifuga el conjunto a 3000 rpm por diez minutos; la sosa acuosa precipita y se separa de la muestra, mientras que el aceite sobrenadante es recuperado, luego de realizar sucesivos lavados para eliminar la sosa.

#### c) Decoloración

En 100 ml de aceite, se incorpora 0.5 gramos de carbón activado, se agita el conjunto y luego se centrifuga de diez a quince minutos a 25000 rpm. Se recupera el sobrenadante y se somete a filtración al vacío, con la ayuda de papel filtro cualitativo, un embudo buchner y un kitasato para eliminar los residuos de carbón. Con esta técnica se reducen los pigmentos que transmiten color al aceite.

## **2.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA.**

### **2.3.1 DENSIDAD.**

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

#### **2.3.1.1 PRINCIPIO**

Se determina la masa por unidad de volumen, expresada en gramos por centímetro cúbico ( $\text{g/cm}^3$ ), a una temperatura determinada ( $^{\circ}\text{C}$ ). La densidad se representa por la letra *d*.

La temperatura se controla exactamente ya que la densidad de las materias grasas varía aproximadamente 0.00068 unidades por grado centígrado de temperatura. Esta no debe diferir de la de referencia en más de 5  $^{\circ}\text{C}$ .

#### **2.3.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Picnómetro
- Termómetro
- Papel filtro
- Balanza

#### **2.3.1.3 PROCEDIMIENTO**

- Aceites y grasas líquidas.- Para la determinación de la densidad, la temperatura del medio debe estar constante. Se llena el picnómetro hasta el borde superior del tubo capilar, se introduce el termómetro, se pesa y se anota la temperatura de determinación.

- Grasas Sólidas.- Se llena el picnómetro hasta las tres cuartas partes de su altura, con la grasa. Se deja una hora en la estufa, a la temperatura de fusión de la grasa, se enfría y se pesa. Luego se llena el picnómetro hasta el borde superior con agua destilada y se deja por una hora en la estufa a una temperatura de referencia (20 °C), para posteriormente introducir el picnómetro en un baño maría a temperatura constante por una hora, secar el picnómetro y pesar.

#### 2.3.1.4 CÁLCULO

Calcular la densidad expresada en g/cm<sup>3</sup> y referida a una temperatura que generalmente es de 20°C para los aceites y de 40°C, 60°C, etc., para las grasas sólidas.

Aceites y grasas líquidas.

$$Densidad = \frac{P'' - P}{P' - P} D \text{ g/cm}^3$$

Grasas Sólidas.

$$Densidad = \frac{P'' - P}{(P' - P) - (P''' - P'')} D \frac{g}{cm^3}$$

Donde

P = peso en g del picnómetro vacío

P' = peso en g del picnómetro lleno con agua a la temperatura de referencia.

P'' = peso en g del picnómetro lleno con aceite a la temperatura de referencia.

P''' = peso en g del picnómetro lleno con grasa y agua a la temperatura de referencia.

D = densidad del agua a la temperatura de la determinación.

## **2.3.2 VISCOSIDAD.**

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

### **2.3.2.1 MATERIALES Y EQUIPOS**

- Viscosímetro rotacional Brookfield
- Vasos de precipitación
- Termómetro
- Spindle (S1)

### **2.3.2.2 PROCEDIMIENTO**

- Se nivela el aparato con la ayuda de la burbuja
- Se coloca la muestra en la cámara acoplada al adaptador para muestras, acondicionando a 25 °C
- Se incorpora la spindle de acuerdo al tipo de muestra (aceite) y se atornilla en el pivote
- Se baja cuidadosamente el cabezal hasta que el material de prueba llegue a la muesca que se encuentra en la spindle. El apuntador debe estar en 0. Si al introducir la spindle en el material de prueba, la aguja está por encima de 0, no se tome en cuenta y se continúe trabajando.
- Colocar el botón selector de velocidades en las revoluciones deseadas. Si se va a hacer varias pruebas, se comienza con la velocidad más baja. Se busca en las tablas el factor.
- Se acciona el “switch” para que comience a girar el spindle. Se deja que gire varias veces y que el apuntador se estabilice antes de hacer la lectura.
- Detener el motor accionando a la vez el embrague para hacer la lectura

- Leer la viscosidad (cps)

### **2.3.3 PRUEBA DE FRÍO.**

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

#### **2.3.3.1 PRINCIPIO.**

Este método mide la resistencia de la muestra a la cristalización y se usa corrientemente como un índice de los procesos de desmargarización.

Es aplicable a todos los aceites vegetales y animales refinados y secos.

#### **2.3.3.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

- Frasco de vidrio de unos 115 ml, limpios y secos
- Baño de agua
- Recipiente de 2 -3 l de capacidad
- Hielo
- Agua destilada
- Papel filtro
- Tapón de corcho
- Parafilm
- Termómetro

### **2.3.3.3 PROCEDIMIENTO**

Se llena un recipiente de 2 ó 3 litros de capacidad con hielo finamente picado, y se añade agua fría en cantidad suficiente para que quede cubierto el cierre del frasco conteniendo la muestra.

#### **Tratamiento de la muestra**

Filtrar una cantidad suficiente de muestra (200 a 300 ml) a través de papel del filtro. Calentar el filtrado, agitándolo continuamente hasta que alcance exactamente una temperatura de 130°C.

Llenar completamente un frasco con el aceite filtrado, y tapar suavemente con un tapón de corcho. Llevar a 25°C en un baño de agua y recubrir el tapón con parafilm.

Sumergir el frasco en un baño agua – hielo, de forma que quede cubierto el cierre de aquél. Reponer hielo para mantener los 0°C y el nivel primitivo.

Al cabo de cinco horas y media se retira el frasco del baño y se examina detenidamente para ver si se han formado cristales o enturbiamiento. No se debe confundir las burbujas de aire finamente dispersadas con los cristales de grasa. La muestra resiste la prueba si se conserva clara, limpia y brillante.

### **2.3.3.4 RESULTADOS**

La prueba se reporta como negativa o positiva según el caso.

### 2.3.3.5 OBSERVACIONES

El fin del calentamiento inicial es eliminar las trazas de humedad y destruir los núcleos cristalinos que pueden existir. Ambos interferirían la prueba ocasionando enturbiamiento por cristalización prematura.

### 2.3.4 INDICE DE REFRACCIÓN.

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

#### 2.3.4.1 PRINCIPIO.

El índice de refracción de una sustancia dada es la razón entre la velocidad de un rayo de luz en el vacío y la velocidad del rayo de luz a través de la sustancia. Por conveniencia práctica se refiere a la relación aire-sustancia.

También puede definirse como la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción.

El índice de refracción de una sustancia dada varía con la longitud de onda del rayo de luz refractado y con la temperatura. Viene referido a la longitud de onda correspondiente a la línea D 589,3 nm de la luz del sodio. Se indica con la notación  $n_t^D$  para t °C y longitud de onda de la línea D del sodio. Para otra radiación de distinta longitud de onda a t °C, la notación será  $n_t^{\lambda}$ .

Con los refractómetros usuales la observación se hace en luz difusa, provistos de un dispositivo de acromatismo de la radiación D de la luz del sodio.

#### 2.3.4.2 MATERIALES Y EQUIPOS

- Refractómetro de precisión
- Papel filtro
- embudo
- Vasos de precipitación
- Agua destilada

#### 2.3.4.3 PROCEDIMIENTO.

El aceite debe estar limpio y exento de agua. Se filtra sobre el papel de filtro seco, con la ayuda de sulfato de sodio anhidro. Se llena con la muestra, el espacio comprendido entre los dos prismas. La lectura se realiza después de 5 minutos, al menos, de contacto. La temperatura de lectura no debe sobrepasar en  $\pm 2$  °C, la temperatura de referencia.

#### 2.3.4.4. CÁLCULO.

Se calcula el índice de refracción requerido a la temperatura de 20°C para las grasas líquidas y referido a 40°C, 60°C, 80°C o temperaturas superiores para las materias grasas sólidas.

$$n^t = n^{t'} + (t' - t)F \text{ si } t' > t$$

$$n^t = n^{t'} - (t - t')F \text{ si } t' < t$$

Donde:

$n^t$  = índice de refracción a la temperatura de referencia t °C.

$n^{t'}$  = índice de refracción a la temperatura de lectura t' °C.

F = factor de corrección por temperatura

F = 0,00035 para t = 20°C

F = 0,00036 para t = 40°C o superior

### **2.3.5 ÍNDICE DE COLOR (ABT)**

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

#### **2.3.5.1 PRINCIPIO.**

Este método tiene por objeto establecer una escala de índices para la denominación del color de los aceites de oliva y semillas, que no contengan, al ser examinados por la visión humana, tonalidades rojizas, es decir, que sólo presenten tonalidades variables del amarillo al verde.

El índice de color ABT indica cuantos ml de una disolución 1/15 M de fosfato disódico de Sorensen debe contener por litro, una mezcla de dicha solución con otra 1/15 M de fosfato monopotásico, para que agregando un número suficiente de ml de una disolución al 0.04% de azul de bromotimol, preparada en la forma que se indica más adelante, se origine una coloración idéntica a la del aceite, examinando por transparencia, con la visión humana, una capa de 25 mm de espesor, de la materia grasa y de la disolución patrón.

### **2.3.5.2 MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Tubos de ensayo
- Bolones aforados
- Agitadores
- Vasos de precipitación
- Matraz aforado
- Gradilla para tubos
- Vortex Mixer
- Pipetas
- Reverbero

### **2.3.5.3 REACTIVOS.**

- Disolución 1/15 M de fosfato monopotásico. Disolver 9.078 g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  en agua destilada y hervida, hasta completar 1 litro.
- Disolución 1/15 M de fosfato disódico. Disolver 11.88 g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada y hervida, hasta completar 1 litro.
- Disolución de azul de bromotimol al 0.04%. Triturar en un mortero de ágata 0.1 g de azul de bromotimol, agregar, poco a poco, y removiendo, 3.5 ml de  $\text{NaOH}$  0.05 N. Cuando se ha disuelto, observándose sólo una turbidez ligera, llevar íntegramente la disolución a un matraz aforado de 250 ml, utilizando para lavar el mortero agua destilada y hervida. Agregar al matraz agua destilada y hervida hasta completar la cuarta parte de su volumen, y calentar en baño de agua a 80-90°C, hasta disolución completa. Enfriar hasta la temperatura ambiente, completando con agua destilada y hervida, hasta el enrase.

#### 2.3.5.4 PROCEDIMIENTO.

**TABLA 15. DISOLUCIONES PARA EL ÍNDICE DE COLOR (ABT)**

<b>Índice ABT</b>	<b>Disolución 1/15 M en ml de <math>\text{KH}_2\text{PO}_4</math></b>	<b>Disolución 1/15 M en ml de <math>\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}</math></b>
0	50.00	0.00
25	48.75	1.25
50	47.50	2.50
75	46.25	3.75
100	45.00	5.00
125	43.75	6.25
150	42.5	7.50
175	41.25	8.75
200	40.00	10.00

**FUENTE: MADRID 1997**

*Preparación de los patrones de color.* En cada uno de los nueve tubos de vidrio, se vierten los volúmenes de las disoluciones de fosfato monopotásico y disódico mostrados en la Tabla 15. Se agrega 2 ml de la disolución de azul de bromotimol y se agita los tubos.

En esta escala el índice 0 corresponde al patrón con coloración amarilla y el 200 al de color, presentando los intermedios, tonos verdosos ascendentes del 0 al 200.

Si es necesario se preparan otras series con las mismas mezclas de fosfatos, pero poniendo volúmenes mayores o menores de azul de bromotimol, para obtener intensidades más fuertes o más débiles del tono normal que se fija en éste método. Se designan estos nuevos índices colocando entre paréntesis, a continuación de los que se establecen en este método, el número de ml de azul de bromotimol utilizados.

Estos patrones se conservan por largo tiempo en la oscuridad, bastando una comprobación cada 6 meses, por comparación con disoluciones recién preparadas.

*Determinación del índice de color.* El aceite cuyo color se quiere describir, debe ser completamente transparente y estar a una temperatura aproximada de 20 °C, filtrándose si se presenta turbidez.

Llenar de aceite hasta las tres cuartas partes de uno los tubos; observar por transparencia, mirando en dirección normal al eje del tubo, con cuál de los colores escala de patrones se identifica, colocando detrás de los tubos una hoja de papel blanco.

#### **2.3.5.5. EXPRESIÓN DE RESULTADOS.**

El índice de color se expresa en un número, correspondiente a los ml del patrón con el que se identifica la muestra.

### **2.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.**

#### **2.4.1 INDICE DE PERÓXIDOS.**

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

#### **2.4.1.1 PRINCIPIO.**

Se denomina “índice de peróxidos” a los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la materia ensayada, calculados a partir de yodo liberado del yoduro de potasio, operando en las condiciones que se indican en el método. Las sustancias que oxidan al yoduro de potasio en las condiciones descritas, se supone son peróxidos u otros productos similares de oxidación de la grasa, por lo que el índice obtenido puede tomarse, en una primera aproximación, como una expresión cuantitativa de los peróxidos de la grasa.

#### **2.4.1.2 MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Navecillas de vidrio de aproximadamente 3 ml para pesada de la grasa.
- Matraces con tapón esmerilado, de aproximadamente 250 ml previamente secados y llenos de gas inerte (anhídrido carbónico o nitrógeno).
- Bureta
- Soporte Universal
- Balanza analítica

#### **2.4.1.3 REACTIVOS.**

- Cloroformo, para análisis, exento de oxígeno por barboteo de una corriente de gas inerte puro y seco.
- Acido acético glacial puro exento de oxígeno.
- Solución acuosa saturada de yoduro de potasio, exento de yodo y yodatos.
- Soluciones acuosas de tiosulfato de sodio 0.01 N y 0.002 N exactamente valoradas.
- Solución indicadora de almidón al 1% en agua destilada.

#### **2.4.1.4 PROCEDIMIENTO.**

Se toma un matraz con tapa esmerilada, de unos 250 ml, previamente seco y se llena con gas inerte, puro y seco (anhídrido carbónico o nitrógeno). Introducir tan rápidamente como se pueda la muestra del aceite que se desea ensayar, definida en función de los índices presumidos. Agregar 10 ml de cloroformo, en el cual se disuelve rápidamente, la grasa por agitación, 15 ml de ácido acético glacial y 1 ml de una disolución acuosa de yoduro de potasio.

Cerrar el matraz y mantener en agitación durante un minuto, imprimiéndole un suave movimiento de rotación, conservándolo después en la oscuridad durante cinco minutos, transcurrido este tiempo agregar 75 ml de agua, agitar vigorosamente y valorar el yodo liberado con una disolución de tiosulfato 0.002 N, para los aceites de índices inferiores o iguales a 20 y 0.01 N para los de índices más elevados, usando como indicador la solución de almidón.

Paralelamente, se efectúan un ensayo testigo, sin aceite, que debe dar un índice nulo.

#### **2.4.1.5 CÁLCULO.**

El índice de peróxidos se expresa en miliequivalentes de oxígeno por kilogramo de muestra, y se calculará aplicando la fórmula siguiente:

$$I.P. = \frac{V.N.1000}{P}$$

Donde:

V = tiosulfato, en ml consumido en la valoración

N = normalidad de la solución de tiosulfato.

P = peso, en gramos, de la muestra tomada para la determinación

#### 2.4.1.6 OBSERVACIONES.

*Peso de la muestra.*- La toma de las muestras para el ensayo se efectúa tomando una cantidad de grasa de acuerdo con el índice de peróxidos presumible y que se indica a continuación (Tabla 16):

**TABLA 16. INDICE DE PEROXIDOS EN RELACIÓN AL PESO DE LA MUESTRA**

Índice que se presupone	Peso de la muestra en g
de 0 a 20	de 2.0 a 1.2
de 20 a 30	de 1.2 a 0.8
de 30 a 50	de 0.8 a 0.5
de 50 a 100	de 0.5 a 0.3

**FUENTE: MADRID 1997**

Para evitar errores y los inconvenientes que pudieran derivarse de los mismos, en los informes analíticos debe indicarse siempre la unidad en la que se expresa el índice.

#### 2.4.2 ACIDEZ.

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

#### **2.4.2.1 PRINCIPIO.**

La acidez que figura normalmente en los boletines de análisis, es una expresión convencional del contenido en tanto por ciento de los ácidos grasos libres. También se denomina grado de acidez.

#### **2.4.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Bureta
- Soporte Universal
- Balanza analítica
- Balones aforados
- Matraces

#### **2.4.2.3 REACTIVOS.**

- Solución etanólica de hidróxido de potasio 0,5 N ó 0,1 N.
- Solución al 1% de fenolftaleína en metanol de 95 % v/v.
- Mezcla etanol – éter etílico, 1:1, neutralizada exactamente con KOH 0,1 N etanólica, con fenolftaleína como indicador.

#### **2.4.2.4 PROCEDIMIENTO.**

Pesar con una aproximación de 0,01 g de 5 a 10 g de grasa, en un erlenmeyer de 250 ml.

Disolver la grasa en 50 ml de la mezcla etanol – éter etílico. Valorar, agitando continuamente, con KOH 0,5 N (o con 0,1N para una acidez inferior a 2), hasta viraje del indicador.

#### **2.4.2.5 CÁLCULO.**

Calcular la acidez como grado de acidez expresado en porcentaje de ácido oleico.

$$\text{Grado de acidez} = \frac{V M N}{10 p} \% \text{ de ácido oleico}$$

Donde:

V = volumen en ml de solución etanólica de KOH utilizada.

N = normalidad exacta de la solución de KOH utilizada.

M = peso molecular de ácido en que se expresa la acidez.

P = peso en gramos de la muestra utilizada.

Normalmente se expresa referida a tanto por ciento de ácido oleico. Sólo en casos particulares, según la naturaleza de la sustancia grasa, se expresa referida a ácido palmítico, láurico u otros.

#### **2.4.3 INDICE DE SAPONIFICACIÓN.**

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

### **2.4.3.1 PRINCIPIO**

El índice de saponificación expresa el peso en miligramos (mg) de hidróxido de potasio necesario para saponificar un gramo (g) de grasa.

Este método es aplicable a aceites y grasas con un contenido de ceras inferior al 5%.

