

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE VEGETAL DE
LAS SEMILLAS DE UVA BORGÑOÑA (*Vitis vinífera*) UTILIZANDO
ENZIMAS”**

Presentado por:

CESAR RODOLFO MOYA GARCÍA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Lima- Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

“EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE VEGETAL DE LAS SEMILLAS DE UVA BORGOÑA (*Vitis vinífera*) UTILIZANDO ENZIMAS”

Presentada por:

CESAR RODOLFO MOYA GARCIA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentada y aprobada ante el siguiente Jurado:

Dr. David Campos Gutiérrez
PRESIDENTE

Dr. Marcial Silva Jaimes
MIEMBRO

Mg. Sc. Beatriz Hatta Sakoda
MIEMBRO

Mg. Sc. Gloria Pascual Chagman
ASESOR

Mg. Sc. Christian Encina Zelada
CO-ASESOR

Lima- Perú

2017

DEDICADO A MIS PADRES, MI
HERMANA, MI MADRINA Y LA
ING. GLORIA PASCUAL POR SU
APOYO ABNEGADO DURANTE
MI CARRERA PROFESIONAL Y
LA ELABORACIÓN DE MI TESIS

AGRADECIMIENTO AL
CONCYTEC POR EL
FINANCIAMIENTO BRINDADO Y
APOYO A LA INVESTIGACIÓN

GRACIAS POR TODO

INDICE GENERAL

RESUMEN

SUMMARY

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	2.1.VID	3
	2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	3
	2.1.2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA PLANTA	3
	2.1.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	4
	2.1.4. RESIDUOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA UVA	6
	2.1.5. SEMILLA DE UVA	8
	2.1.6. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SEMILLAS	8
	2.1.7. USOS DE LA SEMILLA	10
	2.1.8. ACEITE DE SEMILLA DE UVA	10
	2.2.EXTRACCIÓN DEL ACEITE	19
	2.2.1. EXTRACCIÓN MECÁNICA DEL ACEITE	19
	2.2.2. EXTRACCIÓN CON SOLVENTES	20
	2.2.3. EXTRACCIÓN DE FLUIDO SUPERCRÍTICO	20
	2.3.CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR DE LOS VEGETALES	21
	2.3.1. CELULOSA	21
	2.3.2. HEMICELULOSA	21
	2.3.3. PECTINAS	22

2.4.APLICACIÓN DE ENZIMAS INDUSTRIALES EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITES	23
2.4.1. DEFINICIÓN DE ENZIMAS	23
2.4.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA	24
2.4.3. VENTAJAS DEL USO INDUSTRIAL DE LAS ENZIMAS	28
2.4.4. ENZIMAS UTILIZADAS EN LA DEGRADACIÓN DE PAREDES CELULARES	29
2.4.5. USO DE ENZIMAS EN LA DEGRADACIÓN DE ACEITES DE DIFERENTES FUENTES	34
2.5.CAMBIOS EN LOS COMPONENTES DE LA PARED CELULAR	36
III. MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1.LUGAR DE EJECUCIÓN	37
3.2.MATERIALES Y EQUIPOS	37
3.2.1. MATERIA PRIMA	37
3.2.2. MATERIALES	37
3.2.3. EQUIPOS	38
3.2.4. REACTIVOS	38
3.3.MÉTODOS	39
3.3.1. ANÁLISIS PROXIMAL	39
3.3.2. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE CRUDO	40
3.3.3. RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN	42
3.4.METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	43
3.4.1. EXTRACCIÓN MECÁNICA CONVENCIONAL	43
3.4.2. EXTRACCIÓN MECÁNICA CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	44

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	48
3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	53
4.1. MATERIA PRIMA	53
4.2. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE UVA	55
4.2.1. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE MEZCLA DE SEMILLA DE UVA BLANCA Y NEGRA CON Y SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO POR PRENSADO HIDRÁULICO.	55
4.3. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ACEITE DE SEMILLA DE UVA POR EXTRACCIÓN MECÁNICA	61
4.3.1. EFECTO DEL FACTOR MATERIA PRIMA: AGUA	61
4.3.2. EFECTO DEL FACTOR ENZIMA	66
4.3.3. EFECTO DEL FACTOR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	73
4.3.4. EFECTO DEL FACTOR TIEMPO	78
4.4. EFECTO DEL TRATAMIENTO EN ZIMÁTICO SOBRE EL INDICE DE ACIDEZ	83
4.4.1. EFECTO DEL FACTOR MATERIA PRIMA: AGUA	83
4.4.2. EFECTO DEL FACTOR ENZIMA	88
4.4.3. EFECTO DEL FACTOR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	92
4.4.4. EFECTO DEL FACTOR TIEMPO	97
4.5. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO SOBRE EL INDICE DE PERÓXIDO	101
4.5.1. EFECTO DEL FACTOR MATERIA PRIMA: AGUA	101
4.5.2. EFECTO DEL FACTOR ENZIMA	106
4.5.3. EFECTO DEL FACTOR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	110

4.5.4. EFECTO DEL FACTOR TIEMPO	115
4.6. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA TORTA	120
4.7. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE CRUDO DE SEMILLA DE UVA	122
4.8. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA COMPOSICIÓN DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA DE UVA	125
4.9. FIBRA DETERGENTE ÁCIDO Y NEUTRO DE SEMILLA DE UVA	131
V. CONCLUSIONES	132
VI. RECOMENDACIONES	133
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	134
VIII. ANEXOS	143

INDICE DE TABLAS

Cuadro 1:	Área de cultivo de la uva a nivel mundial	5
Cuadro 2:	Evolución Producción Nacional (t)	5
Cuadro 3:	Utilización de la uva por región en el Perú	6
Cuadro 4:	Composición de ácidos grasos de semilla de uva	13
Cuadro 5:	Comparación de rendimientos (% en peso) de extracción supercrítica (ESC) y líquida para distintas semillas vegetales	14
Cuadro 6:	Comparación de los aceites de uva extraídos con Dióxido de carbono Supercríticos y hexano	14
Cuadro 7:	Composición porcentual y concentración total (mg/kg) de los Fitoesteroles en los aceites vírgenes de semillas de uva	15
Cuadro 8:	Componentes volátiles en el aceite virgen de semillas de uva (mg/kg) (<i>Vitis vinífera L.</i>)	16
Cuadro 9:	Tocoferoles, tocotrienoles y pigmentos presentes en el aceite virgen de semillas de uva (mg/kg)	17
Cuadro 10:	Caracterización química del aceite fresco	17
Cuadro 11:	Índice de peróxidos, acidez y composición en ácidos grasos de los aceites vírgenes extraídos de semillas de uva (<i>Vitis vinifera L.</i>)	18
Cuadro 12:	Niveles de los factores que intervienen en el tratamiento enzimático	50
Cuadro 13:	Diseño factorial, considerando los factores: enzima, concentración de enzima, concentración de sustrato, tiempo de incubación	52
Cuadro 14:	Análisis morfológico de la mezcla de semillas de uva blanca y negra.	53
Cuadro 15:	Composición química proximal de la semilla de uva	54
Cuadro 16:	Extracción de aceite de semilla de uva obtenido sin tratamiento enzimático por prensado hidráulico y el tratamiento con enzimas óptimo	56
Cuadro 17:	Extracción de aceite tratado con enzimas Deltazym Vrac-100, Celulasa y Hemicelulasa de mezcla de semilla de uva obtenido por prensado hidráulico	57
Cuadro 18:	Índice de acidez de los tratamientos óptimos estadísticamente similares	60
Cuadro 19:	Efecto del tratamiento enzimático en la composición química proximal de la torta obtenida sin y con tratamiento enzimático	120

Cuadro 20:	Efecto del tratamiento enzimático en las características fisicoquímicas del aceite extraído de la semilla de uva	122
Cuadro 21:	Efecto del tratamiento enzimático Mp: Agua 2:1, Celulasa, Concentración de enzima 0,5% y Tiempo 18 horas en la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de uva	126
Cuadro 22:	Fibra detergente ácida y neutra en mezcla de semillas	131

INDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Esquema del proceso para el tratamiento de orujo húmedo de uva	8
Figura 2:	Celulosa (fragmento de la fórmula)	21
Figura 3:	Molécula de la celulosa con puentes de hidrógeno (fragmento)	21
Figura 4:	Curvas de actividad en función del pH de algunas enzimas	26
Figura 5:	Efecto de la temperatura sobre la actividad de una enzima	27
Figura 6:	Acción de la pectatoliasa	31
Figura 7:	Diagrama de flujo para la extracción de aceite crudo de las semillas de uva mediante el método mecánico convencional	46
Figura 8:	Diagrama de flujo para la extracción de aceite crudo de las semillas de uva mediante el método mecánico asistido por un tratamiento enzimático previo	47
Figura 9:	Diseño Experimental	48
Figura 10:	Semilla de uva Borgoña	53
Figura 11:	Rendimiento de extracción de aceite con respecto a la materia prima	58
Figura 12:	Gráfico de interacciones entre la relación materia prima: agua y las enzimas utilizadas	61
Figura 13:	Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima	63
Figura 14:	Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor tiempo	64
Figura 15:	Rendimiento promedio entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3:1)	65
Figura 16:	Gráfico de interacciones entre el factor enzima y el factor materia prima: agua	66
Figura 17:	Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor concentración de enzima	68
Figura 18:	Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor tiempo	70
Figura 19:	Rendimiento promedio de los niveles del factor Enzima (deltazym, celulasa y hemicelulasa)	72
Figura 20:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua	73

Figura 21:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor enzima	74
Figura 22:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor tiempo	76
Figura 23:	Rendimiento promedio de los niveles del factor Concentración de Enzima (0,5 y 2%)	77
Figura 24:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Materia prima: Agua	78
Figura 25:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Enzima	79
Figura 26:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Concentración de enzima	81
Figura 27:	Rendimiento promedio de los niveles del factor tiempo 4 y 18 horas	82
Figura 28:	Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor enzima	83
Figura 29:	Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima	85
Figura 30:	Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor tiempo	86
Figura 31:	Índice de acidez promedio entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3:1)	87
Figura 32:	Gráfico de interacciones entre el factor enzima y el factor materia prima: agua	88
Figura 33:	Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor concentración de enzima	89
Figura 34:	Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor tiempo.	89
Figura 35:	Índice de acidez promedio de los niveles del factor Enzima (deltazym, celulasa y hemicelulasa)	91
Figura 36:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua	92
Figura 37:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor enzima	93
Figura 38:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor tiempo	95

Figura 39:	Índice de acidez promedio de los niveles del factor Concentración de Enzima (0,5 y 2%)	96
Figura 40:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Materia prima: Agua	97
Figura 41:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Enzima.	97
Figura 42:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Concentración de enzima	99
Figura 43:	Índice de acidez promedio de los niveles del factor Tiempo (4 y 18 horas)	100
Figura 44:	Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor enzima	101
Figura 45:	Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima	103
Figura 46:	Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor tiempo	104
Figura 47:	Índice de peróxido promedio entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3:1)	105
Figura 48:	Gráfico de interacciones entre el factor enzima y el factor materia prima: agua	106
Figura 49:	Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor concentración de enzima	107
Figura 50:	Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor tiempo	108
Figura 51:	Índice de peróxido promedio de los niveles del factor Enzima (deltazym, celulasa y hemicelulasa)	109
Figura 52:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua	110
Figura 53:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor enzima	111
Figura 54:	Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor tiempo	113
Figura 55:	Rendimiento promedio de los niveles del factor Concentración de Enzima (0,5 y 2%)	114
Figura 56:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Materia prima: Agua	115

Figura 57:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Enzima	116
Figura 58:	Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Concentración de enzima	118
Figura 59:	Índice de peróxido promedio de los niveles del factor Tiempo (4 y 18 horas)	119
Figura 60:	Cromatograma de ácidos grasos del aceite de semilla de uva obtenida sin tratamiento enzimático	129
Figura 61:	Cromatograma de ácidos grasos del aceite de semilla de uva obtenida con tratamiento enzimático	130

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:	ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE SEMILLA DE UVA	143
ANEXO 2:	EXTRACCIÓN DE ACEITE DE MEZCLA DE SEMILLA DE UVA OBTENIDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y POR PRENSADO HIDRÁULICO	144
ANEXO 3:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 4 H	145
ANEXO 4:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4 H	145
ANEXO 5:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4 H	146
ANEXO 6:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4 H	146
ANEXO 7:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 18 H	147
ANEXO 8:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 18 H	147
ANEXO 9:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 18 H	148
ANEXO 10:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 3:1	148

	CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 18 H	
ANEXO 11:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 4 H	149
ANEXO 12:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4 H	149
ANEXO 13:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 4 H	150
ANEXO 14:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4 H	150
ANEXO 15:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 18 H	151
ANEXO 16:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 18 H	151
ANEXO 17:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 18 H	152
ANEXO 18:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 18 H	152

ANEXO 19:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULOSA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 18 H	153
ANEXO 20:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 18 H	153
ANEXO 21:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 18 H	154
ANEXO 22:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULOSA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 18 H	154
ANEXO 23:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO DELTAZYM MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 4 H	155
ANEXO 24:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4 H	155
ANEXO 25:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 4 H	156
ANEXO 26:	EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4H	156
ANEXO 27:	ANOVA MULTIFACTORIAL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE ACEITE NUMERO DE TRATAMIENTOS 72	157

ANEXO 28:	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA RENDIMIENTO EN EXTRACCIÓN DE ACEITE POR MP: AGUA	158
ANEXO 29:	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA RENDIMIENTO EN EXTRACCIÓN DE ACEITE POR ENZIMA	158
ANEXO 30:	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA RENDIMIENTO EN EXTRACCIÓN DE ACEITE POR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	159
ANEXO 31:	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE POR TIEMPO	159
ANEXO 32:	RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES MP: AGUA Y ENZIMA	160
ANEXO 33:	RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES MP: AGUA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	160
ANEXO 34:	RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES MP: AGUA Y TIEMPO	161
ANEXO 35:	RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES ENZIMA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	161
ANEXO 36:	RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES ENZIMA Y TIEMPO	162
ANEXO 37:	RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES CONCENTRACIÓN DE ENZIMA Y TIEMPO	162
ANEXO 38:	ENZIMA DELTAZYM ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDO MEQ O ₂ / 1000 G DE ACEITE	163
ANEXO 39:	ENZIMA CELULASA ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDO MEQ O ₂ / 1000 G DE ACEITE	163
ANEXO 40:	ENZIMA HEMICELULASA ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDO MEQ O ₂ / 1000 G DE ACEITE	164
ANEXO 41:	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO	165
ANEXO 42:	PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO POR MP: AGUA	166
ANEXO 43:	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO POR ENZIMA	166

ANEXO 44:	PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO POR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	167
ANEXO 45:	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO POR TIEMPO	167
ANEXO 46:	ANÁLISIS DE ÍNDICE DE ACIDEZ MG DE KOH/G DE ACEITE ENZIMA DELTAZYM	168
ANEXO 47:	ANÁLISIS DE ÍNDICE DE ACIDEZ MG DE KOH/G DE ACEITE ENZIMA CELULASA	168
ANEXO 48:	ANÁLISIS DE ÍNDICE DE ACIDEZ MG DE KOH/G DE ACEITE ENZIMA HEMICELULASA	169
ANEXO 49:	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÍNDICE DE ACIDEZ	169
ANEXO 50:	PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR MP: AGUA	171
ANEXO 51:	PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR ENZIMA	171
ANEXO 52:	PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	172
ANEXO 53:	PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR TIEMPO	172
ANEXO 54:	ÍNDICE DE PERÓXIDO. ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y ENZIMA	173
ANEXO 55:	ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	173
ANEXO 56:	ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y TIEMPO	174
ANEXO 57:	ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES ENZIMA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	174
ANEXO 58:	ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES ENZIMA Y TIEMPO	175
ANEXO 59:	ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES CONCENTRACIÓN DE ENZIMA Y TIEMPO	175
ANEXO 60:	ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y ENZIMA	176

ANEXO 61:	ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	176
ANEXO 62:	ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y TIEMPO	177
ANEXO 63:	ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES ENZIMA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA	177
ANEXO 64:	ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES ENZIMA Y TIEMPO	178
ANEXO 65:	ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES CONCENTRACIÓN DE ENZIMA Y TIEMPO	178
ANEXO 66:	PRUEBAS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE LSD DEL TRATAMIENTO OPTIMO (MAYOR RENDIMIENTO DE ACEITE EXTRAÍDO) CON LOS DEMÁS TRATAMIENTOS, EVALUACIÓN DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA	179
ANEXO 67:	ENSAYO, CROMATOGRFIA DE ACIDOS GRASOS (PREVOT Y MORDRET, 1976)	181
ANEXO 68:	PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA PORCENTAJE POR RENDIMIENTO DE ACEITE OBTENIDO	183
ANEXO 69:	PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. HUMEDAD EN EXTRACCIÓN SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	184
ANEXO 70:	PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ANOVA DE HUMEDADES EN EXTRACCIÓN SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	184
ANEXO 71:	PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ÍNDICE DE ACIDEZ SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	185
ANEXO 72:	ANOVA DE ÍNDICE DE ACIDEZ EN EXTRACCIÓN SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	185
ANEXO 73:	PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. ÍNDICE DE PERÓXIDO PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	186
ANEXO 74:	ANOVA DE ÍNDICE DE PERÓXIDO EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	186

ANEXO 75:	PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. ÍNDICE DE IODO EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	187
ANEXO 76:	ANOVA DE ÍNDICE DE IODO EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	187
ANEXO 77:	PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ÍNDICE DE REFRACCIÓN PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	188
ANEXO 78:	ANOVA DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	188
ANEXO 79:	PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. DENSIDAD PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	189
ANEXO 80:	PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. ANOVA DE LA DENSIDAD EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	189
ANEXO 81:	ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	190
ANEXO 82:	ANOVA DE ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	190
ANEXO 83:	INSAPONIFICABLES PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	191
ANEXO 84:	ANOVA DE INSAPONIFICABLES EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	191
ANEXO 85:	P-ANISIDINA PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	192
ANEXO 86:	ANOVA DE P-ANISIDINA EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA	192
ANEXO 87:	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS PROXIMAL HUMEDAD DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	193
ANEXO 88:	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS PROXIMAL ANOVA DE LA HUMEDAD SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	193

ANEXO 89:	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS PROXIMAL FIBRA DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	194
ANEXO 90:	ANOVA DE LA FIBRA SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	194
ANEXO 91:	GRASA DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	194
ANEXO 92:	ANOVA DE LA GRASA SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	195
ANEXO 93:	CENIZA DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	195
ANEXO 94:	ANOVA DE LA CENIZA SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	195
ANEXO 95:	PROTEÍNA DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	196
ANEXO 96:	ANOVA DE LA PROTEÍNA SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	196
ANEXO 97:	CARBOHIDRATOS DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	196
ANEXO 98:	ANOVA DE LOS CARBOHIDRATOS SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	197
ANEXO 99:	ÁCIDOS GRASOS CÍCLICO PALMÍTICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	198
ANEXO 100:	ÁCIDOS GRASOS ANOVA DEL ÁCIDO PALMÍTICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	198

ANEXO 101:	ÁCIDOS GRASOS ACIDO ESTEÁRICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	198
ANEXO 102:	ÁCIDOS GRASOS ANOVA DEL ÁCIDO ESTEÁRICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	199
ANEXO 103:	ÁCIDO OLEICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	199
ANEXO 104:	ANOVA DEL ÁCIDO OLEICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	199
ANEXO 105:	ÁCIDO LINOLEICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	200
ANEXO 106:	ANOVA DEL ÁCIDO LINOLEICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	200
ANEXO 107:	ÁCIDO LINOLÉNICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	200
ANEXO 108:	ANOVA DEL ÁCIDO LINOLÉNICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	201
ANEXO 109:	ÁCIDOS GRASOS SATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	201
ANEXO 110:	ANOVA DE LOS ÁCIDOS GRASOS SATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	201
ANEXO 111:	ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	202

ANEXO 112:	ANOVA DE LOS ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	202
ANEXO 113:	ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	202
ANEXO 114:	ANOVA DE LOS ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	203
ANEXO 115:	FOTO DONDE SE PUEDEN APRECIAR GAJOS Y TALLOS DE UVA FRESCOS EN LUNAHUANA	204
ANEXO 116:	FOTO DE SELECCIÓN DE PEPITAS DE UVA	204
ANEXO 117:	FOTO DE SEMILLA DE UVA BLANCA Y NEGRA	205
ANEXO 118:	BANDEJA CON SEMILLAS DE UVA PARA DESHIDRATADO	205
ANEXO 119:	EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE UVA	206
ANEXO 120:	TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA SEMILLA DE UVA	206
ANEXO 121:	ACEITE DE SEMILLA DE UVA EXTRAÍDO	207
ANEXO 122:	ACEITE DE SEMILLA DE UVA CENTRIFUGADO	207
ANEXO 123:	CROMATÓGRAFO DE GASES INYECTOR. ITP	208
ANEXO 124:	COLUMNA CROMATOGRÁFICA CAPILAR SUPELCO ITP	208

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, ha demostrado lo factible que es incrementar el rendimiento de aceite de semilla de uva Borgoña en una extracción por prensado hidráulico empleando enzimas, a nivel de laboratorio, resultando un producto de aceptable calidad fisicoquímica. El estudio realizado se dividió en dos partes: (a) la determinación de parámetros para obtener el rendimiento óptimo en la extracción de aceite de semilla de uva por prensado hidráulico utilizando enzimas (b) evaluación de la calidad del aceite extraído, y determinación de los parámetros para obtener un rendimiento y calidad óptimos. El aceite crudo de uva sin tratamiento enzimático (control) se obtuvo por extracción mecánica, el procedimiento seguido fue pesado, molienda, tamizado, tratamiento térmico 80 °C, por 20 min, prensado a presión constante de 6 000 psi con una humedad de 12,5 por ciento, y centrifugado a 448 g respectivamente. Después del proceso antes descrito, en la extracción con tratamiento enzimático, se utilizaron los siguientes factores: complejo enzimático Deltazym VRAC – 100, enzimas puras Celulasa de *Aspergillus niger* y Hemicelulosa de *Aspergillus niger*, concentración de la enzima (0,5 % y 2 %), materia prima: agua (2:1, 3:1), tamaño de partícula 0,5 mm y tiempo de incubación 4 y 18 horas. Se utilizó un diseño factorial de 3×2^3 analizando los resultados con Diseño Completamente al Azar (DCA) y las comparaciones múltiples con Least Significant Difference (LSD). El rendimiento de aceite de uva fue óptimo ($9,03 \pm 0,61$ % g de aceite extraído/100 g de muestra) y obtuvo las mejores características de calidad (índice de peróxidos y acidez) al tratar con la enzima Celulasa con los factores de extracción de mp: agua (2:1), concentración de enzima 0,5 por ciento, y tiempo de 18 horas.

Palabras claves: Extracción, enzimas, aceite crudo, rendimiento, análisis fisicoquímicos.

SUMMARY

This research work has shown how feasible is to increase the Borgoñas grape oil yield seed extraction in a hydraulic press using enzymes, at laboratory level, resulting in a product of acceptable physical-chemistry quality. The study was divided into two parts: (a) determining parameters for optimal performance in the extraction of oil from grape seed by hydraulic pressing using enzymes (b) evaluation of the quality of the extracted oil, and determination of the parameters for optimal performance and quality. The crude grape oil without enzyme treatment (control) was obtained by mechanical extraction, the procedure was weighed, milling, screening, heat treatment 80 °C, for 20 min, pressed at a constant pressure of 6 000 psi with a moisture content of 12,5 percent, and centrifuged at 448 g respectively. After the above described, in the extraction with enzymatic treatment process, the following factors were used: enzyme complex Deltazym VRAC - 100, pure enzymes cellulase from *Aspergillus niger* and hemicellulose *Aspergillus niger* enzyme concentration (0,5% and 2%), raw material: water (2: 1, 3: 1), 0,5 mm particle size and incubation time 4 and 18 hours. A factorial design was used 3×2^3 analyzing the results with DCA and multiple comparisons with Least Significant Difference (LSD). The oil yield grape was optimal ($9,03 \pm 0,61\%$ g of oil extracted / 100 g sample) and obtained the best quality characteristics (peroxide value and acidity) in dealing with the cellulase enzyme factors extraction mp: water (2:1), 0,5 percent enzyme concentration, and 18 hours.

Keywords: Extraction, enzymes, crude oil, yield, physico-chemical analysis.

I. INTRODUCCIÓN

En el mercado nacional la situación de la uva presenta un crecimiento ya que de una producción en el año 2 000 de alrededor de los 102,37 miles de TM, paso a ser en el año 2007 a 196,6 miles de TM, lo que significó un crecimiento porcentual del orden del 92 por ciento, siendo Ica el principal impulsor de este crecimiento. En la actualidad son los departamentos de Ica y La Libertad quienes poseen el mayor porcentaje de producción de uva en el Perú, debido principalmente a las condiciones favorables en cuanto a la naturaleza, la tecnología y la mayor capacidad empresarial (AMPEX 2008).

Por lo antes mencionado, se demuestra que la uva es un fruto de gran importancia en el mercado nacional. Sin embargo, existe un desaprovechamiento de los residuos generados (cáscaras y semillas) en la agroindustria de este sector, de tal manera que se genera un impacto ambiental negativo.

En la industria vitivinícola, como en las destiladoras de alcohol para la producción de pisco, se utiliza sólo el zumo de uva, por lo que se genera una gran cantidad de desperdicios de uso potencial para la elaboración de subproductos, entre los cuales se destaca el aceite de semilla de uva. La semilla de uva contiene entre 13,0 y 18,4 por ciento de lípidos, presentando un alto porcentaje de ácidos grasos polinsaturados. Los más abundantes son el ácido oleico y el ácido linoleico, con 22 por ciento y 67 por ciento respectivamente (Padley 1994).

Dentro de los compuestos activos de la semilla de uva se pueden encontrar abundantes polímeros derivados de catequina y epicatequina, denominados Procianidinas. Estos compuestos tienen un gran valor farmacéutico, por su actividad antioxidante (Bombardelli *et al.* 1997), lo cual le concede una utilización integral a este residuo vitivinícola. De esta manera los objetivos de la presente investigación son:

Objetivo General

- Realizar la extracción y caracterización de aceite vegetal de las semillas de uva Borgoña utilizando enzimas.

Objetivos específicos:

- Determinar los parámetros que maximizan la extracción de aceite de semillas de uva en el tratamiento enzimático.
- Comparar el rendimiento del aceite extraído mecánicamente de la semilla de uva Borgoña con tratamiento enzimático y sin tratamiento enzimático.
- Determinar la composición en ácidos grasos de la extracción con mejor rendimiento obtenido con enzimas y del tratamiento sin enzimas.
- Caracterizar fisicoquímicamente el aceite obtenido con enzimas y sin enzimas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. VID (*Vitis vinifera*)

La vid, parra, parrón o videira (*Vitis vinifera*) es una planta leñosa trepadora que alcanza hasta más de 30 m si se deja crecer libremente, las labores culturales de poda la reducen a arbustos pequeños cercanos a 1 m. Su fruto, una baya comestible denominada uva, es materia prima para la fabricación de vino y otras bebidas alcohólicas. Su tronco, retorcido y tortuoso, presenta una corteza gruesa y áspera que se desprende en tiras longitudinales. Las ramas jóvenes, denominadas sarmientos, son flexibles y engrosadas en los nudos; alternando sobre ellas se disponen las hojas, grandes, palmeadas, muy lobuladas a la vez están dentadas, que se les suele llamar pámpanas. Los zarcillos salen enfrente de las hojas y se enroscan y endurecen en cuanto encuentran soporte (CEDEP 2007).

2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

CEDEP (2007), menciona que la vid dentro del reino vegetal está, clasificada en la siguiente forma: Tipo: fanerógamas, Subtipo: Angiosperma, Clase: Dicotiledóneas, Grupo: Dialipétalas, Orden: Ramnales, Familia: Vitácea, Género: *Vitis*.

Según CEDEP (2007), en nuestro país se encuentran variedades que se agrupan en las siguientes clases: Para mesa, vinos, piscos, y pasas; siendo la uva quebranta, la utilizada para uva de mesa como para vinificación (vinos tintos y rosados) y elaboración del pisco.

2.1.2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA PLANTA

La vid es un arbusto sarmentoso, cuyas ramas tienden a fijarse por medio de zarcillos. La raíz es de naturaleza pivotante que puede llegar hasta más de dos metros de profundidad, es necesario y conveniente distinguir los dos tipos de raíces: la raíces verdaderas que producen

abundante alimento y las radículas que se encuentran a flor de tierra y proporciona una savia que favorece la fructificación; el tallo es tortuoso con corteza exfoliable, es decir que se puede sacar fácilmente descortezándola (CEDEP 2007).

Las ramas de la vid reciben el nombre de sarmientos si son de un año, las cuales son las únicas capaces de producir brotes fructíferos, brotes vegetativos que no llevarán frutos pero si, las llamadas feminelas que son racimos que no lograron formarse en los sarmientos también, encontramos las yemas las cuales se encuentran distribuidas a lo largo de todo el sarmiento, excepcionalmente sobre el leño más viejo, lo que en la región le llamamos piojos, que dejamos muchas veces sirvan como cortes nuevos y para poder renovar el parral . De la yema fructífera nace el brote llamado también pámpano mientras permanece herbáceo o verde, el cual empezando de la parte opuesta de la segunda o tercera hoja lleva los frutos (CEDEP 2007).

Las hojas son ditales, esto es que se alternan sobre dos caras opuestas, por su forma las hojas pueden ser: enteras y dentadas, en el caso de la uva quebranta los zarcillos se desarrollan opuestamente a cada hoja si lleva racimo (CEDEP 2007).

Las flores son pequeñas, verdosas, hermafroditas, con cáliz pequeño, corola con cinco pétalos. El fruto es una baya a la que llamamos grano, es redonda y succulenta que encierra a las semillas llamadas pepitas (CEDEP 2007).

2.1.3 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

Según la FAO (2012), la producción mundial de uva ocupa 75 866 km². Aproximadamente el 71 por ciento de esta producción se usa para vino, 27 por ciento para el consumo fresco y 2 por ciento como frutos secos. Una parte de la producción de zumo de uva es usada como edulcorante para zumos distribuidos bajo los lemas “sin azúcar añadido” y “100 por ciento natural”. El terreno dedicado a las viñas crece anualmente alrededor de un 2 por ciento. El Cuadro 1, muestra los países mayores productores de vino, asimismo la correspondencia con las áreas dedicadas a la plantación del viñedo.

Cuadro 1: Área de cultivo de la uva a nivel mundial

PAÍS	AREA DEDICADA
ESPAÑA	11 750 km ²
FRANCIA	8 640 km ²
ITALIA	8 270 km ²
TURQUÍA	8 120 km ²
ESTADOS UNIDOS	4 150 km ²
IRÁN	2 860 km ²
RUMANIA	2 480 km ²
PORTUGAL	2 160 km ²
ARGENTINA	2 080 km ²
CHILE	1 840 km ²
AUSTRALIA	1 642 km ²
INGLATERRA	1 053 km ²

FUENTE: Tomado de FAO 2012.

En el Perú la zona donde más se produce la uva es en Ica como lo muestra el Cuadro 2.

Cuadro 2: Evolución Producción Nacional (t)

Región	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ica	69 729	88 145	83 034	102 717	127 137	120 999
La Libertad	45 517	44 441	44 997	41 285	43 286	43 384
Lima	41 534	44 339	50 486	55 466	54 147	55 735
Tacna	4 311	4 291	4 653	5 237	5 914	5 952
Arequipa	2 287	3 577	3 848	5 865	7 947	8 276
Moquegua	1 757	1 677	2 068	2 846	2 542	2 949
Piura		205	400	452	15 090	34 981
Resto del País	4 405	4 967	7 118	9 503	8 305	8 496
Total	169 540	191 642	196 604	223 371	264 368	280 472

FUENTE: Tomado de MINAG 2010.

La participación en la producción en el año 2010, lo lidera el departamento de Ica con 43,14 por ciento, seguido de Lima con 19,8 por ciento, La Libertad con 15,47 por ciento, Arequipa con 2,95 por ciento, Tacna con 2,12 por ciento, como principales regiones productoras de uva a nivel nacional.

MINAG (2008), menciona que la estructura de las variedades de uva en las zonas productivas (ha) es la siguiente: mesa 3 947 (27 %), vino 2 192 (15 %), consumo familiar 1 351 (9 %), y pisco 7 305 (49 %).

El uso que se le da a la uva a nivel nacional por provincia se ve reflejado en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Utilización de la uva por región en el Perú

Región	Uva (hectáreas)				
	Total	Mesa	Pisco	Vino	Consumo Familiar
Ica	7 672	3 220	3 164	665	623
Lima Provincias	4 074	292	2 924	604	254
Arequipa	1 356	156	427	416	357
Moquegua	877	162	359	303	53
Tacna	815	116	431	204	64
Total General	14 794 (100 %)	3 946 (27 %)	7 305 (49 %)	2 192 (15 %)	1 351 (9 %)

FUENTE: Adaptado de MINAG 2008.

2.1.4. RESIDUOS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA UVA

Del tratamiento de la uva para producir vino se obtiene un residuo llamado orujo, constituido de un 60 a 70 por 100 de agua y de un 30 a 40 por 100 de parte sólida. La cantidad de orujo es de un 20 al 30 por ciento del peso de uva tratada (Bernardini 1981).

Cuando el orujo se prensa su composición media es: agua, del 45 al 55 por ciento; parte sólida, del 45 al 55 por ciento. La composición media de un orujo no prensado es según Bernardini (1981):

- Agua, del 58 al 67 por ciento.
- Sustancia nitrogenada, del 4 al 4,5 por ciento.
- Grasa, del 2,5 al 3,5 por ciento.
- Sustancia extractiva no nitrogenada, del 17 al 20 por ciento.
- Celulosa, del 8 al 10 por ciento.
- Alcohol, del 3 al 4 por ciento.

Del orujo previa desecación y separación, se obtiene la granilla de uva, que puede ser de dos calidades, según proceda de orujo destilado o no (Bernardini 1981).

En la Figura 1, se muestra el esquema del proceso para el tratamiento de orujo de uva (Bernardini 1981).

La producción mundial de uva (*Vitis vinifera L.*) se estima en 69 millones de toneladas para el 2011 (FAO STAT 2009). El uso principal de la uva está dirigido a la elaboración del vino (de 70 a 80 %), y el resto se utiliza para el consumo de frutas y usos nutracéuticos o farmacéuticos. El orujo de la uva, residuo de la elaboración del vino, representa el 20 por ciento de la uva (w/w); se compone de semillas 38-52 por ciento en base a materia seca (Maier *et al.*, 2009). Más de 3 millones de toneladas de semillas de uva se desechan anualmente en todo el mundo (Fernandes *et al.* 2012).

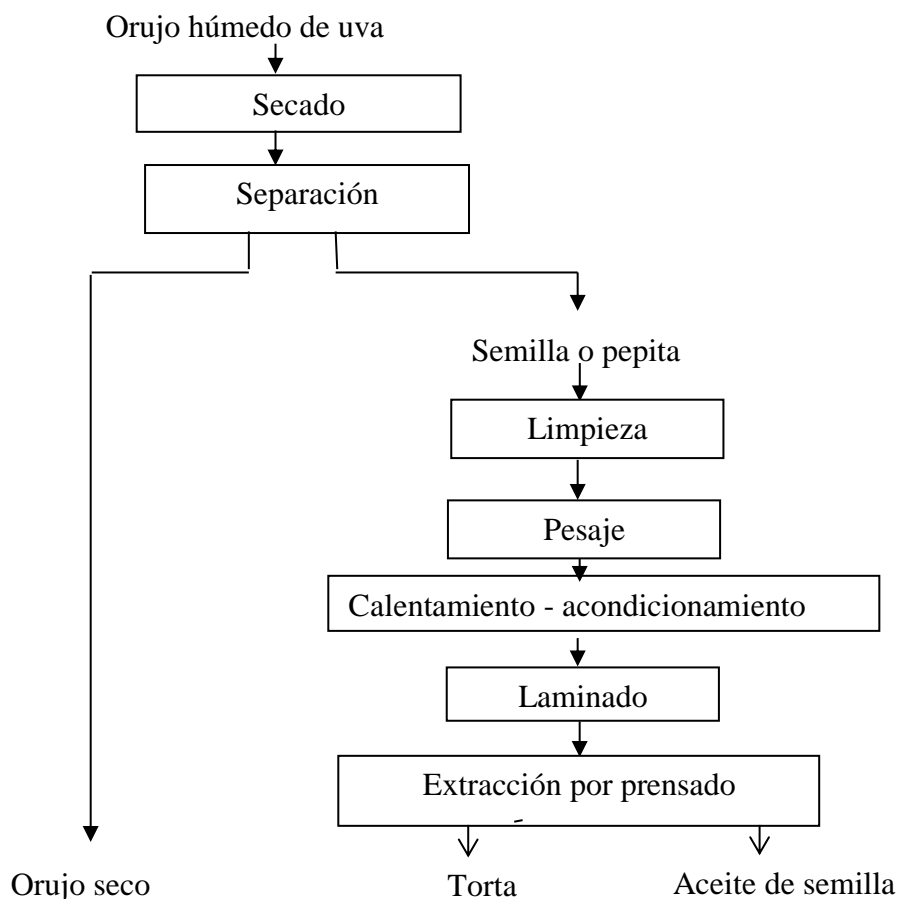


Figura 1: Esquema del proceso para el tratamiento de orujo húmedo de uva
 FUENTE: Tomado de Bernardini (1981).

2.1.5. SEMILLA DE UVA

De 100 kg de orujo húmedo se obtienen de 10 a 12 kg de granilla. El procesado de esta semilla no es fácil, dada su naturaleza leñosa, que la hace difícil de laminar, por lo que para obtener un buen rendimiento industrial es necesario disponer de laminadores especiales diseñados para este proceso (Bernardini 1981).

2.1.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SEMILLAS

El peso específico de la granilla seca es de 480 a 520 kg, y su composición media según Bernardini (1981) es:

- Humedad, del 7 al 9 por ciento.
- Grasa, del 14 al 20 por ciento.

- Pentosas, del 10 al 12 por ciento.
- Tanino, del 4 al 4,5 por ciento.
- Celulosa bruta, del 30 al 33 por ciento.
- Sustancia nitrogenada, del 9 al 10 por ciento.
- Cenizas, del 2,5 al 4 por ciento.

La semilla de uva contiene entre 13,0 y 18,4 por ciento de lípidos, presentando un alto porcentaje de ácidos grasos polinsaturados. Los más abundantes son el ácido oleico y el ácido linoleico, con 22 por ciento y 67 por ciento respectivamente (Padley 1994).

Se ha descrito que la pared celular de la pipa de uva contiene aproximadamente 90 por ciento en peso de polisacáridos y menos del 10 por ciento de proteínas. Celulosa y ácido poligalacturónico son los mayores constituyentes de la pared, cada uno responsable del 30-40 por ciento del total de los polisacáridos que la componen (Numan 1997). El alto poder antioxidante que se ha descrito en la pipa de uva (Rapport *et al.* 2001 y Bagchi *et al.* 1997), hace necesario buscar un método alternativo para la extracción de su aceite, manteniendo de esta forma sus compuestos activos.