### **2.4.3.2 MATERIALES Y EQUIPOS**

- Matraz de vidrio, de 200 ml aproximadamente, adaptable a un refrigerante de reflujo.
- Balanza
- Refrigerante de reflujo
- Bureta
- Soporte universal
- Reverbero

### **2.4.3.3 REACTIVOS.**

- Solución etanólica de hidróxido de potasio 0,5 N.
- Solución acuosa de ácido clorhídrico 0.5 N.
- Solución de fenolftaleína al 1% en etanol de 95°.

### **2.4.3.4 PROCEDIMIENTO.**

Pesar con una precisión de 1 mg, en el matraz de vidrio, 2 g aproximadamente de grasa. Agregar 25 ml exactamente medidos de solución etanólica de KOH 0.5 N. Adaptar el

refrigerante de reflujo, llevar a ebullición, y mantener durante 60 minutos, agitando por rotación de cuando en cuando. Retirar de la fuente de calor. Agregar 4 ó 5 gotas de fenolftaleína, y valorar la solución jabonosa, todavía caliente, con la solución de ácido clorhídrico 0.5 N.

Realizar en las mismas condiciones un ensayo en blanco.

#### **2.4.3.5 CÁLCULO.**

Calcular el índice de saponificación expresado en mg de KOH por g de grasa.

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{56.11 * N (V - V')}{P}$$

Donde:

V = volumen en ml de solución de CIH 0.5 N utilizados en la prueba en blanco

V' = volumen en ml de solución de CIH 0.5 N utilizados en el ensayo.

N = normalidad exacta de la solución de ácido clorhídrico utilizado.

P = peso en g de la muestra de grasa.

#### **2.4.3.6. OBSERVACIONES.**

Para ciertas materias grasas difíciles de saponificar es necesario calentar durante más de 60 minutos.

### **2.3.5 INDICE DE YODO (Método de Wijs).**

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

#### **2.3.5.1 PRINCIPIO.**

El índice de yodo de un cuerpo graso es función de su grado de insaturación. Se determina añadiendo a la muestra un exceso de reactivo halogenado, valorando el reactivo que no reacciona.

Se expresa convencionalmente en base al peso de yodo absorbido por cien partes en peso de la materia grasa.

#### **2.4.4.2 MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Navecillas de vidrio de 2 a 3 ml de capacidad.
- Matraces erlenmeyer de vidrio, de boca ancha, con tapón esmerilado, de aproximadamente 300 ml, y completamente seco.
- Bureta
- Soporte universal
- Balanza analítica

#### **2.4.4.3 REACTIVOS.**

- Solución acuosa de yoduro de potasio al 10 % p/v. Esta solución debe estar exenta de yodo y de yodato de potasio.
- Solución acuosa de tiosulfato de sodio 0.1 N

- Tetracloruro de carbono puro. Comprobar que está exento de materias oxidantes. Agitando 10 ml con 1 ml de solución acuosa saturada de dicromato de potasio y 2 ml de ácido sulfúrico concentrado, no debe aparecer coloración verde.
- Engrudo de almidón
- Reactivo de Wijs.

#### 2.4.4.4 PROCEDIMIENTO.

Según el índice de yodo provisto, la toma de muestra variará de la forma siguiente (Tabla 17):

**TABLA 17. INDICE DE YODO PREVISTO**

<b>Índice de yodo previsto</b>	<b>Toma de muestra (g)</b>
< 5	3.00
5 a 20	1.00
21 a 50	0.60
51 a 100	0.30
101 a 150	0.20
151 a 200	0.15

**FUENTE: MADRID 1997**

- En una pequeña navecilla de vidrio, pesar exactamente la cantidad necesaria con una aproximación de 1 mg Introducir la navecilla y su contenido en un erlenmeyer con tapón esmerilado de aproximadamente 300 ml. Agregar 15 ml de tetracloruro de carbono y disolver. Agregar exactamente 25 ml del reactivo. Tapar el matraz, agitar ligeramente, y protegerlo de la luz.

- Dejar que permanezca por 1 hora para grasas cuyo índice sea inferior a 150, y 2 horas para las de índice superior a 150, y los aceites polimerizados u oxidados.
- Agregar 20 ml de la solución de yoduro de potasio y 150 ml de agua.
- Valorar con solución de tiosulfato de sodio 0.1 N, en engrudo de almidón como indicador, hasta desaparición justa del color azul después de agitación intensa.
- Hacer un ensayo en blanco sin materia grasa en las mismas condiciones.

#### 2.4.4.5 CÁLCULO

Calcular el índice de yodo en cg/g de muestra.

$$\text{Índice de yodo} = \frac{12.69 N (V - V')}{P}$$

Donde:

P = peso en g de la muestra.

V = volumen en ml de la solución de tiosulfato de sodio 0.1 N utilizados para el ensayo en blanco.

V' = volumen en ml de solución tiosulfato de sodio 0.1 N utilizados para la materia grasa.

N = normalidad de la solución de tiosulfato de sodio utilizada.

## **2.4.5 MATERIA INSAPONIFICABLE**

(Método del Manual español de aceites y grasas comestibles)

### **2.4.5.1 PRINCIPIO.**

Se entiende por insaponificable el peso en gramos (g) de sustancias no saponificables, insolubles en agua y solubles en el disolvente utilizado en la determinación, contenidas en 100 g de grasa.

El método es aplicable a todas las materias grasas. Su exactitud es sólo aproximada para aquellas grasas con un contenido de insaponificable muy elevado.

### **2.4.5.2 MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Matraz de fondo plano, de 200 ml adaptable a refrigerante de reflujo.
- Refrigerante de reflujo
- Embudos de separación de 500 ml.
- Estufa graduable a 103 °C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ).
- Balanza

### **2.4.5.3 REACTIVOS.**

- Solución etanólica de hidróxido de potasio, aproximadamente 2 N, en etanol de 95° v/v.
- Solución acuosa de hidróxido de potasio, aproximadamente 0.5 N.
- Éter etílico neutro, recién destilado y exento de residuo.

#### **2.4.5.4 PROCEDIMIENTO.**

Eliminar el agua de la muestra por decantación y filtración sobre papel, efectuadas a una temperatura ligeramente superior al punto de fusión de determinados componentes sólidos que hubieran podido separarse de la materia grasa fluida.

Pesar en el matraz, con una precisión de 0.01 g aproximadamente, 5 g de materia grasa. Saponificar como en el método anterior con éter de petróleo.

Separar la fuente de calor. Desconectar el refrigerante. Trasvasar el contenido del matraz a una ampolla de decantación. Lavar con 100 ml de agua destilada.

Enjuagar el matraz y el refrigerante con 100 ml de éter etílico, y pasarlos a la ampolla; tapar y agitar vigorosamente, mientras el contenido esté ligeramente caliente. Dejar en reposo hasta separación nítida de las dos capas. Si aparece una emulsión persistente causada por una alcalinidad fuerte del medio, añadir una gota de ácido clorhídrico 1 N.

Separar la capa alcohólico-acuosa y verterla en el matraz empleado en la saponificación.

Pasar la capa etérea a una segunda ampolla de decantación conteniendo 40 ml de agua.

Tratar la solución alcohólico-acuosa de jabón dos veces más, con porciones de 100 ml de éter etílico. Reunir las tres fracciones etéreas en la segunda ampolla de decantación. Si las fracciones etéreas reunidas contuviesen materias sólidas en suspensión, filtrar y lavar cuantitativamente el filtro con un poco de éter.

Girar, sobre si mismo, sin sacudidas violentas, la ampolla que contiene el éter y los 40 ml de agua. Una vez separadas las dos capas eliminar la capa acuosa. Lavar la capa etérea dos veces, con 40 ml de agua cada vez, agitando enérgicamente. Después, lavar

sucesivamente con 40 ml de solución de potasa acuosa 0.5 N, y, por lo menos, dos veces con 40 ml de agua. Continuar los lavados con agua hasta que las aguas de lavado no den coloración rosa a la fenolftaleína.

Trasvasar cuantitativamente la solución etérea a un matraz tarado de 200 ml, después de reducirla a pequeño volumen por evaporación. Agregar 6 ml de acetona y eliminar completamente el solvente volátil, por medio de una corriente ligera de aire, estando el matraz casi sumergido en un baño de agua hirviendo, en posición oblicua y haciéndole girar. Terminar el secado en estufa a 103 °C, pesar.

#### **2.4.5.5 CÁLCULO.**

Calcular el insaponificable expresado en porcentaje.

$$\text{Insaponificable \%} = \frac{100 P'}{P}$$

Donde:

P' = peso en g del residuo.

P = peso en g de la muestra.

- Indicar en el reporte: método del éter de petróleo.

## **2.5 CARACTERÍSTICAS NUTRACÉUTICAS**

### **2.5.1 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS.**

(Método de la AOAC International)

Se implementó el método de determinación de ácidos grasos por cromatografía de gases, para lo cual se esterifica la grasa, ya que el equipo cuantifica los ésteres de los ácidos grasos, más no a los ácidos grasos como tal.

#### **2.5.1.4 Materiales y equipos**

- Cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama
- Microjeringa del 10 µl
- Columna mixta empacada (capilar)
- Tubos de ensayo con tapa rosca para esterificar las muestras
- Vasos de precipitación
- Probetas de 10 ml
- Varillas de agitación
- Pipetas Pasteur
- Plancha de calentamiento
- Baño maría
- Pipetas de 1 y 2 ml

#### **2.5.1.5 Reactivos**

- Agua destilada
- Hexano
- Hidróxido de potasio en metanol 0,5 M

- Ácido clorhídrico en metanol 4:1 v/v
- Sulfato de sodio anhidro
- Estándares para ácidos grasos

#### **2.5.1.6 Procedimiento**

- Pesar en un tubo de ensayo con tapa 50 mg de muestra, añadir 1 ml de KOH/Metanol 0,5 M, tapar el tubo y calentar a ebullición en un baño maría por 30 minutos.
- Luego añadir 0,5 ml de HCl/Metanol 4:1 v/v.
- Calentar en el baño a ebullición por 25 minutos.
- Enfriar el tubo y añadir 2 ml de agua bidestilada, extraer por dos o tres veces con 3 ml de hexano en la primera ocasión, luego 2 ml y finalmente 2 ml.
- Dejar separar las dos fases y extraer la capa superior que es la capa etérea, con una pipeta Pasteur. Este extracto colocar en un tubo con tapa.
- Secar con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y se concentra con nitrógeno.
- Se diluye con 2ml de hexano y se coloca en viales para inyectar en el cromatógrafo de gases.
- Hacer la lectura en el cromatógrafo.

## **CAPÍTULO III**

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 EXTRACCIÓN Y REFINACIÓN DE ACEITE DE CHOCHO**

##### **3.1.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE**

Para la extracción de aceite de chocho, se utilizó grano de la variedad INIAP Andino 450, cultivado en la Estación Experimental Santa Catalina, ubicada a 3058 msnm, latitud 00° 22', longitud 78° 33' Oeste, temperatura promedio 15°C.

El grano seleccionado, fue dividido en dos porciones: una parte fue desamargado mientras otra no recibió este tratamiento. Las dos porciones fueron molidas separadamente hasta obtener flakes, con un tamaño de partícula 7 mm y harina con un tamaño de partícula 0,75 mm (20 mesh).

El aceite de chocho fue extraído, a partir de la harina y los flakes, en un equipo Soxhlet, utilizando hexano grado técnico como medio de extracción. Se probaron varios tiempos de extracción.

**CUADRO N° 1. FACTORES Y TRATAMIENTOS PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO.**

<b>Factores</b>	<b>Descripción</b>	<b>Niveles</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tratamiento</b>	
A	Tiempo	a <sub>0</sub>	2h	<b>a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>2</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>
		a <sub>1</sub>	4h	<b>a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>
		a <sub>2</sub>	6h	<b>a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>
		a <sub>3</sub>	8h	<b>a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>
B	Tamaño del Grano	b <sub>0</sub>	4 Mesh	<b>a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>3</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>
		b <sub>1</sub>	20 Mesh	<b>a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>3</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>
C	Tipo de Grano	c <sub>0</sub>	Grano amargo	<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	<b>a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>
		c <sub>1</sub>	Grano desamargado	<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>

Para determinar el rendimiento en la extracción del aceite de chocho se aplico un diseño completamente al azar en arreglo factorial  $a \times b \times c$

**CUADRO N° 2. RENDIMIENTO EN LA OBTENCIÓN DE ACEITE, A PARTIR DE DIFERENTES CONDICIONES DE GRANO Y TIEMPOS DE EXTRACCIÓN.**

TRATAMIENTOS		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 3	PROMEDIO DE EXTRACCIÓN (% p/p)
<b>T1</b>	<b>a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	5,28	5,24	5,26	5,26
<b>T2</b>	<b>a<sub>0</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	4,89	4,61	4,73	4,74
<b>T3</b>	<b>a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	15,86	15,81	15,84	15,84
<b>T4</b>	<b>a<sub>0</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	16,41	15,92	16,23	16,19
<b>T5</b>	<b>a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	6,15	6,19	6,17	6,17
<b>T6</b>	<b>a<sub>1</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	5,57	5,42	5,62	5,54
<b>T7</b>	<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	16,21	16,49	16,35	16,35
<b>T8</b>	<b>a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	20,16	20,41	20,38	20,32
<b>T9</b>	<b>a<sub>2</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	6,83	6,89	6,86	6,86
<b>T10</b>	<b>a<sub>2</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	7,21	7,25	7,20	7,22
<b>T11</b>	<b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	16,73	16,67	16,70	16,70
<b>T12</b>	<b>a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	23,54	22,72	23,52	23,26
<b>T13</b>	<b>a<sub>3</sub>b<sub>0</sub>c<sub>0</sub></b>	7,69	7,64	7,67	7,67
<b>T14</b>	<b>a<sub>3</sub>b<sub>0</sub>c<sub>1</sub></b>	9,19	9,21	9,16	9,19
<b>T15</b>	<b>a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>c<sub>0</sub></b>	18,07	17,98	18,03	18,03
<b>T16</b>	<b>a<sub>3</sub>b<sub>1</sub>c<sub>1</sub></b>	25,86	25,47	25,63	25,65

Luego de obtener los datos de extracción del aceite con los diferentes tratamientos, procedemos a realizar el análisis de varianza para demostrar si existe o no una significancia estadística de los resultados encontrados.

**CUADRO N° 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHOCHO**

<b>Source</b>	<b>Degrees of Freedom</b>	<b>Sum of Squares</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F Value</b>	<b>k Value</b>	<b>Prob.</b>
<b>Factor A</b>	3	155,482	51,827	1980,5029	2	0,0000
<b>Factor B</b>	1	1902,097	1902,097	72685,7173	4	0,0000
<b>AB</b>	3	13,28	4,427	169,1557	6	0,0000
<b>Factor C</b>	1	77,013	77,013	2942,9457	8	0,0000
<b>AC</b>	3	44,98	14,993	572,9463	10	0,0000
<b>BC</b>	1	66,317	66,317	2534,2023	12	0,0000
<b>ABC</b>	3	17,181	5,727	218,8488	14	0,0000
<b>Error</b>	32	0,837	0,026		-15	
<b>Total</b>	47	2277,188				

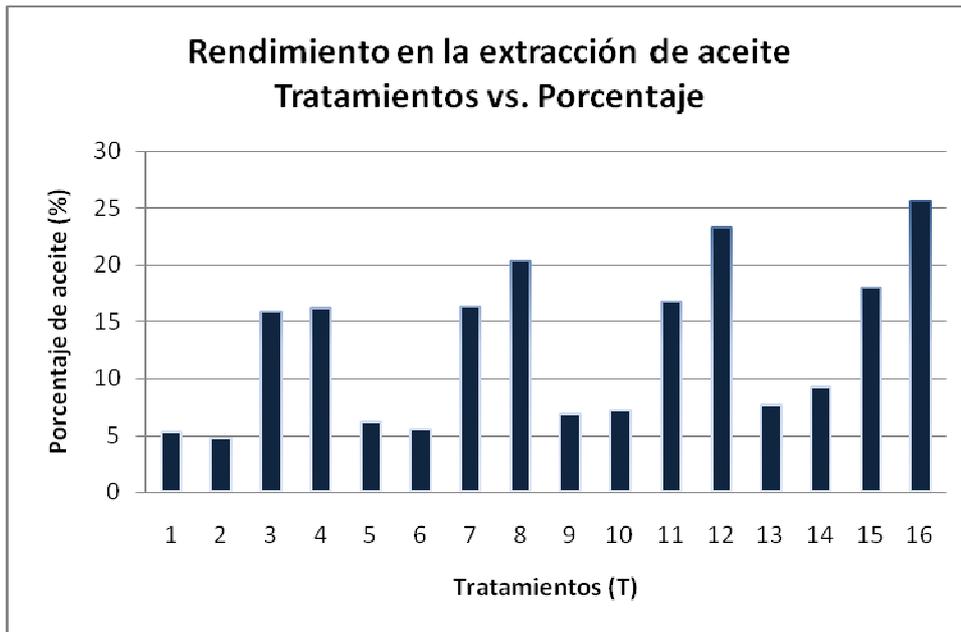
El análisis de varianza de los datos de rendimiento, obtenidos en la extracción de aceite de chocho (Cuadro 2), muestra un efecto significativo de todos los factores en estudio, como son el tiempo utilizado en la extracción (Factor A), Tamaño de partícula (Factor B), y la condición de grano (amargo, desamargado), que para efecto del estudio se denominó factor C. Existe también significancia estadística en todas las interacciones de los factores AB, AC, BC, y ABC.

**CUADRO N° 4. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHOCHO**

---

<b>Tratamientos</b>	<b>Promedios de extracción (% p/p)</b>	<b>Rango ordenado</b>
<b>T16</b>	25.65	A
<b>T12</b>	23.26	B
<b>T 8</b>	20.32	C
<b>T15</b>	18.03	D
<b>T11</b>	16.70	E
<b>T7</b>	16.35	F
<b>T4</b>	16.19	F
<b>T3</b>	15.84	G
<b>T14</b>	9.187	H
<b>T13</b>	7.667	I
<b>T10</b>	7.220	J
<b>T 9</b>	6.860	K
<b>T5</b>	6.170	L
<b>T 6</b>	5.537	M
<b>T1</b>	5.260	M
<b>T2</b>	4.743	N

---



**FIGURA 1. EFECTO DEL TRATAMIENTO EN EL RENDIMIENTO (%) DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CHOCHO**

El análisis de datos obtenidos con la prueba de Tukey (Cuadro N° 4, figura 1), permite determinar que el tratamiento con el que se obtiene el mayor rendimiento en la extracción de aceite es el **T16**, el cual hace referencia a la utilización de harina de chocho (20 mesh), obtenida a partir del grano desamargado y con un tiempo de extracción de ocho horas. Concluyéndose que un menor tamaño de partícula 0,75 mm, favorece el contacto con el hexano, solvente utilizado como medio de extracción, debido a su carácter orgánico, apolar y con una constante dieléctrica de 1,89, propiedades que lo hacen selectivo en la extracción de lípidos.

Una mayor cantidad de aceite se obtuvo a partir del grano desamargado, debido a la mayor concentración de este componente en el grano desamargado (23 % en promedio) con relación al grano amargo (promedio 18 %), condición que favoreció la obtención de un mejor rendimiento en la extracción (25,65 %), con relación a los demás tratamientos. En el siguiente rango estadístico (b) se ubicó el tratamiento 12, que hace referencia a la utilización de harina de chocho desamargado y un tiempo de extracción de 6 horas. Con este tratamiento se obtuvo un rendimiento del 23,26 %.

El menor rendimiento (4,74 %) en la extracción de aceite se obtuvo con el tratamiento **T2** (2 horas de extracción, tamaño de partícula 7 mm, grano desamargado), determinándose que un corto tiempo de contacto entre el solvente y la muestra, al igual que un tamaño de partícula grande (7 mm) no propician la extracción del aceite, aún en el grano desamargado.

### **3.1.2 REFINACIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO**

Para la refinación del aceite obtenido se aplicaron los siguientes procesos: desgomado, neutralización, y decolorado. No fue posible deodorizar el aceite, por no disponer de una estufa al vacío.

En las etapas de desgomado y decoloración se produjeron pérdidas de aceite en el orden del 35.1 % promedio, debido al equipo básico de laboratorio utilizado para estos procesos.

En la etapa de desgomado, se realiza simultáneamente el desamargado del aceite, cuando este es extraído a partir del grano amargo.

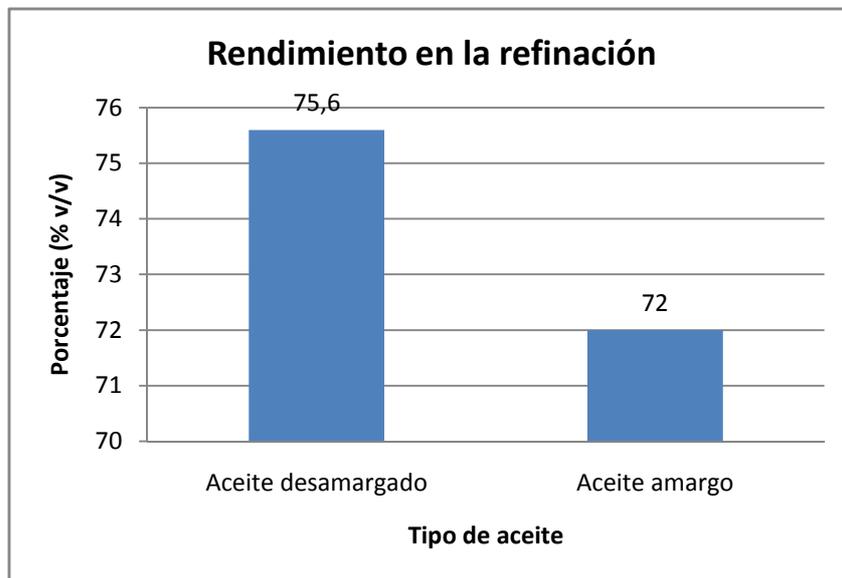
En el proceso de neutralización, el aceite de chocho proveniente del grano amargo y desamargado es ácido (Cuadro 5), siendo necesario añadir un pequeño volumen de sosa (NaOH) para alcanzar un pH próximo al punto neutro (pH 7).

**CUADRO N° 5. NEUTRALIZACIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO**

<b>Condición del Aceite</b>	<b>Valor de pH Previo a la neutralización</b>
<b>Amargo</b>	4,4
<b>Desamargado</b>	3,83

FUENTE: Navarrete Mario

El rendimiento obtenido después del proceso de refinación del aceite de chocho se muestra en la Figura 2. Con un mayor valor para el aceite proveniente del grano desamargado (75,6 %), mientras que para el aceite obtenido del grano amargo solo se obtuvo un rendimiento del 72 %, debido a la pérdida de este componente en los procesos de desgomado y desamargado.



**FIGURA 2. RENDIMIENTO DESPUÉS DE LA REFINACIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO**

### 3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Se caracterizó el aceite de chocho crudo y refinado, tanto amargo como desamargado, utilizando como muestras testigo, aceites comerciales de oliva, virgen y refinado, además, aceite de soya obtenido y refinado bajo las mismas condiciones que el aceite de chocho, cabe indicar que se considerarán a cada tipo de aceite como un tratamiento independiente. Los resultados se analizaron estadísticamente y se compararon con los límites permisibles máximos y mínimos establecidos para el aceite de soya, debido a que la composición química del chocho como de la soya son similares. Para el aceite de soya la norma que rige su elaboración es la INEN N° 33; también las comparamos con algunas Normas del Codex Alimentario disponibles para aceites y grasas comestibles.

**CUADRO N° 6. TRATAMIENTOS PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS ACEITES.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
<b>T1</b>	Aceite comercial de girasol
<b>T2</b>	Aceite comercial de soya
<b>T3</b>	Aceite de oliva virgen
<b>T4</b>	Aceite de oliva
<b>T5</b>	Aceite de soya cruda extraído en el laboratorio
<b>T6</b>	Aceite de soya refinado en el laboratorio
<b>T7</b>	Aceite de chocho crudo amargo
<b>T8</b>	Aceite de chocho crudo desamargado
<b>T9</b>	Aceite de chocho refinado amargo
<b>T10</b>	Aceite de chocho refinado desamargado

El Cuadro 6 indica los tratamientos para la caracterización física de los aceites. Se aplicó un diseño completo al azar con tres observaciones.

### 3.2.1 Densidad

La densidad es el peso de la muestra por unidad de volumen, determinándose variaciones matemáticas mínimas, que resultan estadísticamente insignificantes entre los diferentes tipos de aceite, por lo que todos ellos se ubicaron en el mismo rango estadístico (a), concluyéndose que la densidad de los aceites comerciales y los obtenidos a nivel de laboratorio es similar, no se observa influencia del proceso de extracción y refinación sobre esta característica física.

**CUADRO N° 7. RESULTADOS DE LA DENSIDAD DE LOS DIFERENTES ACEITES (g/ml).**

<b>ACEITES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>T1</b> girasol	0,922	0,921	0,922	0,922
<b>T2</b> soya	0,920	0,921	0,920	0,920
<b>T3</b> oliva virgen	0,915	0,914	0,914	0,914
<b>T4</b> oliva	0,921	0,922	0,922	0,922
<b>T5</b> soya cruda	0,921	0,922	0,922	0,922
<b>T6</b> soya ref.	0,921	0,921	0,922	0,921
<b>T7</b> chocho crudo amargo	0,914	0,914	0,915	0,914
<b>T8</b> chocho crudo desam.	0,916	0,916	0,915	0,916
<b>T9</b> chocho refinado am.	0,916	0,917	0,918	0,917
<b>T10</b> chocho refinado desam.	0,918	0,918	0,917	0,918

Como se muestra en el Cuadro 7, obtuvimos los resultados para la densidad, en los cuales realizaremos el análisis de varianza.

**CUADRO N° 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DENSIDAD.**

<b>DENSIDAD</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
<b>Tratamientos</b>	9	0,0000	0,0000	72,602	0,0000
<b>Error</b>	20	0,0000	0,0000		
<b>Total</b>	29	0,0000			

El cuadro N° 8, muestra que la propiedad física en estudio, en este caso, la densidad, varía estadísticamente dependiendo del tipo de aceite. Este resultado orientó la aplicación de la prueba funcional de Tukey (5 %) para categorizar los aceites en estudio (Cuadro N° 9).

**CUADRO N° 9. PRUEBA DE TUKEY PARA LA DENSIDAD DE DIFERENTES ACEITES**

Densidad (g/ml)					
Orden original			Orden categorizado		
<b>T1</b>	0,9217	A	<b>T1</b>	0,9217	A
<b>T2</b>	0,9203	A	<b>T4</b>	0,9217	A
<b>T3</b>	0,9143	A	<b>T5</b>	0,9217	A
<b>T4</b>	0,9217	A	<b>T6</b>	0,9213	A
<b>T5</b>	0,9217	A	<b>T2</b>	0,9203	A
<b>T6</b>	0,9213	A	<b>T10</b>	0,9176	A
<b>T7</b>	0,9146	A	<b>T9</b>	0,9170	A
<b>T8</b>	0,9157	A	<b>T8</b>	0,9157	A
<b>T9</b>	0,9170	A	<b>T7</b>	0,9146	A
<b>T10</b>	0,9176	A	<b>T3</b>	0,9143	A

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Flores Luque y colaboradores (1982), quienes señalan que el tipo de aceite, la procedencia, los cambios que en la composición provocan las diversas etapas de refinación, no alteran los valores de volumen específico a 20°C.

### 3.2.2 Viscosidad

**CUADRO N° 10. VISCOSIDAD DE LOS DIFERENTES ACEITES.**

<b>ACEITES</b>	<b>REP. 1</b>	<b>REP. 2</b>	<b>REP. 3</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>T1</b> girasol	46,9	46,9	46,9	46,9
<b>T2</b> soya	52,1	52,1	52,1	52,1
<b>T3</b> oliva virgen	47,7	47,7	47,7	47,7
<b>T4</b> oliva	46,9	46,9	46,9	46,9
<b>T5</b> soya cruda	53,6	53,6	53,6	53,6
<b>T6</b> soya ref.	52,1	52,1	52,1	52,1
<b>T7</b> chocho crudo amargo	62,5	62,5	62,5	62,5
<b>T8</b> chocho crudo desam.	62,5	62,5	62,5	62,5
<b>T9</b> chocho refinado am.	55,6	55,6	55,6	55,6
<b>T10</b> chocho refinado desam.	56,3	56,3	56,3	56,3

El Cuadro 10 nos indica los resultados obtenidos de viscosidad aparente, con los cuales se procedió a realizar el análisis de varianza indicado en el Cuadro 11.

**CUADRO N° 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VISCOSIDAD.**

<b>VISCOSIDAD APARENTE</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
<b>Tratamientos</b>	9	896,388	99,599	999,990	0,0000
<b>Error</b>	20	0,000	0,000		
<b>Total</b>	29	896,388			

El cuadro N° 11, muestra que los diferentes tipos de aceite varían en el parámetro viscosidad aparente. Aplicando la prueba de Tukey al 5 % (Cuadro N° 12), se determinó que los tratamientos 1 (aceite de girasol) y 4 (aceite de oliva) presentan los valores más bajos de viscosidad aparente, mientras que los aceites de chocho crudo, tanto amargo como desamargado presentaron los valores más altos (62,50 cP), seguido por el tratamiento 10, correspondiente al aceite de chocho desamargado.

**CUADRO N° 12. PRUEBA DE TUKEY PARA LA VISCOSIDAD APARENTE DE DIFERENTES ACEITES**

Viscosidad Aparente en centipoise (cP)		
Orden original		Orden categorizado
T1 = 46.90	G	T8 = 62.50 G
T2 = 52.10	E	T7 = 62.50 G
T3 = 47.70	F	T10 = 56.30 F
T4 = 46.90	G	T9 = 55.60 E
T5 = 53.60	D	T5 = 53.60 E
T6 = 52.10	E	T6 = 52.10 D
T7 = 62.50	A	T2 = 52.10 C
T8 = 62.50	A	T3 = 47.70 B
T9 = 55.60	C	T4 = 46.90 A
T10 = 56.30	B	T1 = 46.90 A

Estos valores muestran que el aceite de chocho, independientemente de su condición (crudo, refinado, amargo, desamargado), tienen mayor consistencia, menor grado de

insaturación y se requiere más energía para iniciar el flujo, que en el caso del agua. Según Swern (1979), esto se debe a las atracciones intermoleculares de las cadenas largas de ácidos grasos que constituyen los triglicéridos. En función de los valores de viscosidad puede preverse que los aceites de chocho contienen ácidos grasos de alto peso molecular, mientras que los constituyentes de los aceites de girasol y oliva, son de menor peso molecular, además, el porcentaje de ácidos grasos entre cada aceite tiene una variación porcentual entre cada tipo de aceites respecto a su composición de ácidos grasos (Cuadro N° 34 y 35).

En general, el comportamiento reológico de los aceites comestibles es descrito por la viscosidad a una determinada temperatura y velocidad de rotación, parámetros que en este estudio se ajustaron a 25°C y 120 rpm, previo al registro de los datos mostrados en el Cuadro N° 12.

Diversos autores reconocen el comportamiento newtoniano de los aceites, es decir que mantienen una consistencia constante de manera independiente a la velocidad de deformación en cizalla, sin embargo Lewis (1987), mencionado por Alvarado (1996), señala que a velocidades de deformación altas se puede presentar un comportamiento pseudoplástico.

### **3.2.3 Índice de refracción**

Resulta de la relación entre la velocidad de la luz en el aire a la velocidad de la luz en el aceite. Este parámetro varía con la temperatura, por lo que previo a la lectura, las muestras se termostataron a 25 °C.

El índice de refracción guarda relación con la composición de ácidos grasos y puede aumentar con el número de insaturaciones y la longitud de las cadenas que forman los ácidos grasos, ya que la luz se refracta en los enlaces formados por estas cadenas. A

mayor longitud y número de insaturaciones, mayor es el IR. Este índice al igual que otros criterios de pureza, permite controlar adulteraciones, por ejemplo de aceites de oliva mezclados con otros aceites vegetales.

**CUADRO N° 13. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE LOS  
DIFERENTES TIPOS DE ACEITES.**

<b>ACEITES</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>T1</b> girasol	1,474	1,473	1,474	1,474
<b>T2</b> soya	1,473	1,474	1,473	1,473
<b>T3</b> oliva virgen	1,470	1,469	1,469	1,469
<b>T4</b> oliva	1,473	1,473	1,473	1,473
<b>T5</b> soya cruda	1,474	1,473	1,474	1,474
<b>T6</b> soya ref.	1,474	1,474	1,474	1,474
<b>T7</b> chocho crudo amargo	1,470	1,471	1,471	1,471
<b>T8</b> chocho crudo desam.	1,471	1,470	1,470	1,470
<b>T9</b> chocho refinado am.	1,470	1,470	1,469	1,470
<b>T10</b> chocho refinado desam.	1,472	1,471	1,472	1,472

El Cuadro 13 indica los resultados que obtuvimos en el índice de refracción de los aceites. A estos resultados se aplicó el análisis de varianza para comprobar si hay o no significancia estadística.

**CUADRO N° 14. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN.**

<b>ÍNDICE DE REFRACCIÓN</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
<b>Tratamientos</b>	9	0,0000	0,0000	36,891	0,0000
<b>Error</b>	20	0,0000	0,0000		
<b>Total</b>	29	0,0000			

**CUADRO N° 15. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DE DIFERENTES ACEITES**

<b>Índice de refracción</b>	
<b>Orden Original</b>	<b>Orden Categorizado</b>
<b>T1 = 1.474 A</b>	<b>T6 = 1.474 A</b>
<b>T2 = 1.473 A</b>	<b>T1 = 1.474 A</b>
<b>T3 = 1.469 A</b>	<b>T5 = 1.474 A</b>
<b>T4 = 1.473 A</b>	<b>T2 = 1.473 A</b>
<b>T5 = 1.474 A</b>	<b>T4 = 1.473 A</b>
<b>T6 = 1.474 A</b>	<b>T10 = 1.472 A</b>
<b>T7 = 1.471 A</b>	<b>T7 = 1.471 A</b>
<b>T8 = 1.470 A</b>	<b>T8 = 1.470 A</b>
<b>T9 = 1.470 A</b>	<b>T9 = 1.470 A</b>
<b>T10 = 1.472 A</b>	<b>T3 = 1.469 A</b>

El Cuadro N° 14 y 15, sobre el índice de refracción de los aceites en estudio, mostraron una variación estadísticamente insignificante para el índice de refracción, por lo que se ubicaron en el mismo rango estadístico (A).

La norma INEN N° 33, establece un rango de variación de 1.472 a 1.476, para los aceites de soya comerciales y destinados al consumo humano. El aceite de chocho refinado y desamargado se enmarca en el nivel mínimo permisible, mientras que las categorías, crudo y amargo, al igual que el aceite de oliva extra virgen no alcanza el valor mínimo estipulado en la norma INEN. En este aceite predominan los ácidos grasos de menor longitud y menos insaturados que los demás aceites en estudio, por lo que muestra un menor índice de refracción (1,46). El índice de refracción (1,472) del aceite refinado de chocho extraído del chocho desamargado, es semejante al aceite de girasol (T1).

Además de los parámetros expuestos, en los aceites se realizaron pruebas cualitativas como el índice de color y la prueba de frío.

#### **3.2.4 Prueba de Frío**

Esta prueba cualitativa mide la resistencia de los aceites a la cristalización, propiedad útil en el procesamiento o almacenamiento de alimentos a baja temperatura (refrigeración).

**CUADRO N° 16. PRUEBA DE FRÍO PARA VARIOS ACEITES**

<b>ACEITES</b>	<b>FORMACIÓN DE CRISTALES</b>
<b>T1</b> Aceite de girasol	Negativo
<b>T2</b> Aceite de soya	Negativo
<b>T3</b> Aceite de oliva virgen	Negativo
<b>T4</b> Aceite de oliva	Negativo
<b>T5</b> Aceite de soya cruda	Positivo
<b>T6</b> Aceite de soya refinada	Negativo
<b>T7</b> Aceite de chocho crudo amargo	Negativo
<b>T8</b> Aceite de chocho crudo desam.	Negativo
<b>T9</b> Aceite de chocho refinado amargo	Negativo
<b>T10</b> Aceite de chocho refinado desam.	Negativo

Después de 5 ½ horas de almacenamiento a 0°C, los diferentes tipos de aceites no mostraron susceptibilidad a las bajas temperaturas, sin formación de cristales, a excepción del aceite de soya crudo que se extrajo en el laboratorio (T5), se debe tal vez al proceso de extracción y que en su contenido tenga un alto porcentaje de gomas, resinas, o fosfolípidos, que produzcan la congelación del aceite (Cuadro 16).