El extracto de semilla de uva se ha demostrado para proporcionar un efecto antioxidante superior en comparación con la vitamina E en dosis iguales en peso (Bagchi *et al.* 1997 y Ariga 2004).

Estudios recientes han informado de que GSE (grape seed extract) tiene un potencial efecto terapéutico a través de la reducción del estrés oxidativo en la diabetes y sus complicaciones relacionadas (Sato *et al.* 2001, Pinent *et al.* 2004, Cui *et al.* 2008, Chis *et al.* 2009, Kiyici *et al.* 2010, Mansouri *et al.* 2011 y Ding *et al.* 2013).

La semilla de uva contiene promotores de la salud como aceites insaturados y polifenoles (flavan-3-oles o taninos condensados), mientras que las pieles de uva contienen antocianinas y el resveratrol (Chira *et al.* 2008).

Las semillas de uva corresponden a un 6 por ciento del peso total de la uva y están compuestas principalmente de agua (25-45 %), compuestos glucídicos (34-36 %), taninos

(4-10 %), compuestos nitrogenados (4-6,5 %), minerales (2-4 %), y lípidos (13-20 %) (Zúñiga 2003).

La semilla de uva contiene aproximadamente 90 por ciento en peso de polisacáridos y menos del 10 por ciento de proteínas. Celulosa y ácido poligalacturónico son los mayores constituyentes de la pared, cada uno responsable del 30- 40 por ciento del total de los polisacáridos que la componen (Paladino 2008).

2.1.7. USOS DE LA SEMILLA

Las semillas no tienen un uso industrial en el Perú. Se utiliza básicamente como alimento balanceado para animales y como abono. En otros países como Alemania, Francia e Italia se extraen el aceite de pepita de uva y es usado como aceite comestible, y son estos países los exportadores más tradicionales de este producto, mientras en Sudamérica Argentina y Chile tienen gran representatividad.

2.1.8. ACEITE DE SEMILLA DE UVA

a. Composición físico química y caracterización del aceite

Según Sineiro *et al.* (1995) el aceite destaca por su bajo contenido en ácidos grasos saturados y alto contenido en ácido linoleico, el cual participa en la síntesis de las prostaglandinas, que son sustancias necesarias para reducir la agregación de las plaquetas y cualquier tipo de inflamación.

Las elevadas concentraciones de vitamina E junto con niveles bajos de colesterol, contribuirían en la reducción del riesgo de desarrollar problemas cardíacos y circulatorios comúnmente observados cuando se consumen aceites más saturados (Sineiro *et al.* 1995).

Dentro de los compuestos activos del aceite de la semilla de uva se pueden encontrar abundantes polímeros derivados de catequina y epicatequina, denominados Procianidinas. Estos compuestos tienen un gran valor farmacéutico, por su actividad antioxidante (Bombardelli *et al.* 1997).

Dentro de los polifenoles presentes en la uva, los taninos condensados son antioxidantes, atrapadores de radicales libres e inhibidores de la peroxidación lipídica (Bombardelli *et al.* 1997).

Las semillas contienen una mayor concentración de las procianidinas que la piel, mientras que las pieles contienen prodelphinidinas (Prieur *et al.* 1994). Además, se ha demostrado que las áreas protegidas de la piel para tener un mayor grado promedio de polimerización (MDP) que proantocianidinas de semillas (Eriz *et al.* 2011).

Las semillas contienen flavonoides (catequinas, epicatequina, procianidinas y antocianinas) y ácidos fenólicos (ácido gálico y ácido elágico) (Yilmaz y Toledo 2006).

El aceite de semilla de uva es rico en ácidos grasos insaturados, que representan más del 89 por ciento de la composición total de aceite siendo la mayoría ácidos grasos esenciales (Davidov-Pardo y Mc Clements 2014). El aceite también es rico en antioxidantes como los tocoferoles y fitoesteroles que pueden ejercer la actividad anti-arteriosclerótica (Yu y Ahmedna 2013).

Los fitoesteroles son triterpenos insaturados con dos dobles enlaces entre carbono y carbono. Pueden formar ésteres con ácidos grasos, ácidos fenólicos o hexosas (usualmente glucosa) (Muñoz *et al.* 2011). Los fitoesteroles inhiben la absorción intestinal de colesterol, por ello, su consumo se ha asociado con la disminución del riesgo de enfermedades del corazón. Se les atribuye propiedades antiinflamatorias, antitumorales, bactericidas y fungicidas. También se ha reconocido que los fitoesteroles poseen propiedades inmunomoduladoras que podrían ser benéficas para la prevención del cáncer de colon, cáncer de mama y daño tisular asociado a inflamación (Drago *et al.* 2006). Bada *et al.* (2015) indica los siguientes valores de los principales fitoesteroles que analizó en la semilla de uva:

- Uva origen Rivera variedad Tempranillo, Campesterol $9,62 \pm 0,09$, Stigmasterol $17,65 \pm 0,35$, β -Sitosterol $60,15 \pm 1,85$.
- Uva origen Toro variedad Tempranillo, Campesterol $9,22 \pm 0,08$ (mg. 100 g⁻¹ de aceite), Stigmasterol $15,28 \pm 0,28$, β -Sitosterol $63,99 \pm 1,96$.
- Uva origen Rioja variedad Garnacha, Campesterol $10,40 \pm 1,12$, Stigmasterol $14,42 \pm 0,31$, β -Sitosterol $70,54 \pm 1,85$.

- Uva origen variedad Valencia Tempranillo, Campestrerol $11,01 \pm 0,08$, Stigmasterol $11,82 \pm 0,24$, β -Sitosterol $74,15 \pm 1,66$.
- Uva origen variedad Cangas Mencia, Campestrerol $10,27 \pm 0,09$, Stigmasterol $12,74 \pm 0,26$, β -Sitosterol $72,64 \pm 1,74$.

Los fitoesteroles hallados en la semilla de uva por Navas (2009) son detallados en el Cuadro 7 con respecto a los fitoesteroles de las variedades Syrah, Tintorera, Syrah- Tempranillo-Merlot.

Del mismo modo Bada *et al.* (2015) señala los siguientes valores de los principales tocoferoles y tocotrienoles (mg. 100 g^{-1} de aceite) para el aceite de semilla de uva:

- Uva origen Ribera variedad Tempranillo, α_{TF} $2,38 \pm 0,12$, β_{TF} $0,03 \pm 0,01$, γ_{TF} $0,34 \pm 0,06$, α_{T3} $13,18 \pm 0,06$, β_{T3} $0,13 \pm 0,02$, γ_{T3} $10,70 \pm 0,35$.
- Uva origen Toro variedad Tempranillo, α_{TF} $3,82 \pm 0,13$, β_{TF} $0,06 \pm 0,01$, γ_{TF} $0,59 \pm 0,04$, α_{T3} $8,34 \pm 0,10$, β_{T3} $0,13 \pm 0,03$, γ_{T3} $9,8 \pm 0,11$
- Uva origen Rioja variedad Garnacha, α_{TF} $2,26 \pm 0,14$, β_{TF} $0,05 \pm 0,01$, γ_{TF} $0,36 \pm 0,05$, α_{T3} $8,53 \pm 0,05$, β_{T3} $0,14 \pm 0,14$, γ_{T3} $8,0 \pm 0,06$.
- Uva origen Valencia variedad Tempranillo, α_{TF} $2,15 \pm 0,11$, β_{TF} $0,06 \pm 0,02$, γ_{TF} $0,41 \pm 0,02$, α_{T3} $3,38 \pm 0,01$, β_{T3} $0,11 \pm 0,05$, γ_{T3} $7,0 \pm 0,04$.
- Uva origen Cangas variedad Mencia, α_{TF} $3,69 \pm 0,13$, β_{TF} $0,10 \pm 0,01$, γ_{TF} $1,49 \pm 0,04$, α_{T3} $9,23 \pm 0,01$, β_{T3} $0,21 \pm 0,03$, γ_{T3} $10,18 \pm 0,06$.

El perfil de ácidos grasos hace que este aceite sea adecuado para fines comestibles. Además, el aceite de semilla de uva contiene compuestos fenólicos (entre 59 y 360 mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) / kg) (Maier *et al.* 2009, Bail *et al.* 2008). Los polifenoles identificados en la semilla de uva son catequina, epicatequina, transresveratrol y procyanidin B1 (Maier *et al.* 2009, Nikfardjam 2001).

Las semillas de uva contienen otros antioxidantes además de los polifenoles, como los esteroides y los tocoferoles que potencializan la capacidad antioxidante, y su consumo puede ayudar a contrarrestar la acción de los radicales libres.

b. Estabilidad del aceite

En el Cuadro 4, se puede apreciar que el aceite crudo obtenido de las semillas de uva contiene una alta cantidad de ácido linoleico (máx 78 %). Esta elevada cantidad de omega 6 provoca que el aceite crudo al estar en contacto con la atmósfera se oxide rápidamente y forme una masa pastosa que no es soluble en ningún solvente (Jiménez 1972).

Cuadro 4: Composición de ácidos grasos de aceite de semilla de uva.

ACIDOS GRASOS	MINIMO	MAXIMO
Ácido mirístico C14:0	ND	0,3
Ácido palmítico C16:0	5,5	11,0
Ácido palmitoleico 9C-C16:1	ND	1,2
C17:0	ND	0,2
C17:1	ND	0,1
Ácido esteárico C18:0	3,0	6,5
Ácido oleico C18:1	12	28
Ácido linoleico C18:2	58	78
Ácido linolénico C18:3	ND	1,0
Ácido raquídico C20:0	ND	1,0
C20:1	ND	0,3
Ácido bohénico C22:0	ND	0,5
Ácido erúxico C22:1	ND	0,3
Ácido lignocérico C24:0	ND	0,4

ND=No detectable, definido como 0,05 por ciento.

FUENTE: Adaptado de CODEX STAN 2010 (Enmendado 2003,2005).

Cuadro 5: Comparación de rendimientos (por ciento en peso) de extracción supercrítica (ESC) y líquida para distintas semillas vegetales

MATERIA PRIMA	ESC CON CO ₂	EXTRACCIÓN CON HEXANO	REFERENCIA
Semilla de uva	6,2	7,5	(Molero 1995)
German de trigo	9,6	10,1	(Taniguchi 1985, citado por Molero 1995)
Semilla de soja	19,9	20,0	(Friedrich 1982, citado por Molero 1995)
Cáscara de arroz	22,0	23,0	(Zhao 1987, citado por Molero 1995)
Semilla de soja	16,4	19,9	(Stahl 1980, citado por Molero 1995)
Semilla de girasol	36,0	38,4	(Stahl 1980, citado por Molero 1995)
Semilla de colza	39,3	40,1	(Stahl 1980, citado por Molero 1995)

ESC: Extracción súper crítica.

FUENTE: Adaptado de Molero *et al.* 1995.

Cuadro 6: Comparación de los aceites de uva extraídos con Dióxido de carbono Supercríticos y hexano

PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICOS	DISOLVENTE	
	CO ₂	HEXANO
Índice de refracción	1,475	1,474
Densidad	0,924	0,928
Viscosidad (cp)	69	66
Absorbancias 290 nm (IgE)	2,730	3,177
Índice de acidez	3,4	33,8
Índice de yodo	98	124
Índice de saponificación	259	289
Insaponificable (por ciento)	0,3	2,89
Índice de peróxidos	383	101

FUENTE: Adaptado de Molero *et al.* 1995.

Cuadro 7: Composición porcentual y concentración total (mg/kg) de los Fitoesteroles en los aceites vírgenes de semillas de uva

ESTEROL	SYRAH	TINTORERA	SYRAH- TEMPRANILLO- MERLOT
Colesterol (por ciento)	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,01	ND
Brasicasterol (por ciento)	0,75 ± 0,03	0,60 ± 0,01	0,90 ± 0,01
2,4-metilencolesterol (por ciento)	0,18 ± 0,01	0,16 ± 0,01	ND
Campesterol (por ciento)	0,1 ± 0,4	9,3 ± 0,3	9,1 ± 0,3
Campesterol (por ciento)	0,45 ± 0,04	0,53 ± 0,02	0,54 ± 0,02
Estigmaserol (por ciento)	10,6 ± 0,1	10,2 ± 0,3	10,8 ± 0,3
Δ^7 -Campesterol (por ciento)	0,27 ± 0,02	0,26 ± 0,02	0,16 ± 0,02
Clerosterol (por ciento)	0,90 ± 0,02	0,93 ± 0,01	0,94 ± 0,01
β Sitosterol (por ciento)	66,6 ± 0,8	67,4 ± 0,8	66,7 ± 0,5
Sitosterol (por ciento)	3,92 ± 0,04	4,00 ± 0,03	4,70 ± 0,05
Δ^5 – Avenasterol (por ciento)	2,00 ± 0,02	1,98 ± 0,02	2,09 ± 0,09
$\Delta^{5,24}$ Estigmastadienol (por ciento)	0,45 ± 0,03	0,47 ± 0,03	0,41 ± 0,03
Δ^7 – Estigmastenol (por ciento)	1,99 ± 0,02	2,10 ± 0,02	2,30 ± 0,05
Δ^7 – Avenasterol (por ciento)	0,98 ± 0,05	0,99 ± 0,05	1,10 ± 0,05
Total (mg/Kg)	5179	5238	5480

Promedios con la misma letra en cada fila no difieren significativamente

($p < 0,05$)

No detectable (< 0,1 por ciento)

FUENTE: Tomado de Navas 2009.

Cuadro 8: Componentes volátiles en el aceite virgen de semillas de uva (mg/kg) (*Vitis vinífera L.*)

COMPUESTO	SYRAH	TINTORERA	SYRAH- TEMPRANILLO- MERLOT
n- octano	0,30 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,40 ± 0,01
Hexanal	1,40 ± 0,01	1,80 ± 0,01	1,90 ± 0,01
E-2-pentanal	3,50 ± 0,01	3,10 ± 0,01	4,20 ± 0,01
2- Pentilfurano	2,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	1,80 ± 0,01
Hexan-1-ol	4,10 ± 0,01	3,70 ± 0,01	3,40 ± 0,01
E-2-octenal	0,90 ± 0,01	0,70 ± 0,01	1,40 ± 0,01
Trans-2-hexenal	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,50 ± 0,01
Butanol	0,30 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,30 ± 0,01
1,3 Butanodiol	1,10 ± 0,01	0,90 ± 0,01	1,00 ± 0,01
2,3 Butadiol	0,70 ± 0,01	0,60 ± 0,01	0,60 ± 0,01
1-butanol-3methyl Acetato	5,40 ± 0,01	6,80 ± 0,01	11,0 ± 0,01
Heptanal	0,10 ± 0,01	0,30 ± 0,01	0,30 ± 0,01
Pentanol	0,10 ± 0,01	0,40 ± 0,01	0,80 ± 0,01
Estireno	0,80 ± 0,01	0,70 ± 0,01	0,80 ± 0,01
α- Pinenos	0,50 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,60 ± 0,01
Limoneno	0,30 ± 0,01	0,60 ± 0,01	0,50 ± 0,01

Promedio con la misma letra en cada fila no difieren significativamente (p< 0,05)

FUENTE: Tomado de Navas 2009.

Cuadro 9: Tocoferoles, tocotrienoles y pigmentos presentes en el aceite virgen de semillas de uva (mg/kg)

COMPUESTO	SYRAH	TINTORERA-MERLOT	SYRAH-TEMPRANILLO
α tocoferol	47,3 \pm 0,3	50,1 \pm 0,3	55,8 \pm 0,2
α tocotrienol	215,7 \pm 1,3	230,8 \pm 1,0	278,5 \pm 1,1
β tocoferol	48,4 \pm 0,5	40,5 \pm 0,4	38,2 \pm 0,3
γ tocotrienol	16,8 \pm 0,5	21,5 \pm 0,5	29,2 \pm 0,5
γ ticotrienol	482,5 \pm 2,1	498,3 \pm 1,9	556,1 \pm 2,4
δ tocoferol	Nd	Nd	2,5 \pm 0,1
δ tocotrienol	16,8 \pm 0,9	12,6 \pm 0,6	14,9 \pm 0,5
Total	827,7	853,8	997,7
Carotenoides totales	26,7 \pm 0,3	26,5 \pm 0,2	26,5 \pm 0,3
Clorofilas	91,1 \pm 1,5	90,8 \pm 1,2	90,6 \pm 0,8

Promedios con la misma letra en cada fila no difieren significativamente ($p < 0,05$)

ND: No detectable (<0,1 por ciento)

FUENTE: Tomado de Navas 2009.

Cuadro 10: Caracterización química del aceite fresco de las semillas *Vitis labrusca* (Uva Isabela)

ENSAYO	RESULTADO EN (POR CIENTO)
Índice de acidez (en ácido oleico)	2,1870
Índice de peróxido (meq O ₂ /kg)	0
Índice de yodo	136,6863
Índice de saponificación(mg KOH/g)	175.1161
Materia insaponificable(g)	1,8237

FUENTE: Tomado de Toro y Suarez 2012.

Cuadro 11: Índice de peróxidos, acidez y composición en ácidos grasos de los aceites vírgenes extraídos de semillas de uva (*Vitis vinifera L.*)

	SYRAH	TINTORERA	SYRAH- TEMPRANILLO MERLOT
IP (meq/Kg)	11,60 ± 0,05	6,80 ± 0,04	9,93 ± 0,04
Acidez (por ciento)	0,82 ± 0,01	1,42 ± 0,01	2,21 ± 0,01
Ácidos Grasos (por ciento)			
Mirístico	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01	Nd
Palmítico	7,95 ± 0,02	8,47 ± 0,02	8,10 ± 0,02
Estearico	4,42 ± 0,02	4,60 ± 0,02	4,51 ± 0,02
Oleico	22,2 ± 0,1	24,9 ± 0,2	20,5 ± 0,2
Linoleico	63,5 ± 0,3	61,4 ± 0,3	66,5 ± 0,3
Linolénico	0,64 ± 0,01	0,46 ± 0,01	0,40 ± 0,02
Araquídico	0,17 ± 0,01	0,15 ± 0,01	Nd
SFA	12,43	13,15	12,61
MUFA	22,26	24,88	20,52
PUFA	65,34	61,97	66,87

Promedios con la misma letra en cada fila no difieren significativamente

(<0,05)

Nd: No detectable (<0,1 por ciento)

SFA: Ácidos grasos saturados

MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados

PUFA: Ácidos grasos poliinsaturados.

FUENTE: Tomado de Navas 2009.

2.2. EXTRACCION DEL ACEITE

Los principales métodos de extracción son: la extracción mecánica y la extracción por solventes.

2.2.1. EXTRACCIÓN MECÁNICA DEL ACEITE

a. Prensado discontinuo

Según Bailey (1984), es el procedimiento más antiguo y casi único de extracción de aceite. Se basa en la aplicación de la presión sobre una masa de productos oleaginosos confinados en bolsas, telas, mallas u otros artificios adecuados. Las prensas discontinuas se pueden dividir en dos tipos principales: las “abiertas”, en las cuales el producto oleaginoso debe estar encerrado entre filtros de tela; y en las “cerradas”, que prescinden de esos filtros y en las cuales la materia oleaginosa se introduce en una especie de jaula.

El rendimiento en la obtención de aceite por prensado mecánico depende de una serie de factores relacionados con la afinidad del aceite por los sólidos de las semillas. Entre estos factores se encuentra: el grado de humedad, método de cocción y composición química de la semilla; además las semillas alteradas retienen, generalmente, más aceite que las sanas. Para una carga determinada de semillas, acondicionada y lista para prensado, el rendimiento en aceite depende de la velocidad a que se aplica la presión, el máximo de ésta, tiempo de drenaje del aceite a la presión total y temperatura o viscosidad del aceite (Bailey 1984).

b. Prensado continuo

Shahidi (2005) menciona que el aparato que se utiliza comúnmente para extraer el aceite de la materia oleaginosa es el “expeller”, el cual es un dispositivo mecánico que utiliza un tornillo horizontal con un diámetro del cuerpo creciente cuyo objetivo es aumentar la presión sobre la materia prima a medida que avanza a través del tornillo. El cilindro alrededor del tornillo está perforado de tal manera que permite incrementar la presión interna para que en primera instancia desaloje el aire y posteriormente el aceite a través del cilindro. Al final de todas las operaciones, se suele hacer pasar el aceite por un filtro-prensa para eliminar aquellas partículas que, por su tamaño pequeño, no han sido separadas por las rejillas.

2.2.2. EXTRACCIÓN CON SOLVENTES

Este método es el más eficiente. El proceso de extracción con solventes empieza cuando se pone en contacto la materia prima oleaginosa con el solvente. Las miscelas del solvente que se encuentran en la superficie del material se difunden a través de la pared celular hacia los cuerpos oleosos localizados dentro de las células. La miscela rápidamente solubiliza a los cuerpos oleosos. Mientras las miscelas continúan entrando y solubilizando al aceite, la presión interna se acumula y la miscela concentrada se difunde de regreso fuera de la célula. Esta miscela concentrada se difunde a través de las paredes de las células adyacentes y eventualmente alcanza la superficie de la partícula. Una vez que la miscela concentrada alcanza a las demás de afuera del material oleaginoso, se solubiliza con ellas y las concentra. Este proceso continúa hasta que la concentración de las miscelas dentro de las células del material oleaginoso se equilibre con la concentración de la miscela fuera de éste (Shahidi 2005).

Una vez que termina el proceso extractivo, se procede a la separación de las partículas agotadas de las miscelas concentradas con el aceite. Esto se puede realizar en una centrífuga o en un filtro. Luego de la separación de los sólidos, se buscará separar las miscelas del solvente del aceite; esto se logra mediante una destilación fraccionada en la que se obtiene por separado el aceite y el solvente recuperado (Shahidi 2005).

2.2.3. EXTRACCIÓN DE FLUIDO SUPERCRÍTICO

Entre los tipos de extracción supercríticas, el donde se utiliza el dióxido de carbono (CO₂) es el más popular debido a que está reconocido como GRAS (Generally Recognized As Safe), no es tóxico, fácilmente disponible, y económico (Herrero *et al.* 2010). Esto también permite que las operaciones supercríticas utilicen bajas presiones y temperatura ambiente. Por otra parte, algunos protocolos legislativos (como el PPA en Estados Unidos) están enfocados y avocados en la reducción de los solventes por su posible peligrosidad para el medio ambiente. El único inconveniente de la extracción de fluido supercrítico es el alto costo de inversión comparado a los métodos tradicionales (Herrero *et al.* 2006).

2.3. CONSTITUYENTES DE LA PARED CELULAR DE LOS VEGETALES

2.3.1. CELULOSA

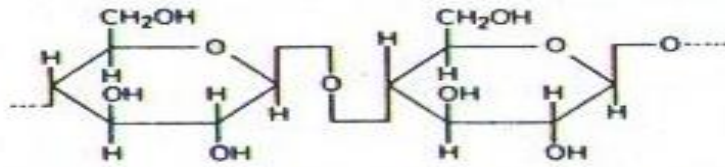


Figura 2. Celulosa (fragmento de la fórmula).

FUENTE: Tomado de Bruchmann 1980.

Según Bruchmann (1980), el peso molecular de la celulosa puede ser de varios millones, con un grado de polimerización de 3500-14000 (celulosa de algodón). Las cadenas de β -1,4-glucano poseen puentes de hidrógeno entre el átomo 3 de una glucosa y el oxígeno del enlace hemiacetálico de la glucosa siguiente:

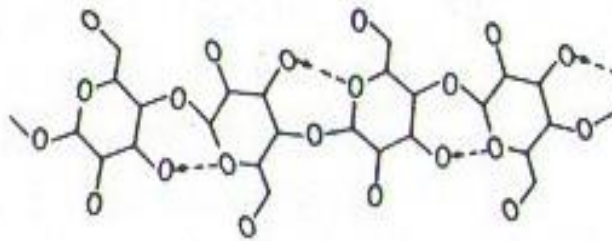


Figura 3. Molécula de la celulosa con puentes de hidrógeno (fragmento).

FUENTE: Tomado de Bruchmann 1980.

Además, a todo lo largo de las cadenas de β -1,4-glucano existen puentes de hidrógeno no transversales. De esta forma se originan las llamadas fibrillas elementales, que constituyen las unidades elementales de la celulosa cristalina (Bruchmann 1980).

2.3.2. HEMICELULOSA

Bruchmann (1980), indica que las hemicelulosas existen la madera, paja, centeno, nueces, semillas, mazorcas y sustancias pécticas, mezcladas siempre a la celulosa; se trata de mezclas de polisacáridos, cuya composición varía de acuerdo con su origen. Las que se encuentran

en los árboles de hoja caduca están formadas sobre todo por pentosanas, que dan por hidrólisis aldopentosas no fermentables (xilosa, arabinosa), y las de coníferas por hexosanas que al desdoblarse liberan hexosas fermentables (manosa). El esquema estructural de estos polisacáridos es también muy variable. Puede contener enlaces 1-2, 1-3, 1-4 y 1-6.

Según Bruchmann (1980), muchas hemicelulosas además de hexosanas y pentosanas contienen también poliurónidos, es decir, polisacáridos que por hidrólisis dan ácidos urónicos; tales hemicelulosas poseen o bien ácido metil-glucorónico (MG) y xilosa, o bien ácido metil-galacturónico y arabinosa.

2.3.3. PECTINAS

En los frutos, tubérculos y tallos de las plantas se encuentran unos polisacáridos ligeramente gelatinosos conocidos como pectinas. Están formadas por moléculas de ácido D-galacturónico, parte de cuyos grupos ácidos se encuentran en forma de éster de metilo (Bruchmann 1980).

2.4. APLICACIÓN DE ENZIMAS INDUSTRIALES EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITES

2.4.1. DEFINICIÓN DE ENZIMAS

Las enzimas son proteínas con actividad catalítica. Como todas las proteínas, están formadas por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. El que una proteína tenga actividad catalítica, es decir enzimática, depende de su secuencia de aminoácidos que determina la conformación de la cadena. Solamente unos pocos grupos reactivos de la proteína enzimática, que se sitúan en el llamado centro activo, son responsables de la catálisis (Nelson y Cox 2005).

Las enzimas poseen tres características importantes: son proteínas, son catalizadores y exhiben selectividad frente a los sustratos. Las enzimas son la forma más común y ubicua de catalizador biológico. Son responsables de los procesos vitales y están implicadas en funciones metabólicas, de síntesis, recambio y de señalización (Fennema 2008).

Todas las enzimas son proteínas y las proteínas son polímeros de los L-aminoácidos, que existen en la naturaleza (Fennema 2000). Los catalizadores son agentes que aceleran la velocidad de las reacciones sin sufrir ellos mismos ninguna modificación química. Ejercen su función porque reducen la barrera energética que es necesario superar para transformar un reactante en un producto (Fennema 2000).

La especificidad de una enzima hace alusión a la capacidad de la enzima para elegir, entre la multiplicidad de reacciones que puede sufrir un sustrato dado, una determinada reacción. Sobre esta especificidad se basa la clasificación de las enzimas, así como su empleo en la industria alimenticia (Nelson y Cox 2005).

La licuefacción de material vegetal o de frutas se usa para convertir toda la masa de tejido en un producto líquido, y un producto de este tipo no necesita de filtración o prensado. Esto se consigue con una combinación robusta de pectinasas (poligalacturonasa, pectin metilestearasa y pectin liasas), celulasas (tanto exo como endo- β -glucanasas) y hemicelulasas (que actúan sobre xilanos, mananos, galactanos y arabinanos). Una vez que la mayor parte de la lámina media y de los materiales de la pared celular se han

«solubilizado» (hasta en un 80 %), las células se rompen fácilmente por la presión osmótica o por cizalla para liberar su contenido líquido (Fennema 2000).

2.4.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

a. Efectos de pH

La mayoría de las enzimas posee un pH característico al cual su actividad es máxima; por encima o por debajo de ese pH, la actividad disminuye. Aunque los perfiles de las curvas de actividad en función del pH de muchas enzimas son acampanados, pueden variar considerablemente de forma (Figura 4). La relación entre el pH y la actividad de cualquier enzima depende del comportamiento ácido-base de la enzima y del sustrato, así como de otros muchos factores que son por lo general difíciles de analizar cuantitativamente. Las mencionadas curvas son mucho más significativas si la enzima se mantiene saturada con el sustrato en todos los valores de pH a los que se experimenta. En muchos estudios de cinética enzimática, el pH se mantiene constante, o muy próximo al, pH óptimo (Nelson y Cox 2005).

Merece la pena mencionar dos tendencias generales: (1) el rango del pH de la estabilidad térmica es habitualmente más amplio que el rango de pH de la actividad enzimática y (2) la estabilidad enzimática disminuye rápidamente a valores de pH desestabilizadores, porque la desestabilización por el pH es un proceso cooperativo. En contraste, el descenso de la actividad enzimática de función del pH muestra normalmente una transición más moderada con las características de una curva de titulación, en la que entre 1 y 3 grupos ionizables son los únicos determinantes de la respuesta de la enzima al pH cuando ocurre cada transición. La estabilidad al pH se mide colocando (preincubando) a la enzima a varios valores de pH y midiendo la actividad residual en condiciones estandarizadas a pH (casi) óptimo y a una temperatura específica y no desnaturizante. Como en el caso de la sensibilidad a la temperatura, la estabilidad de la enzima al pH puede depender de las condiciones y los componentes del medio; por ejemplo, la presencia de otros sustratos o ligandos puede aumentar la estabilidad al pH siendo un ejemplo de esto el aumento del rango de pH, de 4-7 a 4-11, al que la α amilasa es mayor al 50 por ciento activa en presencia de Ca^{2+} (Fennema 2000). Conocer la estabilidad al pH de las enzimas es obviamente importante para seleccionar una enzima compatible con las condiciones prevalentes en una aplicación

potencial de tal manera que la enzima persista lo suficiente como para llevar a cabo la función encomendada. De manera análoga, la estabilidad frente a la temperatura disminuye en rangos de pH alejados del óptimo de estabilidad de la enzima. Por lo tanto, la temperatura y el pH tienen influencias coordinadas sobre la estabilidad de la enzima (Fennema 2000).

b. Efectos de pH sobre la actividad enzimática

Justo de la misma manera que el locus catalítico de una enzima comprende sólo a unos pocos aminoácidos, la respuesta de la actividad frente al pH se basa también en unos pocos aminoácidos ionizables. El papel de estos aminoácidos puede ser (1) aportar estabilidad conformacional al sitio activo, o estar implicada (2) la unión de sustratos o en (3) la transformación de éstos; el papel del estado de ionización es crítico para estas funciones (Nelson y Cox 2005).

El pH óptimo de una enzima no es necesariamente idéntico al pH de su entorno intracelular normal, el cual puede hallarse a su vez en la pendiente ascendente o descendente de su curva de pH-actividad. Este hecho sugiere que la relación pH-actividad de una enzima puede constituir un factor en el control de su actividad (Nelson y Cox 2005).

c. Efecto de la temperatura

Al igual que ocurre con la mayoría de reacciones químicas, las velocidades de las reacciones catalizadas por enzimas se incrementan en general con la temperatura, dentro del intervalo en que la enzima es estable y permanece totalmente activo. La velocidad de muchas reacciones enzimáticas se duplica, aproximadamente, por cada 10 °C de aumento de la temperatura ($Q_{10} = 2,0$). Sin embargo, el coeficiente de temperatura Q_{10} , varía algo de una enzima a otra según la energía de activación de la reacción catalizada; es decir, de la altura de la barrera de energía para pasar al estado de transición (Nelson y Cox 2005).

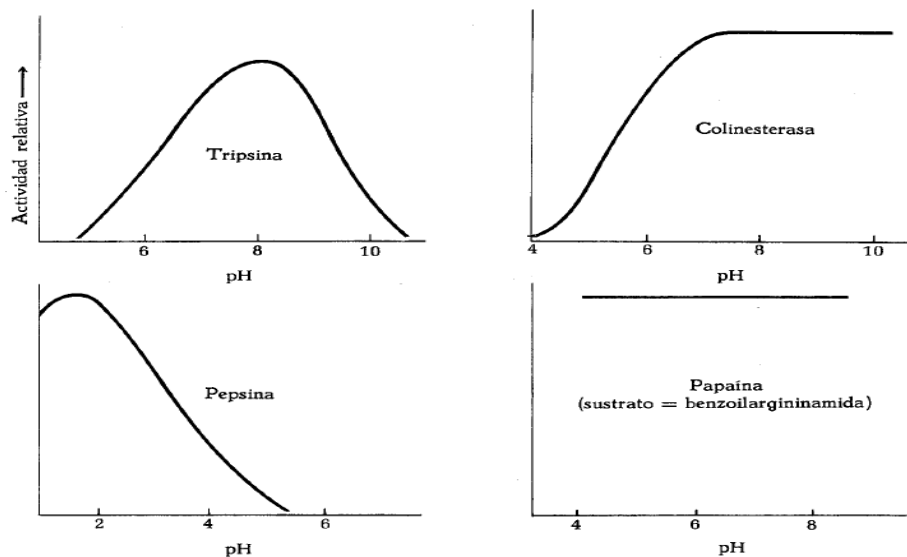


Figura 4: Curvas de actividad en función del pH de algunas enzimas

FUENTE: Tomado de Nelson y Cox 2005.

Aunque las reacciones catalizadas por los enzimas parecen, con frecuencia, poseer una temperatura óptima (Figura 5), el pico que se observa al representar la actividad catalítica frente a la temperatura se produce porque las enzimas, al ser proteínas, se desnaturalizan por acción del calor y se inactivan cuando la elevación de la temperatura sobrepasa un cierto punto. La aparente temperatura “óptima” es, por tanto, la resultante de dos procesos: (1) el incremento habitual de la velocidad de reacción con la temperatura, y (2) el incremento en la velocidad de desnaturalización térmica del enzima al sobrepasar una temperatura crítica. Aunque la mayoría de enzimas se inactivan a temperaturas comprendidas entre 55 y 60 °C, algunos de ellos son completamente estables y conservan su actividad a temperaturas muy superiores; por ejemplo, los enzimas de diversas especies de bacterias termófilas que habitan en aguas termales siguen siendo activos a temperaturas superiores a los 85 °C (Nelson y Cox 2005).

d. Efecto de la concentración/Actividad de agua

Normalmente las actividades de las enzimas tienen lugar *in vitro* en medios acuosos, aunque las reacciones enzimáticas *in vivo* pueden ocurrir no sólo en el citoplasma, sino también en las membranas celulares, en los depósitos de lípidos y en el sistema de transporte electrónico, donde se sabe que la transferencia de electrones ocurre en una matriz lipídica (Fennema 2000).

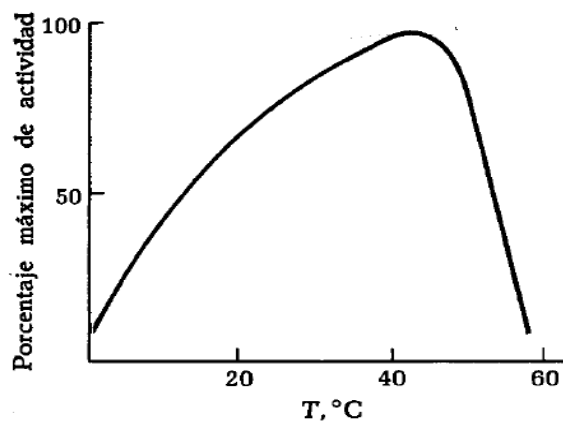


Figura 5: Efecto de la temperatura sobre la actividad de una enzima

FUENTE: Tomado de Nelson y Cox 2005.

Fennema (2000) menciona que existen diversos métodos para evaluar el efecto de la actividad de agua sobre las enzimas. Uno de ellos consiste en desecar cuidadosamente una muestra biológica no calentada (o sistema modelo) que contenga actividades enzimáticas, equilibrarla a varias actividades de agua y medir la actividad enzimática. De esta manera se ha observado que por debajo de una actividad de agua de 0,35 (menos de uno por ciento del agua total) no hay actividad de la fosfolipasa sobre la lecitina. Otro caso observado es el de la β -amilasa, la cual no tiene actividad sobre el almidón hasta alrededor de una actividad de agua de 0,8 (aproximadamente un dos por ciento del agua total); su actividad aumenta unas quince veces hasta 0,95 (aproximadamente doce por ciento del agua total). A partir de estos ejemplos, se pudo concluir que el contenido total de agua tiene que ser menos que 1-2 por ciento para evitar la actividad enzimática.

A medida que la actividad de agua a_w disminuye en el rango 0,90-0,35, disminuye el desarrollo de las reacciones de hidrólisis que se aproxima a una situación de casi-equilibrio con cada vez menos grado de hidrólisis. Cuando entonces se aumenta la a_w , el desarrollo de la reacción se reinicia de una manera tal que se asemeja a la inicial que se producía a esa a_w . Este efecto del agua es reversible y en las matrices biológicas y alimentarias este comportamiento se interpreta como el de efectos capilares que limitan una reacción a una a_w limitante. Estos efectos se ven en la mayoría de enzimas cuya actividad en términos de velocidad inicial y desarrollo de la reacción, se reduce en un 90-95 por ciento en cuando la a_w se reduce de 1,0 a 0,60 (Fennema 2000).

e. Efecto de la presencia de inhibidores

A partir del estudio de los inhibidores de las enzimas se ha obtenido información de importancia sobre el mecanismo y los caminos de la catálisis enzimática, la especificidad de sustrato de las enzimas, la naturaleza de los grupos funcionales en el centro activo y la participación de ciertos grupos funcionales en el mantenimiento de la conformación activa de la molécula de la enzima (Nelson y Cox 2005).

Los tres tipos principales de inhibición reversible de las enzimas son la competitiva, acompetitiva y no competitiva; las cuales pueden distinguirse experimentalmente por los efectos que produce el inhibidor sobre la cinética de reacción de la enzima, la cual puede analizarse mediante la ecuación básica de velocidad propuesta por Michaelis-Menten (Nelson y Cox 2005).

Los metales pesados como el mercurio, plata y plomo inhiben la acción enzimática; mientras que el calcio, magnesio, sodio, potasio, manganeso, hierro y el zinc actúan como agentes activadores de muchas otras (Badui 1990).

Muchos otros productos de origen animal y vegetal contienen sustancias capaces de inhibir la actividad catalítica de algunas enzimas: su función biológica no es muy clara, aunque en muchos casos forman parte de diversos mecanismos reguladores o de defensa contra depredadores. Entre los inhibidores más conocidos están los que evitan la acción de proteasas, que se encuentran en las leguminosas y en el maíz, trigo, arroz, la papa y otros alimentos. Además de estos existen otros inhibidores de proteasas, como el ovomucoide y el ovinhibidor de la clara de huevo. Los cereales contienen inhibidores de amilasas, cuya función es proteger contra los depredadores, impidiendo la degradación del almidón, y por tanto el desarrollo de infecciones. También se han identificado inhibidores de lipasas y de algunas enzimas pépticas (Badui 1990).

2.4.3. VENTAJAS DEL USO INDUSTRIAL DE LAS ENZIMAS

Según Badui (1990), de los miles de enzimas conocidas, sólo algunas se producen a escala industrial para emplearse tanto en la manufactura de alimentos como de las materias primas para su elaboración.

El empleo de enzimas tiene muchas ventajas, entre ellas destacan:

- Son de origen natural y por lo tanto no deben ser tóxicas.
- Son muy específicas en su manera de actuar, por lo que no propician reacciones secundarias indeseables.
- Funcionan en condiciones moderadas de temperatura y de pH y no requieren de condiciones de procesamiento drásticas que puedan alterar la naturaleza del alimento, ni de equipos muy costosos.
- Actúan a bajas concentraciones.
- Su velocidad puede ser controlada al ajustar el pH, la temperatura y la concentración de la enzima.
- Son fácilmente inactivadas una vez alcanzado el grado de transformación deseado.

Por otra parte, la principal limitante es que algunas de ellas son muy caras y no se consiguen fácilmente; sin embargo, es conveniente hacer un balance de las ventajas y desventajas que trae consigo llevar a cabo una determinada reacción con enzimas, o con otros métodos químicos o físicos (Badui 1990).

2.4.4. ENZIMAS UTILIZADAS EN LA DEGRADACIÓN DE PAREDES CELULARES

a. Pectinasas

El término pectinasas o enzimas pectolíticas concierne sólo a enzimas que degradan la parte galacturónica de estas sustancias. Así las enzimas que degradan las cadenas laterales (arabinasa, galactanasas, etc.) no son consideradas dentro de las enzimas pectolíticas. En consecuencia, las enzimas que degradan los enlaces α -1,4 entre los residuos del ácido galacturónico y las enzimas desesterificantes de estos ácidos constituyen el grupo de pectinasa (Bruchmann 1980).

Las pectinasas se pueden clasificar en:

1. Pectinestearasas

Las pectinestearasas catalizan la reacción:



Como activadores actúan los iones Na^+ y Ca^{2+} .

La enzima solo separa grupos metilo que se encuentren en la proximidad de grupos carboxilo libres. La pectina totalmente esterificada con metanol es atacada lentamente. La hidrólisis empieza por un extremo y va progresando en la dirección de formación de la cadena. La pectinestearasa es una enzima muy específica que ataca casi únicamente a los grupos metilos de las sustancias pépticas. Por ejemplo, los ésteres del ácido poligalacturónico con etanol, glicol y glicerina; así como los metiléster del ácido galacturónico, son desdoblados muy lentamente (Bruchmann 1980).

Determinadas bacterias patógenas para las plantas (agentes de la podredumbre blanca) poseen también pectinestearasas (Bruchmann 1980). La pectinestearasa forma parte de los preparados enzimáticos empleados en tecnología de los alimentos para degradar las pectinas, en los que va mezclada a poligalacturonasas y pectatoliasas. Los preparados de este tipo, llamados también “enzimas de filtración”, que se obtienen de los mohos (por ejemplo, *A. niger*) se añaden a los zumos de frutas y a los mostos para aclararlos y hacerlos más fácilmente filtrables. Los preparados de pectinestearasas, libres de poligalacturonasas, se emplean para la obtención de pectinas de menor peso molecular, menos esterificadas, necesarias para la producción de jaleas. La enzima contenida en las células superiores, en unión de todas las demás pectin-enzimas (poligalacturonasas y pectatoliasas) (Bruchmann 1980).

2. Poligalacturonasas

Las enzimas de este tipo hidrolizan en general enlaces α -1,4-D-galacturonidos en los pectatos y otros galacturónidos. Se pueden distinguir varios tipos de actividades dependiendo de si las cadenas de pectina son descompuestas cuando están metiladas o cuando no lo están, y si el ataque empieza por cualquier punto no seleccionado (endoenzimas) o por el final de la cadena (exoenzimas) (Bruchmann 1980).

Como fuentes de poligalacturonasas podemos nombrar: plantas superiores (tomate, rábano, calabaza, judías, zanahorias), mohos (*Aspergillus niger*), levaduras (*Saccharomyces fragilis*) y bacterias (*Klebsiella* y *Erwinia sp.*) (Bruchmann 1980).

La temperatura óptima de acción de las enzimas pectínicas tiene importancia desde el punto de vista técnico, ya que el aclaramiento de los zumos de frutas se hace de preferencia a

temperaturas altas. Se ha comprobado que una poligalacturonasa del *A. niger* tiene su óptimo alrededor de 45 °C (pH 5,5), aunque a 60 °C conserva todavía buena parte de su actividad (Bruchmann 1980). Como activadores de las poligalacturonasas sobre todo actúan los cloruros alcalinos.

Los complejos enzimáticos que degradan las pectinas y que contienen poligalacturonasas, como se indica anteriormente, tienen aplicación en la industria de los zumos, vinos y jaleas de frutas. Su obtención industrial para estos fines se consigue mediante fermentaciones microbianas, sobre todo con mohos (*Aspergillus* y *Penicillium*) (Bruchmann 1980).

3. Pectatoliasas

Bruchmann (1980) menciona que esta enzima elimina restos Δ -4,5-D-galacturónicos de la pectina, ejerciendo así una despolimerización no hidrolítica, en su mayor parte de acuerdo con el siguiente esquema:

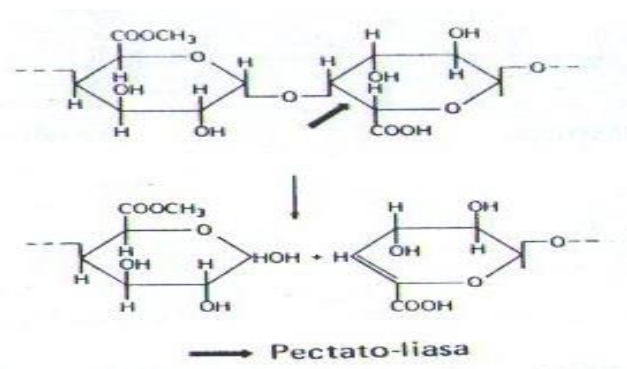


Figura 6: Acción de la pectatoliasa

FUENTE: Tomado de Bruchmann 1980.

Se encuentra, entre otros en el moho *Aspergillus fonsecaeus* y se encuentra también en los preparados de enzimas pectínicas que se usan corrientemente en el mercado, en los que actúa en unión de pectinestearasas y de diversas poligalacturonasas (Bruchmann 1980).

b. Celulasas

Bruchmann (1980) menciona que las celulasas hidrolizan los enlaces β -1,4-glucano de las cadenas de celulosa y de sus productos de degradación dando como molécula final a la glucosa.

Además, este mismo autor menciona que la “celulasa” no es ninguna enzima aislada sino un sistema enzimático que posee por lo menos tres actividades. Según Fennema (2000), las enzimas que actúan sobre la celulosa y sobre los intermediarios de su degradación pueden dividirse en cuatro grupos:

Las endoglucanasas [1,4(1,3; 1,4)- β -D-glucán 4-glucanohidrolasas] son relativamente inactivas frente a las regiones cristalinas del algodón u del Avicel, pero hidrolizan las regiones amorfas de estos sustratos, incluyendo al papel de filtro, y los sustratos solubles, como la carboximetilcelulosa y la hidroximetilcelulosa. La actividad endoglucanasa se caracteriza por una hidrólisis al azar de enlaces β -glucosídicos que provoca una rápida disminución de la viscosidad relativa con relación a la velocidad de incremento de grupos reductores. Los productos, especialmente al final de la secuencia de reacciones, incluyen a la glucosa, la celobiosa y las celodextrinas de varios tamaños.

El segundo grupo de celulasas es el de las celobiohidrolasas (1,4- β -D-glucán celobiohidrolasas) que son enzimas del tipo *exo*. Degradan la celulosa amorfa por eliminación cuantitativa de celobiosa de los extremos no reductores de la celulosa. Cuando son puros, son usualmente poco activos sobre el algodón pero pueden hidrolizar cerca del 40 por ciento de los enlaces hidrolizables del Avicel, una celulosa microcristalina. La velocidad de disminución de la viscosidad en relación al aumento de grupos reductores es mucho menor que en las endoglucanasas.

El tercer grupo de celulasas es el de exoglucohidrolasas (1,4- β -D-glucán glucobiohidrolasas), que hidroliza consecutivamente unidades de glucosa del extremo no reductor de las celodextrinas. La velocidad de hidrólisis disminuye a medida disminuye la longitud de la cadena de sustrato.

El cuarto grupo de enzimas lo constituyen las β -glucosidasas (β -D-glucósido glucohidrolasas) que escinden la celobiosa hasta glucosa y eliminan glucosa del extremo no

reductor de celodextrinas pequeñas. A diferencia de las exoglucohidrolasas, la velocidad de hidrólisis de la β -glucosidasa aumenta a medida que el tamaño del sustrato disminuye, siendo la celobiosa el sustrato que más rápidamente se hidroliza.

La mejor fuente de obtención de preparados técnicos capaces de atacar a la celulosa cristalina es el hongo *Trichoderma viride*. También los preparados obtenidos a partir del *Aspergillus niger* tienen cierta importancia (Bruchmann 1980).

El pH óptimo de los sistemas celulolíticos suele estar entre 4 y 6. Son termoestables y la temperatura óptima para alguno de ellos se encuentra alrededor de 60 °C (Bruchmann 1980).

Dentro de las aplicaciones que se le otorga a estas enzimas está la extracción de los componentes del té verde, obtención del almidón de batatas o de maíz, modificación de alimentos vegetales, destrucción de excrementos en procesos de clarificación y aumento de la flexibilidad del papel (Bruchmann 1980).

c. Hemicelulasas

Fennema (2000) menciona que existen varias endo- y exo- pentanasas (hidrolasas), debido a la gran complejidad de las hemicelulosas. Las enzimas de tipo endo- son de dos tipos: las arabanasas que hidrolizan los enlaces glucosídicos 1,4- α -D-arabinopiranosilo en el esqueleto lineal de los arabanos y las xilanasas que hidrolizan los enlaces glicosídicos 1,4- β -D-xilanopiranosilo en xilanos y arabinoxilanos. Las enzimas del tipo exo- de un primer grupo actúan en el extremo no reductor de los arabanos (las arabinosidasas), xilanos (xilosidasas) y las arabinoxilanos (xilanosidasas). Los enzimas del tipo exo- del segundo tipo (arabinosidasas) eliminan unidades arabinofuranosílicas laterales de los arabinoxilanos.

Algunos hongos producen cantidades considerables de pentosanasas. También existen varias endo y exo pentosanasas en niveles muy bajos en el trigo. La concentración de algunas pentosanasas aumenta en unas 6-10 veces durante la germinación de las semillas. Se cree que las pentosanasas están primariamente localizadas en el salvado, pero se desconoce dónde están localizadas las enzimas que son sintetizadas de nuevo durante la germinación (Fennema 2000).

2.4.5. USO DE ENZIMAS EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITES DE DIFERENTES FUENTES

Domínguez *et al.* (1994) mencionan que existen muchas aplicaciones de enzimas en extracción de grasas y aceites como: extracción de aceites, producción de mono y diglicéridos, transformaciones de esteroides y ácidos grasos, etc. En el caso de procesos de extracción de aceites, dos ventajas son ofrecidas por este tratamiento: los rendimientos más elevados y la mejor calidad de las tortas obtenidas. Hace algunas décadas, esta tecnología no era considerada viable debido al alto costo de las enzimas. Sin embargo, en estos últimos años, con el desarrollo de la ingeniería genética y la biotecnología, es posible obtener enzimas con un precio significativamente menor.

La acción enzimática, al igual que el tratamiento térmico o mecánico, daña las paredes celulares, aumentando la permeabilidad del aceite. Un gran número de enzimas ha sido utilizado para mejorar la extractibilidad del aceite de semillas: amilasas, glucanasas, proteasas, pectinasas, asimismo las celulasas y hemicelulasas (Domínguez *et al.* 1994).

Taha y Hassaein (2007) trabajaron en un tratamiento enzimático aplicado a semillas de algodón. Utilizaron proteasas de diferentes fuentes, puras y mezcladas. Estos autores reportan un incremento en la extractibilidad del aceite de 27,73 por ciento en comparación con el control. Estos dos investigadores aplicaron una extracción mecánica.

Por otra parte, Zúñiga *et al.* (2003) reportan un rendimiento de extracción de 98,6 por ciento al aplicar una mezcla de enzimas sobre avellanas (*Guevina avellana mol*). Estos autores trabajaron con un doble prensado a 39,2 MPa con la aplicación previa de un precalentamiento de la materia prima.

Ranalli y Serraiocco (1996) evaluaron el efecto de la aplicación del complejo enzimático “Olivex” sobre tres variedades de frutos de olivo. El método de extracción utilizado fue uno mecánico el cual se trabajó a una presión máxima de 380 kg/cm². Bajo estas condiciones, estos investigadores obtuvieron un rendimiento de 88,8 por ciento en base al fruto.

Soto *et al.* (2007) aplicaron una mezcla de complejos enzimáticos “Olivex” y Celulasas sobre borrajas. El mayor rendimiento se obtuvo trabajando bajo las siguientes condiciones:

doble prensado (39,2 MPa), precalentamiento de la materia prima (70 °C por 5 minutos) y condiciones específicas para el tratamiento enzimático (0,25 % de enzimas, temperatura de incubación de 45 °C, 20 por ciento de humedad y nueve horas de incubación); con lo cual el rendimiento se elevó por encima de 95 por ciento a comparación del tratamiento control que se encuentra por debajo de 90 por ciento. Además estos autores reportan que la calidad del aceite obtenido no cambió significativamente.

Badr y Sitohy (1992) optimizaron el tratamiento enzimático para la extracción acuosa de aceite de semillas de girasol. Estos investigadores utilizaron celulasas, hemicelulasas, pectinasas y proteasas de diferentes fuentes. El mayor rendimiento reportado fue el de la proteinasa ácida (57,08 %) respecto al tratamiento control (41,6 %), las que fueron tratadas bajo las siguientes condiciones: 2 por ciento de concentración de enzima, 30 por ciento de concentración de sustrato y un tiempo de incubación de tres horas.

Domínguez *et al.* (1995a) obtuvieron aceite de soya a partir de una extracción acuosa de las habas previamente acondicionadas y tratadas enzimáticamente con complejos multienzimáticos. Estos autores obtuvieron un incremento en el rendimiento de extracción de 10 por ciento respecto al proceso de extracción acuoso.

Latif y Anwar (2008) trabajaron con semillas de moringa (*Moringa concanensis*) a las que sometieron a una extracción acuosa asistida y no asistida (control) con complejos enzimáticos. El contenido de aceite de la semilla reportado es de aproximadamente 38,4 por ciento. Las condiciones del tratamiento enzimático que se emplearon fueron las siguientes: 2 por ciento de concentración de enzima. Con el tratamiento control se obtuvo un rendimiento de 15,41 por ciento mientras que con el tratamiento enzimático con el complejo “Kemzyme” (mezcla de α -amilasa, β -glucanasa, celulasas, proteasas y xilanasas) fue de 27,46 por ciento.

Guerra y Zúñiga (2003) utilizaron un tratamiento enzimático para aumentar el rendimiento de extracción de las semillas de uva (*Vitis vinifera*) con un prensado en frío. Estos rendimientos aumentaron desde alrededor de 60 por ciento con el tratamiento control hasta por encima de 70 por ciento con una concentración de 2 por ciento del complejo “Ultrazym 100 G”. Esto significó un aumento de aproximadamente 26 por ciento en cuanto al rendimiento de extracción.

Schwartz *et al.* (2007) aplicaron dos complejos enzimáticos (“Pectinex” y “Olivex”) y una mezcla de ambos para facilitar la extracción del aceite de palta (*Persea Americana*). El mayor rendimiento se obtuvo con la mezcla de los complejos enzimáticos con el que se alcanzó el valor de 82,2 por ciento con una concentración de enzima de 0,06 por ciento. Se menciona además que las propiedades fisicoquímicas del aceite crudo son adecuadas.

2.5. CAMBIOS EN LOS COMPONENTES DE LA PARED CELULAR.

Los cambios en la pared de la célula vegetal tienen una importancia fundamental en el ablandamiento de los tejidos. Aunque el ablandamiento puede deberse también a una falta de turgencia en la pared celular, sufriendo una despolimerización, una desmetilación y pérdida de calcio. Generalmente el ablandamiento se acompaña de la solubilización de la pectina y la liberación de poliurónidos (Fennema 2000).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

Laboratorio de Análisis Físico Químico de los Alimentos, Planta Piloto de Alimentos (T.A.P.A) y el Laboratorio de Instrumentación de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIA PRIMA

Materia prima correspondiente a las semillas de uva (negra y blanca variedad Borgoña) de la Bodega “Zapata” del Distrito de Lunahuana Provincia Cañete-Lima.

3.2.2. MATERIALES

- Balones con tapa esmerilada Pyrex.
- Balones Kjeldhal de 100 ml Pyrex.
- Beakers de 10, 50, 100 ml y 1000 ml Pyrex.
- Buretas de 25, 50, y 100 ml Pyrex.
- Campana desecadora marca Duran 20 L.
- Capsula de porcelana marca Isolab 50 ml.
- Erlenmeyers de 250 ml marca Pyrex.
- Matraces 50, 100, 250 y 500 ml marca Pyrex.
- Papel filtro rápido y papel filtro Whatman marca # 42.
- Pipetas de 1, 5, y 10 ml marca Pyrex.
- Picnómetro con termómetro marca Germany.
- Placas Petri.
- Probetas de 10, 50 y 100 ml marca Pyrex.
- Termómetros Germany -10 150° C.

3.2.3. EQUIPOS

- Balanza analítica marca Sartorius modelo BL-2105.
- Balanza digital marca Adam Equipment modelo CBW12aH.
- Baño maría marca Memmert capacidad 12 L.
- Centrifuga marca Hettich modelo EBA 206, Vel 4000 rpm, 220 V.
- Espectrofotómetro marca Thermo Spectronic modelo Genesys S6, 110V.
- Estufa marca Instru modelo 4-1411.
- Equipo Soxhlet de laboratorio cocinilla Electrothermal modelo EME 60250/CEB.
- Campana de extracción marca ESCO modelo EF 04B3.
- Mufla eléctrica marca LMIM modelo LR-2011 A.
- Cocina con termostato fabricación nacional.
- Computadora marca LENOVO con Software estadístico.
- Agitador marca Velp modelo ARE.
- Refrigeradora SAMSUNG modelo DA99-0035SA.
- Molino de mortero, fabricación nacional.
- Molino de disco, fabricación nacional.
- Potenciómetro marca HANNA.
- Secador de bandejas, fabricación nacional.
- Prensa hidráulica, Presión máxima 7000 psi fabricación nacional.
- Tamices serie ASTM-TYLER 35 mesh.

3.2.4. REACTIVOS

- Ácido acético glacial SIGMA.
- Ácido bórico SIGMA.
- Ácido clorhídrico SCHARLAU.
- Ácido sulfúrico 95-98 por ciento SIGMA.
- Alcohol etílico 95 por ciento SIGMA.
- Almidón FERMON.
- Bicarbonato de sodio p.a. SIGMA
- Cloroformo SIGMA.
- Cellulase de *Aspergillus Niger* SIGMA.
- Detazym VRAC-100 SIGMA.

- Etanol al 80 por ciento.
- Éter de petróleo SCHARLAU.
- Fenolftaleína indicador SIGMA.
- Hemicelulase de *Aspergillus niger* SIGMA.
- Ioduro de potasio SCHARLAU.
- P-Anisidine SIGMA.
- Reactivo de Wijs SIGMA.
- Silicagel perlas.
- Tetracloruro de carbono SCHARLAU.

3.3. MÉTODOS

3.3.1. ANÁLISIS PROXIMAL

a. Humedad: Se fundamenta en la pérdida de agua hasta peso constante, para lo cual se coloca en una estufa tal como se indica en el método AOAC 925.40 (1998). El resultado se expresa como el porcentaje de peso que representa el agua en el total de la muestra.

b. Proteína: La muestra es digerida con ácido sulfúrico empleando sulfato de cobre pentahidratado como catalizador y sulfato de potasio para elevar el punto de ebullición, para liberar el nitrógeno a partir de la proteína y retener el nitrógeno como sal de amonio. Se agrega hidróxido de sodio al cincuenta por ciento para liberar el amoniaco, el cual es destilado y recogido en una solución de ácido bórico para luego ser titulado. Para transformarlo en porcentaje de proteína bruta (peso/peso), se multiplica el porcentaje de nitrógeno obtenido por 6,25; tal como se menciona en el método 950.48 AOAC (1995).

c. Grasa total (extracto etéreo): La grasa es extraída de la muestra seca con la ayuda de solvente orgánicos, para lo cual se utiliza el equipo de extracción Soxhlet tal como se indica en el método 948.22 AOAC (1998). El resultado se reporta como el peso en porcentaje que representa el extracto etéreo del total de la muestra analizada.

d. Fibra cruda: La fibra cruda es la pérdida por ignición del residuo seco que queda después de la digestión de una muestra con soluciones de 1,25 por ciento (p/v) de ácido sulfúrico y 1,25 por ciento (p/v) de hidróxido de sodio bajo condiciones específicas según el método

962,09 AOAC (2007). Este resultado se expresa como el peso en porcentaje que la fibra cruda representa respecto al peso de la muestra.

e. Cenizas: Es la cantidad de materia incombustible que sobra luego de someterla a calcinación en un equipo llamado mufla. Este procedimiento se menciona en el método 950,49 AOAC (1998). La cantidad de ceniza se expresa como el peso en porcentaje que representa referente al peso total de la muestra.

f. Carbohidratos: Es la diferencia entre el peso total y la suma de los pesos determinados anteriormente. Al igual que en los análisis anteriores, el resultado se expresa como el peso en porcentaje que representa.

3.3.2. CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE CRUDO

El aceite crudo obtenido será sometido a los siguientes análisis fisicoquímicos:

a. Humedad y materia volátil: Se pesa $5 \pm 0,2$ de muestra y se coloca en una estufa de vacío de acuerdo a los parámetros señalados por el método 926,12 AOAC (2007).

b. Porcentaje de acidez: Consiste en cuantificar a los ácidos grasos libres presentes en la muestra, los cuales se forman por hidrólisis de los triacilglicéridos. Este valor se expresa como el número gramos de ácidos grasos libres contenidos en cien gramos de grasa. Lo mencionado anteriormente se detalla en el método 940,28 AOAC (2007).

c. Índice de peróxido: Es una medida del contenido de oxígeno activo presente en el aceite o grasa. Se basa en la determinación de las sustancias que oxidan al yoduro de potasio bajo las condiciones de la prueba, tal como se señala en el método 965,33 AOAC (2007). Esta medida se expresa como el número de miliequivalentes de oxígeno activo por mil gramos de muestra.

d. Índice de Yodo: Es una medida de la insaturación de los ácidos grasos que componen el aceite o grasa. Se define como la cantidad de gramos de yodo que son absorbidos por cien gramos de muestra. El método 920,159 AOAC (2007) describe que se adiciona en exceso el halógeno para que una parte reaccione con la muestra y el resto en la titulación con tiosulfato de sodio, mediante el uso almidón como indicador.

e. Índice de Refracción: Mide el cambio de dirección que experimenta un haz de luz al pasar a través del material a evaluar. Se determina mediante un refractómetro d ABBE tal como se menciona en el método 921,08 AOAC (2007).

f. Gravedad específica: Se lleva a cabo utilizando el picnómetro de acuerdo a la metodología 920,212 señaladas por la AOAC (2007).

g. Índice de saponificación: Es el número de gramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1g de grasa bajo condiciones específicas. Se realiza de acuerdo al método 920,160 AOAC (1990).

h. Insaponificable: Método utilizado para detectar las sustancias que se encuentra disuelta en la materia grasa, pero que no puede saponificar por alcalisis. Realizado de acuerdo a la metodología AOAC 933,08 (1998).

i. p-Anisidina: El valor de la p-anisidina es definido como 100 veces la densidad óptica medida a 350 nm a una celda de 1cm de una solución que contiene 1,00 g de aceite en una mezcla de solvente y reactivo acorde al método descrito, como se menciona en el método Cd 18-90 AOAC (1990).

j. Composición de ácidos grasos: El aceite crudo de semilla de uva se sometió a un análisis por cromatografía de gases según el método de Prevot y Mordret (1976) metodología utilizada en el Instituto Tecnológico de la Producción (Anexo 67).

La metodología empleada se detalla de la siguiente forma:

- En un tubo de ensayo introducir aproximadamente 50 mg de aceite o grasa fundida. Se agrega aproximadamente 2,5 ml de éter de petróleo y agitar en vortex hasta disolver; verter 0,25 ml de NaOH 2N en metanol, agitar vigorosamente en vortex por 10 segundos. Sumergir en baño maría a aproximadamente 50 ° C durante 20 segundos, agitar 10 segundos en vortex. Agregar alrededor de 0,30 ml de HCl 2N en metanol. Se pasa a centrifugar a 336 g por 8 min, liberándose metilos como líquidos para que sean volatilizados en el cromatógrafo, se separan 2 fases (esteres metílicos y sales que se van al fondo). Se trasvasa en diales de 2 ml por duplicado. En el cromatógrafo una jeringa inyecta 2 ul (jeringa de 5 ul) de esterres de metilos al liner y se volatilizan pasando a la columna (columna cromatografica Supelco capilar no empacada) en un horno durante 1 hora, siendo los ácidos grasos detectados por el detector FIT. Para

identificar los picos se cuenta con el mix de estándares Food Industry Fame mix 2.5 (37 estándares).

3.3.3. RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN

La semilla de uva previamente acondicionada se sometió a la extracción del aceite por prensado. El rendimiento de extracción (variable respuesta) -va a estar definida como la cantidad de aceite extraída, dividida entre la cantidad de materia prima inicial y multiplicada por cien para expresarse como porcentaje. Mientras que la eficiencia de aceite extraído se define como la cantidad de aceite extraída dividida entre la cantidad de aceite inicial (valor obtenido de extracto etéreo 3.3.1.c) en la muestra, multiplicada por cien.

$$\text{Rendimiento de extracción (por ciento)} = \frac{\text{Aceite extraído}}{\text{Materia prima inicial}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia de la extracción (por ciento)} = \frac{\text{Aceite extraído}}{\text{Aceite inicial}} \times 100$$

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

A continuación se detalla la extracción mecánica sin tratamiento enzimático y extracción mecánica con tratamiento enzimático.

3.4.1. EXTRACCIÓN MECÁNICA CONVENCIONAL (SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO)

a. Limpieza-Secado: Las semillas de uva se limpiaron de manera manual, siendo retiradas las partículas de mayor tamaño (cascaras y ramillas), para luego secarse a una temperatura de 40°C y una velocidad de aire de 5 m/s en un secador de bandejas hasta conseguir una humedad de 9-10 por ciento.

b. Pesado: Las semillas se pesaron en una balanza mecánica de 9 kg de capacidad, midiendo 350 g para cada repetición.

c. Molienda-Tamizado: La molienda se realizó en una moledora de disco manual de acero suave. Se tamizó la semilla de uva mediante tamices marca Tyler de cobre sometiendo a movimiento vibratorio por 5 minutos, se separó de acuerdo al número de luz de malla 35 mesh, tamaño de partícula de 0,5 mm.

d. Tratamiento térmico: Antes de realizar la extracción por prensado hidráulico se aplicó un tratamiento a las semillas de 80 °C por un tiempo de 20 minutos con la finalidad de coagular las proteínas, disminuir la afinidad del aceite a la superficie de los sólidos y aglomerar el aceite en gotas más grandes, e inactivar enzimas presentes en la semilla.

e. Extracción: En esta operación se utilizó una prensa hidráulica de jaula empleando el producto con humedad de 12,5 por ciento, y a una presión constante 6 000 psi, por un tiempo de extracción de 20 y 30 minutos para la semilla de uva.

f. Centrifugación: Se realizó en una centrifuga a 448 g por 20 minutos, para eliminar las partículas que hayan quedado.

3.4.2. EXTRACCIÓN MECÁNICA CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

a. Limpieza-Secado: Las semillas de uva se limpiaron de manera manual las partículas de mayor tamaño (cascaras y ramillas) y luego las de menor tamaño para su posterior proceso, para luego secarse a una temperatura de 40°C y una velocidad de aire de 5 m/s hasta conseguir una humedad de 9-10 por ciento.

b. Pesado: Los residuos de uva se procedieron a pesar en una balanza mecánica de 9 kg de capacidad, midiendo 350 g para cada repetición.

c. Molienda-Tamizado: La molienda se realizó en una molidora de disco manual de maíz de acero suave. Se tamizó mediante tamices marca Tyler de cobre sometiendo a movimiento vibratorio por 5 minutos, se separará de acuerdo al número de luz de malla 35 mesh, tamaño de partícula de 0,5 mm.

d. Tratamiento térmico: Se aplicó un tratamiento térmico para la cual se trató a la materia prima a una temperatura de 80 °C por un tiempo de 20 minutos con la finalidad de coagular las proteínas, disminuir la afinidad del aceite a la superficie de los sólidos y aglomerar el aceite en gotas más grandes, e inactivar enzimas presentes en la semilla.

e. Tratamiento enzimático: Se sometió a las semillas previamente acondicionadas según las variables seleccionadas (complejo enzimático: Deltazym VRAC-100, enzimas puras: Celulasa de *Aspergillus Niger*, Hemicelulasa de *aspergillus niger*, concentración de la enzima 0,5 y 2 por ciento (g de enzima/100 g de semillas), materia prima: agua de 3:1, 2:1 (36 y 28 por ciento de humedad respectivamente) a un tiempo de incubación de 4 y 18 horas en baño maría a 50 °C y a un pH 5.

f. Secado: Se realizó a una temperatura de 65 °C para inactivar las enzimas que se adicionaron en la etapa anterior, y alcanzar la humedad de 12,5 por ciento para semilla de uva, esta humedad fue la seleccionada como la más adecuada para la operación de prensado.

g. Extracción mecánica: Se utilizó una prensa hidráulica de 1 kg de capacidad, una presión de trabajo 6 000 psi por un tiempo entre 20 y 30 minutos para la semilla de uva.

h. Centrifugación: El aceite obtenido se centrifugó a 448 g por 20 minutos con la finalidad de eliminar las partículas sólidas que hayan podido quedar en el aceite.

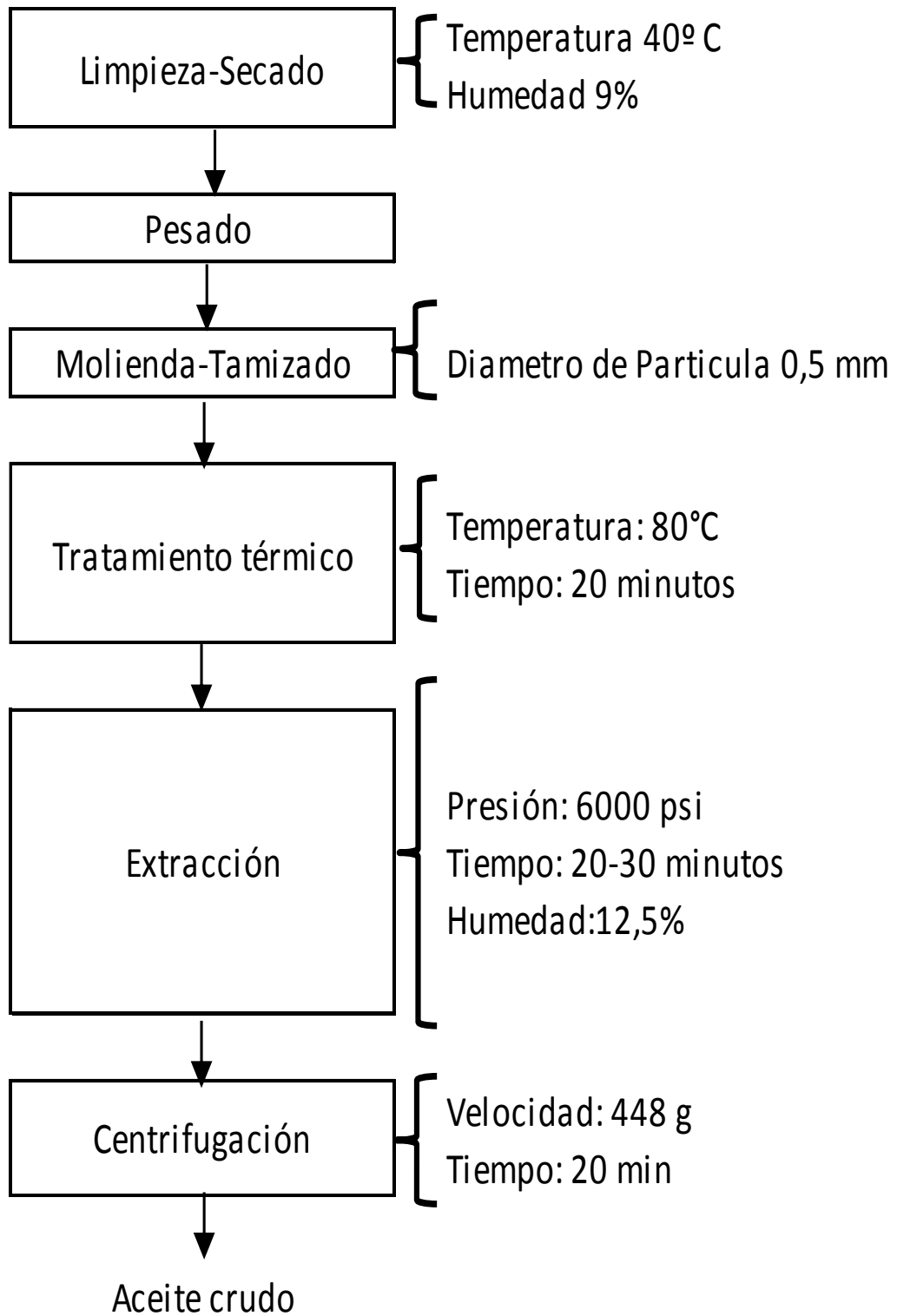


Figura 7: Diagrama de flujo para la extracción de aceite crudo de las semillas de uva mediante el método mecánico convencional

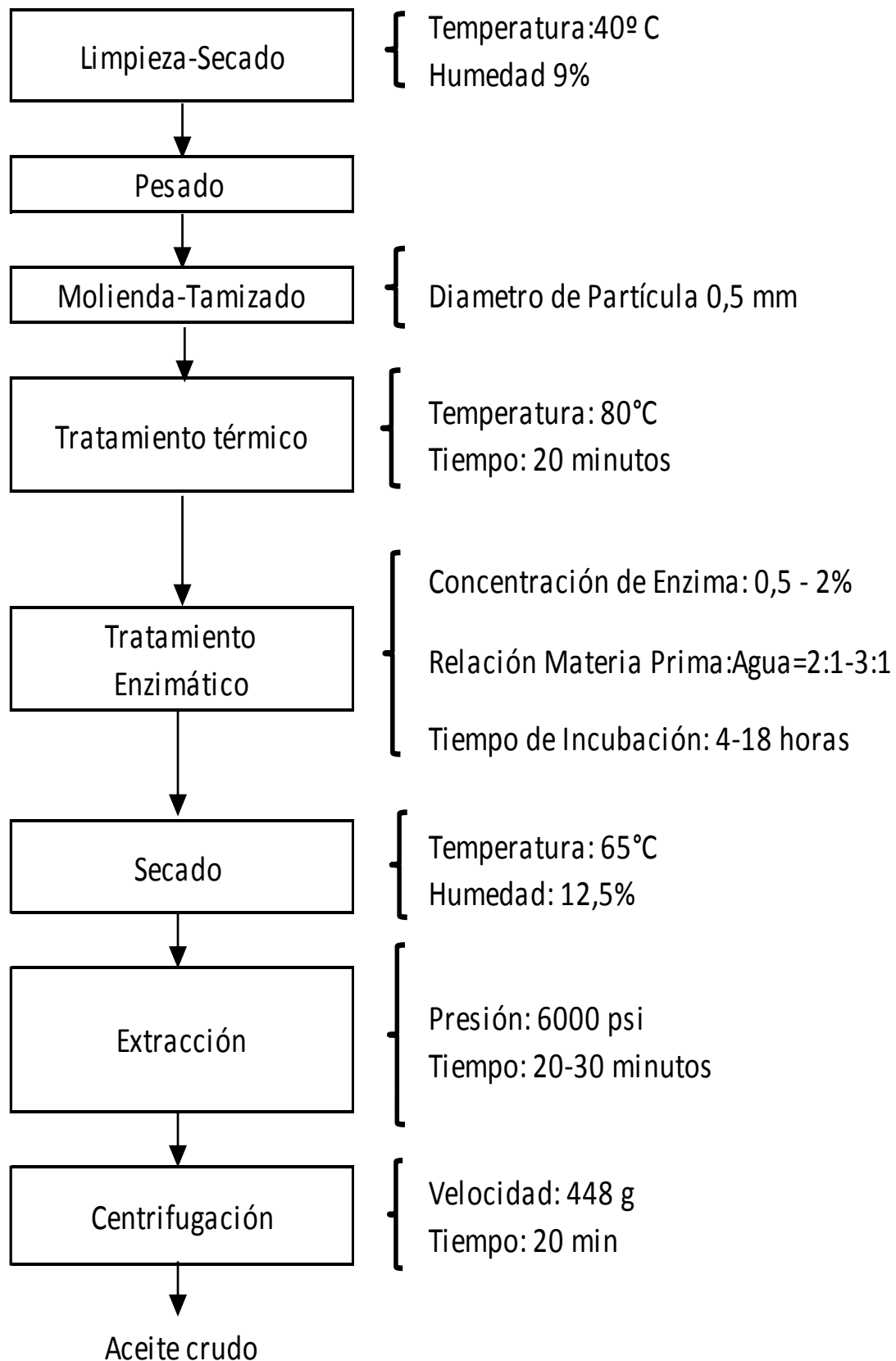


Figura 8: Diagrama de flujo para la extracción de aceite crudo de las semillas de uva mediante el método mecánico asistido por un tratamiento enzimático.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Las etapas del Diseño experimental son descritas en los siguientes puntos

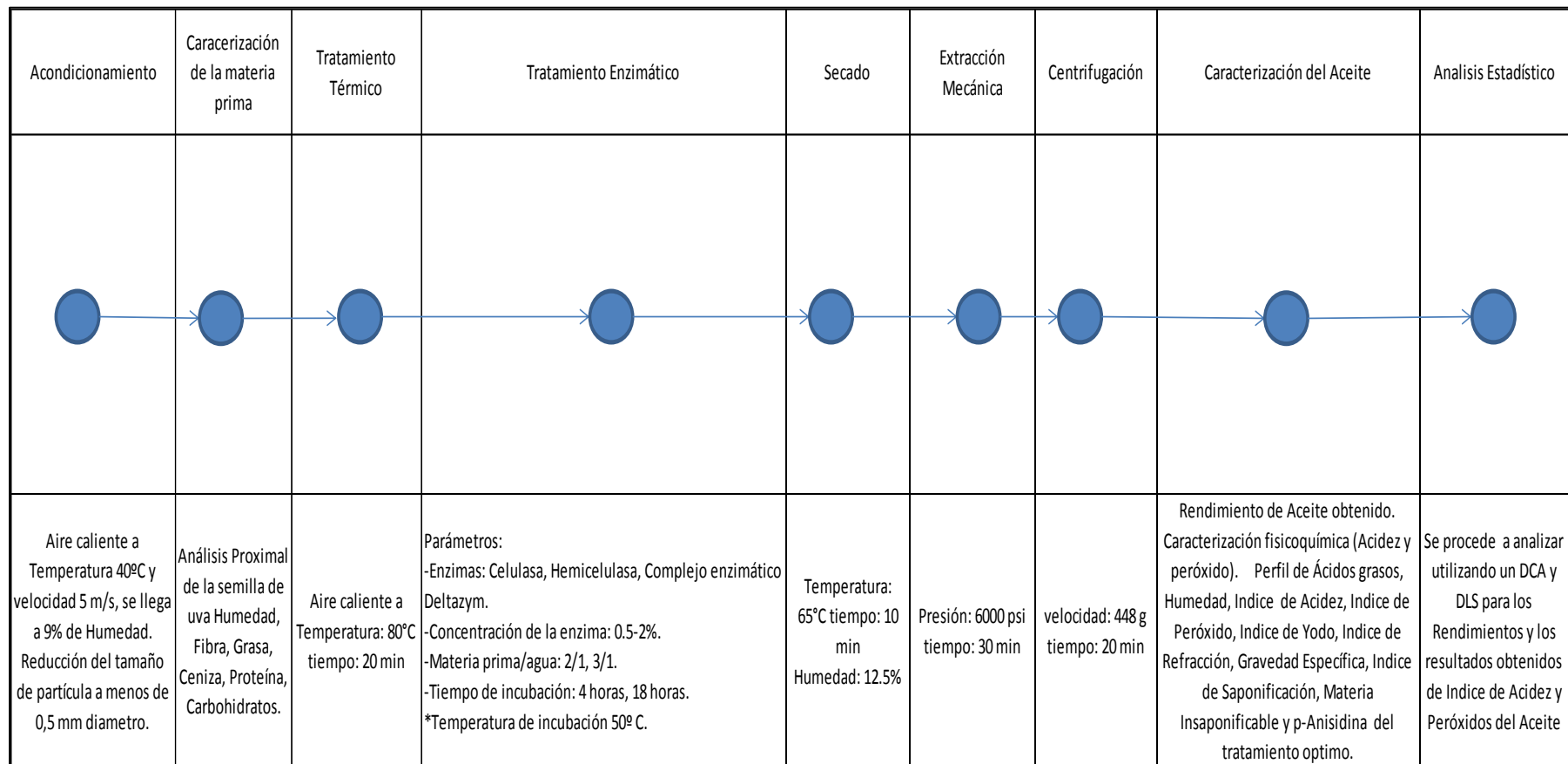


Figura 9: Diseño Experimental

Se tomó como constante el tamaño de partícula d_p 0,5 mm ya que autores como Passos *et al.* (2009) (quien obtuvo siempre mayores rendimientos utilizando tamaño de partícula $d_p < 0,5$ mm que al utilizar d_p 1,0-1,4 mm.), Hocine y Hocine (2001) citados por Farias y Matos (2009) (obtuvieron un mayor rendimiento de aceite cuando el tamaño de partícula oscila entre los 0,5 mm que cuando éste era de 1,25 mm), en sus experimentaciones obtuvieron mayores rendimientos trabajando con este tamaño de partícula. Además Guerra y Zuñiga (2003) destacan que la fracción menor a 0,6 mm, posee un alto contenido en aceite y bajo contenido en fibra cruda, a diferencia de la fracción entera (sin tamizar) que presenta un menor contenido en aceite y un mayor contenido en fibra cruda (lignina). La diferencia en la composición puede ser explicada debido a que la cascara de la pipa de uva, que presenta un alto contenido en fibra, proporciona rigidez en la operación de molienda, generando partículas de tamaño mayor, las que son retenidas en el tamizado. La fracción de partículas menores a 0,6 mm proviene principalmente de la parte interna de la semilla, la que es menos rígida y proporciona partículas de menor tamaño llenas de aceite.