### **3.2.5 Índice de color**

El índice de color resulta de la comparación entre una muestra estándar y la muestra problema y es aplicable a los aceites con tonalidades de color entre el amarillo y el verde. Se expresa por un número, correspondiente a los ml del patrón con el que se ha identificado la muestra.

En la escala ABT, el índice 0 corresponde al patrón con coloración amarilla y el 200 al de la verde, presentando los intermedios, tonos verdosos ascendentes del 0 al 200. Los números entre paréntesis corresponden al volumen añadido de azul de bromotimol hasta

encontrar la escala comparativa adecuada entre los estándares y las muestras. La normatividad de los aceites, señala que no se debe añadir más de 1 ml de azul de bromotimol a las muestras estándar, a excepción de los aceites de oliva virgen para los cuales no se marca un límite en la escala.

**CUADRO N° 17. ÍNDICE DE COLOR DE VARIOS ACEITES**

<b>ORIGEN</b>	<b>INDICE DE COLOR (ABT)</b>
SOYA CRUDA (Extraído en el laboratorio)	25 (6 ml)
SOYA REFINADA (nivel laboratorio)	50 (3 ml)
SOYA REFINADA COMERCIAL	50 (1 ml )
GIRASOL	75
OLIVA VIRGEN	75 (7 ml)
OLIVA	25 (1 ml )
CHOCHO AMARGO CRUDO	0 (6 ml)
CHOCHO AMARGO REFINADO	150 (1 ml)
CHOCHO DESAMARGADO CRUDO	0 (6 ml )
CHOCHO DESAMARGADO REFINADO	125(1 ml)

En todas las grasas y aceites en estado crudo, predominan fundamentalmente los triglicéridos, presentando un aroma, sabor y color fuertes, que los hace inaceptables para el consumo humano; además estos compuestos reducen la vida útil de los aceites. Con la

refinación se eliminan gran parte de estos compuestos, se modifica el color y la apariencia de los aceites tornándose clara y brillante.

En el Cuadro N° 17, se observa que el aceite de soya crudo, requiere 6 ml de azul de bromotimol para obtener una intensidad 25, correspondiente al color amarillo; igualmente los aceites de chocho crudo provenientes del grano amargo y desamargado, requirieron 6 ml de azul de bromotimol para obtener una intensidad 0, correspondiente al color amarillo intenso. Con el proceso de refinación, el color inicial del aceite de chocho se modifica a una tonalidad verdosa, requiriendo apenas 1 ml de azul de bromotimol para obtener una intensidad de 125 en el caso del aceite del chocho refinado y proveniente del grano desamargado. Se obtuvo un índice de 150 para el aceite amargo y refinado, correspondiente a la tonalidad amarillo-verdosa.

### **3.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Las características químicas determinadas para evaluarlas en los diferentes tratamientos se analizaron estadísticamente y se compararon con los límites permisibles máximos y mínimos establecidos para el aceite de soya, en la Norma INEN N° 33, algunas Normas del Codex Alimentario y normas españolas, disponibles para aceites y grasas comestibles.

**CUADRO N° 18. TRATAMIENTOS PARA LAS CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS TIPOS DE ACEITES.**

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
<b>T1</b>	Aceite de girasol
<b>T2</b>	Aceite de soya
<b>T3</b>	Aceite de oliva virgen
<b>T4</b>	Aceite de oliva
<b>T5</b>	Aceite de soya crudo extraído en el laboratorio
<b>T6</b>	Aceite de soya refinado en el laboratorio
<b>T7</b>	Aceite de chocho crudo desamargado
<b>T8</b>	Aceite de chocho refinado amargo
<b>T9</b>	Aceite de chocho refinado desamargado

El Cuadro 18 nos indica los tratamientos utilizados para el análisis de los parámetros químicos de los aceites. La única diferencia que existe en relación con los usados en las características físicas, es que, se un tratamiento, el que corresponde al aceite de chocho crudo amargo.

El diseño que se aplicó para el estudio del análisis de varianza fue un diseño completamente al azar, con tres observaciones.

### **3.3.1 Índice de peróxidos.**

El índice de peróxido, estima la rancidez oxidativa de las grasas, un defecto objetable que afecta al valor nutritivo y sensorial de los alimentos. Las grasas, aceites y otros compuestos relacionados, que se enrancian por oxidación, lo hacen ayudados por el oxígeno del aire que penetra en los alimentos y se disuelve tanto en la fase acuosa como en la fase lipídica. La reacción puede ser catalizada por enzimas, pero el oxidante sigue siendo el oxígeno del aire. Los hidroperóxidos se escinden dando lugar a la formación de radicales libres, que oxidan con facilidad los ácidos grasos insaturados, los cuales no solo pierden su actividad fisiológica sino que se convierten en agentes antinutritivos. Los

radicales libres formados como productos intermedios, pueden iniciar *in vivo* el desarrollo de enfermedades cardiovasculares o cáncer. Los hidroperóxidos lipídicos descomponen las vitaminas liposolubles como la vitamina E, la vitamina A y sus provitaminas, los carotenos. Los productos de la oxidación lipídica poseen también toxicidad directa, pues los dímeros cíclicos y los productos de oxidación de los aldehídos son tóxicos. Los hidroperóxidos y cetonas reaccionan con los grupos amina primarios de las proteínas disminuyendo su valor biológico. Análogamente reaccionan con los aminoácidos y vitaminas del grupo B. Los productos rancios se pueden describir como con sabor a viejo, a cartón, a perro mojado o a basura, debido a que los radicales libres también reaccionan produciendo aldehídos y cetonas, responsables de estos olores característicos.

**CUADRO N° 19. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS EN LOS ACEITES.**

<b>ACEITES</b>	<b>REP. 1</b>	<b>REP. 2</b>	<b>REP 3.</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>T1</b> girasol	1,131	1,150	1,141	1,141
<b>T2</b> soya	1,270	1,293	1,281	1,281
<b>T3</b> oliva virgen	1,795	1,806	1,801	1,801
<b>T4</b> oliva	1,367	1,434	1,401	1,401
<b>T5</b> soya cruda	1,324	1,327	1,325	1,325
<b>T6</b> soya ref.	1,403	1,400	1,401	1,401
<b>T7</b> chocho crudo desam.	2,156	2,151	2,154	2,154
<b>T8</b> chocho refinado am.	2,674	2,647	2,661	2,661
<b>T9</b> chocho refinado desam.	2,592	2,590	2,591	2,591

Los resultados que se obtuvieron en el índice de peróxidos son los que se presentan en el Cuadro 19. A estos datos aplicamos el análisis de varianza para verificar si existe o no significancia estadística.

**CUADRO N° 20. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS.**

<b>Índice de Peróxidos</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
<b>Tratamientos</b>	8	8,151	1,019	5841,894	0,0000
<b>Error</b>	18	0,003	0,000		
<b>Total</b>	26	8,154			

El Cuadro N° 20, revela significancia estadística entre los diferentes tratamientos (tipos de aceite), para el índice de peróxido.

La significancia estadística determinada en el ADEVA, orientó a la aplicación de la prueba de Tukey al 5 % para la categorización de los aceites y la orientación de sus aplicaciones (Cuadro 21).

**CUADRO N° 21. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE PERÓXIDO (mEq/kg) DE VARIOS ACEITES.**

Orden original		Orden categorizado	
<b>T1 (Girasol) = 1.141</b>	F	<b>T8 = 2.661</b>	F
<b>T2 (Soya) = 1.281</b>	E	<b>T9 = 2.591</b>	E
<b>T3 (Oliva virgen) = 1.801</b>	C	<b>T7 = 2.154</b>	DE
<b>T4 (Oliva) = 1.401</b>	D	<b>T3 = 1.801</b>	D
<b>T5 (Soya cruda) = 1.325</b>	DE	<b>T6 = 1.401</b>	D
<b>T6 (Soya ref.) = 1.401</b>	D	<b>T4 = 1.401</b>	C
<b>T7 (Chocho crudo desam.) = 2.154</b>	B	<b>T5 = 1.325</b>	B
<b>T8 (Chocho ref. am.) = 2.661</b>	A	<b>T2 = 1.281</b>	A
<b>T9 (Chocho ref. desam.) = 2.591</b>	A	<b>T1 = 1.141</b>	A

El Cuadro N° 21, muestra que el tratamiento 8 (aceite de chocho refinado amargo) presenta el un índice de peróxido igual a 2,66; seguido por el aceite de chocho refinado desamargado (T9). Valores inferiores al límite permisible (10.00 meq/kg muestra) y que podrían ser tolerados por la mayoría de consumidores; según Pokorný (2002), estos niveles imparten un sabor característico al aceite mejorando su aceptabilidad. El aceite de oliva virgen o los alimentos fritos son ejemplos típicos de productos donde las cantidades mínimas de oxidación son deseables y cantidades elevadas altamente rechazables. Los aceites comerciales de soya y girasol presentaron los valores más bajos de IP. Debemos indicar también que los índices de peróxidos no se incrementan excesivamente, debido tal vez, a los tocoferoles presentes en los aceites de chocho, que pueden ayudar a controlar la oxidación.

### 3.3.2 Acidez

La acidez no hace referencia al sabor ácido ni corresponde a gustos más o menos intensos, sólo constituye un valor que mide la proporción de ácidos grasos libres que contiene una muestra determinada. Según el Codex Alimentario, se consideran valores normales, procedentes de frutos sanos y elaborados en condiciones óptimas, aquellos menores al 0,5 %.

**CUADRO N° 22. ACIDEZ DE LOS DIFERENTES ACEITES (%).**

<b>ACEITES</b>	<b>REP. 1</b>	<b>REP. 2</b>	<b>REP 3.</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>T1</b> girasol	0,182	0,180	0,181	0,181
<b>T2</b> soya	0,182	0,182	0,182	0,182
<b>T3</b> oliva virgen	0,789	0,789	0,791	0,790
<b>T4</b> oliva	0,236	0,238	0,236	0,237
<b>T5</b> soya cruda	0,844	0,853	0,848	0,848
<b>T6</b> soya ref.	0,355	0,355	0,355	0,355
<b>T7</b> chocho crudo desam.	1,909	1,898	1,899	1,902
<b>T8</b> chocho refinado am.	0,873	0,871	0,872	0,872
<b>T9</b> chocho refinado desam.	0,658	0,656	0,657	0,657

A los resultados expuestos en el cuadro 22, donde indica la acidez para cada tipo de aceite se realizó el análisis de varianza (Cuadro 23).

**CUADRO N° 23. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA ACIDEZ.**

<b>Acidez</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
<b>Tratamientos</b>	8	7,108	0,888	126920,169	0,0000
<b>Error</b>	18	0,000	0,000		
<b>Total</b>	26	7,108			

La significancia estadística que se muestra en el Cuadro 23, indica que se puede realizar la prueba de Tukey al 5 % para el parámetro de la acidez.

**CUADRO N° 24. PRUEBA DE TUKEY PARA LA ACIDEZ (%) DE VARIOS ACEITES**

<b>Orden Original</b>			<b>Orden categorizado</b>		
<b>T1</b> =	0.1810	E	<b>T7</b> =	1.9020	E
<b>T2</b> =	0.1820	E	<b>T8</b> =	0.8720	E
<b>T3</b> =	0.7897	B	<b>T5</b> =	0.8483	DE
<b>T4</b> =	0.2367	DE	<b>T3</b> =	0.7897	D
<b>T5</b> =	0.8483	B	<b>T9</b> =	0.6570	C
<b>T6</b> =	0.3550	D	<b>T6</b> =	0.3550	B
<b>T7</b> =	1.9020	A	<b>T4</b> =	0.2367	B
<b>T8</b> =	0.8720	B	<b>T2</b> =	0.1820	B
<b>T9</b> =	0.6570	C	<b>T1</b> =	0.1810	A

El aceite crudo proveniente del grano desamargado de chocho presenta el mayor índice de acidez (1,90 %), debido a una mayor cantidad de ácidos grasos libres, que luego se neutralizan durante el proceso de refinación, determinando un descenso del índice de acidez a valores de 0,66% (T9). En general los aceites de chocho no alcanzan los niveles permisibles establecidos en la norma técnica, en cuanto al índice de acidez (Cuadro 24).

### 3.3.3 Índice de saponificación.

El índice de saponificación es un parámetro usado para verificar adulteraciones, especialmente si se realizan mezclas de aceites, sobre todo vegetales o mezclas de aceites vegetales y animales. Permite determinar si predominan los ácidos grasos de cadena corta o de cadena larga. El valor de saponificación es inversamente proporcional a los pesos moleculares de los ácidos grasos en los glicéridos presentes.

**CUADRO N° 25. RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g).**

<b>ACEITES</b>	<b>REP. 1</b>	<b>REP. 2</b>	<b>REP 3.</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>T1</b> girasol	190,763	189,096	190,953	190,271
<b>T2</b> soya	188,555	188,650	188,461	188,555
<b>T3</b> oliva virgen	189,472	189,096	189,567	189,378
<b>T4</b> oliva	188,555	188,273	187,345	188,058
<b>T5</b> soya cruda	186,698	186,884	186,605	186,729
<b>T6</b> soya ref.	188,791	188,884	188,791	188,822
<b>T7</b> chocho crudo desam.	188,908	189,096	189,284	189,096
<b>T8</b> chocho refinado am.	191,525	191,620	191,334	191,493
<b>T9</b> chocho refinado desam.	188,180	188,367	188,086	188,211

Para comprobar si existe o no una relevancia estadística con los resultados del índice de saponificación (Cuadro 25) se realizó el análisis de varianza.

**CUADRO N° 26. ANALISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN.**

<b>Índice de saponificación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
<b>Tratamientos</b>	8	44,588	5,574	31,045	0,0000
<b>Error</b>	18	3,232	0,180		
<b>Total</b>	26	47,820			

El Cuadro 26 correspondiente al análisis de varianza para el índice de saponificación indica que si existe un nivel de significancia estadística, por lo que se puede realizar la Prueba de Tukey al 5 %.

**CUADRO N° 27. PRUEBA DE TUKEY PARA EL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN (mg KOH/g) DE VARIOS ACEITES.**

Orden Original	Orden categorizado
<b>T1</b> = 190.3 B	<b>T8</b> = 191.5 A
<b>T2</b> = 188.6 CD	<b>T1</b> = 190.3 B
<b>T3</b> = 189.4 BC	<b>T3</b> = 189.4 BC
<b>T4</b> = 188.1 D	<b>T7</b> = 189.1 BCD
<b>T5</b> = 186.7 E	<b>T6</b> = 188.8 CD
<b>T6</b> = 188.8 CD	<b>T2</b> = 188.6 CD
<b>T7</b> = 189.1 BCD	<b>T9</b> = 188.2 CD
<b>T8</b> = 191.5 A	<b>T4</b> = 188.1 D
<b>T9</b> = 188.2 CD	<b>T5</b> = 186.7 E

El índice de saponificación varió ligeramente en los aceites analizados (Cuadro 27), con valores entre 186,7 para el aceite crudo de soya a 191,5 para el aceite refinado de chocho amargo, cuyos ésteres de ácidos grasos requieren más álcali para saponificarse. En base a este parámetro se puede inferir que en el aceite de chocho predominan ácidos grasos de cadena corta y media, semejante al aceite de oliva. Mientras que en el aceite de soya crudo, según los resultados que se observan en el cuadro 25, es donde más predominan los ácidos grasos de cadena larga, de todos los aceites sometidos a estudio.

El índice de saponificación para los aceites crudos y refinados de chocho, se enmarca dentro de los límites establecidos en la norma técnica del Codex, la cual estipula un rango entre 184 a 196 mg/g.

### 3.3.4 Índice de yodo.

El índice de yodo es un parámetro de calidad de los aceites que mide el grado de insaturación de los ácidos grasos y permite estimar la calidad de los mismos.

Este índice depende de la naturaleza y composición del aceite, básicamente, aunque también influyen otros factores que deterioran a los aceites. Mientras mayor es el grado de saturación (menor índice de yodo), menor es la propensión del aceite a enranciarse por oxidación. El índice de yodo también sirve para identificar un aceite o al menos para colocarlo dentro de un grupo en particular.

**CUADRO N° 28. ÍNDICE DE YODO (cg/g) DE DIFERENTES ACEITES.**

<b>ACEITES</b>	<b>REP. 1</b>	<b>REP. 2</b>	<b>REP 3.</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>T1</b> girasol	123,624	122,421	123,018	123,021
<b>T2</b> soya	122,415	123,624	121,824	122,621
<b>T3</b> oliva virgen	91,567	91,769	91,668	91,668
<b>T4</b> oliva	112,121	112,620	114,382	113,041
<b>T5</b> soya cruda	126,025	125,201	125,113	125,446
<b>T6</b> soya ref.	125,461	124,854	125,257	125,191
<b>T7</b> chocho crudo desam.	115,319	116,149	115,884	115,784
<b>T8</b> chocho refinado am.	113,545	113,514	113,525	113,528
<b>T9</b> chocho refinado desam.	114,893	115,554	115,123	115,190

**CUADRO N° 29. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE YODO.**

Índice de yodo	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Valor F	Prob.
<b>Tratamientos</b>	8	2602,797	325,350	722,350	0,0000
<b>Error</b>	18	8,107	0,450		
<b>Total</b>	26	2610,904			

Según los resultados que se indican en el Cuadro 28, se pudo realizar el análisis de varianza para el índice de yodo. Este análisis nos indicó que si hay una significancia estadística para este parámetro químico, por lo que se realizó la Prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 30).

**CUADRO N° 30. PRUEBA DE TUKEY PARA ÍNDICE DE YODO (cg I<sub>2</sub>/100 g de aceite)  
DE VARIOS ACEITES.**

Orden original	Orden categorizado
<b>T1</b> = 123.0 B	<b>T6</b> = 125.2 A
<b>T2</b> = 122.6 B	<b>T5</b> = 125.1 A
<b>T3</b> = 91.67 F	<b>T1</b> = 123.0 B
<b>T4</b> = 113.0 E	<b>T2</b> = 122.6 B
<b>T5</b> = 125.1 A	<b>T7</b> = 115.9 C
<b>T6</b> = 125.2 A	<b>T9</b> = 115.1 CD
<b>T7</b> = 115.9 C	<b>T8</b> = 113.5 DE
<b>T8</b> = 113.5 DE	<b>T4</b> = 113.0 E
<b>T9</b> = 115.1 CD	<b>T3</b> = 91.67 F

Aplicando la prueba de Tukey al 5 %, se determina que el aceite de soya refinado obtenido a nivel de laboratorio, presenta el mayor valor para el índice de yodo, lo que se correlaciona con su gran contenido de ácido linolénico (5,18-6,49 %), con respecto a los aceites de chocho, soya y girasol. El aceite refinado y desamargado de chocho, donde predomina el ácido oleico, ácido graso monoinsaturado, muestra un índice de yodo menor (115,1 cg I<sub>2</sub>/ g) que el de los aceites de girasol, crudo y refinado de soya. En general, a los aceites de chocho les caracterizan menores índices de yodo, inferiores al rango establecido en la Norma Codex (120 – 143 cg/g) para el aceite refinado de soya. Sin embargo se enmarcan en la normatividad establecida para el aceite de oliva virgen, con valores de índices de yodo menores a 120 cg/g, proyectándose una mayor estabilidad en el almacenamiento, debido a su menor grado insaturación y susceptibilidad a la oxidación. El índice de yodo (113- 115) del aceite de chocho, permite catalogarlo como un aceite semisecante, al igual que el de soya y algodón.

### **3.3.5 Materia Insaponificable**

La materia insaponificable está formada por una serie de componentes asociados a la fracción lipídica, como hidratos de carbono, vitaminas liposolubles, esteroides, pigmentos y alcoholes. Es un indicativo de la calidad del aceite, que mide los componentes residuales después de la extracción con solventes orgánicos y la saponificación con álcali en la etapa de neutralizado en la refinación. Las grasas vegetales tienen un insaponificable inferior al 1,5 % y las grasas animales y minerales (vaselina, parafina), un insaponificable superior al 1,5 %. La adulteración de los aceites y grasas con hidrocarburos parafínicos aparece en el material insaponificable.

**CUADRO N° 31 RESULTADOS DE MATERIA INSAPONIFICABLE (%).**

<b>ACEITES</b>	<b>REP. 1</b>	<b>REP. 2</b>	<b>REP 3.</b>	<b>PROMEDIO</b>
<b>T1</b> girasol	0,322	0,319	0,319	0,320
<b>T2</b> soya	0,319	0,326	0,319	0,321
<b>T3</b> oliva virgen	0,758	0,718	0,799	0,742
<b>T4</b> oliva	0,599	0,598	0,599	0,599
<b>T5</b> soya cruda	0,519	0,479	0,479	0,499
<b>T6</b> soya ref.	0,439	0,439	0,432	0,437
<b>T7</b> chocho crudo desam.	1,995	2,036	1,995	2,009
<b>T8</b> chocho refinado am.	0,959	0,838	0,998	0,932
<b>T9</b> chocho refinado desam.	1,078	1,158	1,158	1,131

Al observar los resultados descritos en el Cuadro 31 para la materia insaponificable, podemos indicar que se puede realizar un análisis de varianza.

**CUADRO N° 32. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA MATERIA INSAPONIFICABLE DE LOS DIFERENTES TIPOS DE ACEITES.**

<b>Materia insaponificable</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Prob.</b>
<b>Tratamientos</b>	8	7,037	0,880	3288,084	0,0000
<b>Error</b>	18	0,005	0,000		
<b>Total</b>	26	7,042			

**CUADRO N° 33. PRUEBA DE TUKEY PARA LA MATERIA INSAPONIFICABLE DE VARIOS ACEITES (%)**

<b>Orden original</b>	<b>Orden categorizado</b>
<b>T1</b> = 0.3200 G	<b>T1</b> = 0.3200 G
<b>T2</b> = 0.3213 G	<b>T2</b> = 0.3213 G
<b>T3</b> = 0.7417 D	<b>T6</b> = 0.4337 F
<b>T4</b> = 0.5987 E	<b>T5</b> = 0.4990 F
<b>T5</b> = 0.4990 F	<b>T4</b> = 0.5987 E
<b>T6</b> = 0.4337 F	<b>T3</b> = 0.7417 D
<b>T7</b> = 2.009 A	<b>T8</b> = 0.932 C
<b>T8</b> = 0.932 C	<b>T9</b> = 1.131 B
<b>T9</b> = 1.131 B	<b>T7</b> = 2.009 A

El Cuadro N° 32 que describe los resultados del análisis de varianza, indica que si existe significancia estadística entre los diferentes tratamientos, lo que orientó a realizar la Prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 33).

El Cuadro N° 33, muestra que el tratamiento 7, referente al aceite crudo, extraído del chocho desamargado presenta esteroles o compuestos orgánicos que no se separan eficientemente durante el proceso de extracción. En el aceite refinado de chocho, el contenido de materia insaponificable se enmarca dentro del nivel permisible (1,5 %) establecido por el Codex Alimentario.

El aceite comercial de girasol (T1) al igual que el producto comercial de soya presentaron los valores más bajos para este parámetro, debido tal vez, a que su proceso industrial es de muy buena calidad.

### **3.4 CARACTERÍSTICAS NUTRACÉUTICAS**

La calidad de la grasa del chocho, basada en la composición de sus ácidos grasos y el contenido de tocoferoles permite catalogar al aceite obtenido como un producto nutracéutico, útil en la prevención de enfermedades cardiovasculares, malformaciones congénitas, etc.

En esta investigación se determinó el perfil de ácidos grasos del aceite de chocho y se comparó con otros aceites comercializados a nivel nacional. Además se determinó el contenido de tocoferoles, precursores de la vitamina E, un antioxidante natural que previene el envejecimiento celular y fortalece los glóbulos rojos.

#### **3.4.1 Perfil de ácidos grasos**

La determinación de ácidos grasos en los diferentes tratamientos en estudio se realizó por cromatografía de gases, en la empresa de alimentos “La Fabril”, de la ciudad de Manta, obteniéndose los siguientes resultados.

**CUADRO N° 34. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE DIFERENTES ACEITES VEGETALES**

Ácidos Grasos	Soya	Crudo de Soya	Girasol	Oliva Virgen
	%	%	%	%
Mirístico	0,0892	--	--	--
Palmítico	11,1479	12,4451	6,6992	10,3614
Palmitoleico isómeros	0,0785	--	--	0,6198
Margárico	0,0849	--	--	--
Esteárico	4,7043	3,2946	4,9273	3,2893
Oleico (C18:1)	22,0512	19,9803	22,4183	76,5961
CIS isómeros C18:1	0,0918	1,4365	0,5476	--
TRANS isómeros C18:2	0,667	--	0,251	--
Linoléico (C18:2)	53,22	55,6959	62,8302	7,8668
Araquídico	0,4939	0,3421	0,3483	0,4275
TRANS isómeros C18:3	0,7155	--	--	--
TRANS isómeros C18:3	0,7344	--	--	--
Linolénico (C18:3)	5,1857	6,4982	0,942	0,8391
C20:2	0,1661	--	--	--
Behénico	0,4309	0,3072	0,7603	--
Lignocérico	0,1385	--	0,2758	--
<b>TOTAL</b>	<b>99,9998</b>	<b>99,9999</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**CUADRO N° 35. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE DIFERENTES ACEITES VEGETALES**

Acidos Grasos	Oliva	Chocho crudo desam.	Chocho refinado desam.	Chocho refinado am.
	%	%	%	%
<b>Mirístico</b>	--	--	0,2023	0,3026
<b>Palmítico</b>	8,7711	11,8773	11,7174	15,1015
<b>Palmitoleico isómeros</b>	0,7417	--	0,1583	--
<b>Esteárico</b>	4,0668	6,5718	6,4545	6,3082
<b>Oleico</b>	30,0209	48,0878	48,6781	48,161
<b>CIS isómeros C18:1</b>	1,505	0,6757	--	--
<b>TRANS isómeros C18:2</b>	1,0056	--	--	--
<b>Linoléico</b>	52,1181	28,4064	28,1713	25,9671
<b>Araquídico</b>	0,3276	0,6911	0,6693	0,687
<b>Linolénico (C18:3)</b>	0,4828	2,5604	2,54	2,3859
<b>Behénico</b>	0,6895	0,8819	0,8172	0,6456
<b>Lignocérico</b>	0,2707	0,2475	0,3086	0,2206
<b>Laurico</b>	--	--	0,2829	0,2205
<b>TOTAL</b>	<b>99,9998</b>	<b>99,9999</b>	<b>99,9999</b>	<b>100</b>

El aceite de chocho, crudo y refinado, proveniente del grano amargo y desamargado presenta un porcentaje considerable de ácido oleico (48 %) en comparación con el aceite de soya que alcanza el 22% (Cuadro 34). El aceite de oliva virgen presenta el mayor contenido de ácido oleico (76 %), superando a todos los aceites en estudio. El contenido de este ácido graso reviste importancia en la prevención de enfermedades cardiovasculares y hepáticas, así como en el mantenimiento de la salud del cuerpo.

Otro ácido graso insaturado de interés, es el ácido linoleico. Respecto a este los aceites de chocho presentan un contenido relativamente bajo, en relación con los aceites de soya y girasol, cuyo contenido duplica al valor existente en el aceite de chocho. El aceite

de girasol contiene un 62.8 %, mientras que el aceite de soya crudo alcanza el 55.6 %, disminuyendo este valor a 53.22 %, en el aceite de soya refinado. Los aceites de chocho crudo, desamargado refinado y refinado amargo contienen 28.4, 28.17 y 25.96 %, respectivamente. El aceite de oliva virgen con una cantidad importante de ácido oleico, muestra un bajo contenido de ácido linoleico (7.87%).

En cuanto al contenido de ácido linolénico, también denominado omega 3, de gran utilidad en la prevención de enfermedades cardiovasculares, los aceites de chocho poseen un porcentaje promedio de 2.5 %, aproximadamente la mitad del valor presente en el aceite de soya refinado (5.18 %) y crudo (6.49 %). En general, las cantidades de ácido linolénico presentes en los aceites de soya y chocho, superan ampliamente al valor promedio existente en los aceites de girasol y oliva (Cuadro 35).

Entre los ácidos grasos saturados y menos recomendables para la salud, se cita al ácido palmítico, el cual alcanza un nivel del 15.10 % en el chocho refinado amargo y 12,45 % en el aceite crudo de soya. Registrándose el menor contenido (6,69 %), en el aceite de girasol. El aceite de chocho refinado proveniente del grano desamargado muestra contenidos de ácido palmítico (11,7 %) similares a los aceites comerciales de soya (11,14 %) y oliva virgen (10,36 %).

El contenido promedio de ácido esteárico para la mayoría de aceites en estudio varió entre 3 a 6 %, alcanzando el mayor valor (6,57 %) en el aceite de chocho crudo obtenido a partir del chocho desamargado.

De las diferentes categorías de aceite de chocho en estudio, el obtenido a partir del grano desamargado presenta un mejor perfil de ácidos grasos, sin embargo no supera a los aceites de oliva y girasol. Por último, podemos indicar que el aceite de chocho es apto para la preparación de platos fríos, como aderezo de ensaladas, mayonesas y batidos.

### 3.4.2 Tocoferoles

El contenido de tocoferoles que se registraron en las diferentes muestras nos permitió obtener los siguientes resultados.

**CUADRO N° 36. TIPIFICACIÓN Y CONTENIDO DE TOCOFEROLES (ppm) EN VARIOS ACEITES VEGETALES**

<b>Tocoferoles</b>	<b>Palma fabril</b>	<b>Oliva virgen</b>	<b>oliva</b>	<b>girasol</b>	<b>soya cruda</b>
<b><math>\alpha</math>-Tocoferol acetato</b>	--	--	--	--	--
<b><math>\alpha</math>-Tocoferol</b>	192,8	127,7	529,1	812,4	364
<b><math>\alpha</math>-T3</b>	176,3	--	--	--	--
<b><math>\beta</math>-T</b>	10,6	13,8	29,4	47,1	88,4
<b><math>\gamma</math>-T</b>	12,1	15,7	25,2	131,7	1031,7
<b><math>\gamma</math>-T3</b>	287,4	--	--	--	--
<b><math>\delta</math>-T</b>	2,4	2	24,5	33,7	551,3
<b><math>\delta</math>-T3</b>	49	--	--	--	--
<b>Tocoferoles</b>	<b>soya comercial</b>	<b>Crudo de chocho</b>	<b>Refinado de chocho (desamargado)</b>	<b>Refinado de chocho (amargo)</b>	
<b><math>\alpha</math>-Tocoferol acetato</b>	--	--	--	--	
<b><math>\alpha</math>-Tocoferol</b>	93,8	--	--	--	
<b><math>\alpha</math>-T3</b>	--	--	--	--	
<b><math>\beta</math>-T</b>	28,7	--	--	--	
<b><math>\gamma</math>-T</b>	890,3	807,5	1172,8	938,4	
<b><math>\gamma</math>-T3</b>	--	--	--	--	
<b><math>\delta</math>-T</b>	259,6	20,3	18,2	21,5	

<b><math>\delta</math>-T3</b>	--	--	--	--
-------------------------------	----	----	----	----

El análisis de tocoferoles se realizó en la Empresa LA FABRIL, comparando los resultados obtenidos con un estándar de palma proporcionado por la empresa mencionada.

El Cuadro N° 36, muestra que los aceites de chocho, tanto el crudo como el refinado, presentan dos tipos de tocoferoles: los componentes  $\gamma$  y  $\delta$ -tocoferol, mientras que los demás aceites presentan tipos adicionales.

El aceite de chocho en sus diferentes condiciones, carece de  $\alpha$ -tocoferol, principal precursor de la vitamina E. Sin embargo, presenta concentraciones notables de  **$\gamma$ -Tocoferol**, compuesto destacado por sus propiedades antioxidantes, las que podrían aprovecharse en la preservación de productos alimenticios y cosméticos.

Entre los aceites comerciales analizados, resalta el contenido de  **$\alpha$ -Tocoferol** en el aceite de girasol, alcanzando un valor de 812,4 ppm., con la presencia de otros tipos como el  $\beta$ -Tocoferol y el  $\gamma$ -Tocoferol. Siguen en importancia, el aceite de oliva refinado, el de palma y el de soya. Este último en forma cruda, contiene cantidades significativas de  $\alpha$ -Tocoferol (364 ppm),  $\beta$ -T (88,4 ppm),  $\gamma$ -T (1031,7) y  $\delta$ -T (551,3); las que después del proceso de refinación disminuyen a niveles de 93,8; 28,7; 890,3 y 259,6 ppm, respectivamente. En el aceite de oliva se observó el efecto contrario, detectándose menor cantidad de tocoferoles en el aceite extra virgen que en el refinado, lo que podría atribuirse a una mezcla del producto comercial con otros de similares características como el aceite de girasol.

### **3.5 EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DEL ACEITE DE CHOCHO EN CONDICIONES AMBIENTALES Y DE ALMACENAMIENTO ACELERADO.**

En la etapa de almacenamiento de los productos, ocurren cambios físicos, químicos y biológicos; estos cambios influyen en la calidad y definen la vida útil de un producto. Los aceites y grasas comienzan a descomponerse desde el momento en que son aislados de su ambiente viviente natural. La presencia de ácidos grasos libres es una indicación de la actividad de la lipasa o de otra acción hidrolítica. Durante el almacenamiento ocurren cambios de los cuales resulta la producción de un sabor y olor desagradable. Las características organolépticas desagradables en parte son originadas por la presencia de ácidos grasos libres, pero el desarrollo principal de la rancidez es llevada a cabo por oxidación atmosférica. La rancidez oxidativa es acelerada por la exposición al calor y a la luz, por la humedad y por la presencia de trazas de metales de transición (Cobre, níquel, hierro), colorantes y pigmentos naturales residuales.

El oxígeno es tomado por la grasa con formación de hidroperóxidos (ROOH). Estos se denominan generalmente peróxidos. En éste estudio se analizó la estabilidad del aceite con relación al tiempo y condiciones de almacenamiento, en base a la variación del índice de peróxido, aplicando técnicas volumétricas. Los aceites recientes tienen índices de peróxido muy bajos, inferiores a 10 mEq/kg. Cuando el índice de peróxido se eleva entre 20 y 40 mEq/kg empieza a notarse un sabor rancio.

La reglamentación técnica sanitaria de España, establece como permisibles los niveles expuestos en la tabla 18, los que se han tomado como referencia para el presente estudio, ante la inexistencia de una norma ecuatoriana.

**TABLA 18. NIVELES PERMISIBLES RELACIONADOS CON EL ÍNDICE DE PEROXIDOS**

<b>Índice de peróxidos (mEq/Kg muestra)</b>		
<b>Tipo de aceite</b>	<b>Valores de referencia</b>	
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>Aceites de oliva</b>		
<b>Virgen</b>	-	20
<b>Refinado</b>	-	10
<b>Aceites de semillas</b>	-	10

FUENTE: MADRID 1997

**3.5.1 INDICE DE PEROXIDO PARA EL ACEITE ALMACENADO EN DIFERENTES CONDICIONES.**

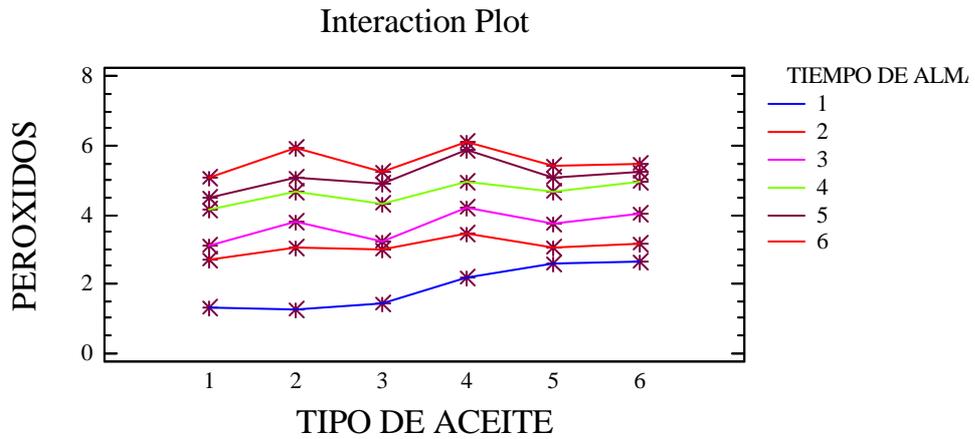
**3.5.1.1 ÍNDICE DE PERÓXIDO PARA EL ACEITE ALMACENADO A TEMPERATURA AMBIENTE (18 °C y 50% HR)**

**CUADRO N° 37. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL INDICE DE PEROXIDO DEL ACEITE ALMACENADO A CONDICIONES AMBIENTALES (18 °C y 50% HR)**

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
Factor A	5	12,062	2,412	1043,7585	0,0000
Factor B	5	168,849	33,77	14611,105	0,0000
AB	25	5,22	0,209	90,3483	0,0000
Error	72	0,166	0,002		
Total	107	186,298			

El Cuadro N° 37, revela que el tipo de aceite (factor A) y el tiempo de almacenamiento (B), bajo condiciones ambientales, influye notablemente en el índice de peróxido del aceite.