Otro factor que se tomó constante fue la temperatura de tratamiento 80 °C por 20 minutos (en la semilla de uva molida), similar tratamiento al aplicado por Fullbrook (1983) (que aplica 80 °C por solo 13 minutos) y por Santoso *et al.* (2014) (trata las semillas de caucho a 60-80 °C por 45-75 minutos) quien al igual que Guerra y Zuñiga (2003) incubó a 100 grados por 20 min, buscan inactivar enzimas, coagular las proteínas, disminuir la afinidad del aceite a la superficie de los sólidos y aglomerar el aceite en gotas más grandes para facilitar su drenado.

Los cuatro factores dan como resultado 72 tratamientos con los que se puede aplicar el Diseño Factorial, del cual se va a obtener la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio.

Cuadro 12: Niveles de los factores que intervienen en el tratamiento enzimático

FACTOR NATURAL	SÍMBOLO	NIVELES DE FACTORES CODIFICADOS		
		-1	0	+1
Enzima o Mezcla Enzimática	X1	E1 (Celulasa)	E2 (Mezcla enzimática)	E3 (Hemicelulasa)
Concentración de la enzima	X2	0,5	-	2
Concentración Sustrato/Agua	X3	3/1	-	2/1
Tiempo tratamiento enzimático	X4	4	-	18

De los tratamientos resultantes se utilizará un arreglo factorial analizado con un DCA (Diseño Completamente al Azar) la cual permite un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. Estas comparaciones se realizaron de forma individual y por grupos.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Obtenidos los resultados de las corridas especificadas en el diseño experimental, se procedió a analizar los datos estadísticamente utilizando un DCA para los rendimientos de los tratamientos y los resultados obtenidos de los análisis de acidez y peróxidos. Para la comparación entre los tratamientos se utilizó la prueba de LSD. El diseño factorial está representado en el Cuadro 13:

Cuadro 13: Diseño factorial, considerando los factores: enzima, concentración de enzima, concentración de sustrato, tiempo de incubación.

REPETICIONES	TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO	ACIDEZ	PERÓXIDOS
3	Celulasa, 0,5 por ciento, 2/1, 4 horas			
3	Celulasa, 0,5 por ciento, 2/1, 18 horas			
3	Celulasa, 0,5 por ciento, 3/1, 4 horas			
3	Celulasa, 0,5 por ciento, 3/1, 18 horas			
3	Celulasa, 2 por ciento, 2/1, 4 horas			
3	Celulasa, 2 por ciento, 2/1, 18 horas			
3	Celulasa, 2 por ciento, 3/1, 4 horas			
3	Celulasa, 2 por ciento, 3/1, 18 horas			
3	Hemicelulasa, 0,5 por ciento, 2/1, 4 horas			
3	Hemicelulasa, 0,5 por ciento, 2/1, 18 horas			
3	Hemicelulasa, 0,5 por ciento, 3/1, 4 horas			
3	Hemicelulasa, 0,5 por ciento, 3/1, 18 horas			
3	Hemicelulasa, 2 por ciento, 2/1, 4 horas			
3	Hemicelulasa, 2 por ciento, 2/1, 18 horas			
3	Hemicelulasa, 2 por ciento, 3/1, 4 horas			
3	Hemicelulasa, 2 por ciento, 3/1, 18 horas			
3	Deltazym, 0,5 por ciento, 2/1, 4 horas			
3	Deltazym, 0,5 por ciento, 2/1, 18 horas			
3	Deltazym, 0,5 por ciento, 3/1, 4 horas			
3	Deltazym, 0,5 por ciento, 3/1, 18 horas			
3	Deltazym, 2 por ciento, 2/1, 4 horas			
3	Deltazym, 2 por ciento, 2/1, 18 horas			
3	Deltazym, 2 por ciento, 3/1, 4 horas			
3	Deltazym, 2 por ciento, 3/1, 18 horas			

Este número de ensayos representaron el total de los 72 que corresponderían a un diseño factorial de $2^3 * 3$ con 3 repeticiones cada tratamiento utilizando 4 factores: enzima, concentración de enzima, materia prima/agua y tiempo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. MATERIA PRIMA

En el Cuadro 14, se muestran las características morfológicas de peso y largo de semilla de uva.

Cuadro 14: Análisis morfológico de la mezcla de semillas de uva

SEMILLA DE UVA	PESO SEMILLA (G)	LARGO SEMILLA (MM)	DIÁMETRO (MM)
\bar{x}	0,036	6,768	3,8742
S	0,016	0,904	0,3469

*Los resultados corresponden a 50 evaluaciones realizadas en las semillas de uva.

\bar{x} : Promedio, S: Desviación estándar

Como se observa en el cuadro, las semillas de uva presentan en cuanto a largo un valor promedio de 6,768 mm, con valores para las diferentes muestras entre 5,040 y 8,840 mm y una desviación estándar de 0,904 mm, y con respecto al diámetro 3,8742 mm promedio con una desviación de 0,347 mm. Presentan una forma ovoide con una pequeña depresión en la parte media. El peso de semilla se encontró entre 0,017 y 0,077 g, con un valor promedio de 0,036 g y una desviación estándar de 0,016 (Anexo 1).



Figura 10: Semilla de uva Borgoña

En el Cuadro 15, se muestran los resultados de la composición química proximal de la semilla de uva.

Cuadro 15: Composición química proximal de la semilla de uva.

SEMILLA DE UVA	HUMEDAD (G H ₂ O/ 100G MUESTRA)	FIBRA (G FIBRA/ 100G MUESTRA)	GRASA (G GRASA/ 100G MUESTRA)	CENIZA (G CENIZA/ 100G MUESTRA)	PROTEÍNA (G PROTEÍNA/100 G MUESTRA)	CARBOHIDRATOS (G CHOS/ 100G MUESTRA)
\bar{x}	8,69	44,89	9,5	1,78	8,29	71,74
S	0,06	0,04	0,03	1,9	0,05	0,09

*Las evaluaciones se realizaron por triplicado.

\bar{x} : Promedio, S: Desviación estándar

De acuerdo a los resultados mostrados, la humedad para la mezcla de semillas es 8,69 por ciento debido al secado realizado, siendo un valor inferior a los reportados por Guerra y Zúñiga (2003) que indican un 9,00 por ciento, Sineiro *et al.* (1995) con 10 por ciento y Poggi Estremadoyro (1974) que reporta un rango de 30-35 por ciento. Se manejó el valor de humedad para su almacenamiento, como señala la FAO (1997) en las operaciones en gran escala, las semillas oleaginosas se secan hasta obtener una humedad inferior al 10 por ciento, o menor a 9 por ciento como señalan Hernández y Carballo (s.f.), se pueden almacenar durante períodos prolongados de tiempo en condiciones adecuadas de aireación, tomando precauciones contra las infestaciones de insectos y roedores. Este tipo de almacenamiento reduce la infección por mohos y la contaminación con micotoxinas, minimizando el proceso de degradación biológica que conduce a la aparición de ácidos grasos libres y decoloración en el aceite (Hernández y Carballo s.f.).

Las semillas de uva presentan un porcentaje de fibra de 44,89 por ciento, valor superior a los reportados por Guerra y Zúñiga (2003) con 38 por ciento, Sineiro *et al.* (1995) con 40 por ciento y Campos *et al.* (2008) con 40 por ciento.

El porcentaje de grasa en la semilla de uva corresponde a 9,50 por ciento; valor inferior al de Guerra y Zúñiga (2003) que reporta 12 por ciento, Yedro *et al.* (2014) 17 por ciento, Sineiro *et al.* (1995) que indica un valor de 11,8 por ciento para la variedad Moscatel, 13,5 por ciento para la variedad Pinot española, 19,3 por ciento para la variedad Italiana española, 11,8 por ciento para la variedad Fayoumi egipcia, 12 por ciento para la variedad Moskat egipcia, 14,4 por ciento para la variedad San Juanina argentina, 11,8 por ciento para la variedad Moscatel argentina, 15,4 por ciento para la variedad Catawa americana, 13,45 por ciento para la variedad Delawae americana y para la Palomino española (10,5 por ciento). De la misma forma el valor obtenido experimentalmente es inferior al obtenido por Yedro *et al.* (2014) 13 por ciento para la variedad Tempranillo de la Vitivinícola Matarromera S.A. de Valbuena de Duero-España, y Rombaut *et al.* (2014a) 13,5 por ciento para las semillas de uva provenientes de la destilería Jean Goyard en la región Champaign-Francia, Fernandes *et al.* (2012) que referencia 12,4 por ciento, Da Porto *et al.* (2013) 14 por ciento y Campos *et al.* (2008) con 16 por ciento en grasa.

Las semillas presentaron un contenido de cenizas correspondiente a 1,78 por ciento; valor inferior al reportado por Guerra y Zúñiga (2003) 3 por ciento y Yedro *et al.* (2014) 2,4 por ciento. El valor obtenido se encuentra dentro del rango de cenizas reportado por Bernardini (1981) que menciona del 1 al 4 por ciento.

En cuanto al contenido de proteínas, la semillas presentaron un valor de 8,29 por ciento, siendo inferior a los indicados por Sineiro *et al.* (1995) 11 por ciento, Campos *et al.* (2008) 11 por ciento y Gazzola *et al.* (2014) 40 por ciento con respecto al endospermo de la semilla de uva desgrasada (debido a que el endospermo se separó también de su cubierta que consiste principalmente de fibra).

4.2. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE UVA

4.2.1 EXTRACCIÓN DE ACEITE DE MEZCLA DE SEMILLA DE UVA OBTENIDA CON Y SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO POR PENSADO HIDRÁULICO

Los resultados de la extracción de aceite de semilla de semilla de uva obtenida sin tratamiento enzimático y por prensado hidráulico, se muestran en el Cuadro 16, y los resultados de la extracción con tratamiento enzimático se muestran en el Cuadro 17.

Cuadro 16: Extracción de aceite de semilla de uva obtenido sin tratamiento enzimático por prensado hidráulico y el tratamiento con enzimas óptimo.

TRATAMIENTO	CANTIDAD DE MATERIA PRIMA (G)	RENDIMIENTO				
		VALOR	ML	G	RENDIMIENTO POR CIENTO	EFICIENCIA EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE (POR CIENTO)
Sin tratamiento enzimático	350	\bar{x}	22	19,4	5,53	58,21
		S	1	1,015	0,29	3,05
Con tratamiento enzimático	350	\bar{x}	36,7	31,6	9,03	95,04
		S	3,21	2,14	0,61	6,43

*Las evaluaciones se realizaron por triplicado.

\bar{x} : Promedio, S: Desviación estándar.

Se considera 9,5 por ciento de grasa sobre la cantidad inicial de materia prima

En la presente investigación en la extracción sin tratamiento enzimático se obtuvo un rendimiento promedio de aceite de 22,0 ml, 19,4 gramos, que representa el 5,53 por ciento de rendimiento en base húmeda, siendo inferior al valor reportado por Navas Petra (2010) de 5,70 por ciento y al obtenido en el tratamiento óptimo (Celulasa, materia prima: agua 2:1, 0,5 por ciento de enzima, 18 horas) 9,03 por ciento. Se obtuvo en la extracción sin enzimas una eficiencia en el aceite extraído con respecto al total de aceite en la semilla de 58,21 por ciento, valor menor al reportado por Navas (2009) que extrajo 67 por ciento utilizando una prensa Komet Screw Oil (Expeller CA59G CA 5963) si se toma en cuenta que el contenido total de aceite en la semillas de uva que analizó fue 8,9 g de una muestra de 100 g, y al indicado por Rombaut *et al.* (2014a) 64,3 por ciento, quien utilizó una prensa Komet con una temperatura de precalentamiento de 120 °C, un tornillo de rotación que giraba a 4,48-7,84 g y un diámetro de boquilla de 10-15 mm, del mismo modo al obtenido utilizando enzimas en el tratamiento óptimo (95,03 por ciento).

Cuadro 17: Extracción de aceite tratado con enzimas Deltazym Vrac-100, Celulasa y Hemicelulasa de mezcla de semilla de uva obtenido por prensado hidráulico

DELTAZYM VRAC- 100				
TIEMPO HIDROLISIS ENZIMÁTICA	4 HORAS		18 HORAS	
	GRAMOS (G)	% BASE HÚMEDA	GRAMOS (G)	% BASE HÚMEDA
M.P.:A 2:1 [] E(%) 0,5	20,83 ± 0,72	5,95 ± 0,21	24,47 ± 1,56	6,99 ± 0,45
M.P.:A 2:1 [] E(%) 2,0	22,83 ± 0,76	6,52 ± 0,22	29,37 ± 1,47	8,39 ± 0,42
M.P.:A 3:1 [] E(%) 0,5	20,83 ± 2,35	5,95 ± 0,67	22,83 ± 1,76	6,52 ± 0,50
M.P.:A 3:1 [] E(%) 2,0	21,60 ± 2,35	6,17 ± 0,67	26,83 ± 0,76	7,69 ± 0,21
CELULASA				
TIEMPO HIDROLISIS ENZIMÁTICA	4 HORAS		18 HORAS	
	GRAMOS (G)	% BASE HÚMEDA	GRAMOS (G)	% BASE HÚMEDA
M.P.:A 2:1 [] E(%) 0,5	27,47 ± 2,75	7,85 ± 0,79	31,6 ± 2,14	9,03 ± 0,61
M.P.:A 2:1 [] E(%) 2,0	31,4 ± 1,65	8,97 ± 0,47	30,63 ± 0,15	8,75 ± 0,04
M.P.:A 3:1 [] E(%) 0,5	25,80 ± 2,25	7,37 ± 0,64	25,83 ± 2,12	7,24 ± 0,61
M.P.:A 3:1 [] E(%) 2,0	27,27 ± 2,25	7,79 ± 0,64	26,17 ± 1,26	7,48 ± 0,36
HEMICELULASA				
TIEMPO HIDROLISIS ENZIMÁTICA	4 HORAS		18 HORAS	
	GRAMOS (G)	% BASE HÚMEDA	GRAMOS (G)	% BASE HÚMEDA
M.P.:A 2:1 [] E(%) 0,5	22,70 ± 2,09	6,49 ± 0,60	30,57 ± 3,90	7,28 ± 0,56
M.P.:A 2:1 [] E(%) 2,0	26,13 ± 1,54	7,47 ± 0,42	24,87 ± 1,55	7,10 ± 0,44
M.P.:A 3:1 [] E(%) 0,5	22,53 ± 1,72	6,44 ± 0,49	25,17 ± 3,54	7,19 ± 1,01
M.P.:A 3:1 [] E(%) 2,0	25,33 ± 3,28	7,24 ± 0,94	26,97 ± 0,51	7,70 ± 0,15

Humedad (por ciento) 12,5 MP: A=Materia prima: Agua, [] E (por ciento)= Concentración de enzimas en porcentaje, Presión= 6 000 psi, Tamaño partícula 0,5 mm, Tiempo de extracción 30 min.

Los valores presentados en el Cuadro 17, corresponden a los factores principales materia prima: agua (A), enzima utilizada (B), concentración de enzima (C), tiempo de tratamiento enzimático (D).

Experimentalmente, con un tamaño de partícula de 0,5 mm, se obtuvo sin tratamiento enzimático (control) un rendimiento de $5,53 \pm 0,29$ por ciento w/w base húmeda bh (peso/peso, peso del aceite extraído/peso de la muestra) (Cuadro 16), y como resultado óptimo con tratamiento enzimático (materia prima: agua 2:1, enzima celulasa, concentración de enzima 0,5 por ciento y tiempo 18 horas) un rendimiento de $9,03 \pm 0,61$ por ciento (Cuadro 17), lo que indica que el rendimiento se incrementó en 63,3 por ciento respecto al control; siendo el incremento superior al reportado por Passos *et al.* (2009) (27,5 por ciento) a un tamaño de partícula 0,5 mm y 24 horas de tratamiento enzimático (celulasa, proteasa, xilanas y pectinasa), y al reportado por Guerra y Zúñiga (2003), que señala que utilizando Ultrazym 100G obtuvieron un incremento de aproximadamente 26 por ciento para semillas de uva. El incremento obtenido experimentalmente es inferior al indicado Passos *et al.* (2009) que para un tamaño de partícula de 1,0-1,4 mm y un tiempo de tratamiento enzimático de 24 horas (celulasa, proteasa, xilanas y pectinasa) obtuvo un valor de 137 por ciento.

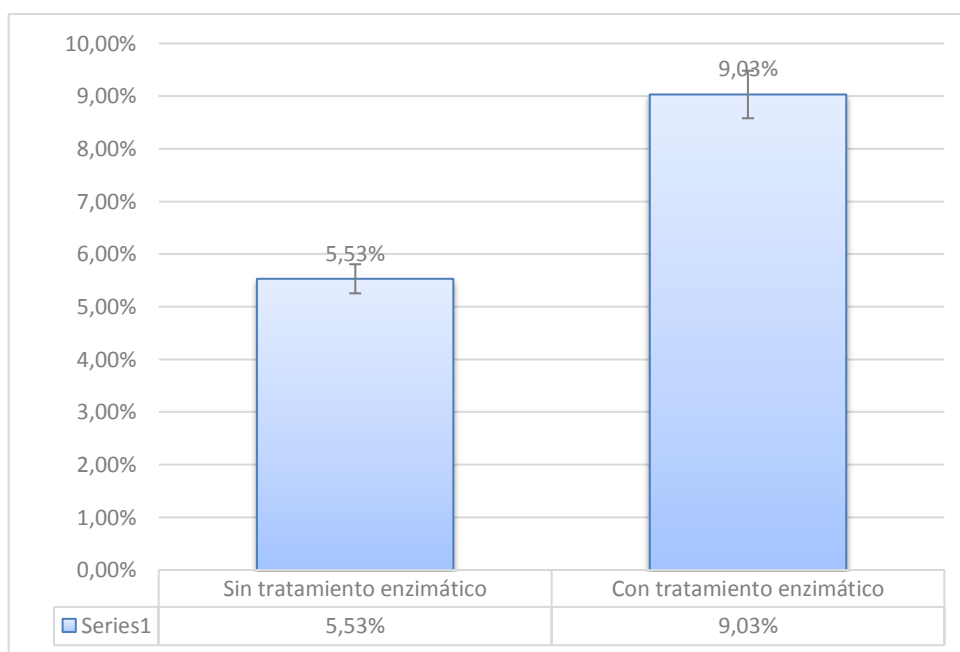


Figura 11: Rendimiento de extracción de aceite con respecto a la materia prima

La eficiencia en la extracción del aceite pasó de 58,21 por ciento (sin tratamiento enzimático) a 95,05 por ciento (tratamiento enzimático óptimo) con respecto a la cantidad total de aceite en la semilla ($9,50 \pm 0,03$ por ciento). La eficiencia obtenida es inferior a la reportada por Zúñiga *et al.* (2003) reportó una eficiencia 98,6 por ciento al aplicar una mezcla de enzimas sobre avellanas (Guevina avellana mol), por la señalada por Rombaut *et al.* (2014a), quien al aplicar una extracción supercrítica con CO₂ a la semilla de uva obtuvo una eficiencia en la extracción de aceite de 95,6 por ciento, y por el Soto *et al.* (2007) señaló una eficiencia de 95 por ciento, aplicando una mezcla de complejos enzimáticos “Olivex” y Celulasa sobre borrajas (trabajando a 0,25 por ciento de enzima, temperatura de incubación 45°C y 9 horas de incubación) y Rombaut *et al.* (2014b) obtuvo de eficiencia 64,3 por ciento utilizando un tornillo de presión en frío Komet para las semillas de uva provenientes de Champaign-Francia.

El mayor rendimiento obtenido en la extracción de aceite de semilla de uva utilizando celulasa se debió a que existe un mayor contenido de celulasa y ácido poligalacturónico en la pared celular cada uno responsable del 30-40 por ciento del total de polisacáridos que la componen, como dice Numan (1997), esto reforzado por lo que indica Gómez (2008) citado por Farias y Matos (2009) que en una semilla de uva existe la cantidad de 18 por ciento de hemicelulosa, 0,25 por ciento de pectinas, y una mayor cantidad de celulosa (37 por ciento) y lignina (64 por ciento).

Se obtuvo una mayor eficiencia en la extracción del aceite de semilla de uva utilizando la enzima celulasa que utilizando el complejo enzimático (Deltazym), de forma similar a la experimentación de Buenrostro y Lopez-Munguia (1986) que obtuvieron mejores rendimientos mediante el uso de solo α amilasa en el aguacate, resultando una eficiencia en la extracción de aceite del 75 por ciento del contenido original en comparación del 65 por ciento de la mezcla enzimática de poligalacturonasa, α amilasa y la proteasa.

A un nivel de confianza del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que existe diferencia significativa entre el tratamiento sin enzimas y el tratamiento enzimático óptimo (Anexo 68).

Se tiene la suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para afirmar que el tratamiento óptimo celulasa, mp: agua 2:1, concentración de enzima 0,5 por ciento con 18 horas de tratamiento enzimático es similar al tratamiento celulasa, mp: agua

2:1, concentración de enzima 2 por ciento con 4 horas; de la misma forma con el tratamiento celulasa, mp: agua 2:1, concentración de enzima 2 por ciento y 18 horas de tratamiento enzimático; y con el tratamiento Deltazym, mp: agua 2:1, concentración de enzima 2 por ciento y tiempo de tratamiento enzimático 18 horas (Anexo 66). Entre los tratamiento se escogió como el óptimo tomando en consideración el rendimiento y la calidad al celulasa, mp: agua 2:1, concentración de enzima 0,5 por ciento con 18 horas de tratamiento enzimático. Como lo puede explicar el Cuadro 18 y el Anexo 66, no existe diferencia estadística entre los 4 tratamientos; pero al comparar el índice de acidez, el menor valor corresponde al tratamiento antes mencionado Celulasa mp: agua 2:1, concentración de enzima 0,5 por ciento, 18 horas (se tiene una diferente disposición con respecto al índice de peróxido pero el análisis que predomina es el de acidez).

Cuadro 18: Índice de acidez de los tratamientos óptimos estadísticamente similares

TRATAMIENTO	INDICE DE ACIDEZ (mg KOH/ g de aceite)
Deltazym 2:1; 2 por ciento; 18 h	3,34
Celulasa 2:1; 0,5 por ciento; 18 h	2,58
Celulasa 2:1; 2 por ciento; 18h	2,78
Celulasa 2:1; 2 por ciento; 4h	2,64

4.3. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO SOBRE EL RENDIMIENTO DE ACEITE DE SEMILLA DE UVA POR EXTRACCIÓN MECÁNICA

4.3.1. EFECTO DEL FACTOR MATERIA PRIMA: AGUA

a. Interacciones

En la Figura 12 se muestra la interacción entre los efectos simples de los factores Materia prima: agua y Enzima.

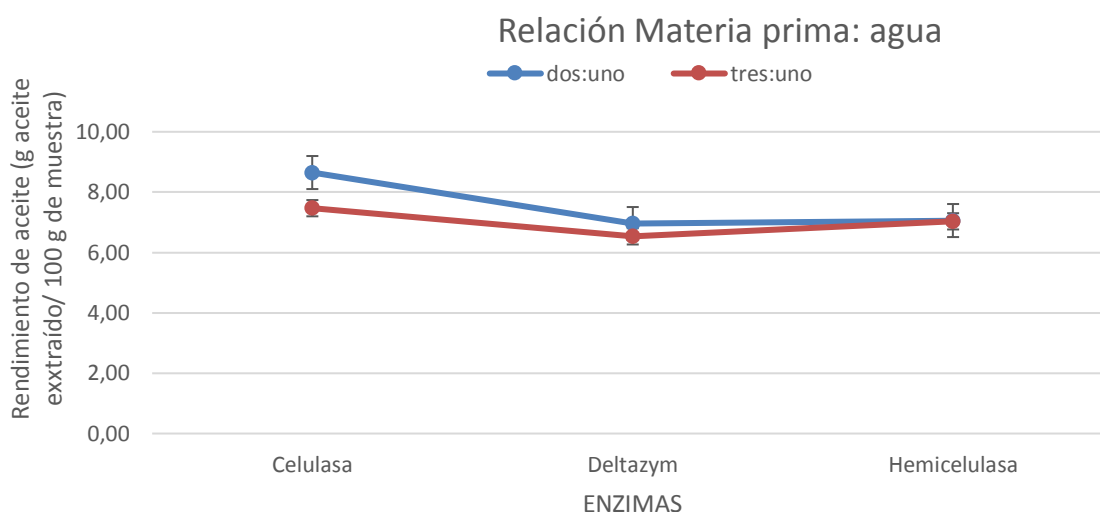


Figura 12: Gráfico de interacciones entre la relación materia prima: agua y las enzimas utilizadas

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Deltazym) y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Bajo el efecto simple materia prima agua 2:1 se produce una disminución del rendimiento al pasar de la enzima celulasa al complejo enzimático deltazym; de la misma forma bajo el efecto simple materia prima agua 3:1 se produce una disminución del rendimiento al pasar de la enzima celulasa al complejo enzimático deltazym. Tomando en consideración que 2:1 corresponde a un porcentaje de humedad de 36 por ciento y 3/1 de 28 por ciento se puede considerar que son porcentajes de humedad altos comparándolos con el utilizado por Dominguez *et al.* (1995b) quien emplea 25-30 % para semillas de girasol, pero inferiores si los compara con el porcentaje de humedad utilizado para incubar la soja (50%)¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Bajo el efecto simple materia prima agua 2:1 se produce un incremento del rendimiento al pasar del complejo enzimático deltazym a la enzima hemicelulasa; de la misma forma bajo el efecto simple materia prima agua 3:1 se produce un aumento del rendimiento al pasar del complejo enzimático deltazym a la enzima celulasa¹. No necesariamente se obtiene un incremento en el rendimiento al utilizar un complejo enzimático que con una enzima individual, como señala Lamsal *et al.* (2006) quien obtiene un mayor rendimiento de aceite al emplear proteasa sola (88%) que cuando emplea celulasa y proteasa (68%).

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Se puede decir que el rendimiento disminuye al pasar de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa al experimentar con la relación materia prima: agua 2:1, de la misma forma se puede afirmar que el rendimiento sufre un decrecimiento al pasar de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa bajo el factor materia prima: agua 3:1.

Al utilizar la enzima celulasa se obtiene un mayor rendimiento al emplear el efecto simple materia prima: agua 2:1 que materia: agua 3:1, de la misma forma al emplear el complejo enzimático deltazym se obtiene un mayor rendimiento al utilizar el efecto simple materia prima: agua 2:1 que materia: agua 3:1. Cuando se emplea la enzima hemicelulasa se obtienen rendimientos similares al emplear el efecto simple materia prima: agua 2:1 y el efecto materia prima: agua 3:1.

Del gráfico se puede deducir que no existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el efecto principal materia prima: agua y el efecto enzima, concluyendo que el efecto del factor materia prima: agua sobre la variable dependiente (rendimiento) no depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 27)¹.

En el Figura 13 se muestra la interacción entre los efectos simples de los factores Materia prima: agua y Concentración de Enzima.

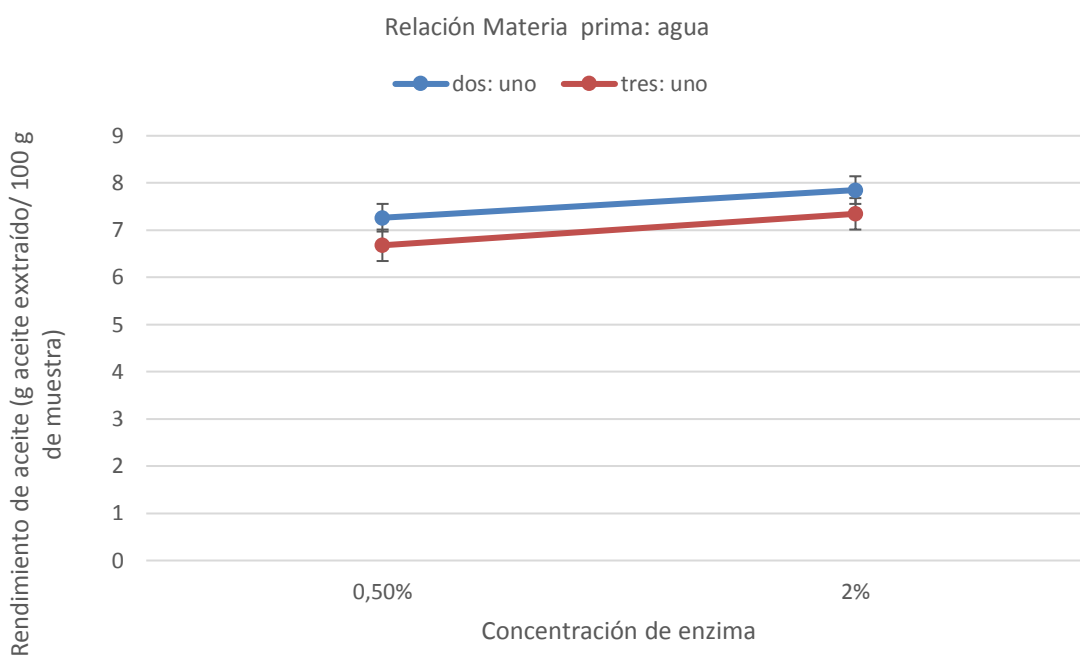


Figura 13: Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima

Tomando como Variable independiente principal Concentración de enzima y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Se puede decir que bajo el efecto simple materia prima: agua 2:1 y materia prima: agua 3:1 se obtiene un incremento en el rendimiento al pasar de la concentración de enzima 0,5 por ciento a 2 por ciento. Se puede afirmar que al emplear una concentración de enzima de 0,5 por ciento y 2 por ciento se obtiene un mayor rendimiento de aceite cuando se utiliza una relación materia prima: agua 2:1 que al emplear la relación materia prima: agua 3:1.

De la figura se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor materia prima sobre la variable dependiente (rendimiento) depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 27)¹.

En el Figura 14 se muestra la interacción entre los efectos simples de los factores Materia prima: agua y Tiempo.

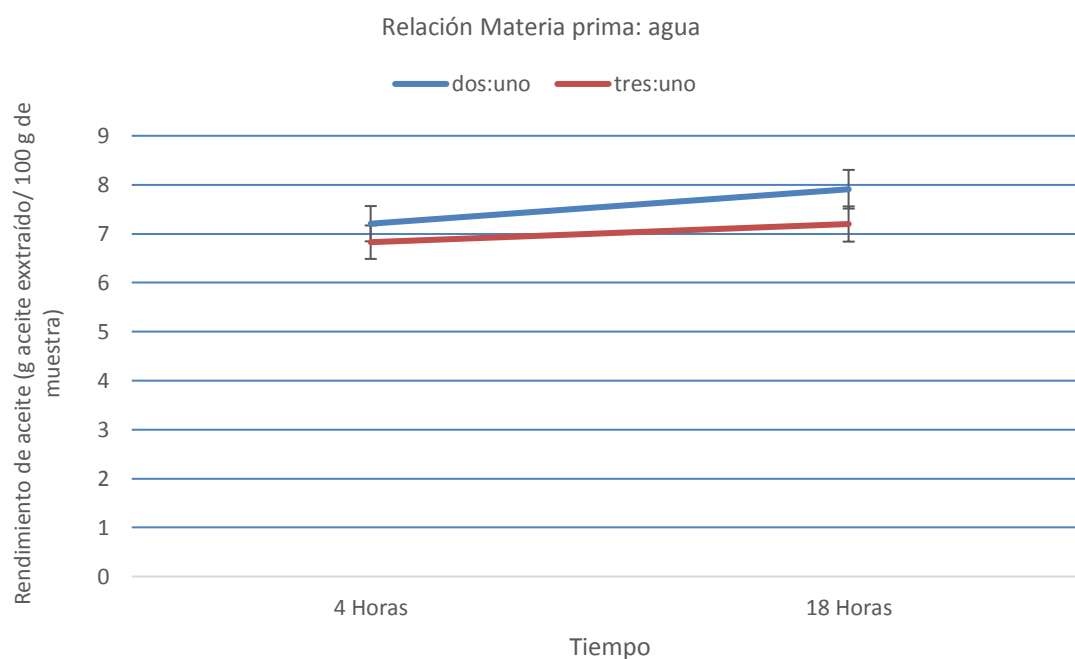


Figura 14. Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor tiempo

Tomando como Variable independiente principal Tiempo y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Se puede decir que bajo el nivel materia prima: agua 2:1 y materia prima: agua 3:1 la concentración de enzima produce un incremento en el rendimiento al pasar de la concentración de enzima 0,5 por ciento a 2 por ciento. Se puede afirmar que empleando un tiempo de 4 horas y 8 horas se obtienen mayores rendimientos al utilizar la relación materia prima: agua 2:1 que materia prima: agua 3.1.

De la figura se puede inferir que no existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que no hay interacción entre el factor materia prima y el factor tiempo, por lo tanto el efecto del factor materia prima: agua sobre la variable dependiente (rendimiento) depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 27)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor materia prima: agua

En la Figura 15 se puede apreciar el rendimiento de las extracciones al emplear el factor relación materia prima: agua:

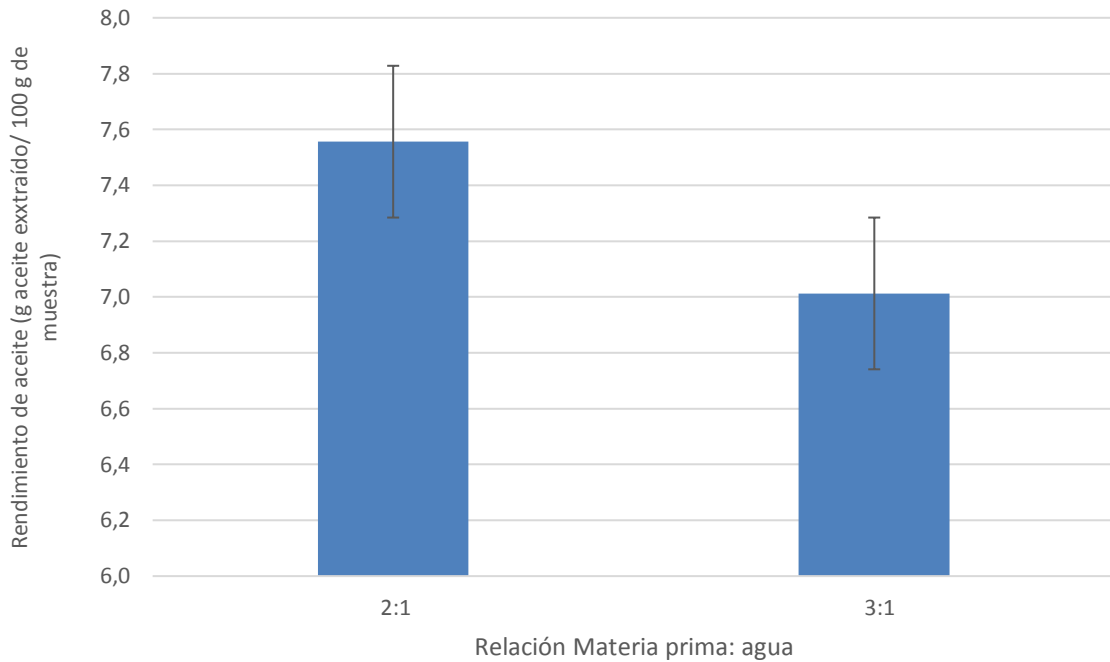


Figura 15: Rendimiento promedio entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3:1)

Existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para aseverar que entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3:1) existe diferencia significativa, como se puede ver en el (Anexo 28). Se pueden obtener mayores rendimientos con mayores porcentajes de humedad como lo demuestra Dominguez *et al.* (1995c) quien empleando una humedad de 11,5 y una concentración de enzima 0,25 por ciento (Celluclast 1,5 L) obtuvo 82,06 por ciento de rendimiento en aceite, mientras que con una humedad de 8,5 por ciento obtuvo 81,96 por ciento de rendimiento para la soya.