La figura 4 muestra la interacción entre los factores A y B, y su influencia en el índice de peróxido.



**FIGURA 3. EFECTO DEL TIPO DE ACEITE Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL INDICE DE PEROXIDO**

**CUADRO N° 38. PRUEBA DE TUKEY PARA EL INDICE DE PEROXIDO DEL ACEITE ALMACENADO BAJO CONDICIONES AMBIENTALES (18 °C y 50% HR)**

Orden original		Orden categorizado	
T1 =	1.281	V	T24 = 6.096 A
T2 =	2.702	Q	T12 = 5.934 B
T3 =	3.093	NO	T23 = 5.909 B
T4 =	4.128	JK	T36 = 5.495 C
T5 =	4.227	I	T30 = 5.394 C
T6 =	4.346	H	T18 = 5.245 D

T7 =	1.325		U	T35 =	5.236	D
T8 =	3.056		OP	T11 =	5.097	E
T9 =	3.777		L	T29 =	5.079	E
T10 =	4.657		G	T22 =	4.958	F
T11 =	5.097		E	T34 =	4.943	F
T12 =	5.934		B	T17 =	4.887	F
T13 =	1.401		T	T28 =	4.676	G
T14 =	2.972		P	T10 =	4.657	G
T15 =	3.197		N	T6 =	4.346	H
T16 =	4.321		H	T16 =	4.321	H
T17 =	4.887		F	T5 =	4.227	I
T18 =	5.245		D	T21 =	4.181	J
T19 =	2.156		S	T4 =	4.128	JK
T20 =	3.455		M	T33 =	4.030	K
T21 =	4.181		J	T9 =	3.777	L
T22 =	4.958		F	T27 =	3.767	L
T23 =	5.909		B	T20 =	3.455	M
T24 =	6.096		A	T15 =	3.197	N
T25 =	2.591		R	T32 =	3.141	NO
T26 =	3.061		OP	T3 =	3.096	NO
T27 =	3.767		L	T26 =	3.061	OP
T28 =	4.676		G	T8 =	3.056	OP
T29 =	5.079		E	T14 =	2.972	P
T30 =	5.394		C	T2 =	2.702	Q
T31 =	2.661		QR	T31 =	2.661	QR
T32 =	3.141		NO	T25 =	2.591	R

T33 =	4.030	K	T19 =	2.156	S
T34 =	4.943	F	T13 =	1.401	T
T35 =	5.236	D	T7 =	1.325	U
T36 =	5.495	C	T1 =	1.281	V

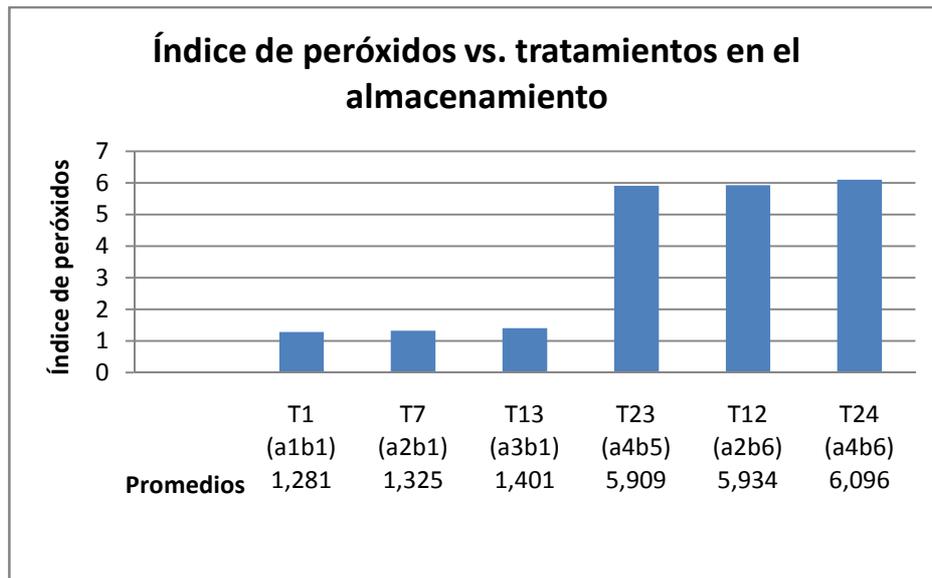
El índice de peróxido es una medida de los peróxidos contenidos en el aceite. Este índice es útil para establecer el grado de avance en la descomposición de la grasa.

Con una certeza del 95 %, se puede afirmar que el aceite crudo de chocho proveniente del grano desamargado y almacenado por 75 días a condiciones ambientales (T24), experimenta una mayor degradación con relación a los otros aceites, registrando el mayor índice de peróxido (6.096) (Cuadro N° 21).

El menor índice de peróxido (1,28) correspondió al aceite de soya comercial, sin almacenamiento. Debido a las condiciones de almacenamiento expuestas para la experimentación (en frascos destapados en contacto del aire a temperatura ambiente), el índice de este aceite si sufrió una variación a los 75 días de almacenamiento (4.337), pero fue el que menor cambios sufrió frente a los demás aceites sometidos al mismo proceso; esto podría deberse a la presencia de antioxidantes que contribuyen a una mayor duración del aceite durante el almacenamiento y comercialización.

En el aceite de chocho refinado y proveniente del grano desamargado, el índice de peróxido se eleva progresivamente durante el almacenamiento, alcanzando un valor máximo de 5.394 mEq/kg. Sin embargo este valor no sobrepasa el límite máximo permisible, establecido por la norma española.

Es posible que el  **$\gamma$ -Tocoferol**, el cual se encuentra en importante cantidad en el aceite contribuya a su preservación.



**FIGURA 4. VARIACIÓN DEL INDICE DE PEROXIDO EN ACEITES ALMACENADOS A TEMPERATURA AMBIENTE Y 50 % DE HUMEDAD RELATIVA.**

La figura 4, muestra un incremento progresivo del índice de peróxido en aceites almacenados durante 75 días. Iniciando con un valor promedio de 1 mEq/Kg, para el aceite de soja comercial almacenado por 0 días, hasta alcanzar un nivel de 6,096 mEq/Kg para el aceite de chocho crudo y desamargado. Estos resultados guardan relación con el tipo de aceite, su perfil de ácidos grasos y contenido de tocoferoles bioactivos.

### 3.5.1.2 VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO EN CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO (35 °C y 90% HR)

**CUADRO N° 39. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL IP, EN CONDICIONES ACELERADAS (35 °C y 90% HR)**

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
Factor A	5	53,431	10,686	3084,7095	0,0000
Factor B	5	546,76	109,352	31565,935	0,0000
AB	25	16,361	0,654	188,908	0,0000
Error	72	0,249	0,003		
Total	107	616,8			

Las condiciones aceleradas hacen referencia al nivel de temperatura y humedad (35°C y 90 % HR) capaz de incrementar la susceptibilidad al deterioro para determinar la durabilidad de un producto alimenticio.

El análisis de varianza expuesto en el Cuadro N° 39, muestra que el tipo de aceite (factor A) y el tiempo de almacenamiento (factor B), al igual que la interacción de los dos

factores (AxB), tienen influencia en el índice de peróxido de muestras almacenadas bajo condiciones aceleradas.

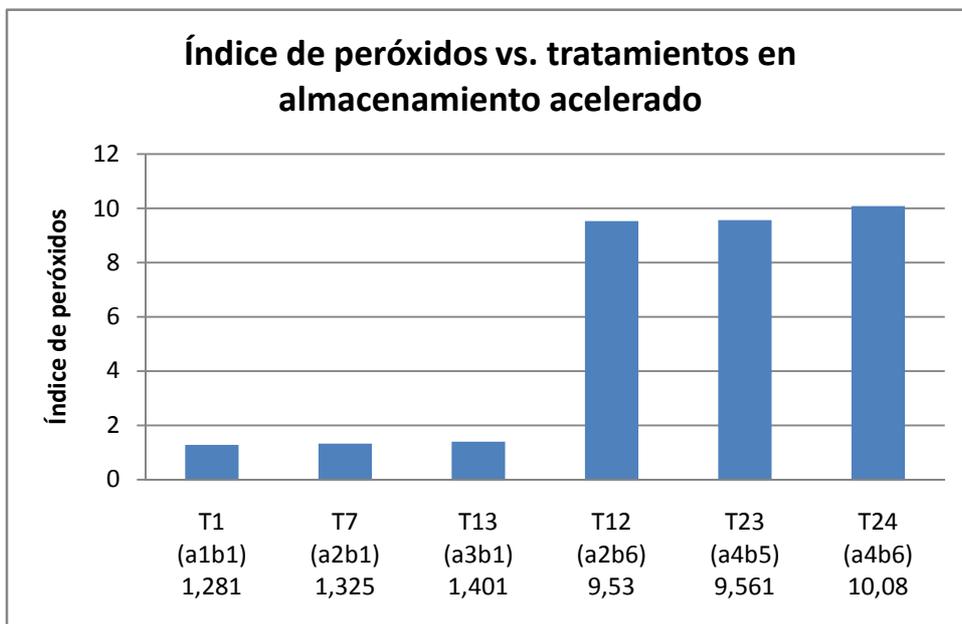
**CUADRO N° 40. PRUEBA DE TUKEY PARA EL INDICE DE PEROXIDO DE ACEITES ALMACENADOS EN CONDICIONES ACELERADAS (35 °C y 90% HR)**

Orden Original		Orden Categorizado	
T1 =	1.281	V	T24 = 10.08 A
T2 =	3.517	S	T23 = 9.561 B
T3 =	4.433	Q	T12 = 9.530 B
T4 =	6.708	J	T22 = 8.958 C
T5 =	7.069	I	T30 = 8.651 D
T6 =	8.064	E	T36 = 8.514 D
T7 =	1.325	V	T11 = 8.122 E
T8 =	4.462	Q	T6 = 8.064 E
T9 =	5.768	M	T35 = 7.929 F
T10 =	7.264	H	T18 = 7.501 G
T11 =	8.122	E	T29 = 7.435 G
T12 =	9.530	B	T10 = 7.264 H
T13 =	1.401	V	T34 = 7.228 H
T14 =	4.104	R	T5 = 7.069 I
T15 =	5.133	O	T17 = 6.941 I
T16 =	6.163	K	T21 = 6.761 J

T17 =	6.941	I	T4 =	6.708	J	
T18 =	7.501	G	T28 =	6.291	K	
T19 =	2.156		U	T33 =	6.288	K
T20 =	5.979	L	T16 =	6.163	K	
T21 =	6.761	J	T20 =	5.979	L	
T22 =	8.958	C	T9 =	5.768	LM	
T23 =	9.561	B	T32 =	5.364	M	
T24 =	10.08	A	T27 =	5.235	N	
T25 =	2.591		T	T15 =	5.133	O
T26 =	4.347		P	T8 =	4.462	P
T27 =	5.235	LM	T3 =	4.433	P	
T28 =	6.291	I	T26 =	4.347	Q	
T29 =	7.435	G	T14 =	4.104	R	
T30 =	8.651	E	T2 =	3.517	S	
T31 =	2.661		T	T31 =	2.661	T
T32 =	5.364	N	T25 =	2.591	T	
T33 =	6.288	K	T19 =	2.156	U	
T34 =	7.228	H	T13 =	1.401	V	
T35 =	7.929	F	T7 =	1.325	V	
T36 =	8.514	D	T1 =	1.281	V	

---

La prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 40), ayudó a determinar que el aceite de chocho crudo, extraído del grano desamargado, a los 30 días de almacenamiento presenta el mayor índice de peróxido (10.08), con relación a los aceites utilizados como testigo. En el aceite refinado de chocho, extraído del grano desamargado, el índice de peróxido se incrementa en función del tiempo de almacenamiento, hasta un valor de 8.651 mEq/kg, próximo al valor máximo permisible. Un comportamiento similar mostró el aceite de soya extraído y refinado a nivel de laboratorio.



**FIGURA 5. VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO DE VARIOS ACEITES ALMACENADOS EN CÁMARA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO (35 °C Y 90% DE HUMEDAD RELATIVA).**

La Figura 5, muestra que el índice de peróxidos se incrementa en función del tiempo de almacenamiento bajo alta temperatura y humedad relativa, desde un valor de 1,28 para el aceite de soya comercial hasta 10,08 mEq/kg para el aceite crudo del chocho desamargado. El grado de oxidación o deterioro también varía dependiendo del tipo y condición particular de cada aceite. Determinándose que el aceite de soya es menos

susceptible a la rancidez oxidativa, en relación al aceite crudo de chocho.

### 3.6 VIDA ÚTIL

El monitoreo del índice de peróxido como parámetro determinante de la calidad, permite estimar la vida útil del aceite refinado obtenido a partir del chocho desamargado, cuyas características se aproximan a los aceites comerciales.

Los límites para el IP se mencionaron en la tabla 15, mientras que la evolución de los peróxidos en el aceite se indican en las figuras 6 y 7, de acuerdo a los valores obtenidos en los análisis a condiciones normales y aceleradas que se muestran en el cuadro 41.

**CUADRO N° 41. VARIACIÓN DEL INDICE DE PEROXIDO DEL ACEITE DE CHOCHO\*, DURANTE EL ALMACENAMIENTO**

<b>ALMACENAMIENTO EN CAMARA DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO (90% HR, 35°C)</b>		<b>ALMACENAMIENTO A TEMPERATURA AMBIENTE (50% HR y 17 °C)</b>	
<b>Tiempo (días)</b>	<b>IP (mEq/Kg muestra)</b>	<b>Tiempo (días)</b>	<b>IP (mEq/Kg muestra)</b>
0	2,591	0	2,591
6	4,347	15	3,061
12	5,235	30	3,767
18	6,291	45	4,676
24	7,435	60	5,079
30	8,651	75	5,394

\* Aceite de chocho refinado, obtenido del chocho desamargado

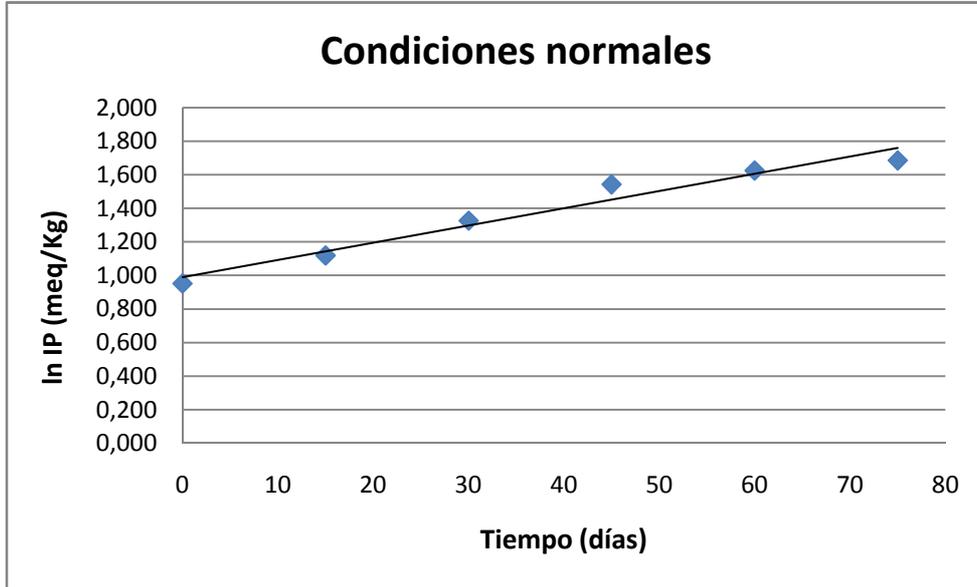


FIGURA 6. VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO DEL ACEITE DE CHOCHO, ALMACENADO BAJO CONDICIONES NORMALES

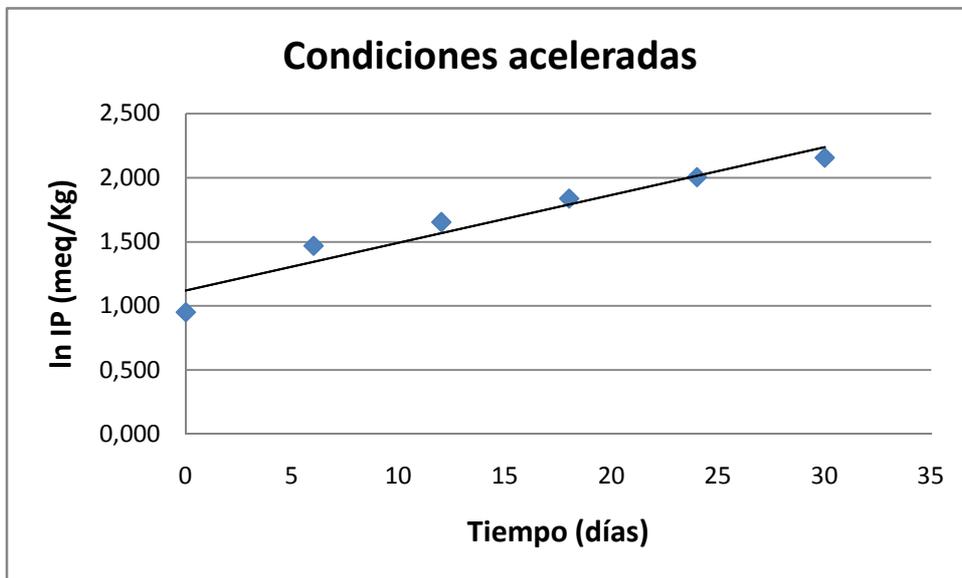


FIGURA 7. VARIACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDO DEL ACEITE DE CHOCHO, ALMACENADO BAJO CONDICIONES ACELERADAS

Las Figuras 6 y 7, ilustran la variación del índice de peróxido en función del tiempo y las condiciones de almacenamiento, la cual es de tipo lineal y ocurre a una mayor velocidad en el aceite almacenado bajo condiciones aceleradas. Los datos obtenidos se ajustan a la siguiente ecuación que rige la cinética de primer orden:

$$\ln (X/X_0) = - K_{obs}t \quad (1)$$

Donde X es el Índice de peróxidos a un tiempo t, X<sub>0</sub> es el índice de peróxidos al inicio del almacenamiento y K<sub>obs</sub> es la constante cinética de la reacción.

Con los datos experimentales, para el almacenamiento a condiciones normales se obtuvo la siguiente ecuación:  $y = 0.010 * t + 0.989$

Por tanto  $\ln (X/X_0) = 0.010t + 0.989$

Desarrollando la ecuación anterior, se obtiene  $K_{18^{\circ}C} = 0.010$

Para el almacenamiento en condiciones aceleradas, se tiene:

$$y = \ln (X/X_0) = 0.037 * t + 1.121,$$

$$y \quad K_{35^{\circ}C} = 0.037$$

Los valores de las constantes cinéticas parciales de primer orden, obtenidas a partir de las figuras 6 y 7, se presentan en el cuadro 42.

**CUADRO N° 42. VALORES DE LAS CONSTANTES CINÉTICAS DE PRIMER ORDEN**

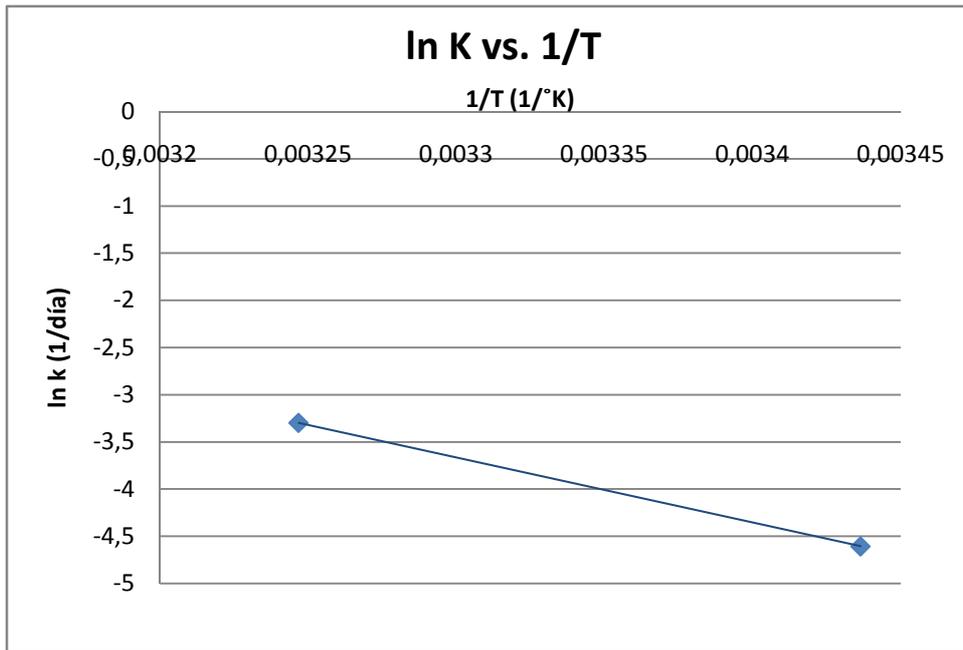
	<b>Temperatura promedio de almacenamiento [°C]</b>	<b>k [1/día]</b>
<b>K<sub>18</sub></b>	18	0.010
<b>K<sub>35</sub></b>	35	0.037

La variación del índice de peróxido, por efecto de la temperatura sigue la ecuación de Arrhenius, así:

$$K_{obs} = k_A \exp (-E_a/RT) \quad (2)$$

Donde  $k_{obs}$  es la constante de velocidad a la temperatura T, expresada en grados Kelvin,  $k_A$  es la constante pre-exponencial o de frecuencia.  $E_a$  es la energía de activación de Arrhenius en Kcal/mol y corresponde al grado de sensibilidad del producto almacenado a una temperatura determinada, mientras que R es la constante ideal de los gases (1.986 Cal/mol°K).

A continuación se grafican los logaritmos naturales de las constantes de reacción en función del inverso de la temperatura (Figura 8).



**FIGURA 8. RELACIÓN ENTRE LA CONSTANTE CINÉTICA k Y EL INVERSO DE LA TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO**

Obteniéndose la siguiente ecuación:

$$y = - 6897.58 * 1/T + 19.09$$

Desarrollando esta ecuación, se obtiene:

$$\ln K_{\text{obs}} = -Ea/RT - \ln K_a, \text{ de la que se deduce}$$

$K_{\text{obs}} = 0.009921769$ , valor que se reemplazó en la ecuación 1 con el contenido inicial de peróxido ( $X_0$ ), y el valor límite de referencia mencionado en la tabla 15, el cual corresponde a 10 mEq/Kg muestra, se obtuvo un tiempo de vida útil  $t$ , igual a 136 días o 4.5 meses, para el aceite almacenado a 18 °C, y 50 % de humedad relativa.

## CAPITULO IV

### CONCLUSIONES

1. El mejor rendimiento en la extracción de aceite de chocho (25.65% p/p), se obtuvo a partir de la harina de chocho desamargada, con un tamaño de partícula 20 mesh, utilizando como extractante hexano, grado técnico, con un tiempo de contacto de 8 horas. Un rendimiento menor se obtuvo al extraer el aceite, a partir de los flakes de grano desamargado, con un tamaño de partícula 7 mm, obteniéndose un valor de 6.19 % p/p, bajo las mismas condiciones de extracción.
2. La obtención de aceite, a partir del chocho amargo conlleva a la extracción simultánea de la grasa y los alcaloides, debiendo separar estos componentes por un proceso adicional al de refinación, lo que encarecería el costo del producto final.
3. El aceite refinado extraído del chocho desamargado, muestra características físicas similares a los aceites comerciales. Igualmente, se encontró similitud en las propiedades químicas, a excepción del índice de acidez, el cual excede el límite permisible señalado en la norma Codex.
4. El perfil de ácidos grasos, permitió determinar que el aceite de chocho presenta un valioso aporte nutricional, como fuente de ácidos grasos esenciales, a saber: ácido oleico  $\omega$  9 (48,67 %), ácido linoleico  $\omega$  6 (28,17%) y ácido linolénico  $\omega$  3, (2,54 %). En términos generales, la calidad de este aceite es semejante al de soya.
5. En el aceite de chocho destacan el  $\gamma$ -Tocoferol y  $\delta$ -Tocoferol, importantes componentes con actividad antioxidante “in vitro”, pero no como precursores de la vitamina E.
6. El índice de peróxido en el aceite de chocho almacenado, se incrementa, siguiendo una cinética de primer orden, en base a la cual se determinó una vida útil promedio igual a 4,5 meses, tiempo necesario para permitir la comercialización del producto.

## **CAPITULO V**

### **RECOMENDACIONES**

1. En la obtención del aceite, se recomienda utilizar recipientes y material limpio, si es posible estéril para evitar contaminaciones microbianas.
2. Eliminar el solvente residual utilizado en la extracción de aceite, en una estufa al vacío, para evitar la degradación del aceite.
3. Almacenar el aceite obtenido en un envase hermético, evitando el contacto con el oxígeno, para prevenir la oxidación del mismo.
4. Se recomienda probar la aceptabilidad del aceite de chocho, a nivel de consumidor final y la incorporación del mismo en productos farmacéuticos, cosmetología e insumos agropecuarios.
5. Se recomienda realizar un análisis financiero para determinar el costo de producción del aceite de chocho y la factibilidad de industrialización del proceso.

## CAPITULO VI

### RESUMEN.

Se extrajo el aceite de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*), tanto amargo como desamargado, y se determinaron parámetros físicos, químicos y nutraceuticos para usarlo en alimentación. Este estudio se realizó en la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); como materia prima se utilizó grano Andino 450 y hexano como solvente para la extracción, obteniéndose el mejor rendimiento de aceite (25.65%), a partir de harina de chocho desamargado en ocho horas. Los parámetros físicos y químicos indican que tiene un comportamiento similar a otros aceites de semillas con los que se comparó, aunque se encontraron algunas diferencias debido, tal vez, a su composición química; en cuanto a las características físico químicas, cumple con los estándares técnicos para grasas y aceites comestibles. En el análisis nutraceutico, se determinó el perfil de ácidos grasos y de tocoferoles del aceite de chocho, observándose que tiene gran calidad de ácidos grasos esenciales. En cuanto a la composición de tocoferoles no posee precursores de vitamina E, más bien tiene actividad antioxidante in vitro, lo que ayuda a mantener el producto y evita su degradación temprana, por lo que sería muy útil usar este aceite en la elaboración de productos alimenticios. Por último se determinó el tiempo de vida útil obteniendo que el aceite extraído se puede mantener por 4.5 meses en ambiente fresco y seco.

## SUMMARY

This study was carried out in Experimental Station Santa Catalina from Autonomous National Institute of Agricultural Investigations (INIAP), oil was extracted from doddering (*Lupines mutabilis sweet*), so much bitter as give des bitter as and physical parameters, chemists and nutraceutics were determined to use it in feeding then raw material Andean grain was used 450 and hexane like pay for the extraction, it obtained the best yield of oil (25.65%), flour from doddering are made des bitter in eight hours. The physical parameters and chemists indicate that has a similar behavior to other oils of seeds with those that it was compared. Although they were some differences, perhaps, to their chemical composition; in chemical physical characteristics, it fulfills the technical standards for fatty or eatable oils. In the analysis nutraceutics, the profile of fatty acids was determined or from tocopherols oil of doddering, being observed that has great quality of essential fatty acids. As for the composition from tocopherols it doesn't posses vitamin E, it has antioxidant efficiency in vitro, what helps to maintain the product and it avoids their early degradation, for what would be very useful to use this oil and the elaboration of nutritious products. Finally, the time of useful life was determined that the extracted oil can stay for 4.5 months in fresh atmosphere and dry off.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### 1.- ÁCIDOS GRASOS

<http://www.ivu.org/ave/grasos.html>

200904

### 2.- ÁCIDOS GRASOS

<http://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20061017085525AAkMGGx-140k>

200610

### 3.- ÁCIDOS GRASOS

<http://www.zonadiet.com/nutricion/acgraso.htm>

200906

### 4.- ANÁLISIS PROXIMAL Y PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS EN CHOCHO, TRIGO, CEBADA.

[www.rlc.fao.org/es/nutricion/pdf/arg2000.pdf](http://www.rlc.fao.org/es/nutricion/pdf/arg2000.pdf)

200002

5.- ÁCIDO ESTEÁRICO

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_este%C3%A1rico;](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_este%C3%A1rico;)

2008-12

6.- ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES

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

7.- ÁCIDO LINOLÉICO

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_linoleico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_linoleico)

8.- ÁCIDO LINOLÉNICO

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_linol%C3%A9nico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_linol%C3%A9nico)

9.- ÁCIDO LINOLÉNICO

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_alfa-linol%C3%A9nico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_alfa-linol%C3%A9nico)

10.- ÁCIDO OLÉICO

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_oleico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_oleico)

11.- ÁCIDO PALMÍTICO

[http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido\\_palm%C3%ADtico](http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%81cido_palm%C3%ADtico)

12.- ACUÑA, S. 2004. Producción de aceite y grasa por fermentación. Chile.

<http://www.monografias.com>

- 13.- ALLAUCA, V. 2005. Desarrollo de la Tecnología de elaboración de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*) germinado fresco para aumentar el valor nutritivo del grano. Tesis previa a la obtención del Título de Doctorado en Bioquímica y Farmacia. ESPOCH. Riobamba – Ecuador. pp. 208.
- 14.- ALVARADO, J. Principios de Ingeniería aplicados a alimentos: “Aplicación de cinética química en la oxidación de aceites”. División de Artes Graficas. Ambato - Ecuador, 1996. Pp.66-72, 196-197.
- 15.- AOAC INTERNATIONAL. Oficial Methods of Análisis. Volumen II. Edición 16. Estados Unidos de América, 1996. Capítulo 41. p. 10, 34.
- 16.- BADUI, S. Química de los alimentos. Ed. Alambra. México, 1988. pp. 263 – 340.
- 17.- BELITZ, H., Grosch, W. Química de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España, 1997. pp. 175 – 181.
- 18.- BIOLLEY, E. Aplicación de ingredientes funcionales en alimentación infantil para adultos. Importancia de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPI-CL) en la alimentación. Chile, 2000. pp. 113 – 118
- 19.- CAICEDO, C. Y PERALTA, E. Zonificación Potencial, Sistemas de Producción y Procesamiento Artesanal del Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*). Boletín Técnico No. 105 (INIAP). Quito, 2001. Pp. 49
- 20.- CAICEDO, C., Peralta, E., Villacrés, E., Rivera, M. Poscosecha y mercado del chocho (*Lupinus mutabilis sweet*) en Ecuador. Boletín divulgativo N° 333 (INIAP), Quito, Ecuador, 2001. pp. 49

21.- CAICEDO, C.; PERALTA, E. y VILLACRÉS, E. Poscosecha y Mercadeo de Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet). Boletín Técnico No. 89 (INIAP). Quito, 2000. Pp. 38

22.- CARACTERÍSTICAS DE LAS GRASAS Y ACEITE DE TARWI

[http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro07/Cap3\\_3.htm](http://www.rlc.fao.org/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro07/Cap3_3.htm)

23.- CASTAÑEDA, C. "Estudio Comparativo de 10 variedades de Tarwi" (*Lupinus mutabilis* Sweet) Conducidos en dos ambientes de la Sierra, Norte y Centro del Perú. Tesis Ing. Agrónomo UNALM. Lima-Perú, 1988.

24.- CERLETTI, P., Duranti, M. Development of Lupine Proteins. *Journal American Oil Chemists Society*. 1979. pp. 56, 460

25.- CHÁVEZ, C. Fermentación sólida del chocho. Tesis previa a la obtención del título en Ingeniero en Alimentos. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato - Ecuador, 1986. pp. 79

26.- COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS EN ACEITES

[http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/ciencia/v02\\_n1/aceites.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/ciencia/v02_n1/aceites.htm)

27.- CRUZ, E. Las Leguminosas y la Nutrición Humana. CONACYT. Ambato – Ecuador, 1987. Pp. 17

28.- DÁVILA, J. Lupino como alimento humano: Proteína y aceite. Evento de información y difusión de resultados de investigación sobre chocho y capacitación en nuevas técnicas de laboratorio. ED. CONACYT/EPN/IIT. Ambato, 1987. pp. 1 – 5, 20

29.- FAO/WHO. Food and Agricultural Organization/World Health Organization. *Energy and protein Requirements*, Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. World Health Organization Technical Report series 724. Genova, 1985. pp. 4-6.

30.- FUENTES, O. Bioquímica de los lípidos. Universidad Santo Tomas, Dpto. Ciencias Básicas. Santiago, 2002.

[www.ust.cl/medios/CREE/AsigProgramas/II\\_06\\_PDF/II\\_06\\_Mat\\_Bioquimica\\_General.pdf](http://www.ust.cl/medios/CREE/AsigProgramas/II_06_PDF/II_06_Mat_Bioquimica_General.pdf)

31.- GROSCH, B. Química de los Alimentos. Editorial ACRIBIA. 2ª Ed. España, 1997. Pp. 691, 699-700, 717.

32.- GROSS, R. El cultivo y la utilización del tarwi (*Lupinus Mutabilis sweet*), Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1982. pp. 141 – 147, 170, 172.

33.- GROSS, R., Tuesta, L. El Cultivo y la Utilización de los Lupinos. Perú: IICA. 1977. pp. 165.

34.- GROSS, R., Von Baer, E. La composición química de una nueva variedad de lupinus andino (*Lupinus mutabilis cv. Inti*) con bajo contenido de alcaloides. 1977. pp. 353- 361.

35.- INEC-MAG-SICA. III Censo Nacional Agropecuario, República del Ecuador, ed. INEC-MAG-SICA. Resultados Nacionales y Provinciales. 2002. Vol 1, Tabla 20.

36.- INIAP. Informe Técnico del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador, 2008.

37.- INTERNATIONAL LUPIN ASSOCIATION. 6th International Lupine Conference. Temuco-Chile, Noviembre 1990. Pp. 1-8

38.- JARRÍN, P. Tratamiento del agua de desamargado del chocho (*lupinus mutabilis* sweet), proveniente de la planta piloto de la Estación Santa Catalina INIAP. Tesis de doctorado en Bioquímica y Farmacia, ESPOCH, Riobamba-Ecuador, 2003.

39.- KUKLINSKI, C. Nutrición y Bromatología. Ediciones Omega. Barcelona, España, 2003. pp.28 – 32, 240 – 253.

40.- LARA, A., Estudio de Alternativas tecnológicas para el desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet)., Tesis de Doctorado en Química., Riobamba., Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Facultad de ciencias Químicas., 2003., pp 35-36

41.- LARRAÑAGA, J., Carballo, J., Rodríguez, M., Fernández, J., Control e Higiene de los Alimentos. “Grupo de alimentos predominantemente grasos”. Eds. McGraw-Hill/Interamericana. Madrid-España, 1998. pp. 374-385.

42.- LEGUMINOSAS

<http://www.alimentacionsana.com.ar/Portal%20nuevo/actualizaciones/leguminosas.htm>

43.- LEGUMINOSAS.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fabaceae>

44.- LUPINUS

<http://es.wikipedia.org/wiki/Lupinus#Descripci.C3.B3n.;> 2007-08-16

45.- MADRID, A., Cenzano, I. Manual de aceites y grasas comestibles. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, 1997. pp. 145 – 186.

46.- Manual del Ingeniero de Alimentos., Ed. Grupo Latino Ltda. Colombia. Pp.142

47.- MATAIX Verdú, J., Sánchez de Medina, F. Nutrición y Alimentación Humana. Lípidos. Ed. Editorial Océano. Barcelona-España, 2002. pp. 63-93.