4.3.2. EFECTO DEL FACTOR ENZIMA

a. Interacciones

En la Figura 16 se observa la interacción de efectos simples del factor Materia prima: Agua y Enzima:

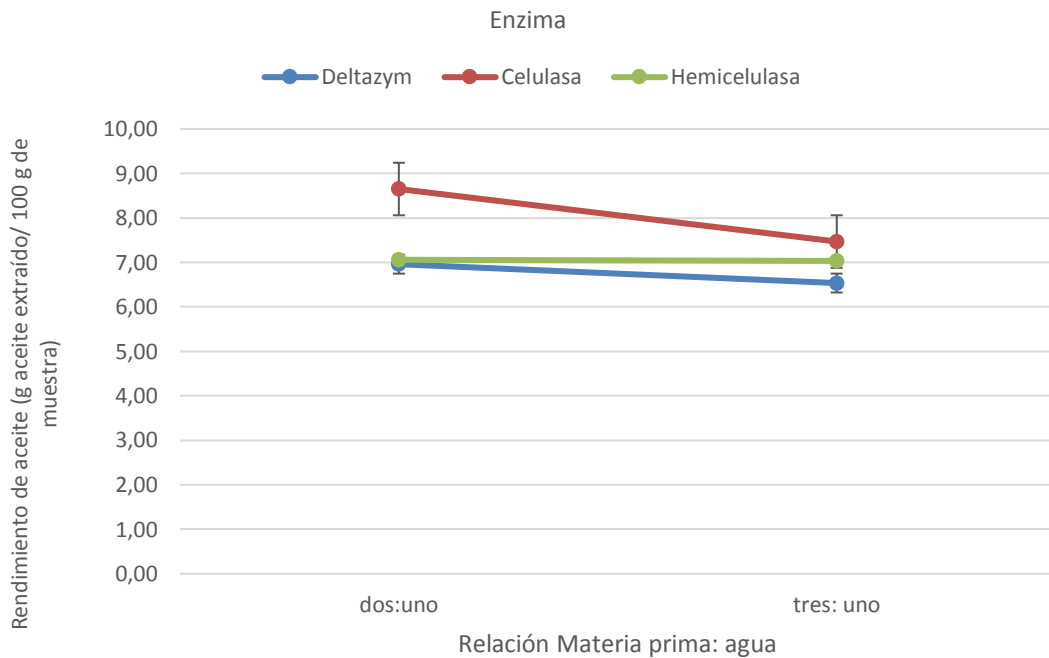


Figura 16: Gráfico de interacciones entre el factor enzima y el factor materia prima: agua

Tomando como Variable independiente principal Materia prima: agua y como Variable independiente condicionante Enzima (Celulasa y Deltazym)

Se puede decir que bajo el nivel de enzima celulasa, el factor materia prima: agua produce una disminución en el rendimiento al pasar del nivel de materia prima: agua de 2:1 a 3:1. Se puede afirmar que bajo el complejo enzimático deltazym se obtienen resultados similares al emplear la relación materia prima: agua 2:1 y materia prima: agua 3:1¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

Tomando como Variable independiente principal Materia prima: agua y como Variable independiente condicionante Enzima (Deltazym y Hemicelulasa)

Se puede decir que bajo el nivel de la enzima hemicelulasa, el factor materia prima: agua produce una disminución en el rendimiento al pasar del nivel de materia prima: agua de 2:1 a 3:1. Mientras que bajo el nivel del complejo enzimático el rendimiento no varía mucho al pasar del nivel materia prima: agua 2:1 a 3:1.

Se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que no existe interacción entre el factor enzima y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre la variable dependiente (rendimiento) no depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 27)¹.

Tomando como Variable independiente principal Materia prima: agua y como Variable independiente condicionante Enzima (Celulasa y Hemicelulasa)

Se puede decir que bajo el nivel de enzima celulasa y hemicelulasa, el factor materia prima: agua produce una disminución en el rendimiento al pasar del nivel de materia prima: agua de 2:1 a 3:1.

Se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que no existe interacción entre el factor enzima y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre la variable dependiente (rendimiento) no depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 27)¹.

Se puede afirmar que al utilizar las relaciones de materia prima: agua 2:1 y 3:1, se obtienen mayores rendimientos al emplear la enzima celulasa que el complejo enzimático deltazym y la enzima hemicelulasa, de la misma forma bajo el efecto de estas relaciones materia prima: agua se obtienen rendimientos inferiores al emplear el complejo enzimático deltazym que utilizando hemicelulasa.

En la Figura 17 se observa la interacción de los efectos simples de los factores enzima y concentración de enzima:

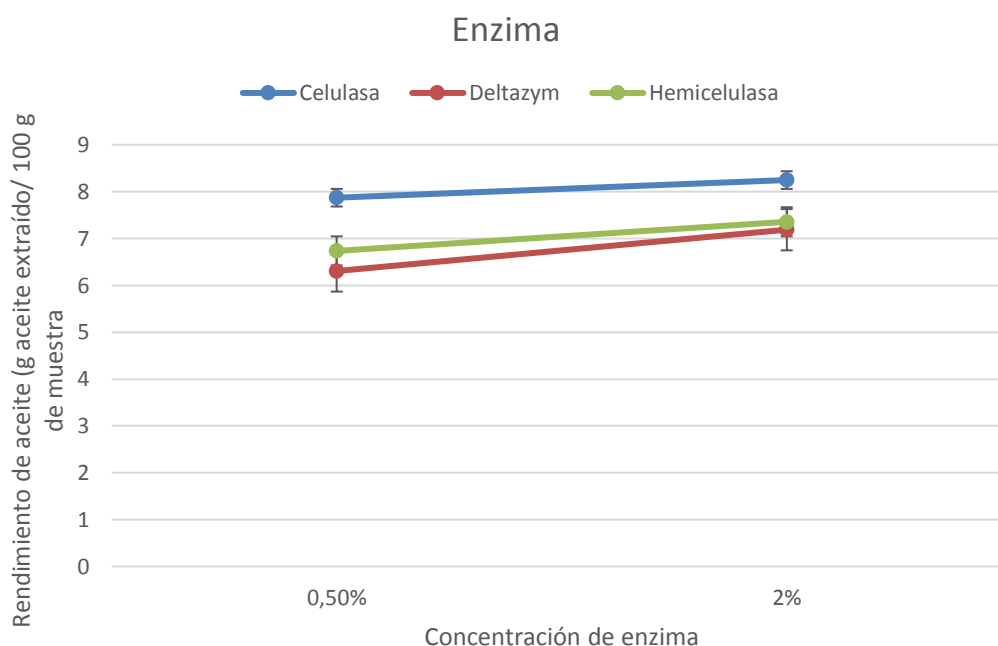


Figura 17: Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor concentración de enzima.

Tomando como Variable independiente principal Concentración de enzima y como Variable independiente condicionante Enzima (Celulasa y Hemicelulasa)

Se puede decir que bajo el nivel de las enzimas celulasa y enzima hemicelulasa, se obtienen mayores rendimientos al pasar del nivel de concentración de enzima de 0,5 a 2 por ciento. Mientras que Guerra y Zuñiga (2003) encuentran resultados similares al trabajar con Ultrazym 100 g para una concentración de 2 por ciento (p/p) y a una concentración E/S (Enzima/Sustrato) de 0,5 por ciento, obteniendo 72 por ciento de rendimiento en la extracción de aceite de pepa de uva.

Tomando como Variable independiente principal Concentración de enzima y como Variable independiente condicionante Enzima (Hemicelulasa y Complejo enzimático Deltazym)

Se puede decir que bajo el nivel del complejo enzimático deltazym y la enzima hemicelulasa, se obtiene un incremento en el rendimiento al pasar del nivel de concentración de enzima de 0,5 a 2 por ciento¹.

Tomando como Variable independiente principal Concentración de enzima y como Variable independiente condicionante Enzima (Celulasa y Complejo enzimático Deltazym)

Se puede afirmar que bajo el nivel de enzima celulasa y la enzima hemicelulasa, el factor concentración de enzima produce un incremento en el rendimiento al pasar del nivel de concentración de enzima de 0,5 a 2 por ciento.

Se puede afirmar que al emplear una concentración de enzima 0,5 y 2 por ciento se obtienen mayores rendimientos al utilizar la enzima celulasa que al emplear la enzima hemicelulasa y el complejo enzimático deltazym; de la misma manera se obtienen menores rendimientos al emplear el complejo enzimático deltazym que con la enzima hemicelulasa. Resultado que puede justificarse por la composición de las pepas de uva como indica Gómez (2008) citado por Farias y Matos (2009) quien referencia que la fibra (52% del total) de la pared celular de la semilla de uva contiene 0,25 por ciento de pectinas, 18 por ciento de hemicelulosa, 37 por ciento de celulosa y 64 por ciento de lignina.

De la figura se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que existe interacción entre el factor enzima y el factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre la variable dependiente (rendimiento) depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 27)¹.

En la Figura 18 se puede apreciar las interacciones entre los efectos simples de los factores Tiempo y Enzima:

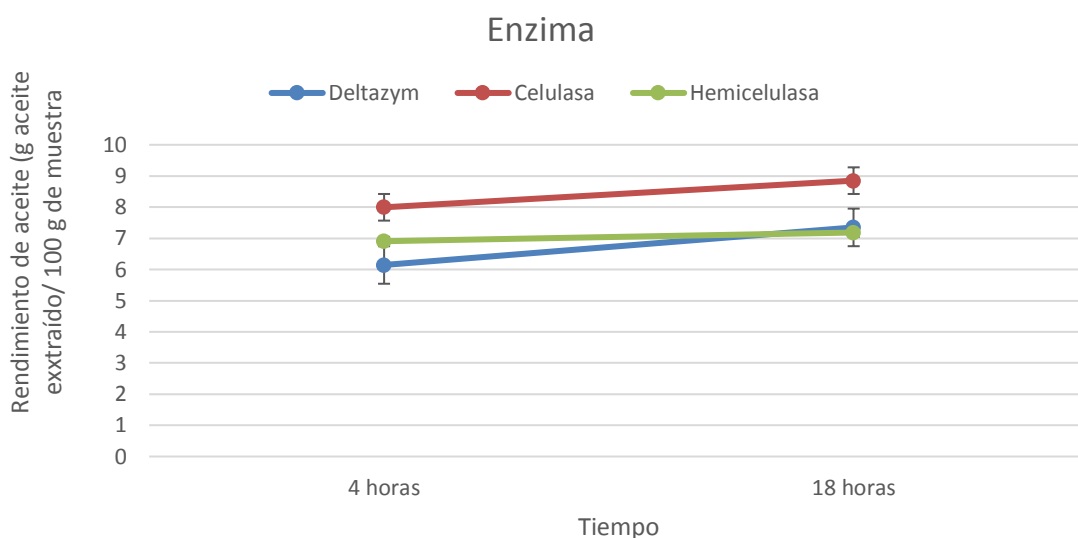


Figura 18: Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor tiempo

Tomando como Variable independiente principal Tiempo y como Variable independiente condicionante Enzima (Celulasa y Hemicelulasa)

Se puede decir que bajo el nivel de enzima celulasa se obtiene un incremento en el rendimiento al pasar del nivel de tiempo de 4 a 18 horas. Al igual que en el caso de la semilla de uva Borgoña Passos *et al.* (2009) obtiene un incremento en el rendimiento de la extracción de aceite de semilla de uva al pasar de un tratamiento de 8 horas de incubación (incremento en el rendimiento de 8,86 %) a 24 horas de incubación (46,5 % de incremento en el rendimiento de aceite de semilla de uva) a 40°C, pH 6, un tamaño de partícula entre 1,0-1,4 mm y un complejo enzimático (formado por celulasa=29, proteasa=1191, xylanasa= 21y pectinasa=1708 U/g muestra). Bajo el efecto de la enzima hemicelulasa se obtienen rendimientos de aceite de semilla de uva similares al emplear un tiempo de 4 y 18 horas.

Tomando como Variable independiente principal Tiempo y como Variable independiente condicionante Enzima (Hemicelulasa y Deltazym)

Se puede decir que bajo el nivel de enzima hemicelulasa, se consiguen rendimientos similares al pasar del nivel de tiempo de 4 a 18 horas. Bajo el efecto del complejo enzimático

deltazym se obtienen rendimientos superiores al pasar de un tiempo de incubación 4 a 18 horas¹.

Tomando como Variable independiente principal Tiempo y como Variable independiente condicionante Enzima (Celulasa y Deltazym)

Bajo el efecto de la enzima celulasa y el complejo enzimático deltazym el factor tiempo produce un incremento en el rendimiento al pasar del nivel de tiempo de 4 a 18 horas.

Se puede afirmar que empleando un tiempo de incubación de 4 horas se obtienen mayores rendimientos al utilizar la enzima celulasa, seguido por la hemicelulasa y por último el complejo deltazym. Al emplear un tiempo de incubación se obtienen mayores rendimientos al utilizar la enzima celulasa seguidamente del complejo enzimático deltazym y por último la hemicelulasa¹.

Se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que no existe interacción entre el factor enzima y el factor tiempo, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre la variable dependiente (rendimiento) no depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 27)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor enzima

En la Figura 19 se pueden apreciar las medias de los rendimientos de extracción de aceite de semilla de uva al emplear el factor Enzima:

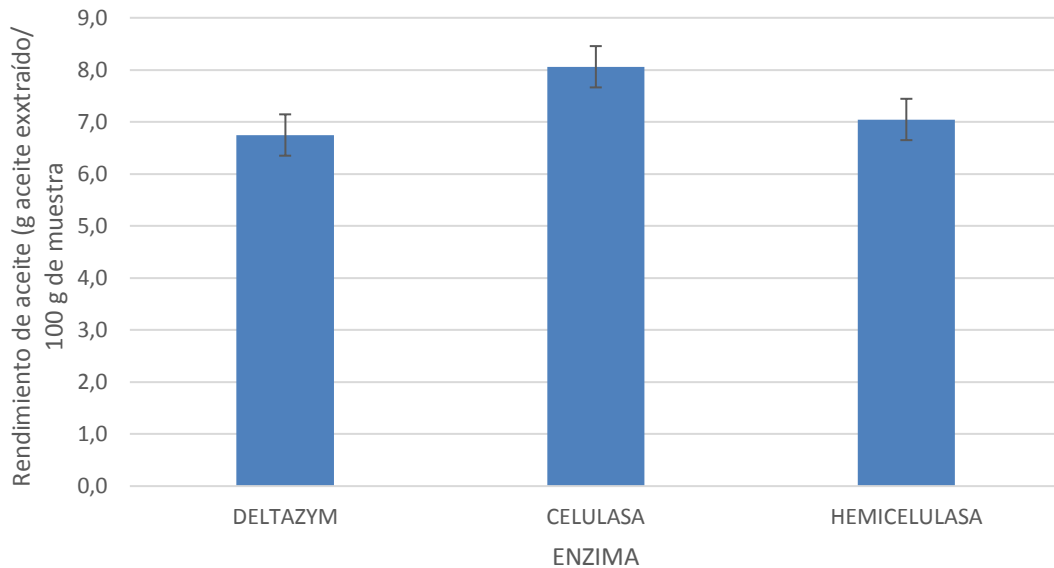


Figura 19: Rendimiento promedio de los niveles del factor Enzima (deltazym, celulasa y hemicelulasa)

Existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que entre los niveles del factor enzima celulasa y deltazym, y entre la enzima celulasa y hemicelulasa existe diferencia significativa, mientras que entre las enzimas deltazym y hemicelulasa no existe diferencia significativa, como se puede ver en el Anexo 29. De la misma forma *Passos et al.* (2009) obtiene un mayor rendimiento en su experimentación al utilizar una mayor concentración de celulasa en su mezcla enzimática, siendo el incremento en el rendimiento mayor (80,2 %, con celulasa=72, proteasa=2977, xylanasa=55 y pectinasa=1708 U/g por muestra) que cuando se emplea una menor cantidad (46,5 %, con celulasa=29, proteasa=1191, xylanasa=21 y pectinasa=1708 U/g por muestra).

4.3.3. EFECTO DEL FACTOR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

a. Interacciones

En la Figura 20 se puede apreciar la interacción entre los factores simple de los efectos Materia prima: Agua y Concentración de enzima:

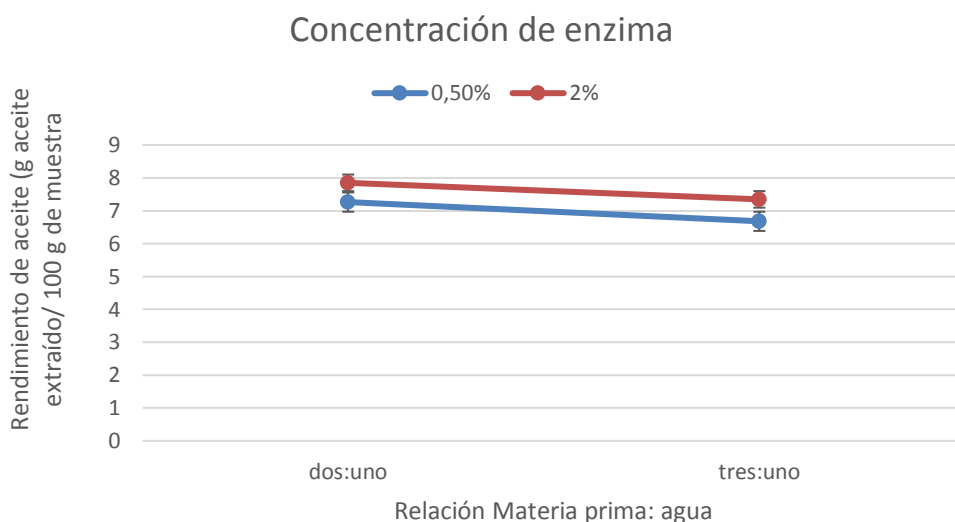


Figura 20: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua.

Tomando como Variable independiente principal Concentración de enzima y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Se puede decir que bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 y 2 por ciento se obtiene un decrecimiento en los rendimientos al pasar de una relación materia prima: agua 2:1 a 3:1.

Bajo el efecto de las relaciones materia prima: agua 2:1 y 3:1 se obtienen mayores rendimientos al utilizar una concentración de 2 por ciento de enzima E/S que empleando 0,5 por ciento de enzima. Caso contrario a lo que obtiene experimental Dominguez *et al.* (1994) quien a una humedad de 10 por ciento obtuvo un mayor rendimiento al emplear una concentración de 1,25 por ciento (E/S) (82,34 %) que cuando utilizó la concentración 0,25% (81,96%) de la enzima Celluclast 1,5 L.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

De la figura se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre la variable dependiente (rendimiento) depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 27)¹.

En la Figura 21 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples del factor Concentración de enzima y Enzima

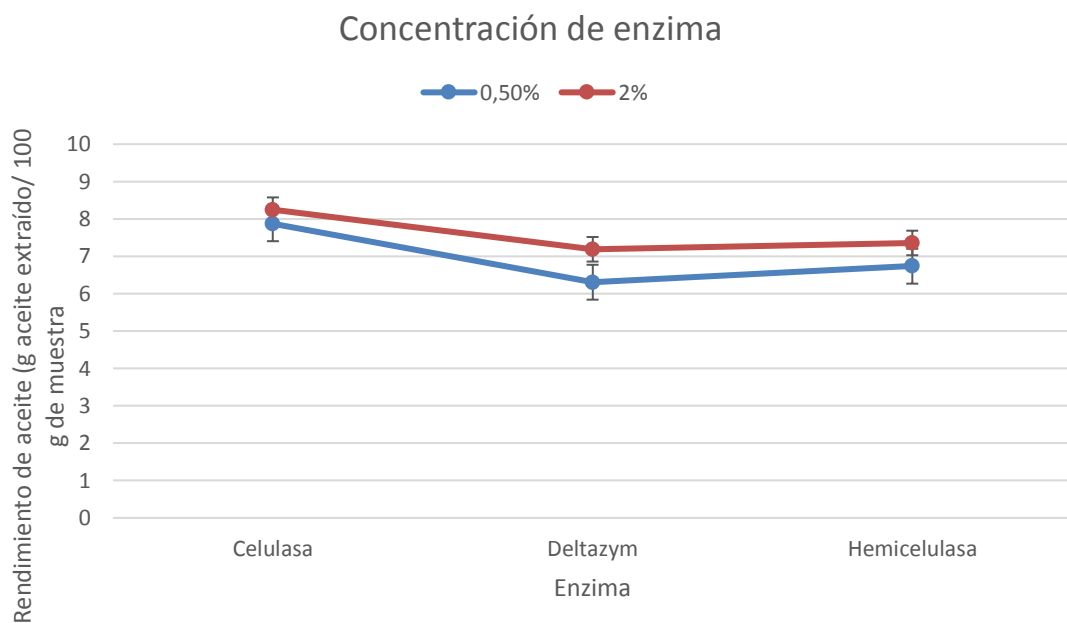


Figura 21: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor enzima.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Deltazym) y como Variable independiente condicionante Concentración de enzima

Se puede decir que bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 y 2 por ciento se obtiene un decrecimiento de los rendimientos al pasar de la enzima celulasa al complejo enzimático deltazym¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Concentración de enzima

Se puede decir que bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 y 2 por ciento se obtiene un incremento de los rendimientos al pasar del complejo enzimático deltazym a la enzima hemicelulasa.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Concentración de enzima

Se puede decir que bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 y 2 por ciento se obtienen un decrecimiento de rendimiento al pasar de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa.

Se puede afirmar que al utilizar la enzima celulasa, hemicelulasa y el complejo enzimático deltazym se obtienen mayores rendimientos al emplear la concentración de enzima 2 por ciento que 0,5 por ciento¹.

De la figura se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia enzima, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre la variable dependiente (rendimiento) depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 27)¹.

En la Figura 22 se aprecia las interacciones de los efectos simples de los factores Concentración de enzima y Tiempo:

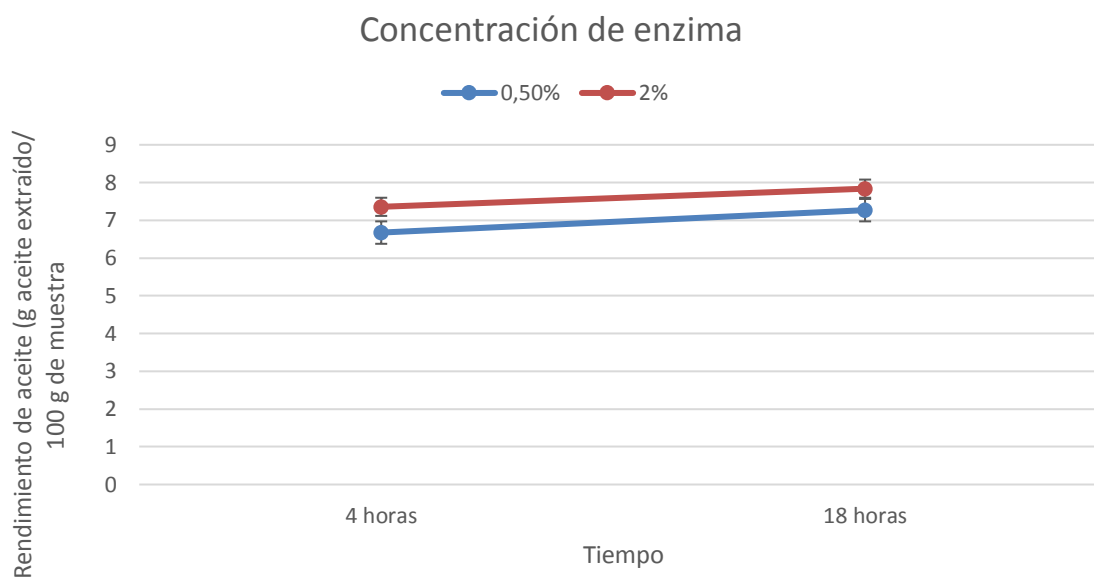


Figura 22: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor tiempo

Tomando como Variable independiente principal Tiempo y como Variable independiente condicionante concentración de enzima

Se puede decir que bajo el efecto de las concentraciones de enzima 0,5 y 2 por ciento se obtiene un incremento del rendimiento al pasar del efecto simple tiempo de 4 a 18 horas.

Al emplear un tiempo de incubación de 4 y 18 horas se obtienen rendimientos superiores al utilizar una concentración de enzima de 2 por ciento que empleando una concentración de 0,5 por ciento. De la misma forma Jiang *et al.* (2010) indica que obtiene mayores rendimientos empleando 2 por ciento E/S que al utilizar 1,5 por ciento y aún mayores que con 0,5 por ciento para la enzima Alcalasa 2,4 L para extraer aceite de maní.

De la figura se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia tiempo, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre la variable dependiente (rendimiento) depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 27)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor Concentración de la Enzima

En la Figura 23 se observa las barras del rendimiento promedio obtenido con el factor concentración de enzima:

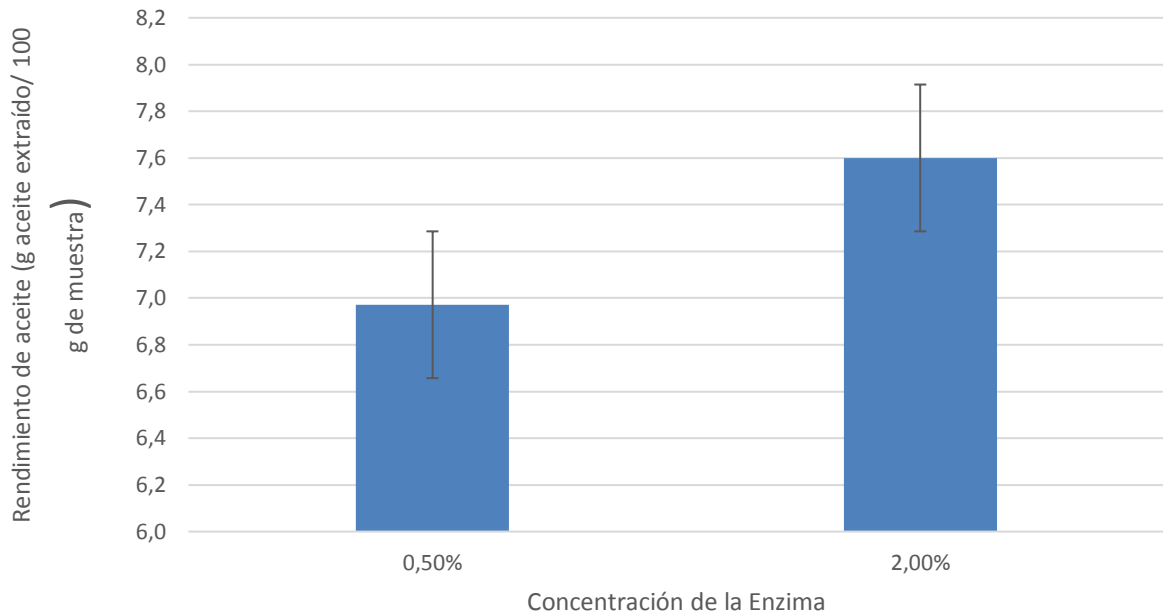


Figura 23: Rendimiento promedio de los niveles del factor Concentración de Enzima (0,5 y 2 por ciento)

Existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que entre los niveles del factor concentración de enzima 0,5 y 2 por ciento existe diferencia significativa, como se puede ver en el Anexo 30¹. Como indica Dominguez *et al.* (1995a) el valor óptimo de concentración de enzima es claramente 2 g/ 100 g de soja o girasol en el proceso acuoso.

4.3.4. EFECTO DEL FACTOR TIEMPO

a. Interacciones

En la Figura 24 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores Materia prima: agua y Tiempo



Figura 24: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Materia prima: Agua

Tomando como Variable independiente principal Materia prima: agua y como Variable independiente condicionante Tiempo

Se puede decir que bajo el efecto de los tiempos de incubación de 4 y 18 horas se obtienen menores rendimientos al pasar de la relación materia prima: agua 2:1 a 3:1.

Se puede afirmar que al emplear las concentraciones de materia prima: agua 2: 1 y 3:1 se obtienen mayores rendimientos al utilizar el tiempo de incubación de 18 horas que al emplear 4 horas. De la misma forma Zuñiga y Chamy (1995) indican que para extraer aceite de colza y girasol utilizando Multiflect tras 6 horas de tratamiento enzimático se aumenta la extractibilidad del aceite durante la etapa de prensado en 19 por ciento.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

De la Figura 24 se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el factor tiempo y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre la variable dependiente (rendimiento) depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 27)¹.

En la Figura 25 se puede apreciar las interacciones entre los efectos simples de los factores Tiempo y Enzima:

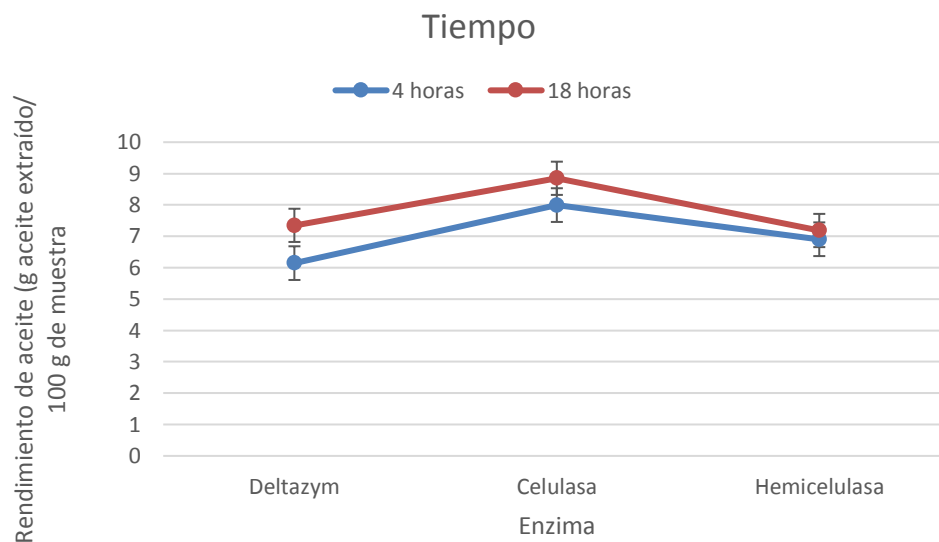


Figura 25: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Enzima

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Celulasa) y como Variable independiente condicionante Tiempo

Se puede decir que bajo el efecto de los efectos simples tiempo 4 y 18 horas se obtiene un incremento del rendimiento al pasar del complejo enzimático deltazym a la enzima celulasa.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante tiempo

Se puede decir que bajo el efecto de los efectos simples tiempo 4 y 18 horas se obtiene un decrecimiento del rendimiento al pasar de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa. .

Tomando como Variable independiente principal Enzima (del complejo delatazima a la enzima hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Se puede decir que bajo el efecto del tiempo de incubación 4 horas se obtiene un incremento del rendimiento al pasar del complejo enzimático delatazima a hemicelulasa. Se puede afirmar que bajo el efecto del tiempo de incubación 18 horas se obtiene un decrecimiento del rendimiento al pasar del complejo enzimático a hemicelulasa¹.

Empleando la complejo enzimático delatazima, la enzima celulasa y la enzima hemicelulasa se obtienen mayores rendimientos al utilizar un tiempo de 18 horas que con 4 horas.

De la figura se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para poder afirmar que no existe interacción entre el factor tiempo y el factor enzima, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre la variable dependiente (rendimiento) no depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 27)¹.

En la Figura 26 se puede apreciar la interacción de efectos simples de los factores tiempo y concentración de enzima:

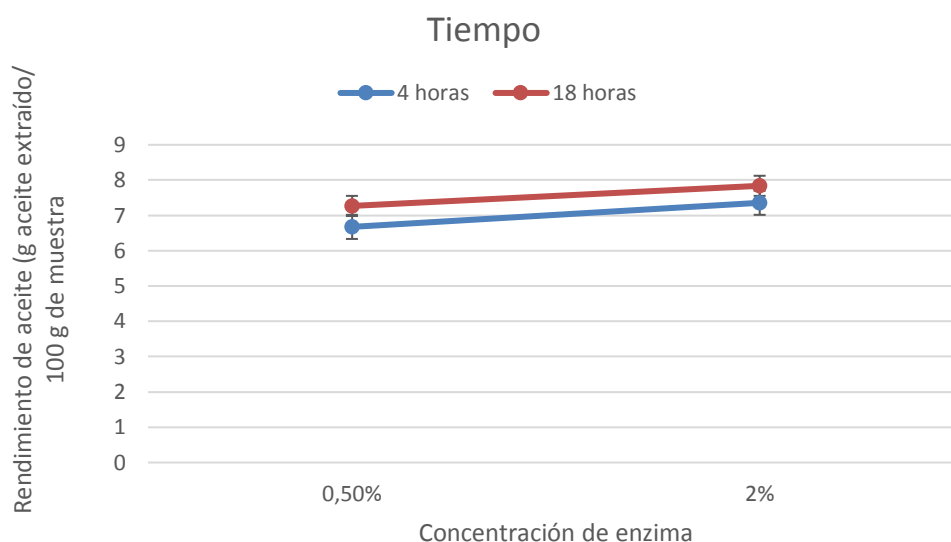


Figura 26: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Concentración de enzima

Tomando como Variable independiente principal Tiempo y como Variable independiente condicionante concentración de enzima

Se puede decir que bajo el efecto de los efectos simples tiempo de 4 y 18 horas se obtienen mayores resultados al pasar de una concentración de enzima de 0,5 a 2 por ciento. Se puede afirmar que empleando una concentración de enzima de 0,5 y 2 por ciento se obtienen mayores resultados empleando un tiempo de 18 horas que 4 horas¹.

De la figura se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para poder afirmar que existe interacción entre el factor tiempo y el factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre la variable dependiente (rendimiento) depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 27)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor Tiempo

En el Figura 27 se puede apreciar los rendimientos obtenidos con el factor Tiempo:

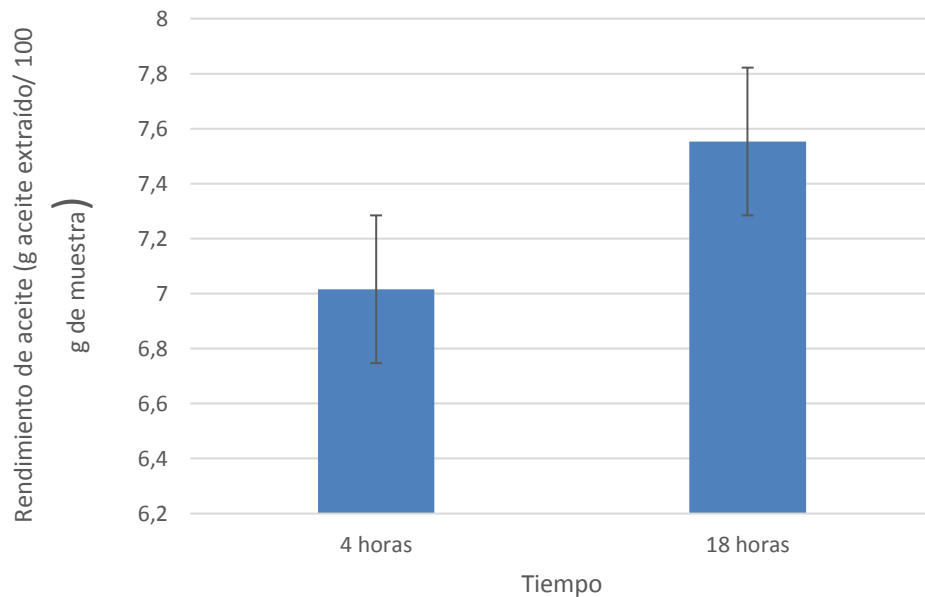


Figura 27: Rendimiento promedio de los niveles del factor tiempo 4 y 18 horas

Existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que entre los niveles del factor tiempo 4 y 18, horas existe diferencia significativa, como se puede apreciar en el Anexo 31. Passos *et al.* (2009) obtiene un rendimiento superior al trabajar con 48 horas (incremento del rendimiento de 10,7 %) a comparación del tratamiento de 16 horas de incubación donde consigue un incremento del rendimiento en 7,96 por ciento de aceite de semilla de uva, a 40 °C, con un pH 6 y un tamaño de partícula de 1-1,4 mm.

4.4. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO SOBRE EL INDICE DE ACIDEZ

4.4.1. EFECTO DEL FACTOR MATERIA PRIMA: AGUA

a. Interacciones

En la Figura 28 se muestra la interacción entre los efectos simples de los factores Materia Prima: Agua y Enzima:

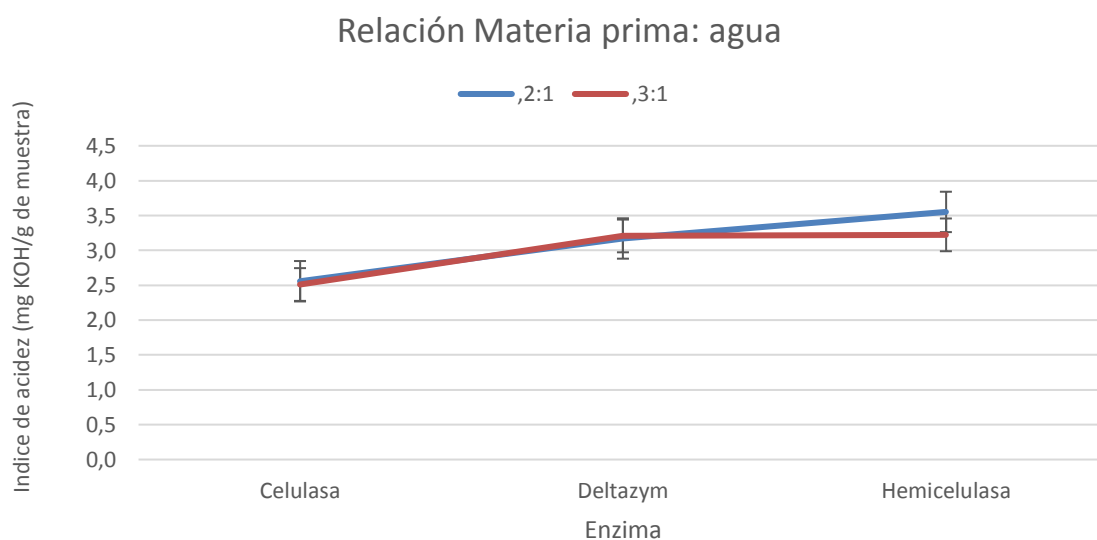


Figura 28: Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor enzima

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Deltazym) y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Se puede afirmar que al emplear una relación materia prima: agua 2:1 y 3:1 se obtiene un incremento en el índice de acidez al pasar de la enzima celulasa al complejo deltazym¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

Se puede decir que al emplear la relación materia prima: agua 2:1 se obtiene un incremento en el índice de acidez al pasar del complejo deltazym a la enzima hemicelulasa. Se puede decir que al emplearla relación materia prima: agua 3:1 se obtiene un decrecimiento en el índice de acidez al pasar del complejo deltazym a la enzima hemicelulasa¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Materia prima: agua

Se puede afirmar que al emplear una relación materia prima: agua 2:1 y 3:1 se obtiene un incremento en el índice de acidez al pasar de la enzima celulasa a la hemicelulasa.