48.- MERCK. An Encyclopedia of Chemicals and Drugs. The Merck Index. Ninth edition. New Jersey: Merck, 1976. Pp. 1800 - 1823

49.- MERINO C., Análisis de aminoácidos y azúcares libres en chocho (*lupinus mutabilis sweet*), durante el tratamiento previo al consumo. Tesis de doctorado en Química. ESPOCH. Riobamba-Ecuador.

50.- METABOLISMO DE LÍPIDOS

[http://www.unizar.es/departamentos/bioquimica\\_biologia/docencia/BioquMetII/bio%20metabolica%20II.htm](http://www.unizar.es/departamentos/bioquimica_biologia/docencia/BioquMetII/bio%20metabolica%20II.htm)

51.- MOGROVEJO, P. Taller: El chocho o tarwi y los ácidos grasos esenciales., Resumen de Epidemiología de Problemas de Nutrición en Ecuador, con Enfoque en

Enfermedades que puedan mejorar con buena ingestión de ácidos grasos esenciales., Quito, 2003. pp 2.

52.- MONTATIXE, G. Desarrollo y evaluación de la tecnología de fermentación sólida del grano desamargado de chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*). Tesis previa a la obtención del Título de Doctorado en Bioquímica y Farmacia, ESPOCH, Riobamba–Ecuador, 2005.pp. 210

53.- MONTERO, C. Optimización del proceso de elaboración de chips de tomate de árbol (*Solanum betaceum Cav.*) en la fritura a condiciones de vacío. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, EPN, Quito–Ecuador, 2008. Pp. 84 – 90.

54.- MUZQUIZ, M. Calidad nutritiva de la judía grano., Dpto. Tecnología de alimentos., Madrid., 2001., 7p. <http://phaselieu.cesga.es/MUZquiz.pdf>

55.- OBTENCIÓN DE ACEITE COMESTIBLE.

<http://www.monografias.com/trabajos35/obtencion-aceite/obtencion-aceite.shtml>

56.- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Organización Mundial de la Salud (OMS). Grasas y aceites en la nutrición humana. E F I. Roma, 1997.

57.- PEARSON, E., Análisis Químico de Alimentos., 3<sup>a</sup> Ed. México., CECSA., 1988., pp 25, 548.

58.- PERALTA, E., Mazón, N., Murillo, A., Rivera, M., Monar, C. Manual Agrícola de Granos Andinos: Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de

producción. Manual No. 69. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, 2008. pp. 1, 5.

59.- PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS Y AMINOÁCIDOS

[www.cib.espol.edu.ec/Digipath/Librospdf/D-17828.pdf](http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/Librospdf/D-17828.pdf)

60.- PERFIL DE TOCOFEROLES EN ACEITE DE GIRASOL

[http://www.geoscopio.com/est/gmms/ott/Aceites\\_de\\_girasol\\_con\\_diferentes\\_perfiles\\_de\\_tocoferoles\\_y\\_mayor\\_estabilidad\\_oxidativa\\_CSIC\\_AGRO025\\_\\_3954.htm](http://www.geoscopio.com/est/gmms/ott/Aceites_de_girasol_con_diferentes_perfiles_de_tocoferoles_y_mayor_estabilidad_oxidativa_CSIC_AGRO025__3954.htm)

61.- Primer Simposio Iberoamericano de Vegetales Frescos cortados, San Pedro, SP Brasil, Abril 2006. Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad de Llada.

62.- PRIMO Yúfera, E. Química Agrícola III. Alimentos. Editorial Alhambra. Madrid-España, 1987. pp. 160-239.

63.- RIVERA, M., Nicklin C. Percepción del potencial de una leguminosa andina. Roles de las innovaciones dirigidas al mercado y a la investigación (INIAP). Quito, 2008.

64.- RIVERO, M., Santamaría Alicia. Programa XI. Tratamiento y conservación de los alimentos. Proyecto XI. 19. Aplicación de ingredientes funcionales en alimentación infantil y para adultos. Ed. CYTED. 2004. pp. 185 - 205

65.- ROMERO, R. El Cultivo de Chocho (*Lupinus mutabilis Sweet*). Riobamba – Ecuador: Separta. FIA – ESPOCH. 1986. 76 p.

66.- SALIS, A. Cultivos Andinos Alternativa Popular. Centro de estudios Rurales Andinos Batolomé de las Casas CEDEP – AYLLU, Centro para el Desarrollo de los Pueblos. Cuzco-Perú, 1985. pp. 89.

67.- SÁNCHEZ Pineda T., Procesos de Elaboración de alimentos y bebidas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid-España, 2003. pp. 30 – 31.

68.- SIAVICHAY, G., Evaluación agronómica de quince ecotipos de chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet) y aspectos relacionados al mejoramiento genético de esta especie. Tesis previa a la obtención de Ingeniero Agrónomo., ESPOCH., Facultad de Ingeniería Agronómica. Riobamba. Ed. ESPOCH. 1986, 63p.

69.- TARWI

<http://wiki.sumaqperu.com/es/Tarwi>

70.- TARWI

<http://www.ciedperu.org/productos/tarwi.h> 2003

71.- TARWI: COMPOSICIÓN DE ÁCIDOS GRASOS

[www.scribd.com/doc/12411697/Aporte-cultivos-andinos](http://www.scribd.com/doc/12411697/Aporte-cultivos-andinos) - 101k

72.- TARWI O CHOCHO, CAMPEÓN EN PODER NUTRICIONAL.

[http://www.cronicaviva.com.pe/index.php?option=com\\_content&task=view&id=17442&Itemid=136](http://www.cronicaviva.com.pe/index.php?option=com_content&task=view&id=17442&Itemid=136)

73.- TOCOFEROLES

<http://es.wikipedia.org/wiki/Tocoferol>

74.- VILLACRÉS, E., Rubio, A., Egas, L., Segovia, G. Usos alternativos del chocho. Boletín divulgativo N° 333 (INIAP), Quito-Ecuador, 2006.

75.- VITAMINA E

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/vitamins/vitaminae.html>

76.- VOYAGE NOW., Tarwi., Perú., 28 – 03 - 03

<http://www.voyagenow.com/travel/es/wikipedia/t/ta/tarwi.html>

**ANEXOS**

**ANEXO 1. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS ACEITES.**

**DENSIDAD**

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value
Prob.				
-----				
Between	9	0.000	0.000	72.602
0.0000				
Within	20	0.000	0.000	
-----				
Total	29	0.000		

Coefficient of Variation = 0.07%

Var.	V A R I A B L E		No. 3	
1	Number	Sum	Average	SD
SE				
-----				
---				

0.00	1	3.00	2.765	0.922	0.00
0.00	2	3.00	2.761	0.920	0.00
0.00	3	3.00	2.743	0.914	0.00
0.00	4	3.00	2.765	0.922	0.00
0.00	5	3.00	2.765	0.922	0.00
0.00	6	3.00	2.764	0.921	0.00
0.00	7	3.00	2.743	0.914	0.00
0.00	8	3.00	2.747	0.916	0.00
0.00	9	3.00	2.751	0.917	0.00
0.00	10	3.00	2.759	0.920	0.00
-----					
0.00	Total	30.00	27.563	0.919	0.00
	Within				0.00

Bartlett's test

-----

Chi-square = -15.487

Number of Degrees of Freedom = 9

Approximate significance = 1.000

### VISCOSIDAD

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value
Prob.				
-----				
Between	9	896.388	99.599	999.990
0.0000				
Within	20	0.000	0.000	
-----				
Total	29	896.388		

Coefficient of Variation = 0.00%

Var.	V A R I A B L E	No. 4			
1	Number	Sum	Average	SD	
-----					
SE					
---					
0.00	1	3.00	140.700	46.900	0.00
0.00	2	3.00	156.300	52.100	0.00
0.00	3	3.00	143.100	47.700	0.00
0.00	4	3.00	140.700	46.900	0.00
0.00	5	3.00	160.800	53.600	0.00
0.00	6	3.00	156.300	52.100	0.00
0.00	7	3.00	187.500	62.500	0.00

0.00	8	3.00	187.500	62.500	0.00
0.00	9	3.00	166.800	55.600	0.00
0.00	10	3.00	168.900	56.300	0.00

---

1.02	Total	30.00	1608.600	53.620	5.56
	Within				0.00

Bartlett's test

Chi-square = 0.000

Number of Degrees of Freedom = 9

Approximate significance = 1.000

### INDICE DE REFRACCION

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E					
Prob.	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	
0.0000	Between	9	0.000	0.000	36.891
	Within	20	0.000	0.000	
	Total	29	0.000		

Coefficient of Variation = 0.04%

Var.	V A R I A B L E			No. 6	
1	Number	Sum	Average	SD	
SE	-----				
---					
0.00	1	3.00	4.421	1.474	0.00
0.00	2	3.00	4.420	1.473	0.00
0.00	3	3.00	4.408	1.469	0.00
0.00	4	3.00	4.419	1.473	0.00
0.00	5	3.00	4.421	1.474	0.00
0.00	6	3.00	4.422	1.474	0.00
0.00	7	3.00	4.412	1.471	0.00
0.00	8	3.00	4.411	1.470	0.00
0.00	9	3.00	4.409	1.470	0.00
0.00	10	3.00	4.415	1.472	0.00
---	-----				
0.00	Total	30.00	44.158	1.472	0.00
	Within				0.00

Bartlett's test

-----

Chi-square = -22.340

Number of Degrees of Freedom = 9

Approximate significance = 1.000

**ANEXO 2. ANALISIS DE VARIANZA DE LAS PRUEBAS QUIMICAS DE LOS ACEITES.**

**PEROXIDOS**

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value
Prob.				
-----				
-----				
Between	8	51.634	6.454	11326.158
0.0000				
Within	18	0.010	0.001	
-----				
-----				
Total	26	51.644		

Coefficient of Variation = 0.66%

Var.	V A R I A B L E	No. 3		
1	Number	Sum	Average	SD
SE				
-----				
---				
1	3.00	5.132	1.711	0.01
0.01				
2	3.00	8.338	2.779	0.04
0.01				
3	3.00	11.404	3.801	0.05
0.01				
4	3.00	7.785	2.595	0.01
0.01				
5	3.00	8.070	2.690	0.00
0.01				

0.01	6	3.00	8.207	2.736	0.01
0.01	7	3.00	18.468	6.156	0.00
0.01	8	3.00	15.045	5.015	0.03
0.01	9	3.00	14.833	4.944	0.00

---

0.27	Total	27.00	97.282	3.603	1.41
	Within				0.02

Bartlett's test

Chi-square = 28.892

Number of Degrees of Freedom = 8

Approximate significance = 0.000

**ACIDEZ**

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

Prob.	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value
0.0000	8	111.354	13.919	6133.934
	18	0.041	0.002	
	Total	26	111.395	

Coefficient of Variation = 2.81%

Var.	V A R I A B L E	No. 4		
1	Number	Sum	Average	SD
-----				
SE				
---				
0.03	1	3.00	0.543	0.181
0.03	2	3.00	0.546	0.182
0.03	3	3.00	2.369	0.790
0.03	4	3.00	2.073	0.691
0.03	5	3.00	2.439	0.813
0.03	6	3.00	2.451	0.817
0.03	7	3.00	8.321	2.774
0.03	8	3.00	20.924	6.975
0.03	9	3.00	6.132	2.044
-----				
---				
0.40	Total	27.00	45.798	1.696
	Within			2.07
				0.05

Bartlett's test

-----  
Chi-square = 55.758

Number of Degrees of Freedom = 8

Approximate significance = 0.000

**INDICE DE SAPONIFICACION**

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value
Prob.				
-----				
-----				
Between	8	56.875	7.109	39.600
0.0000				
Within	18	3.232	0.180	
-----				
-----				
Total	26	60.106		

Coefficient of Variation = 0.22%

Var.	V A R I A B L E		No. 5		
1	Number	Sum	Average	SD	
SE					
-----					
---					
	1	3.00	570.812	190.271	1.02
0.24					
	2	3.00	565.666	188.555	0.09
0.24					
	3	3.00	568.135	189.378	0.25
0.24					
	4	3.00	564.173	188.058	0.63
0.24					
	5	3.00	560.187	186.729	0.14
0.24					
	6	3.00	560.466	186.822	0.05
0.24					

0.24	7	3.00	567.288	189.096	0.19
0.24	8	3.00	574.479	191.493	0.15
0.24	9	3.00	564.633	188.211	0.14

---

0.29	Total	27.00	5095.839	188.735	1.52
	Within				0.42

Bartlett's test

Chi-square = 23.202

Number of Degrees of Freedom = 8

Approximate significance = 0.003

### INDICE DE YODO

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E					
Prob.	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value	
0.0000	Between	8	7268.939	908.617	1942.168
	Within	18	8.421	0.468	
	Total	26	7277.360		

Coefficient of Variation = 0.64%

Var.	V A R I A B L E			No. 6	
1	Number	Sum	Average	SD	
SE	-----				
---					
0.39	1	3.00	369.063	123.021	0.60
0.39	2	3.00	365.474	121.825	1.03
0.39	3	3.00	242.650	80.883	0.07
0.39	4	3.00	284.938	94.979	0.83
0.39	5	3.00	375.339	125.113	0.91
0.39	6	3.00	375.472	125.157	0.30
0.39	7	3.00	280.792	93.597	0.16
0.39	8	3.00	283.285	94.428	0.99
0.39	9	3.00	286.460	95.487	0.40
	-----				
---					
3.22	Total	27.00	2863.473	106.055	16.73
	Within				0.68

Bartlett's test

-----

Chi-square = 13.524

Number of Degrees of Freedom = 8

Approximate significance = 0.095

**MATERIA INSAPONIFICABLE**

A N A L Y S I S   O F   V A R I A N C E   T A B L E

	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-value
Prob.				
-----				
Between	8	6.896	0.862	577.710
0.0000				
Within	18	0.027	0.001	
-----				
Total	26	6.922		

Coefficient of Variation = 4.96%

Var.	V A R I A B L E	No. 7		
1	Number	Sum	Average	SD
-----				
SE				
---				
0.02	1	3.00	0.997	0.332
0.02	2	3.00	0.997	0.332
0.02	3	3.00	2.275	0.758
0.02	4	3.00	1.796	0.599
0.02	5	3.00	1.477	0.492
0.02	6	3.00	6.026	2.009

0.02	7	3.00	2.795	0.932	0.08
0.02	8	3.00	3.394	1.131	0.05
0.02	9	3.00	1.277	0.426	0.02
-----					
0.10	Total	27.00	21.034	0.779	0.52
	Within				0.04

Bartlett's test

-----

Chi-square = 17.566

Number of Degrees of Freedom = 8

Approximate significance = 0.025

**ANEXO 3. ESPECIFICACIONES DEL ACEITE DE SOYA SEGÚN LA NORMA INEN N° 33.**

**TABLA 19. ESPECIFICACIONES DEL ACEITE DE SOYA**

REQUISITO	UNIDAD	Mín.	Máx
Densidad relativa 25/25 °C	-	0.917	0.924
Índice de yodo	Cg/g	120	141
Acidez	%	-	0.2
Pérdida por calentamiento	%	-	0.05
Índice de saponificación	Mg/g	188	195
Materia insaponificable	%	-	1.5
Índice de refracción	-	1.472	1.476

**ANEXO 4. FOTOGRAFIAS**



**FOTOGRAFÍA Nº 6. LABORATORIO DEL DPTO. DE NUTRICIÓN Y CALIDAD DEL INIAP.**



**FOTOGRAFÍA Nº 7. MOLINO USADO EN LA ELABORACIÓN DE LA HARINA DE CHOCHO PREVIA A LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE**



FOTOGRAFÍA Nº 8. FLAKES DE CHOCHO AMARGO Y DESAMARGADO.



FOTOGRAFÍA Nº 9. HARINA DE CHOCHO AMARGO Y DESAMARGADO.



**FOTOGRAFÍA N° 10. EQUIPO DE SOXHLET PARA LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE**



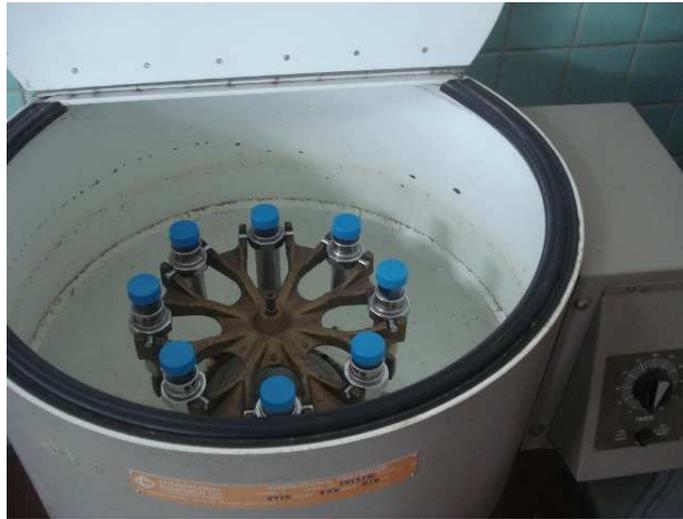
**FOTOGRAFÍA N° 11. EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE CHOCHO EN EL EQUIPO DE SOXHLET.**



**FOTOGRAFÍA Nº 12. ACEITE EXTRAÍDO CON EL EQUIPO DE SOXHLET.**



**FOTOGRAFÍA Nº 13. ELIMINACIÓN DEL SOLVENTE EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE**



**FOTOGRAFIA Nº 14. ACEITES SOMETIDOS A CENTRIFUGACIÓN EN EL PROCESO DE REFINACIÓN**



**FOTOGRAFÍA Nº 15. MUESTRAS DE ACEITES DE CHOCHO Y SOYA**



**FOTOGRAFÍA Nº 16. TITULACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS**



**FOTOGRAFÍA Nº 17. TITULACIÓN DEL ÍNDICE DE YODO**



**FOTOGRAFÍA N° 18. ÍNDICE DE YODO.**



**FOTOGRAFÍA N° 19. ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN**



**FOTOGRAFÍA Nº 20. MUESTRAS DE ACEITES SOMETIDOS A PRUEBAS DE ESTABILIDAD A TEMPERATURA AMBIENTE**



**FOTOGRAFÍA Nº 21. CÁMARA DE ALMACENAMIENTO ACELERADO**



**FOTOGRAFÍA N° 22. MUESTRAS DE ACEITE SOMETIDAS A PRUEBAS DE ESTABILIDAD EN CÁMARA ACELERADA**