Al emplear la enzima celulasa se obtiene un mayor rendimiento al utilizar la relación materia prima: agua 2:1 que 3:1. Al emplear el complejo enzimático deltazym se obtiene un mayor rendimiento al utilizar la relación materia prima: agua 3:1 que 2:1. Al utilizar la enzima hemicelulasa se obtiene un mayor rendimiento al utilizar la relación materia prima: agua 2:1 que 3:1¹.

Del gráfico se puede inferir que no existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento para afirmar que no existe interacción entre el efecto principal materia prima: agua y el efecto enzima, concluyendo que el efecto del factor materia prima: agua sobre el índice de acidez no depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 49)¹.

En la Figura 29 se puede apreciar la interacción de los efectos simples de los factores Materia Prima: Agua y Concentración de Enzima:

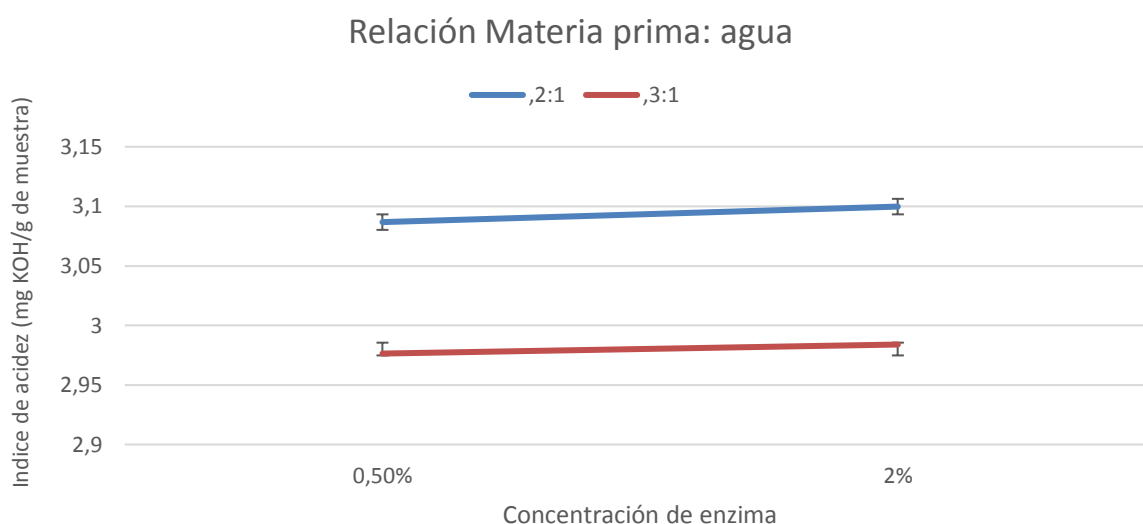


Figura 29: Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima

Se puede afirmar que bajo el efecto de la relación materia prima: agua 2: 1 se obtiene un incremento en el índice de acidez al pasar de la concentración de enzima 0,5 por ciento a 2 por ciento. Con respecto a 3:1 no existe diferencia significativa al utilizar la concentración de enzima 0,5 por ciento o la concentración 2 por ciento¹.

Al emplear la concentración de enzima 0,5 por ciento se obtienen mayores índices de acidez al trabajar con la relación materia prima: agua 2:1 que empleando 3:1. Se puede afirmar que al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento se obtienen mayores rendimientos al utilizar la relación materia prima: agua 2: 1 que la 3:1¹.

De la figura se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor materia prima sobre el índice de acidez depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 49)¹.

En la Figura 30 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores materia prima: agua y tiempo:

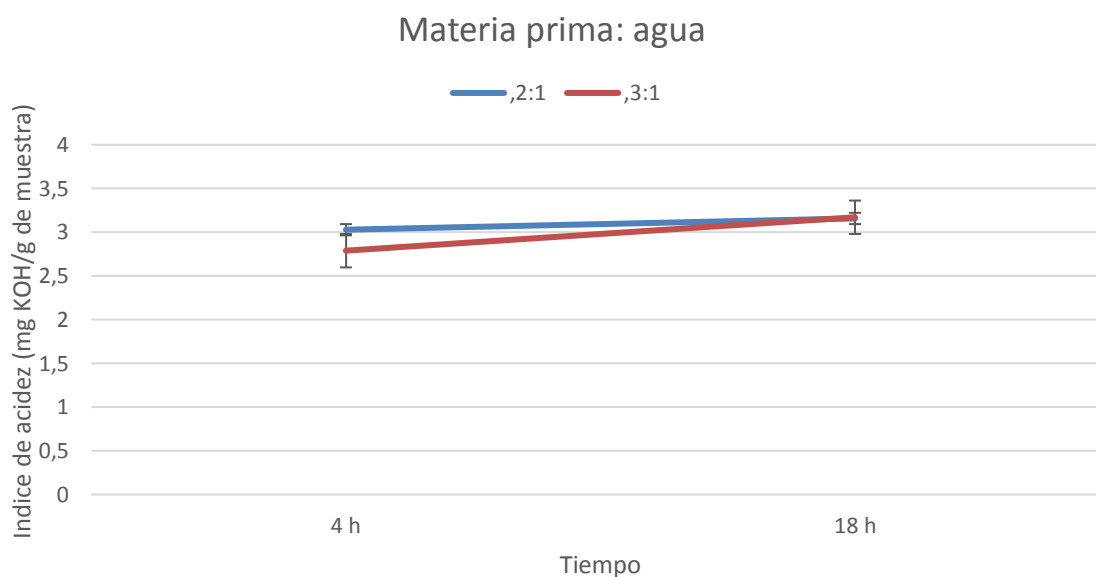


Figura 30: Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor tiempo

Se puede afirmar que bajo el efecto de los niveles materia prima: agua 2: 1 y 3:1 se obtiene un incremento en el índice de acidez al pasar de un tiempo de 4 a 18 horas.

Al emplear un tiempo de 4 horas se obtienen índices de acidez superiores al emplear la relación materia prima: agua 2:1 que al utilizar la relación 3:1.

De la Figura 30 se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento para afirmar que hay interacción entre el factor materia prima y el factor tiempo, por lo tanto el efecto del factor materia prima: agua sobre el índice de acidez depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 49)¹.

En la siguiente figura se aprecian los índices de acidez promedio del factor materia prima: agua.

b. Comparación entre los niveles del factor materia prima: agua

En la Figura 31 se puede observar el índice de acidez del factor materia prima: agua:

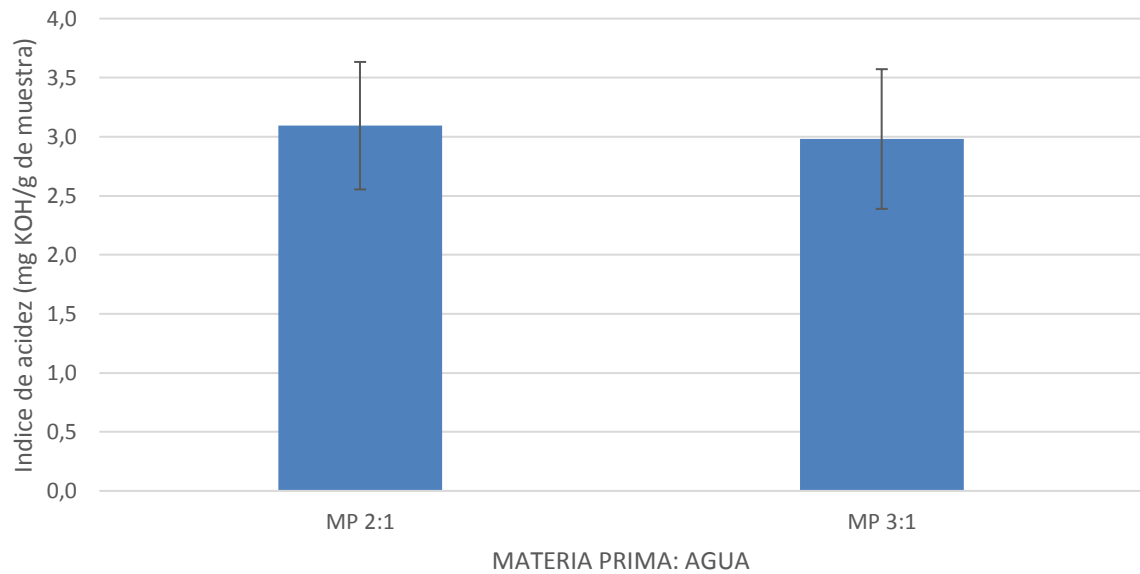


Figura 31: Índice de acidez promedio entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3:1)

Existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3.1) no existe diferencia significativa, como se puede ver en el Anexo 50.

4.4.2. EFECTO DEL FACTOR ENZIMA

a. Interacciones

En la Figura 32 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores materia prima y enzima:

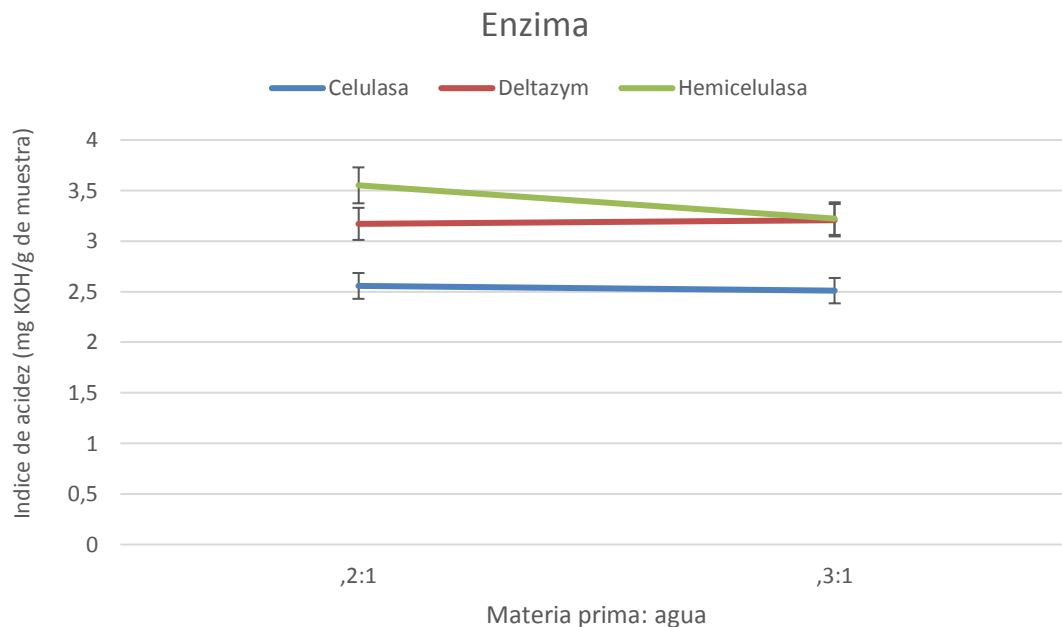


Figura 32: Gráfico de interacciones entre el factor enzima y el factor materia prima: agua

Se puede afirmar que bajo el efecto de las enzimas celulasa y hemicelulasa se obtiene un decrecimiento en el índice de acidez al pasar de la relación materia prima: agua 2:1 a 3:1. Bajo el efecto del complejo enzimático deltazym se obtiene un incremento en el índice de acidez

Al utilizar una relación materia prima: agua 2:1 se obtiene un mayor índice de acidez al emplear la enzima hemicelulasa, seguida del complejo deltazym y de la celulasa. Al emplear la relación materia prima: 3.1 se obtiene un mayor índice de acidez al emplear el complejo deltazym, seguido por la hemicelulasa y por último la celulasa¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

De la figura se puede concluir que no existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que no existe interacción entre el factor enzima y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre el índice de acidez depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 49)¹.

En la Figura 33 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores enzima y concentración de enzima:

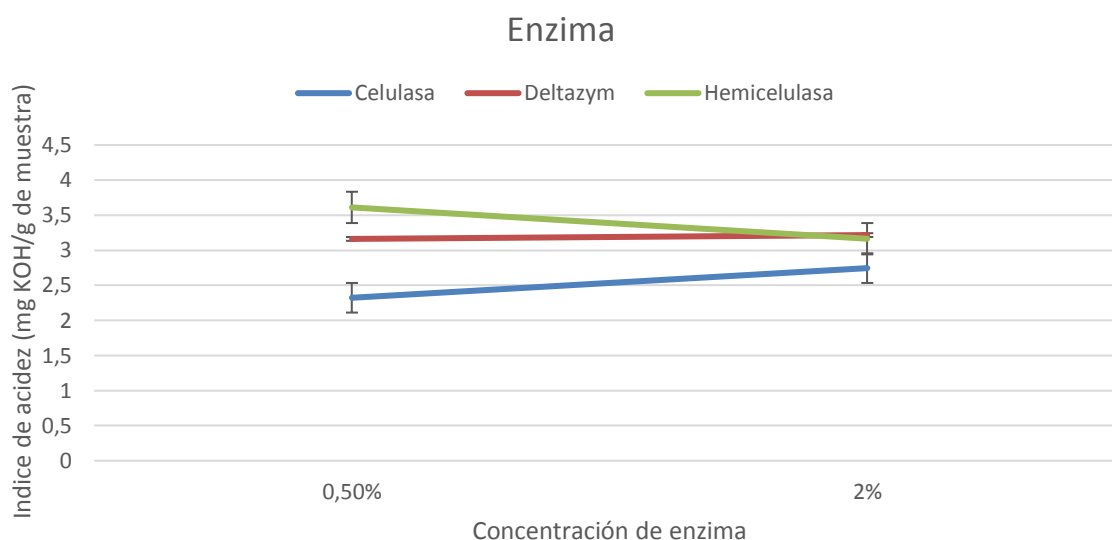


Figura 33: Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor concentración de enzima

Se puede afirmar que bajo el efecto de las enzimas celulasa y el complejo deltazym se obtiene un decrecimiento en el índice de acidez al pasar de la concentración de enzima 0,5 por ciento a 2 por ciento. Bajo el efecto de la enzima hemicelulasa se obtiene un incremento en el índice de acidez al pasar de 0,5 por ciento a 2 por ciento su concentración de enzima

Al utilizar una concentración de 0,5 por ciento se obtiene un mayor índice de acidez al emplear la enzima hemicelulasa, seguida del complejo deltazym y de la celulasa. Al emplear una concentración de 2 por ciento se obtiene un mayor índice de acidez al emplear el complejo deltazym, seguido por la hemicelulasa y por último la celulasa¹.

De la figura se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que no existe interacción entre el factor enzima y el

factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre el índice de acidez no depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 49)¹.

En la Figura 34 se puede apreciarla interacción entre los efectos simples de los factores enzima y tiempo:

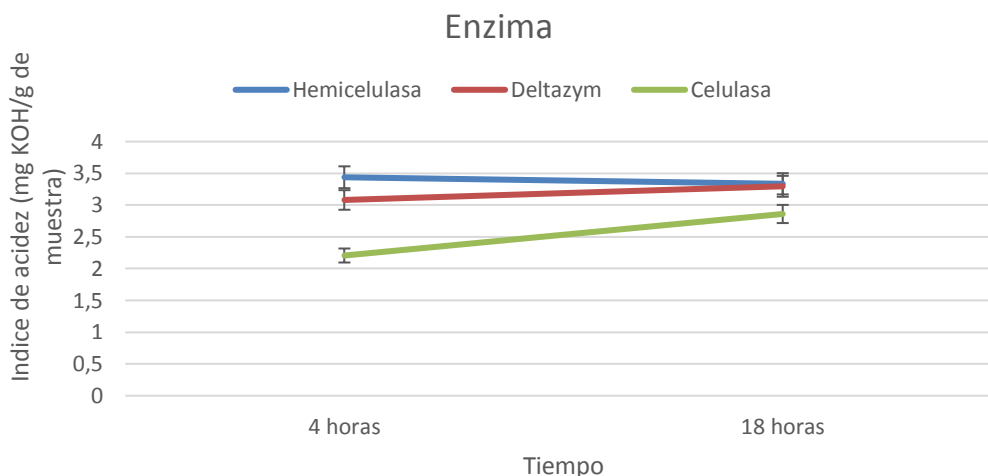


Figura 34: Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor tiempo

Bajo el efecto de la enzima celulasa y el complejo deltazym se obtiene un incremento en el índice de acidez al pasar del tiempo de incubación de 4 a 18 horas. Al emplear la enzima hemicelulasa al pasar del tiempo de incubación 4 a 18 horas se obtiene un decrecimiento en el índice de acidez.

De la figura se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para afirmar que no existe interacción entre el factor enzima y el factor tiempo, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre el índice de acidez no depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 49)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor enzima

En la Figura 35 se puede apreciar los promedios de índice de acidez del factor enzima:

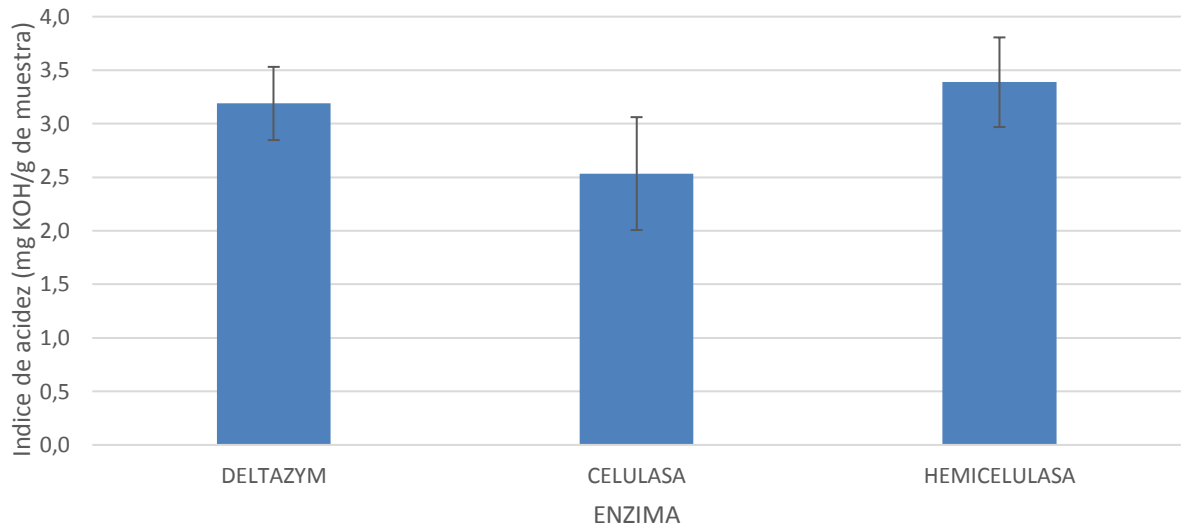


Figura 35: Índice de acidez promedio de los niveles del factor Enzima (deltazym, celulasa y hemicelulasa)

Existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que entre los niveles del factor enzima deltazym y celulasa, y entre celulasa y hemicelulasa existe diferencia significativa, mientras que entre las enzimas deltazym y hemicelulasa no existe diferencia significativa como se puede apreciar en el Anexo 51.

4.4.3. EFECTO DEL FACTOR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

a. Interacciones

En la Figura 36 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores concentración de enzima y materia prima: agua:

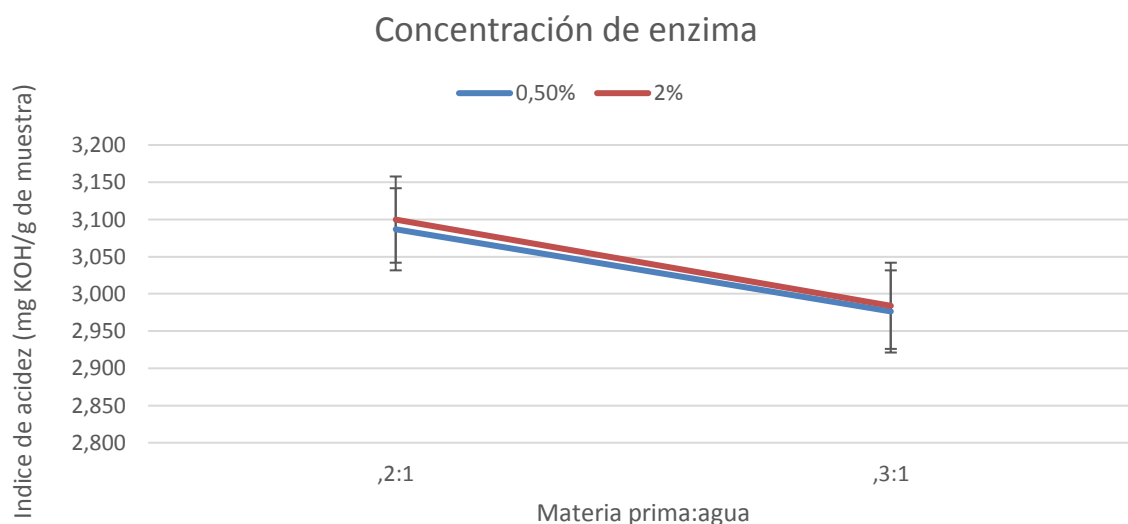


Figura 36: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua

Bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 por ciento y 2 por ciento se obtiene un decrecimiento en el índice de acidez al pasar de la relación materia prima: agua 2:1 a 3:1.

Al emplear las relaciones de materia prima: agua 2:1 y 3:1 se obtienen índices de acidez similares al emplear una concentración de enzima 2 por ciento y 0,5 por ciento¹.

De la Figura 36 se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre el índice de acidez depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 49)¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

En la Figura 37 se puede observar la interacción de efectos simples de los factores concentración de enzima y enzima:

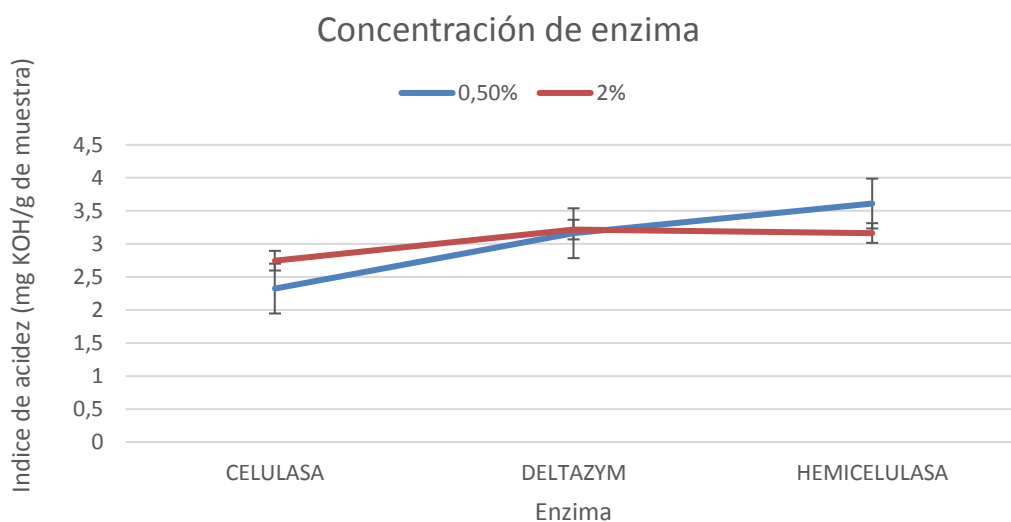


Figura 37: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor enzima

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Deltazym) y como Variable independiente condicionante Concentración de Enzima

Bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 por ciento y 2 por ciento se obtiene un incremento del índice de acidez al pasar de la enzima celulasa al complejo deltazym.

Al emplear el complejo deltazym y la enzima celulasa se obtienen mayores índices de acidez al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento que con 0,5 por ciento.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Concentración de Enzima

Bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 por ciento se obtiene un incremento del índice de acidez al pasar del complejo deltazym a la enzima hemicelulasa. Bajo el efecto de la concentración de enzima 2 por ciento se obtiene un decrecimiento del índice de acidez al pasar del complejo deltazym a la enzima hemicelulasa¹.

Al emplear el complejo deltazym se obtienen mayores índices de acidez al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento que con 0,5 por ciento. Al emplear la enzima hemicelulasa se obtienen mayores índices de acidez al utilizar la concentración de enzima 0,5 por ciento que con 2 por ciento¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Concentración de Enzima

Bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 por ciento y 2 por ciento se obtiene un incremento del índice de acidez de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa.

Al emplear la enzima celulasa y hemicelulasa se obtienen mayores índices de acidez al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento que con 0,5 por ciento.

De la figura se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que no existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor enzima, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre del índice de acidez no depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 49)¹.

En la Figura 38 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores concentración de enzima y tiempo:

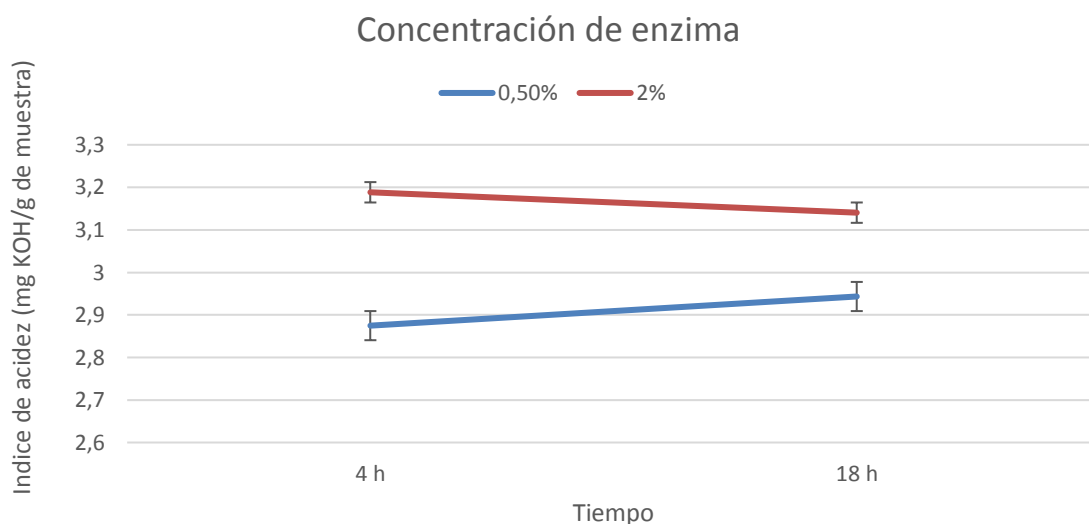


Figura 38: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor tiempo

Bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 por ciento se obtiene un incremento del índice de acidez al pasar del tiempo de incubación 4 a 18 horas. Bajo el efecto de la concentración de enzima 2 por ciento se obtiene un decrecimiento del índice de acidez al pasar del tiempo de incubación 4 a 18 horas¹.

Al emplear los tiempos de incubación de 4 horas y 18 horas se obtienen mayores índices de acidez al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento que con 0,5 por ciento.

De la figura se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza del 95 por ciento para afirmar que no existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor tiempo, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre el índice de acidez no depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 49)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor Concentración de la Enzima

En la Figura 39 se puede apreciar el índice de acidez del factor concentración de enzima:

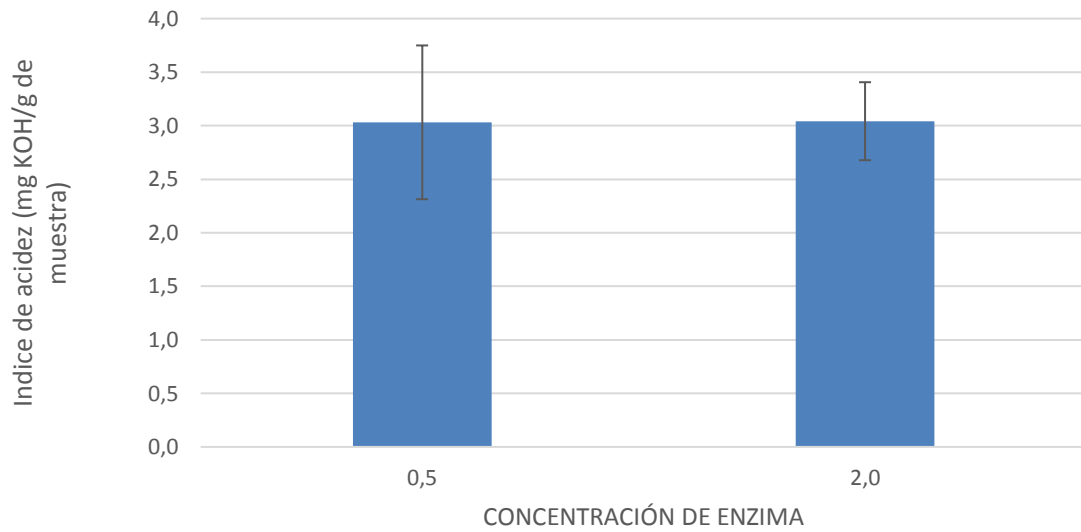


Figura 39: Índice de acidez promedio de los niveles del factor Concentración de Enzima (0,5 y 2 por ciento)

Existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que entre los niveles del factor concentración de enzima 0,5 y 2 por ciento no existe diferencia significativa, como se puede ver en el Anexo 52¹.

4.4.4. EFECTO DEL FACTOR TIEMPO

a. Interacciones

En la Figura 40 se puede apreciar la interacción entre los factores materia prima: agua y tiempo:

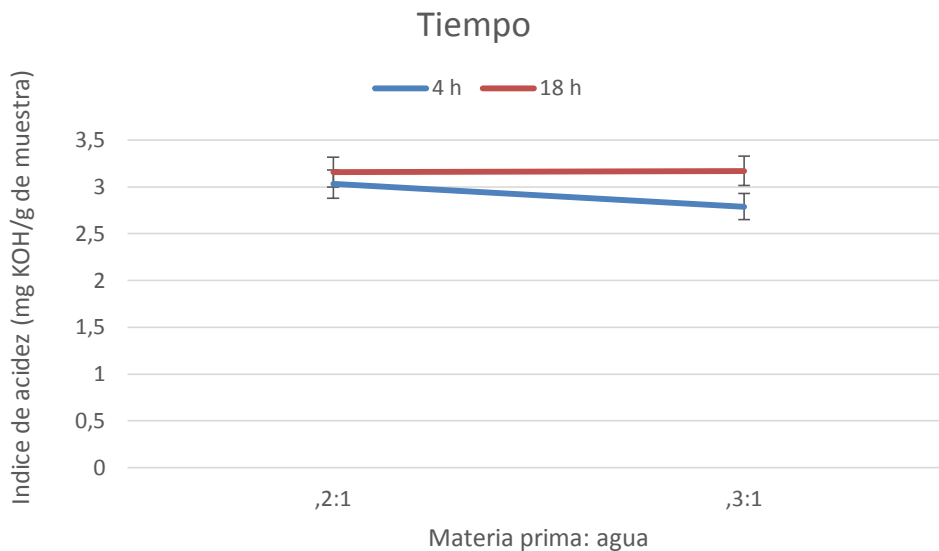


Figura 40: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Materia prima: Agua

Bajo el efecto del tiempo de incubación 18 horas se obtienen índices de acidez similares al emplear las relaciones de materia prima: agua 2:1 y 3.1. Al emplear el tiempo de 4 horas se obtiene un decrecimiento al pasar de la relación materia prima: agua 2:1 a 3.1.

Al emplear las relaciones de materia prima: agua 2:1 y 3.1 se obtienen mayores índices de acidez al emplear un tiempo de 18 horas que de 4 horas.

De la figura se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el factor tiempo y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre el índice de acidez depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 49)¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

En la Figura 41 se aprecia la interacción de los efectos simples de los factores enzima y tiempo:

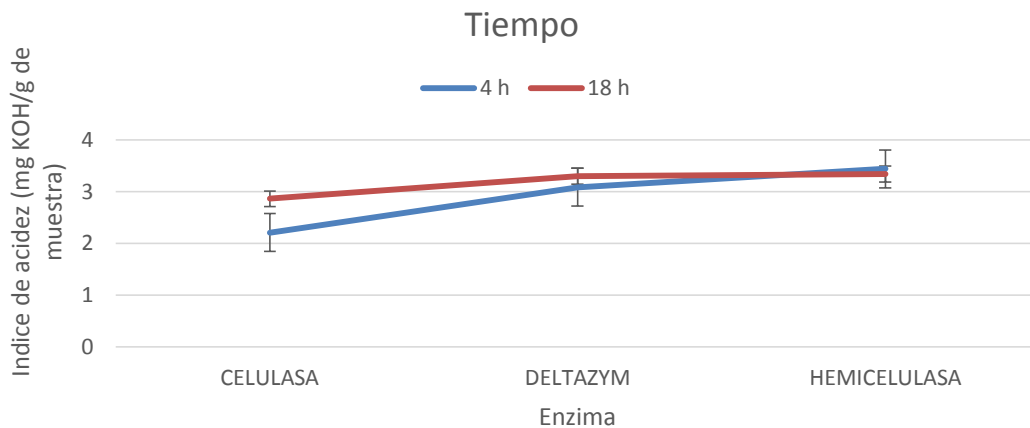


Figura 41: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Enzima

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Deltazym) y como Variable independiente condicionante el Tiempo

Bajo el efecto de los tiempos de incubación 4 y 18 horas se obtiene un incremento del índice de acidez al pasar de la enzima celulasa al complejo deltazym.

Al emplear el complejo deltazym y la enzima celulasa se obtienen mayores índices de acidez al utilizar el tiempo de incubación 18 hora que con 4 horas.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante el Tiempo

Bajo el efecto del tiempo de incubación de 4 horas se obtiene un incremento del índice de acidez al pasar del complejo deltazym a la enzima hemicelulasa. Bajo el efecto del tiempo de incubación de 18 horas se obtiene un decrecimiento en el índice de acidez al pasar del complejo deltazym a la enzima hemicelulasa¹

Al emplear el complejo deltazym se obtienen mayores índices de acidez al utilizar el tiempo de incubación 18 horas que con 4 horas. Al emplear la enzima hemicelulasa se obtienen mayores índices de acidez al utilizar el tiempo de incubación 4 horas que con 18 horas¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Tiempo

Bajo el efecto de los tiempos de incubación de 4 y 18 horas se obtiene un incremento del índice de acidez al pasar de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa.

Al emplear la enzima celulasa se obtienen mayores índices de acidez al utilizar el tiempo de incubación de 18 horas que con 4 horas. Al utilizar la enzima hemicelulasa se obtienen mayores índices de acidez al utilizar el tiempo de incubación de 4 horas que con 18 horas.

De la figura se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para poder afirmar que no existe interacción entre el factor tiempo y el factor enzima, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre el índice de acidez no depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 49)¹.

En la Figura 42 se aprecia la interacción entre los efectos simples de los factores tiempo y concentración de enzima:

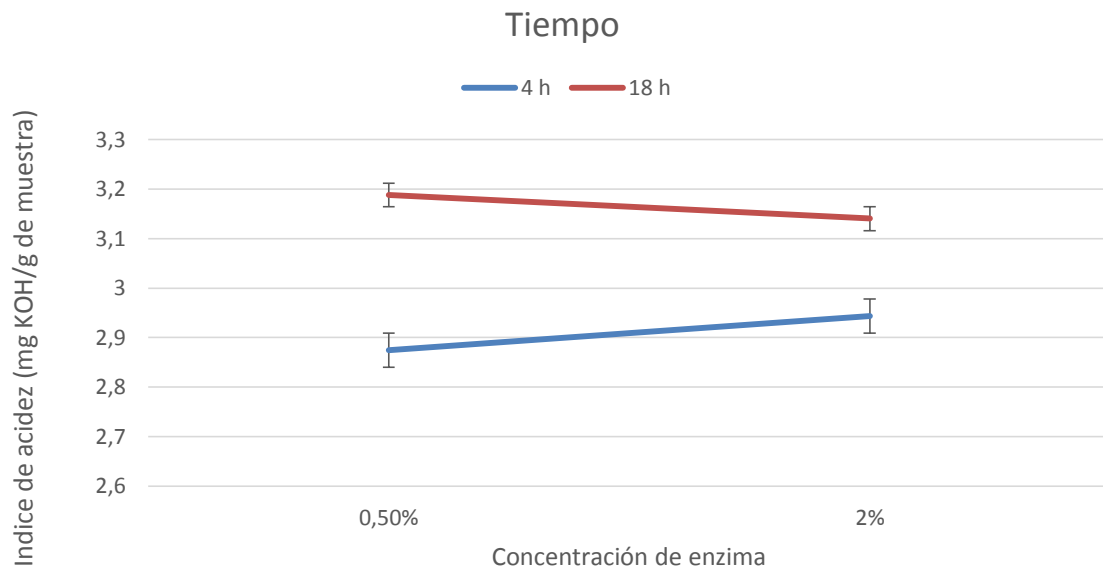


Figura 42: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Concentración de enzima

Bajo el efecto del tiempo de incubación 4 horas se obtiene un incremento en el índice de acidez al pasar de la concentración de enzima 0,5 por ciento a 2 por ciento. Al emplear un tiempo de incubación de 18 horas se obtiene un decrecimiento en el índice de acidez de la concentración de enzima de 0,5 a 2 por ciento¹.

Al emplear una concentración de enzima de 0,5 por ciento y 2 por ciento se obtienen mayores índices de acidez al emplear un tiempo de 18 horas que con 4 horas.

De la figura se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para poder afirmar que no existe interacción entre el factor tiempo y el factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre la el índice de acidez no depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 49)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor Tiempo

En la Figura 43 se puede apreciar el índice de acidez con respecto al factor tiempo:

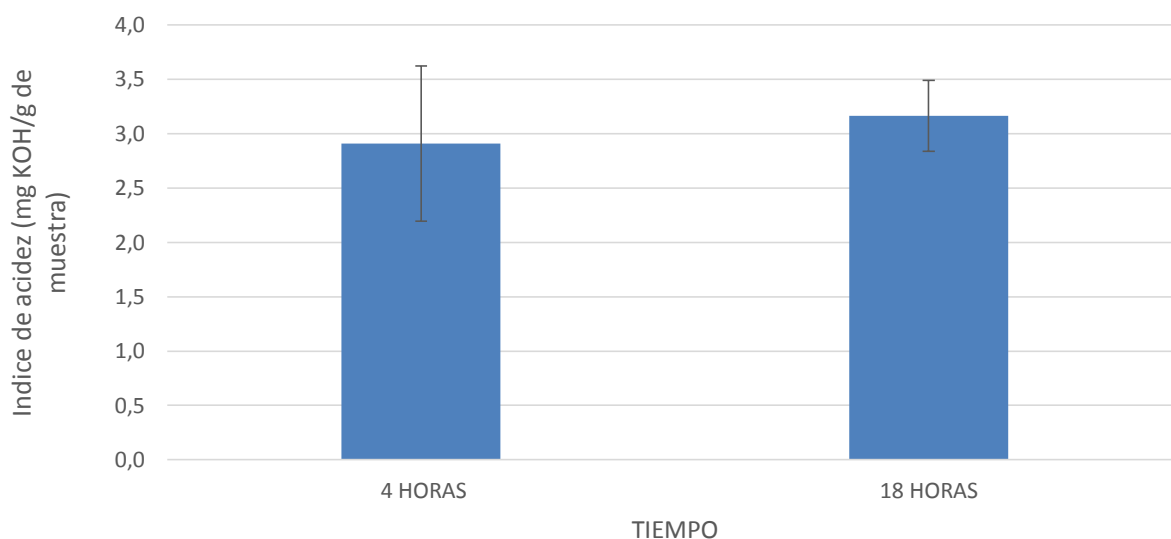


Figura 43: Índice de acidez promedio de los niveles del factor Tiempo (4 y 18 horas)

Existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento de confianza para afirmar que entre los niveles del factor tiempo 4 y 18 horas existe diferencia significativa, como se puede apreciar en el Anexo 53.

4.5. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO SOBRE EL INDICE DE PERÓXIDO

4.5.1. EFECTO DEL FACTOR MATERIA PRIMA: AGUA

a. Interacciones

En la Figura 44 se puede apreciar la interacción entre los factores simples de los factores materia prima: agua y enzima:

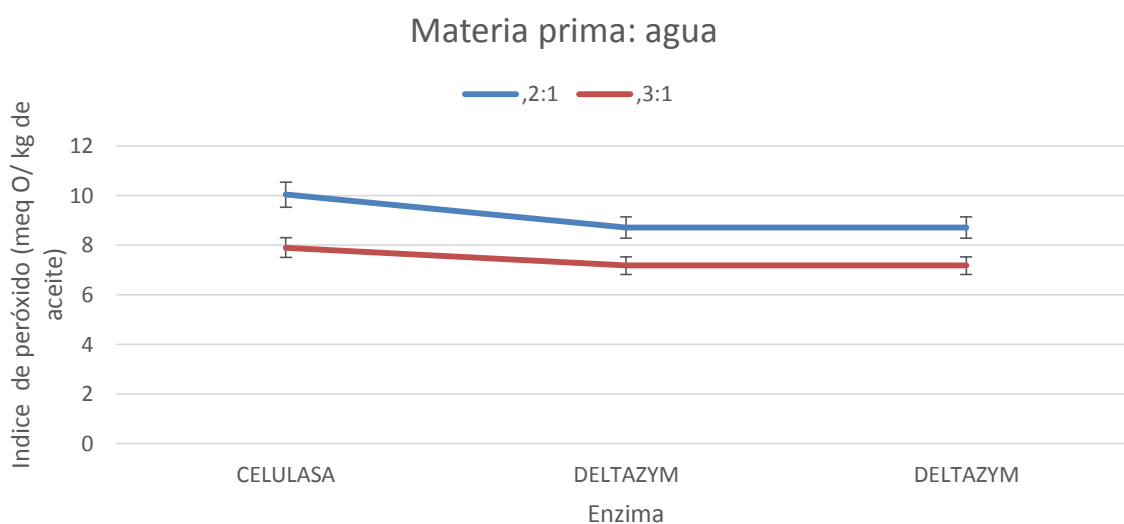


Figura 44: Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor enzima

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Deltazym) y como Variable independiente condicionante Materia Prima: Agua

Bajo el efecto de la relación materia prima: agua 2:1 y 3.1 se obtiene un decrecimiento del índice de peróxido al pasar de la enzima celulasa al complejo deltazym.

Al emplear el complejo deltazym y la enzima celulasa se obtienen mayores índices de acidez al utilizar la relación materia prima: agua 2:1 que con 3.1¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Materia Prima: Agua

Bajo el efecto de la relación materia prima: agua 2:1 y 3:1 se obtienen índices de peróxido similares al emplear el complejo deltazym y la enzima hemicelulasa.

Al emplear el complejo deltazym y la enzima hemicelulasa se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar la relación materia prima: agua 2:1 que con 3:1¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Materia Prima: Agua

Bajo el efecto de las relaciones materia prima: agua 2:1 y 3:1 se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa.

Al emplear las enzimas celulasa y hemicelulasa se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar la relación materia prima: agua 2:1 que con 3:1.

Del gráfico se puede inferir que no existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el efecto principal materia prima: agua y el efecto enzima, concluyendo que el efecto del factor materia prima: agua sobre el índice de peróxido no depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 41)¹.

En la Figura 45 se detalla la interacción entre los efectos simples de los factores materia prima: agua y concentración de enzima:

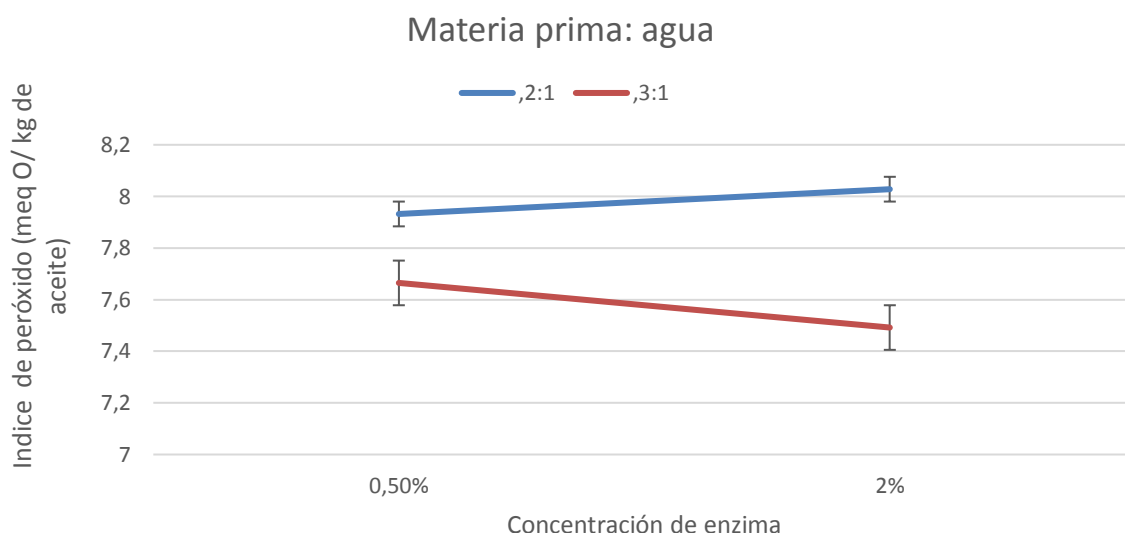


Figura 45: Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima

Bajo en el efecto de la relación materia prima: agua 2:1 se obtiene un aumento en el índice de peróxido al pasar de la concentración de enzima 0,5 por ciento a 2 por ciento. Al emplear la relación materia prima: agua 3:1 se tiene un decrecimiento del índice de peróxido al pasar de la concentración de enzima 0,5 por ciento a 2 por ciento¹.

Al utilizar las concentraciones de en enzimas se obtienen mayores índices de acidez al emplear la relación materia prima: agua 2:1 que con 3:1.

De la figura se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el factor materia prima: agua y el factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor materia prima: agua sobre el índice de peróxidos depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 41)¹.

En la Figura 46 se puede apreciar la interacción de los efectos simples de los factores materia prima: agua y tiempo:

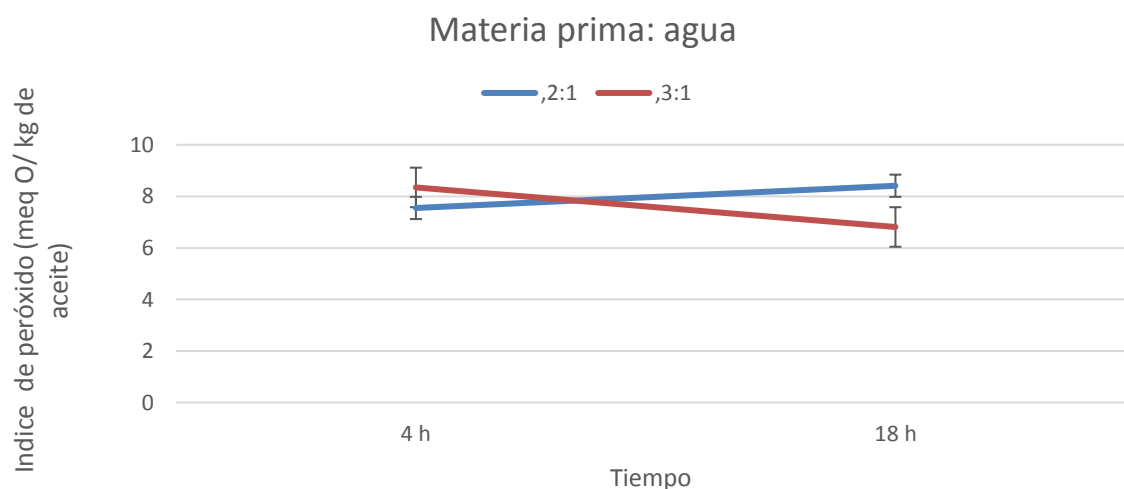


Figura 46: Gráfico de interacciones entre el factor materia prima: agua y el factor tiempo

Al emplear la relación materia prima: agua 2:1 se obtienen incremento en el índice de peróxido al pasar del tiempo de incubación 4 a 18 horas. Bajo el efecto de la relación materia prima: agua 3:1 se obtiene un decrecimiento del índice de peróxido al pasar del tiempo de incubación de 4 a 18 horas¹.

Al utilizar el tiempo de incubación 4 horas se obtiene un mayor índice de peróxido al emplear la relación materia prima: agua 3:1 que con 2:1. Al emplear el tiempo de incubación 3:1 se obtienen mayores índices de peróxidos al utilizar el tiempo de incubación 2:1 que con 3:1¹.

De la figura se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que no existe interacción entre el factor materia prima y el factor tiempo, por lo tanto el efecto del factor materia prima: agua sobre el índice de peróxido no depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 41)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor materia prima: agua

En la Figura 47 se pueden apreciar los índices de peróxido promedio del factor Materia prima: agua:

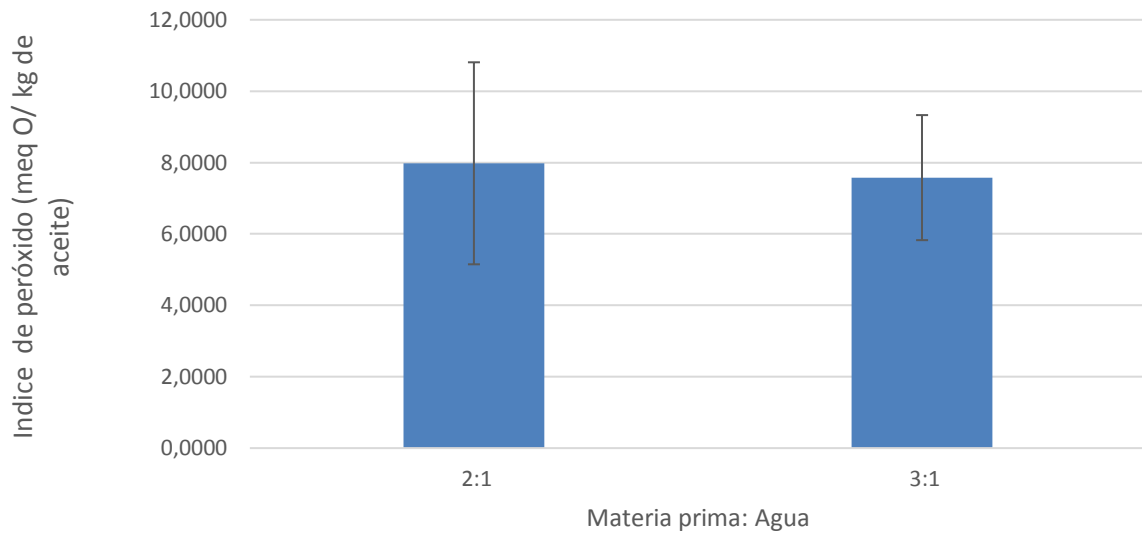


Figura 47: Índice de peróxido promedio entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3:1)

Existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que entre los niveles del factor materia prima: agua (2:1 y 3.1) no existe diferencia significativa, como se puede ver en el Anexo 42.

4.5.2. EFECTO DEL FACTOR ENZIMA

a. Interacciones

En la Figura 48 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores materia prima: agua y enzima:

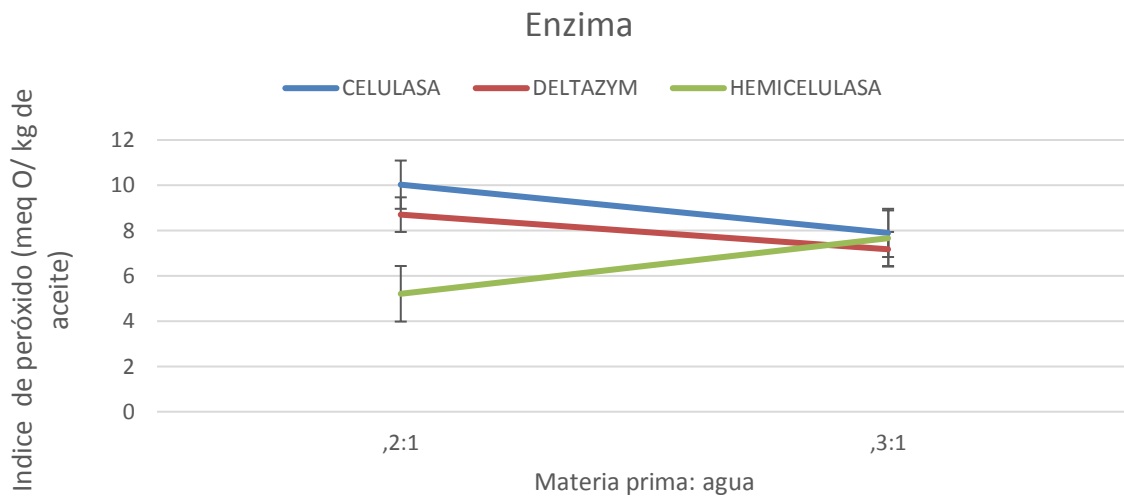


Figura 48: Gráfico de interacciones entre el factor enzima y el factor materia prima: agua

Al emplear la enzima celulasa se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la relación materia prima 2:1 a la 3:1. Al emplear el complejo deltazym se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la relación materia prima 2:1 a la 3:1. Al utilizar la enzima hemicelulasa se obtiene un incremento en el índice de peróxido al pasar de la relación materia prima 2:1 a la 3:1¹.

Bajo el efecto de la relación materia prima: agua 2:1 se obtienen mayores índices de peróxido al emplear la enzima celulasa que con el complejo deltazym y la enzima deltazym. Al emplear la relación materia prima agua 3:1 se obtienen mayores índices de peróxidos al utilizar la enzima celulasa que con la enzima hemicelulasa y seguidamente el complejo deltazym¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

Al utilizar el tiempo de incubación 4 horas se obtiene un mayor índice de peróxido al emplear la relación materia prima: agua 3:1 que con 2:1. Al emplear el tiempo de incubación 3:1 se obtienen mayores índices de peróxidos al utilizar el tiempo de incubación 2:1 que con 3:1¹.

De la figura se puede concluir que no existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el factor enzima y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre el índice de peróxido no depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 41)¹.

En la Figura 49 se puede apreciar la relación entre los efectos simples de los factores concentración de enzima y enzima:

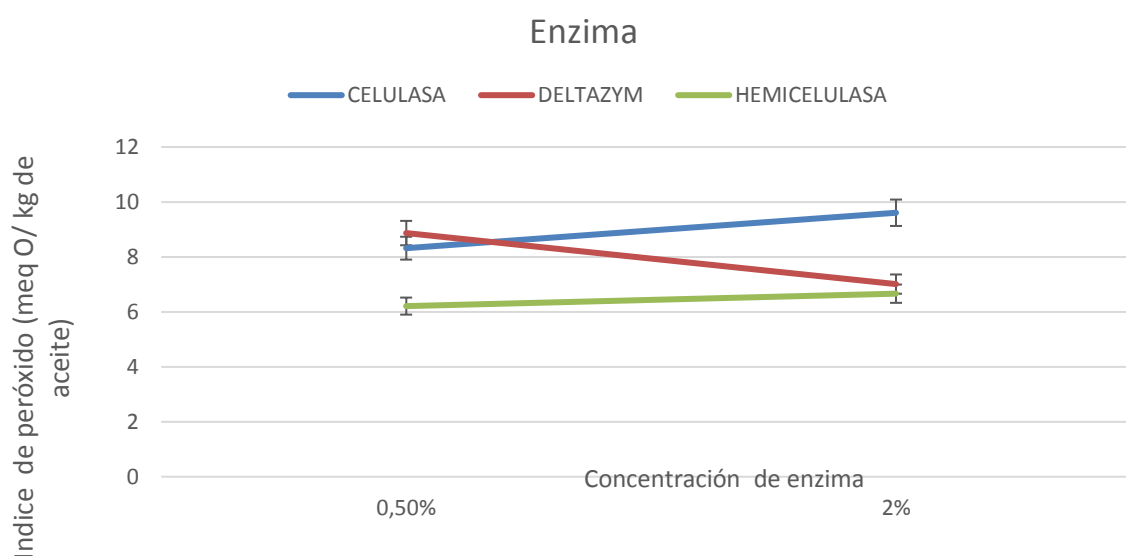


Figura 49: Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor concentración de enzima

De la figura se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que no existe interacción entre el factor enzima y el factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre el índice de peróxido no depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 41)¹.

En la Figura 50 se ilustra la interacción de los efectos simples de los factores tiempo y enzima:

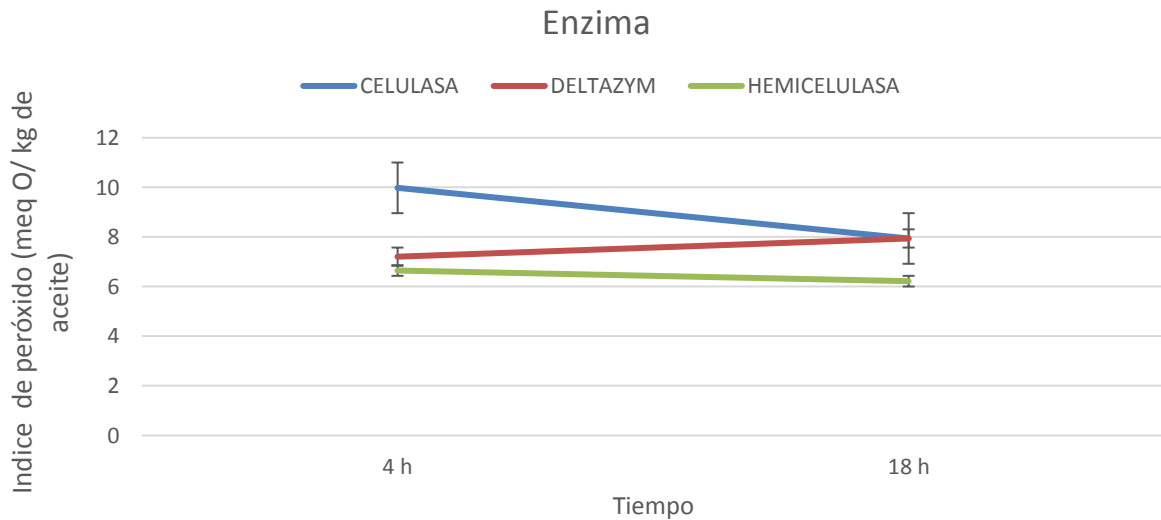


Figura 50: Gráfico de interacciones entre factor enzima y el factor tiempo

Bajo el efecto de las enzimas celulasa y hemicelulasa se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar del tiempo de incubación de 4 a 8 horas. Al emplear el complejo deltazym se obtiene un incremento al pasar del tiempo de incubación de 4 a 18 horas¹.

Al emplear el tiempo de incubación de 4 horas se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar la enzima celulasa, seguidamente del complejo deltazym y la enzima hemicelulasa. Al utilizar el tiempo de incubación 18 horas se obtienen índices de peróxido similares al utilizar la enzima celulasa y el complejo deltazym e índices de peróxido inferiores al utilizar la enzima hemicelulasa¹.

Se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para afirmar que no existe interacción entre el factor enzima y el factor tiempo, por lo tanto el efecto del factor enzima sobre el índice de peróxido no depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 41)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor enzima

En la Figura 51 se puede apreciar el índice de peróxido promedio para el factor enzima:

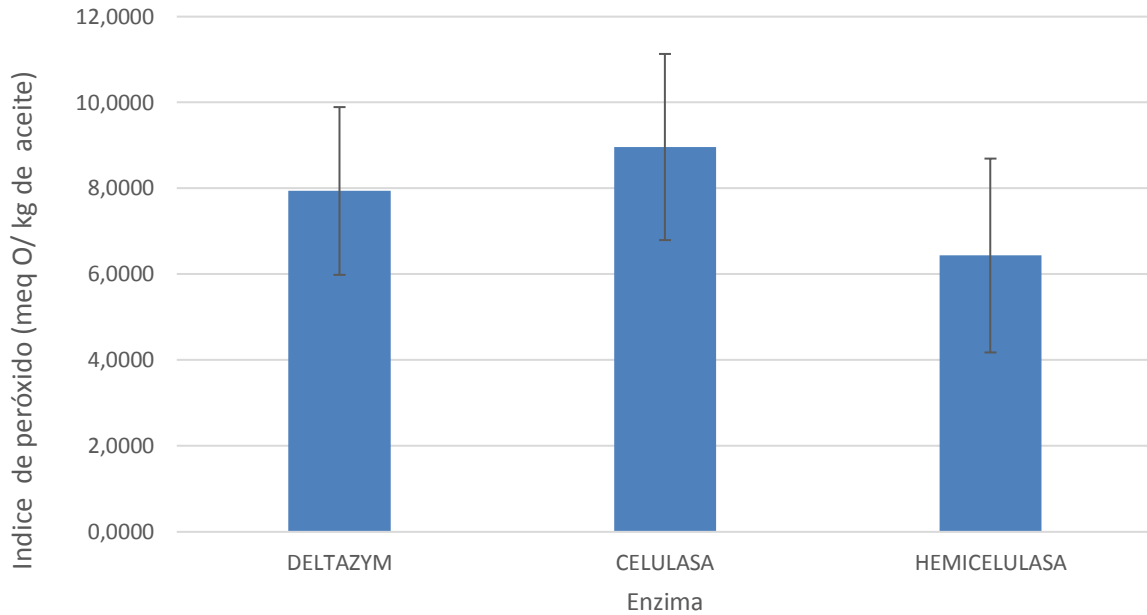


Figura 51: Índice de peróxido promedio de los niveles del factor Enzima (deltazym, celulasa y hemicelulasa)

Al emplear la enzima celulasa se obtienen mayores índices de peróxido, seguidamente de la enzima deltazym y de la enzima hemicelulasa.

Existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que entre los niveles del factor enzima deltazym y celulasa, deltazym y hemicelulasa, y entre los enzimas celulasa y hemicelulasa existe diferencia significativa, como se puede apreciar en el Anexo 43.

4.5.3. EFECTO DEL FACTOR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

a. Interacciones

En la Figura 52 se puede apreciar la interacción de los efectos simples de los factores materia prima: agua y concentración de enzima:

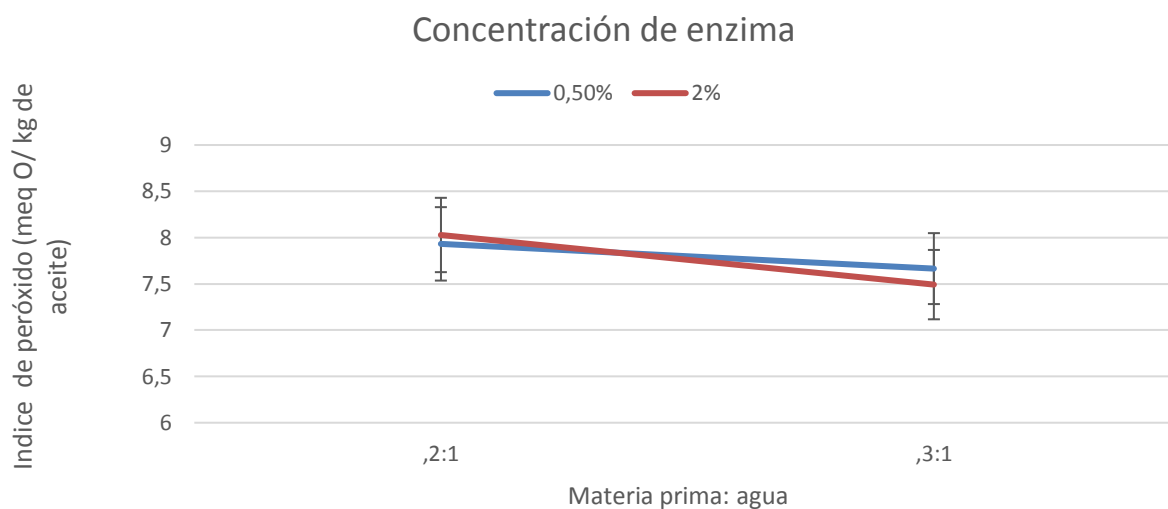


Figura 52: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua

Bajo el efecto de las concentraciones de enzima 0,5 por ciento y 2 por ciento se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la relación materia prima 2:1 a 3:1.

Al emplear la relación materia prima 2:1 se obtienen mayores índices de peróxidos al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento que con 0,5 por ciento. Al emplear la relación materia prima 3:1 se obtienen mayores índices de peróxidos al utilizar la concentración de enzima 0,5 por ciento que con 2 por ciento¹.

De la figura se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre el índice de peróxido depende de cuál es el nivel del factor materia prima: agua (Anexo 41)¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

En la siguiente Figura 53 se puede apreciar la interacción de los efectos simples de los factores concentración y enzima:

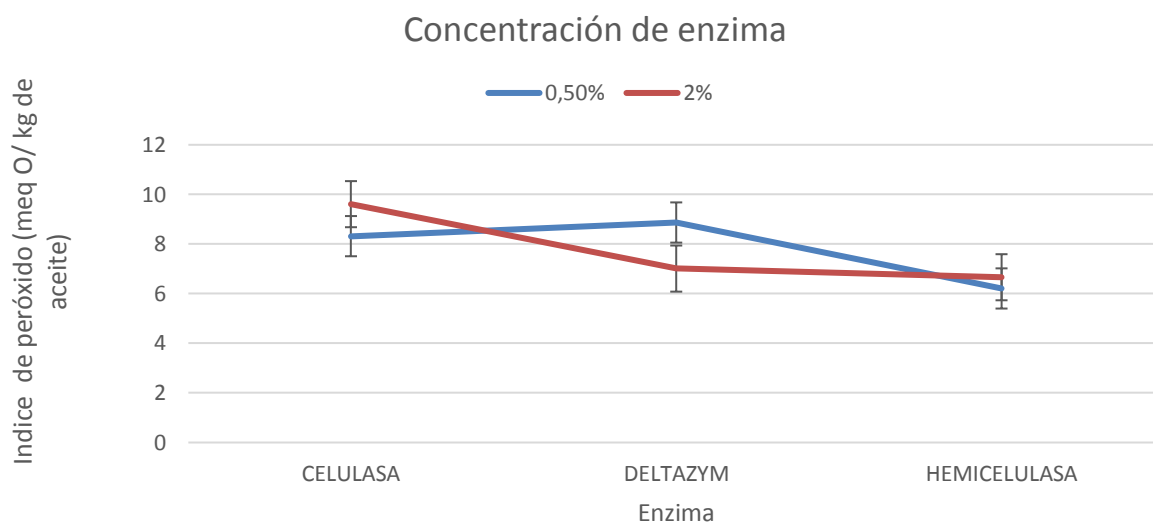


Figura 53: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor enzima.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Deltazym) y como Variable independiente condicionante Concentración de Enzima

Bajo el efecto de la concentración de enzima 0,5 por ciento se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la enzima celulasa al complejo deltazym. Al emplear la concentración de enzima 2 por ciento se obtiene un incremento en el índice de peróxido al pasar de la enzima celulasa al complejo deltazym¹.

Al emplear la enzima celulasa se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento que con 0,5 por ciento. Al emplear el complejo deltazym se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar la concentración de enzima 0,5 por ciento que con 2 por ciento¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Concentración de Enzima

Bajo el efecto de las concentraciones de enzima 0,5 por ciento y 2 por ciento se obtiene un decrecimiento del índice de peróxido al pasar del complejo delatazina a la enzima hemicelulasa.

Al emplear el complejo delatazina se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar la concentración de enzima 0,5 por ciento que con 2 por ciento. Al emplear la enzima hemicelulasa se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento que con 0,5 por ciento¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Concentración de Enzima

Bajo el efecto de las concentraciones de enzima 0,5 y 2 por ciento se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa.

Al emplear la enzima celulasa y la enzima hemicelulasa se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar la concentración de enzima 2 por ciento que con 0,5 por ciento.

De la figura se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un 95 por ciento de confianza para afirmar que no existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor enzima, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre del índice de peróxido no depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 41)¹.

En la Figura 54 se puede apreciar la relación entre los efectos simples de los factores concentración de enzima y tiempo:

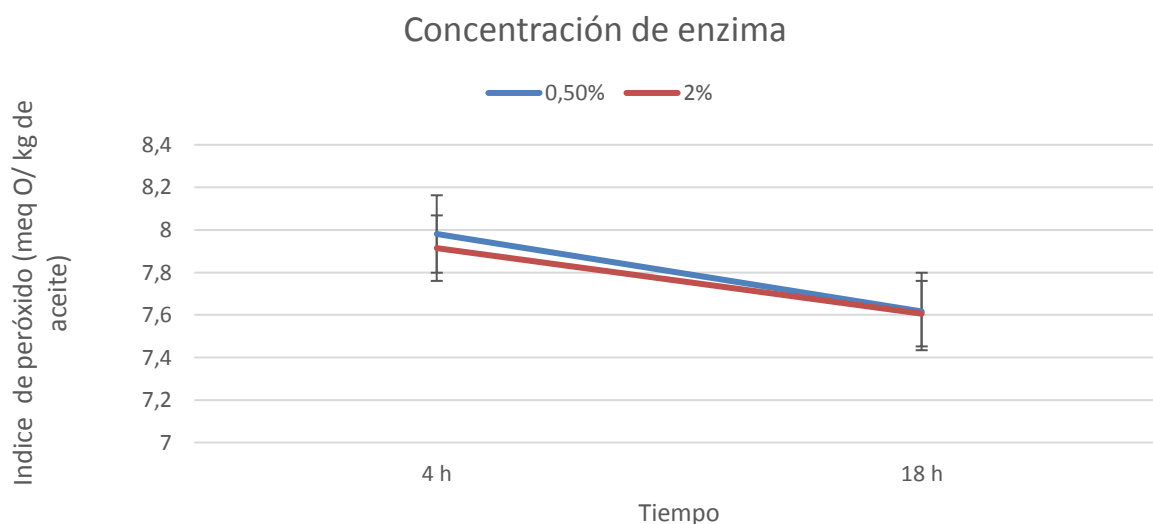


Figura 54: Gráfico de interacción entre el factor concentración de enzima y el factor tiempo

Bajo el efecto de las concentraciones de enzima 0,5 y 2 por ciento se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar del tiempo de incubación de 4 a 18 horas.

Al emplear el tiempo de incubación 4 horas se obtienen índices de peróxido mayores al utilizar la concentración de enzima 0,5 por ciento que con 2 por ciento. Al utilizar el tiempo de incubación de 18 horas se obtienen resultados similares al emplear la concentración de enzima 0,5 por ciento y 2 por ciento¹.

De la figura se puede inferir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza del 95 por ciento para afirmar que existe interacción entre el factor concentración de enzima y el factor tiempo, por lo tanto el efecto del factor concentración de enzima sobre el índice de peróxido depende de cuál es el nivel del factor tiempo (Anexo 41)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor Concentración de la Enzima

En la Figura 55 se puede apreciar el índice de peróxido promedio del factor enzima:

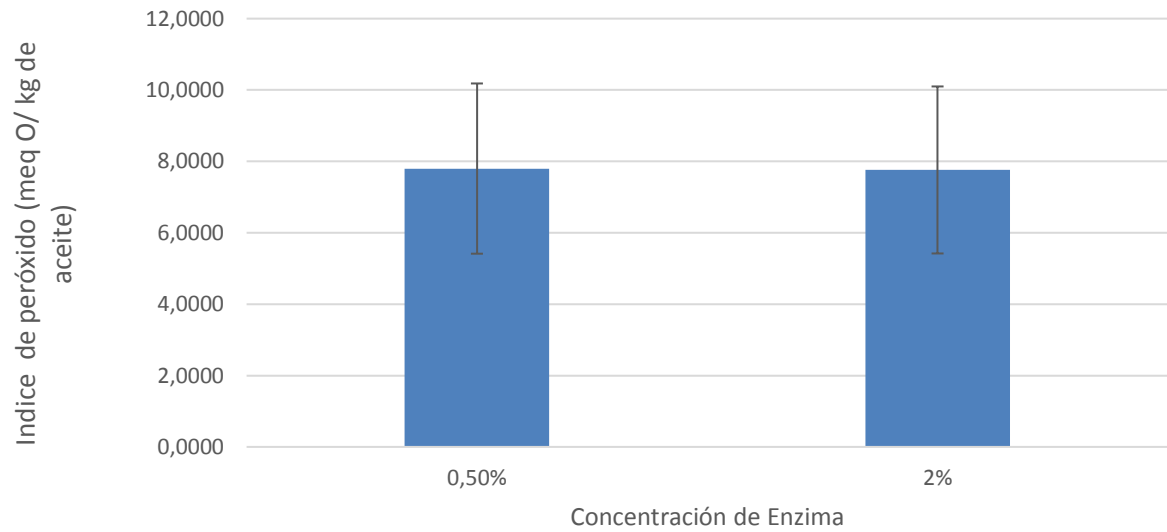


Figura 55: Índice de peróxido promedio de los niveles del factor Concentración de Enzima (0,5 y 2 por ciento)

Existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que entre los niveles del factor concentración de enzima 0,5 y 2 por ciento no existe diferencia significativa, como se puede ver en el Anexo 44.

4.5.4. EFECTO DEL FACTOR TIEMPO

a. Interacciones

En la Figura 56 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores tiempo y materia prima: agua:

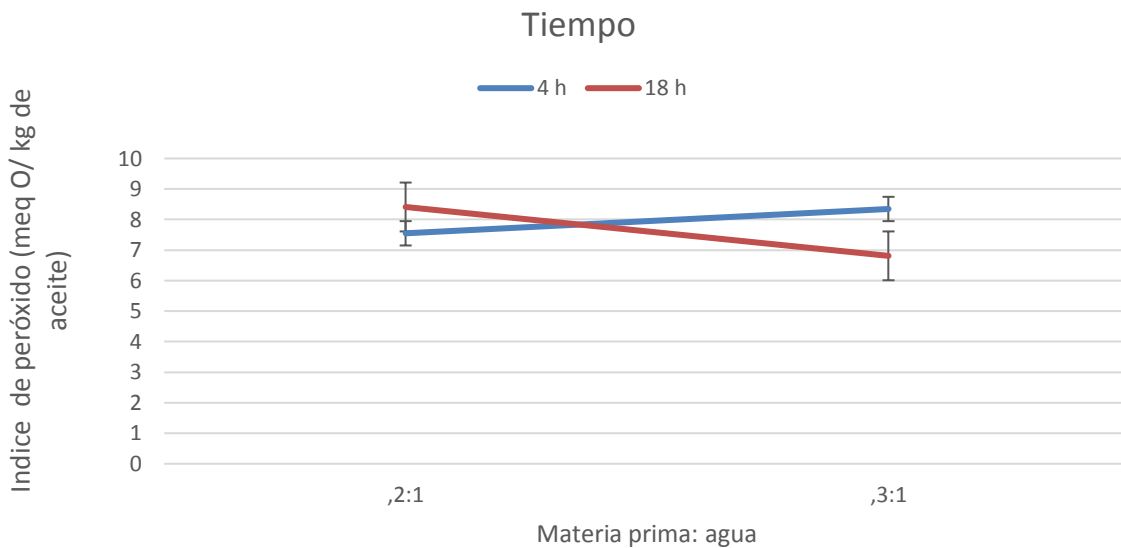


Figura 56: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Materia prima: Agua

Bajo el efecto del tiempo de incubación 4 horas se obtiene un incremento en el índice de peróxido al pasar de la relación materia prima 2:1 a 3:1. Al emplear el tiempo de incubación de 18 horas se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la relación materia prima: agua 2:1 a 3:1¹.

Al emplear la relación materia prima 2:1 se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar el tiempo de incubación 18 horas que con 4 horas. Al utilizar la relación materia prima 3:1 se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar el tiempo de incubación 4 horas que con 18 horas¹.

¹ Elaborado con base en León y Montero 2001.

Se puede deducir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para afirmar que no existe interacción entre el factor tiempo y el factor materia prima: agua, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre el índice de peróxido no depende de cuál es el nivel del factor materia prima agua (Anexo 41)¹.

En la Figura 57 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores tiempo y enzima:

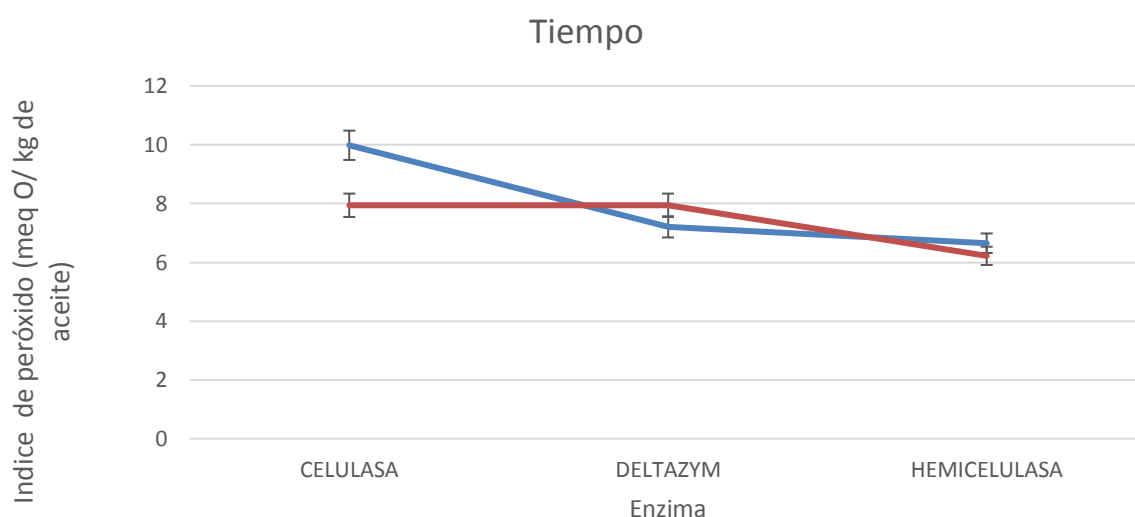


Figura 57: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Enzima

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Deltazym) y como Variable independiente condicionante Tiempo

Bajo el efecto del tiempo de incubación 4 horas se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la enzima celulasa al complejo deltazym. Al emplear la concentración de enzima 2 por ciento se obtienen índices de peróxido similares al emplear la enzima celulasa y el complejo deltazym¹.

Al emplear la enzima celulasa se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar el tiempo de incubación 4 horas que con 18 horas. Al emplear el complejo deltazym se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar el tiempo de incubación 18 horas que con 4 horas¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Deltazym a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Tiempo

Bajo el efecto de los tiempos de incubación 4 y 18 horas se obtiene un decrecimiento del índice de peróxido al pasar del complejo deltazym a la enzima hemicelulasa.

Al emplear el complejo deltazym se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar el tiempo de incubación 18 horas que con 4 horas. Al emplear la enzima hemicelulasa se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar el tiempo de incubación 4 horas que con 18 horas¹.

Tomando como Variable independiente principal Enzima (de Celulasa a Hemicelulasa) y como Variable independiente condicionante Tiempo

Bajo el efecto de los tiempos de incubación 4 y 18 horas se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la enzima celulasa a la enzima hemicelulasa.

Al emplear la enzima celulasa y la enzima hemicelulasa se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar el tiempo de incubación de 4 que con 18 horas.

De la figura se puede concluir que no existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento para poder afirmar que existe interacción entre el factor tiempo y el factor enzima, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre el índice de peróxido no depende de cuál es el nivel del factor enzima (Anexo 41)¹.

En la Figura 58 se puede apreciar la interacción entre los efectos simples de los factores tiempo y concentración de enzima:

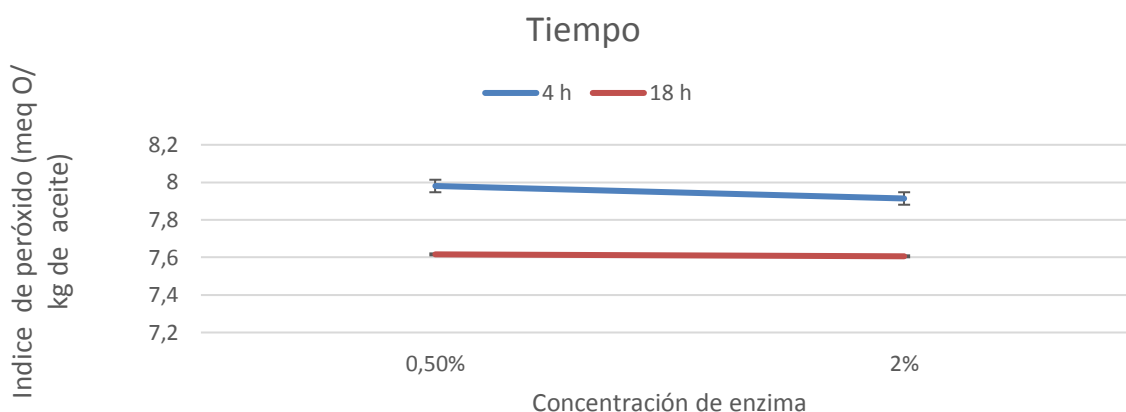


Figura 58: Gráfico de interacción entre el factor Tiempo y el factor Concentración de enzima

Bajo el efecto del tiempo de incubación 4 horas se obtiene un decrecimiento en el índice de peróxido al pasar de la concentración de enzima 0,5 a 2 por ciento. Al emplear el tiempo de incubación de 18 horas se obtienen índices de peróxido similares al emplear la concentración de enzima 0,5 por ciento y 2 por ciento¹.

Al emplear la concentración de enzima 0,5 por ciento y 2 por ciento se obtienen mayores índices de peróxido al utilizar el tiempo de incubación 4 horas que con 18 horas.

De la figura se puede concluir que existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de 95 por ciento de confianza para poder afirmar que existe interacción entre el factor tiempo y el factor concentración de enzima, por lo tanto el efecto del factor tiempo sobre el índice de peróxido depende de cuál es el nivel del factor concentración de enzima (Anexo 41)¹.

b. Comparación entre los niveles del factor Tiempo

En la Figura 59 se pueden apreciar los índices de peróxido promedio del factor tiempo:

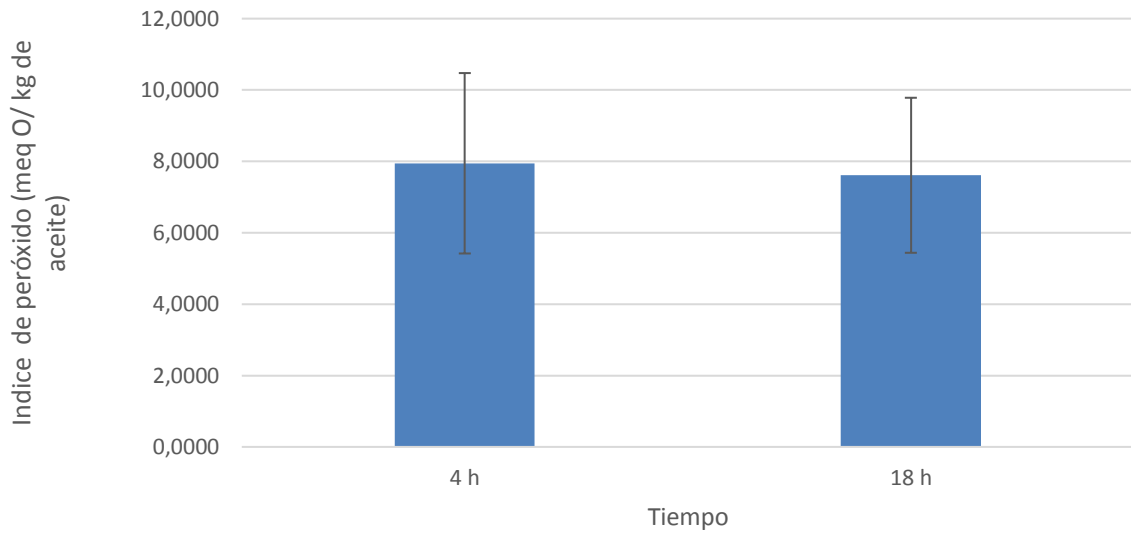


Figura 59: Índice de peróxido promedio de los niveles del factor Tiempo (4 y 18 horas)

Existe la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza de 95 por ciento de confianza para afirmar que entre los niveles del factor tiempo, 4 y 18 horas, no existe diferencia significativa, como se puede apreciar en el Anexo 45.

4.6. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA TORTA

En el Cuadro 19 se muestran los resultados de composición química proximal de las mezclas de tortas obtenidas, después de realizado el prensado, para la mezcla de uva negra y blanca sin tratamiento enzimático, y para el caso de la torta de mezcla de uva negra y blanca del tratamiento enzimático óptimo que se obtuvo de la combinación de factores: materia prima: agua (2:1), enzima celulasa, concentración de enzima 0,5 por ciento y tiempo de 18 horas.

Cuadro 19: Efecto del tratamiento enzimático en la composición química proximal de la torta obtenida sin y con tratamiento enzimático

TRATAMIENTO	VALOR	HUMEDAD (POR CIENTO)	FIBRA (POR CIENTO)	GRASA (POR CIENTO)	CENIZA (POR CIENTO)	PROTEÍNA (POR CIENTO)	CARBOHIDRATOS (POR CIENTO)
Sin tratamiento enzimático	\bar{x}	15,55	44,39	5,20	1,71	9,21	68,55
	S	0,03	0,06	0,06	0,01	0,04	0,14
Con tratamiento enzimático	\bar{x}	18,93	43,96	3,43	1,94	9,12	66,58
	S	0,02	0,03	0,03	0,02	0,09	0,03

*Las evaluaciones se realizaron por triplicado.

S: Desviación estándar

A un nivel de confianza del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia para afirmar que entre el porcentaje de humedad de la torta resultante del proceso sin tratamiento enzimático y el porcentaje de humedad de la torta resultante del proceso con tratamiento enzimático existe diferencia significativa (Anexo 87). Lo que indica que el efecto del tratamiento enzimático influyó en el contenido final de humedad de la torta.

Con un nivel de confianza de 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de fibra de la torta resultante del proceso sin tratamiento enzimático y el porcentaje de fibra de la torta resultante del proceso con tratamiento enzimático existe diferencia significativa (Anexo 89). Esta reducción en el porcentaje de fibra (44,39 por ciento sin tratamiento enzimático y 43,96 por ciento con tratamiento enzimático) se debe al uso de enzimas en el proceso.

A un nivel de confianza de 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de grasa de la torta resultante del proceso sin tratamiento enzimático y el porcentaje de grasa de la torta resultante del proceso con tratamiento enzimático existe diferencia significativa (Anexo 91). Esta disminución (5,2 por ciento sin tratamiento enzimático y 3,43 por ciento con tratamiento enzimático) se puede atribuir a la actividad enzimática, ya que las enzimas son eficaces para degradar las paredes celulares de la semilla produciendo una mayor cantidad de aceite extraído, dejando menor aceite residual en las tortas.

Con un nivel de confianza de 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de ceniza de la torta resultante del proceso sin tratamiento enzimático y el porcentaje de ceniza de la torta resultante del proceso con tratamiento enzimático existe diferencia significativa (Anexo 93). Variación porcentual atribuida a la actividad enzimática.

A un nivel de confianza de 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de proteína de la torta resultante del proceso sin tratamiento enzimático y el porcentaje de proteína de la torta resultante del proceso con tratamiento enzimático no existe diferencia significativa (Anexo 93).

Se tiene la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza del 95 por ciento para afirmar que entre el porcentaje de carbohidratos de la torta resultante del proceso sin tratamiento enzimático y el porcentaje de carbohidratos de la torta resultante del proceso con tratamiento enzimático existe diferencia significativa (Anexo 97). Variación resultado del tratamiento enzimático, donde las enzimas (complejo Deltazym, Hemicelulasa y Celulasa) hidrolizaron los carbohidratos presentes en la semilla de uva, produciendo la reducción (68,58 por ciento sin tratamiento enzimático a 66,58 por ciento con tratamiento enzimático).

4.7. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL ACEITE CRUDO DE SEMILLA DE UVA

En el Cuadro 20, se muestra los resultados de análisis físico químico realizado al aceite crudo (mezcla de semilla de uva negra y blanca) extraído sin y con el mejor tratamiento enzimático

Cuadro 20: Efecto del tratamiento enzimático en las características fisicoquímicas del aceite extraído de la semilla de uva

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO	TRATAMIENTO			
	SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO		CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO	
Humedad (por ciento)	\bar{x}	0,48	\bar{x}	0,49
	S	0,26	S	0,26
Índice de Acidez (mg KOH/g, grasa)	\bar{x}	2,10	\bar{x}	2,60
	S	0,05	S	0,07
Índice de Peróxido (meq. O ₂ /Kg)	\bar{x}	7,26	\bar{x}	10,85
	S	0,59	S	0,15
Índice de Iodo (g I ₂ /100 g de aceite)	\bar{x}	133,60	\bar{x}	131,70
	S	7,79	S	6,19
Índice de Refracción (25°C)	\bar{x}	1,475	\bar{x}	1,475
	S	0,00	S	0,00
Densidad (20°C) g/ml	\bar{x}	0,920	\bar{x}	0,923
	S	0,00	S	0,00
Índice de saponificación (mg de KOH /g de aceite)	\bar{x}	187,04	\bar{x}	152,23
	S	0,00	S	4,65
Insaponificable (g/kg)	\bar{x}	0,761	\bar{x}	0,674
	S	0,00	S	0,00
p-Anisidina	\bar{x}	1,83	\bar{x}	1,71
	S	0,58	S	0,29

*Las evaluaciones se realizaron por triplicado.

A un nivel de confianza de 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de humedad del aceite de semilla de uva extraído sin tratamiento enzimático y el porcentaje de humedad de aceite de semilla de uva extraído con tratamiento enzimático no hay diferencia significativa (Anexo 69) .

Con un nivel de confianza de 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el índice de acidez (mg KOH/g. grasa) del aceite de semilla de uva extraído sin tratamiento enzimático y el índice de acidez del aceite de semilla de uva extraído con tratamiento enzimático existe diferencia significativa (Anexo 71).

El índice de acidez obtenido corresponde a los valores de 2,1 mg KOH/g. grasa (para el aceite extraído sin tratamiento enzimático) y 2,6 mg KOH/g. grasa (aceite extraído utilizando tratamiento enzimático), valores inferiores que los obtenidos por Navas Petra (2010) reporta 2,16 por ciento ácido oleico, y Molero *et al.* (1995) obtuvo 3,4, 3,8 mg de KOH/g de grasa para el aceite extraído con dióxido de carbono y hexano respectivamente. Los valores obtenidos están por debajo de los señalado por el CODEX STAN 210 (1999) como dosis máxima que menciona que el índice de acidez no debe ser más de 4,0 mg de KOH/g de aceite (para aceites prensados en frío y vírgenes), lo que nos indicaría que el proceso de extracción usando enzimas induce a la descomposición de las cadenas de triglicéridos debido al calor, oxígeno y tiempo de exposición durante la hidrólisis enzimática, dando origen a una mayor cantidad de ácidos grasos libres los cuales son los responsables de la oxidación de lípidos en el aceite y por lo tanto favorecen la rancidez del mismo (Crews *et al.*; 2006, García *et al.*; 2010). Por lo tanto resulta en un mayor índice de acidez pero que no supera el valor dispuesto por el CODEX STAN 210 (1999).

A un nivel de significancia del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que el índice de peróxido (meq. O₂ /Kg) del aceite de semilla de uva extraído sin tratamiento enzimático es significativamente diferente al índice de peróxido del aceite de semilla de uva extraído con tratamiento enzimático (Anexo 73).

Los valores obtenidos experimentalmente de índice de peróxido para el tratamiento sin enzimas (7,26 meq. O₂.Kg) y para el tratamiento con enzimas (10,85 meq. O₂.Kg), demuestran que ha habido una degradación del aceite al utilizar el proceso enzimático, pero este efecto no perjudica considerablemente la calidad del aceite extraído ya que los valores obtenidos (sin tratamiento enzimático y con tratamiento enzimático) están por debajo del valor máximo del CODEX STAN 210 (1999), que es 15 m.e.q. O₂/ kg de aceite, lo que indica que es un aceite en buenas condiciones.

A un nivel de confianza del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el índice de iodo (expresado en g I₂/100 g de aceite) del aceite de semilla

de uva extraído sin enzimas y el extraído con enzimas (tratamiento óptimo) no existe diferencia significativa (Anexo 75).

El índice de yodo del aceite obtenido con y sin tratamiento enzimático (131,7, 133,6 g I₂/100 g aceite) se encuentra dentro los valores indicado en el CODEX Alimentarius (1992), para aceite de semilla de uva que menciona valores de 130 -138 g I₂/100 g. Esta es una propiedad característica de los ácidos grasos que poseen insaturaciones, esto se corrobora con los resultados de análisis de ácidos grasos que se muestran más adelante.

Se puede afirmar con un nivel de 95 por ciento de confianza que entre el índice de refracción del aceite de semilla de uva extraído sin utilizar enzimas y el índice de refracción del aceite obtenido utilizando enzimas no existe diferencia significativa (Anexo 77).

En referencia al índice de refracción los aceites obtenidos con y sin tratamiento enzimático muestran valores de 1,475 y 1,475, a 25 °C respectivamente, encontrándose dentro del rango señalado por el CODEX Alimentarius (1992) (1,473-1,477) y por el CODEX STAN 210 (1999) (1,467-1,477). Molero *et al.* (1995), indica un valor de 1,475 para su aceite de semilla de uva que es el mismo que se obtuvo experimentalmente.

A un nivel de confianza del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el valor de densidad obtenido con el aceite extraído sin enzimas y la densidad del aceite con enzimas existe diferencia significativa (Anexo 79). Lo cual indicaría que en el análisis de densidad hubo intervención del factor humedad sobre todo en el aceite extraído con enzima.

La densidad, según los resultados obtenidos en el aceite con y sin tratamiento enzimático (0,923 y 0,920 g/ml) respectivamente, está dentro del rango de valores reportados en el CODEX Alimentarius (1992) para aceite de semilla de uva (0,923-0,926 g/ml); mientras Molero *et al.* (1995) señala valores entre 0,924 y 0,928 g/ml.

A un nivel de confianza del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el índice de saponificación del aceite extraído sin enzimas y el índice de saponificación del aceite extraído con enzimas existe diferencia significativa (Anexo 81).

El índice de saponificación obtenido con el tratamiento con enzimas está fuera del rango del CODEX Alimentarius (1992), que indica valores entre 188-194 mg KOH/g de grasa.

Con un nivel de confianza de 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de materia insaponificable del aceite extraído sin enzimas y el porcentaje del aceite extraído con enzimas existe diferencia significativa (Anexo 83). Los valores obtenidos están dentro del estándar dispuesto por el CODEX STAN 210 (1999) (0,761 sin tratamiento enzimático, 0,674 con tratamiento enzimático) siendo inferiores a 20 g/kg.

Existiendo suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza del 95 por ciento se puede afirmar que entre el valor de p-Anisidina del aceite extraído sin enzimas y el valor de p-Anisidina del aceite extraído con enzimas no existe diferencia significativa. Dado que los valores obtenidos de p anisidina (1,83 sin tratamiento enzimático y 1,71 con tratamiento enzimático) son inferiores al valor máximo (20) señalado por el CODEX Alimentarius (2013), se puede afirmar que no existe oxidación secundaria. No se da el efecto que indica Grompone (1991), cuanto mayor sea el índice de p-Anisidina más rápidamente comenzará la autoxidación y se enranciará el material graso (Anexo 85).

4.8. EFECTO DEL TRATAMIENTO ENZIMÁTICO EN LA COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE DE SEMILLA DE UVA

En las Figuras 60 y 61 y Cuadro 21, se presentan el Cromatograma y la composición de los ácidos grasos de los aceites de mezcla de semilla de uva negra y blanca obtenida sin y con el tratamiento enzimático óptimo.

Cuadro 21: Efecto del tratamiento enzimático Mp: Agua 2:1, Celulasa, Concentración de enzima 0,5 por ciento y Tiempo 18 horas en la composición de ácidos grasos del aceite de semilla de uva

ÁCIDOS GRASOS (POR CIENTO)	TRATAMIENTO			
	SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO (CONTROL) (FIGURA 60)		CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO (FIGURA 61)	
16:00 Palmítico	\bar{x}	7,98	\bar{x}	7,72
	S	0,163	S	0,148
18:00 Esteárico	\bar{x}	3,23	\bar{x}	7,72
	S	0,028	S	0,148
18:1 ω -9 Oleico	\bar{x}	17,50	\bar{x}	17,37
	S	0,070	S	0,063
18:2 ω -6	\bar{x}	69,78	\bar{x}	69,78
	S	0,049	S	0,035
18:3 ω -3	\bar{x}	0,48	\bar{x}	0,50
	S	0,007	S	0,014
Saturados	\bar{x}	11,39	\bar{x}	11,04
	S	0,134	S	0,120
Monoinsaturados	\bar{x}	18,35	\bar{x}	18,16
	S	0,077	S	0,063
Polinsaturados	\bar{x}	70,26	\bar{x}	70,28
	S	0,057	S	0,049
Total	\bar{x}	100,00	\bar{x}	99,48
	S	0,000	S	0,007

S: Desviación estándar

A un nivel de significación del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de ácido palmítico del aceite extraído del proceso sin utilizar enzimas y el porcentaje de ácido palmítico del aceite extraído del proceso utilizando enzimas no existe diferencia significativa (Anexo 99).

Se tiene la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza del 95 por ciento para afirmar que entre el porcentaje de ácido esteárico del aceite extraído del proceso sin utilizar enzimas y el porcentaje de ácido esteárico del aceite extraído del proceso utilizando enzimas existe diferencia significativa (Anexo 101).

A un nivel de significación del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de ácido oleico del aceite extraído del proceso sin utilizar enzimas y el porcentaje de ácido oleico del aceite extraído del proceso utilizando enzimas no existe diferencia significativa (Anexo 103). A un nivel de significación del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de ácido linoleico del aceite extraído del proceso sin utilizar enzimas y el porcentaje de ácido linoleico del aceite extraído del proceso utilizando enzimas no existe diferencia significativa (Anexo 105).

Se tiene la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza del 95 por ciento para afirmar que entre el porcentaje de ácido linolénico del aceite extraído del proceso sin utilizar enzimas y el porcentaje de ácido linolénico del aceite extraído del proceso utilizando enzimas no existe diferencia significativa (Anexo 107).

El ácido graso linoleico en el aceite de uva obtenido sin y con tratamiento enzimático presento un valor de 69,78 por ciento valor superior al señalado por Navas Petra (2009) (66,5 por ciento), por otro lado el porcentaje de ácido graso linolénico obtenido del análisis con y sin tratamiento enzimático (0,50 por ciento, 0,48 por ciento respectivamente), es superior al indicado por Navas Petra (2009) (0,40 por ciento).

A un nivel de significación del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de ácidos grasos saturados del aceite extraído del proceso sin utilizar enzimas y el porcentaje de ácidos grasos saturados del aceite extraído del proceso utilizando enzimas existe diferencia significativa (Anexo 109).

Se tiene la suficiente evidencia estadística a un nivel de confianza del 95 por ciento para afirmar que entre el porcentaje de ácido grasos monoinsaturados del aceite extraído del proceso sin utilizar enzimas y el porcentaje de ácidos grasos monoinsaturados del aceite extraído del proceso utilizando enzimas existe diferencia significativa (Anexo 111).

A un nivel de significación del 95 por ciento se tiene la suficiente evidencia estadística para afirmar que entre el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados del aceite extraído del proceso sin utilizar enzimas y el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados del aceite extraído del proceso utilizando enzimas no existe diferencia significativa (Anexo 113).

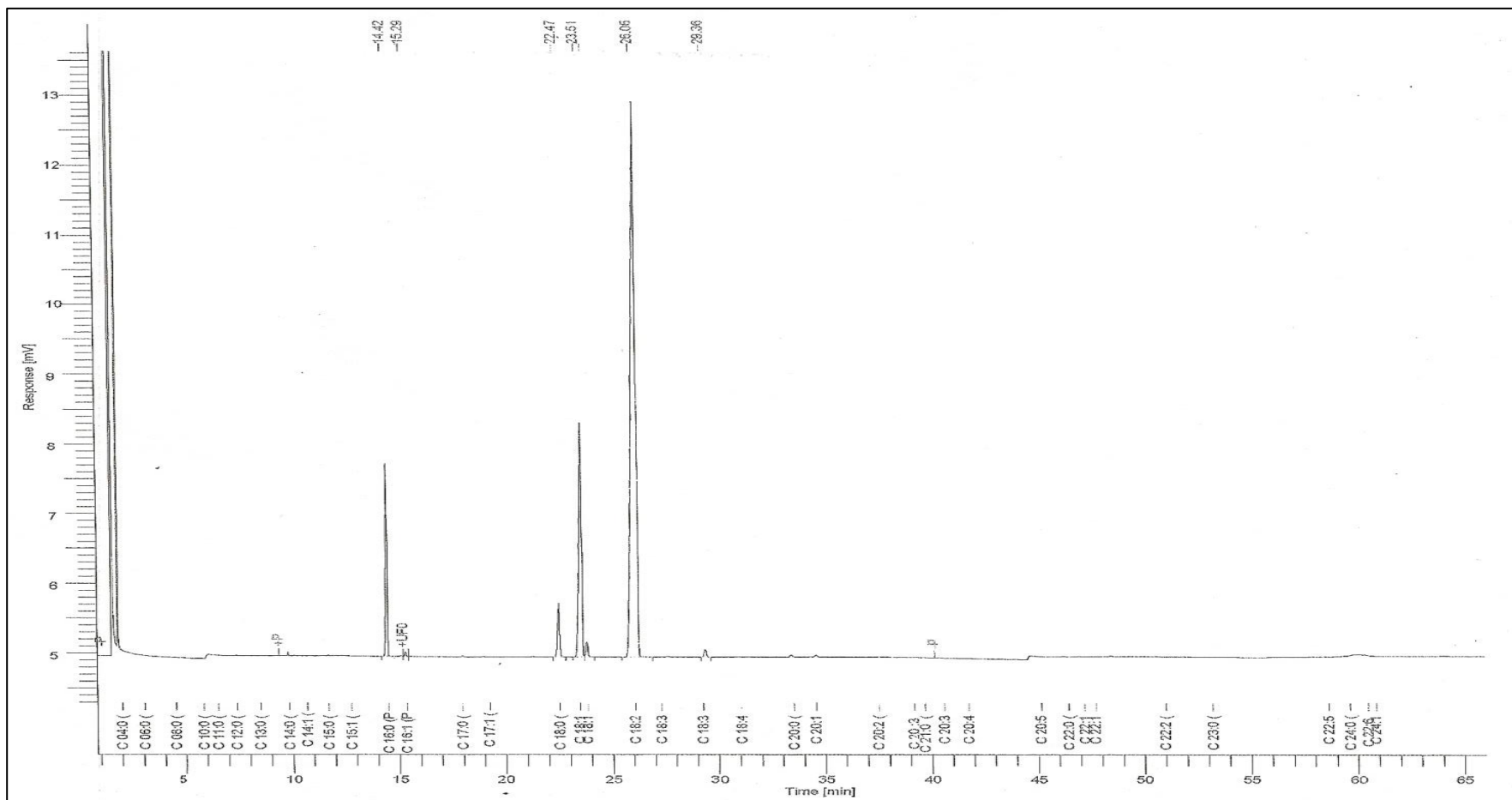


Figura 60: Cromatograma de ácidos grasos del aceite de semilla de uva obtenida sin tratamiento enzimático

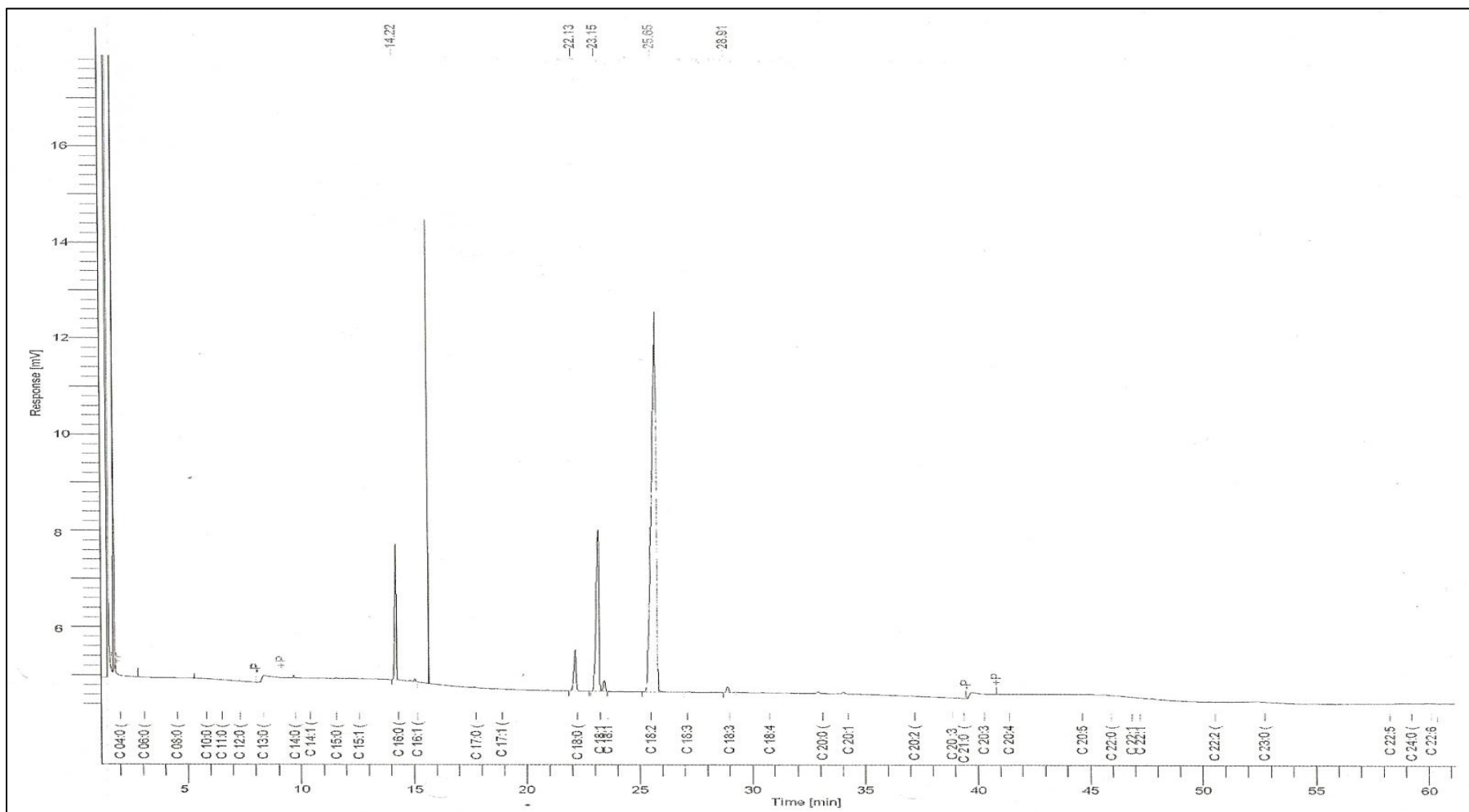


Figura 61: Cromatograma de ácidos grasos del aceite de semilla de uva obtenida con tratamiento enzimático

4.9. FIBRA DETERGENTE ÁCIDO Y NEUTRO DE SEMILLA DE UVA

Cuadro 22: Fibra detergente ácido y neutro en las semillas de uva

Componente	Porcentaje
Fibra detergente ácido	53,09
Fibra detergente neutro	54,02

Los valores de fibra detergente ácido (FDA) y neutro (FDN) mostrados en el Cuadro 22 indican que en la mezcla de semillas de uva existe una alta cantidad de celulosa y lignina (fibra detergente ácido) mientras que la hemicelulosa, que es la diferencia entre la FDN y FDA, tan solo representa el 0,93 por ciento. Numan (1997), menciona que la celulosa y ácido poligalacturónico son los mayores constituyentes de la pared celular de las semillas de uva, cada uno responsable del 30 por ciento 40 por ciento del total de polisacáridos que la componen.

V. CONCLUSIONES

- El rendimiento óptimo en la extracción de aceite de semilla de uva ($9,03 \pm 0,61$ por ciento) se consiguió al tratar con enzima celulasa en las condiciones de extracción de mp: agua (2:1), concentración de enzima 0,5 por ciento, y tiempo de incubación 18 horas.
- Se obtuvo un incremento del rendimiento del 63,3 por ciento con respecto al tratamiento sin enzimas, al pasar de un rendimiento sin tratamiento enzimático de 5,53 por ciento a un rendimiento de 9,03 por ciento al usar la enzima celulasa, la relación materia prima: agua 2:1, concentración enzima 0,5 por ciento y el tiempo de incubación de 18 horas.
- La composición en ácidos grasos del aceite proveniente de la extracción sin utilizar enzimas de la semilla de uva difiere estadísticamente a la composición del aceite proveniente de la extracción óptima con enzimas para el contenido de ácido palmitoleico, el ácido esteárico y los ácidos grasos monoinsaturados.
- Con respecto al análisis fisicoquímico, se encontró diferencia significativa estadística en el índice de acidez, índice de peróxido, densidad y el índice de saponificación al comparar el aceite extraído sin utilizar enzimas y el aceite obtenido de la extracción óptima utilizando enzimas (celulasa).

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar trabajos de investigación para determinar parámetros de refinación del aceite de semilla de uva para su uso industrial.
- Hacer estudios sobre el efecto de las enzimas aplicadas a la semilla de uva con respecto a la vida en anaquel del aceite.
- Realizar estudios de investigación de la extracción de aceite de semilla de uva utilizando prensa Komet, a nivel piloto e industrial.
- Realizar trabajos de investigación para el aprovechamiento de la torta de semilla de uva para consumo animal y/o humano, por su alto contenido polifenólico.
- Hacer una determinación y caracterización del contenido polifenólico del aceite y torta de la semilla de uva.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMPEX (Asociación Macro regional de productores para la exportación). 2008. Perfil de producto de uva. Ica, Perú. s.p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1990. Official methods of analysis. Washington D.C., EUA, Association of Official Analytical Chemistry.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1995. Official methods of analysis. Washington D.C., EUA, Association of Official Analytical Chemistry.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1998. Official methods of analysis. Washington D.C., EUA, Association of Official Analytical Chemistry.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 2007. Official methods of analysis. Washington D.C., EUA, Association of Official Analytical Chemistry.
- Ariga, T. 2004. The antioxidative function, preventive action on disease and utilization of proanthocyanidins. *Biofactors* 21.s.1, s.e. p. 197–201.
- Bada, J; Leon Camacho, M; Copovi, P; Alonso, L. 2015. Characterization of grape seed oil from wines with protected denomination of origin (PDO) from Spain. *Grasa y Aceites* 66 (3).
- Badui, S. 1990. *Química de los alimentos*. Segunda Edición. Editorial Alhambra Mexicana. México, s.e. s.p.
- Badr, F; Sitohy, M. 1992. Optimizing conditions for enzymatic extraction of sunflower oil. *Grasas y Aceites* 43(5):281 – 283.

- Bail, S; Stuebiger, G; Krist, S; Unterweger, H; Buchbauer, G; 2008. Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity. *Food Chem.* 108:1122–1132.
- Bailey, A. 1984. *Aceites y grasas industriales*. 1 ed. Zaragoza, España, Reverté S.A.
- Bagchi, D; Garg, A; Krohn, R. L; Bagchi, M; Tran, M. Stohs, S. J. 1997. Oxygen free radical scavenging abilities of vitamins C and E, and a grape seed proanthocyanidin extract in vitro. *Res Commun Mol Pathol Pharmacol.* 95:89–179.
- Bernardini, E. 1981. *Tecnología de aceites y grasas*. 1 ed. Madrid, España, Alambra S.A.
- Bruchmann, E. 1980. *Bioquímica técnica*. 1 ed. Zaragoza, España, Acribia.
- Bombardelli, E; Morazzoni P; Carini, M. 1997. Biological activity of procyanidins from *Vitis vinífera* L. Biofactore, Instituto Chimico Farmaceutico Tossicologico. Milan, Italy, Universite di Milan. p. 429-431.
- Buenrostro, M; Lopez-Munguia, C. 1986. Enzymatic extraction of avocado oil. *Biotechnol.* p. 505-506.
- Campos, L; Leimann, F; Pedrosa, R; Ferreira, S. 2008. Free radical scavenging of grape pomace extracts from Cbaernet Sauvignon (*Vitis vinífera*). *Bioresour. Technol.* 99:8413-8420.
- CEDEP. 2007. *Manual de la vid Quebranta*. Proyecto: “Competitividad y desarrollo de liderazgo con equidad de género de los pequeños (as) productores (as) agrícolas del distrito de Ocucaje en la Región de Ica”. En convenio con la Unión Europea y APROLAB. Ica, Perú.
- Chira, K; Suh, J; Saucier, C; & Teissèdre, P. 2008. Les polyphénols du raisin. *Phytothérapie*, 6(2):75–82.
- Chis, I.C; Ungureanu, M.I; Marton, A; Simedrea, R; Muresan, A; Postescu, I.D; Decea, N. 2009. Antioxidant effects of a grape seed extract in a rat model of diabetes mellitus. *Diabetes Vasc. Dis. Res.* 6:200–204.

- CODEX-STAN 210. Enmendado 2003, 2005. Norma del CODEX para aceites vegetales especificados. s.l.
- CODEX STAN 210. 1999. Norma del CODEX para aceites vegetales especificados. Adoptada en 1999. Enmienda: 2005, 2011, 2013 y 2015. Revisión: 2001, 2003 y 2009. s.l.
- CODEX Alimentarius. 2013. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Comité del CODEX sobre grasas y aceites. 23 reunión. s.l.
- CODEX Alimentarius Commission. 1992. Grasas y aceites y productos derivados, normas alimentarias. s.l.
- Crews, C; Hough, P; Godward, J; Brereton, P; Lees, M; Guiet, S; Winkelmann, W. 2006. Quantitation of the Main Constituents of Some Authentic Grape-Seed Oil of Different Origin Central Science Laboratory, United Kingdom Eurofins Scientific. *J. Agric. Food Chem* 54:6261-6265.
- Cui, X.P; Li, B.Y; Gao, H.Q; Wei, N; Wang, W.L; Lu, M. 2008. Effects of grape seed proanthocyanidin extracts on peripheral nerves in streptozocin-induced diabetic rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol. Tokyo* 54:321–328.
- Davidov-Pardo, G; McClements, D. 2014. Nutraceutical delivery systems: Resveratrol encapsulation in grape seed oil nanoemulsions formed by spontaneous emulsification. *Food Chemistry* 167 (2015):205–212.
- Da Porto, E; Porreto, D; Decorti. 2013. Comparison of ultrasound- assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds, *Ultrasonics Sonochemistry* 20:1076-1080.
- Ding, Y; Dai, X; Jiang, Y; Zhang, Z; Bao, L; Li, Y; Zhang, F; Ma, X; Cai, X; Jing, L. 2013. Grape seed proanthocyanidin extracts alleviate oxidative stress and ER stress in skeletal muscle of low-dose streptozotocin- and high-carbohydrate/high-fat diet-induced diabetic rats. *Mol. Nutr. Food Res.* 57:365–369.

- Domínguez, H; Nuñez, M.J; Lema, J.M. 1994. Enzymatic pretreatment to Enhance oil extraction from fruits and oil seeds: A review. *Food Chem.* 49:271- 286.
- Domínguez, H.; Nuñez, M. Y Lema, J. 1995a. Procesado acuoso de soya con tecnología enzimática: extracción de aceites y producción de aislados. *Grasas y Aceites* 46 (1):11 – 20.
- Dominguez, H; Sineiro, J; Nuñez M; Y Lema J. 1995b. Incorporación de un tratamiento enzimático para mejorar la extractibilidad del aceite de semillas en distintos procesos. *Alimentación, Equipos y tecnología.* p. 59-66.
- Dominguez H; Nuñez M. Y Lema J. 1995c. Enzyme assisted hexane extraction of soya vean oil. Editorial Elsevier. *Food Chemistry* 54:223-231.
- Drago, M; López, M; Sainz, T. 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas Asociación Farmacéutica Mexicana, A.C.* 37 (004):58-68
- Eriz, G; Sanhueza, V; Roeckel, M; & Fernández, K. 2011. Inhibition of the angiotensin-converting enzyme by grape seed and skin proanthocyanidins extracted from *Vitis vinífera* L. cv. País. *LWT-Food Science and Technology* 44:860–865.
- FAO. 1997. Grasas y aceites en la nutrición humana. Consulta FAO/OMS de expertos Estudio FAO Alimentación y Nutrición-57 (en línea). Consultado el 20 Jun. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/v4700s/v4700s00.htm#Contents>
- FAO. 2012. Aceite de semilla de uva (en línea). Consultado el 28 Jun. 2015. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/eting/005/x17363/x1736sOa.htm>.
- FAO STAT. 2009. Production of crops for 2009 (en línea). Visitado el 10 Nov. 2014 Disponible en <http://faostat.fao.org/> (accessed 20.02.11).
- Farias, F; Matos, A. 2009. Influencia de la temperatura y tamaño de partícula en el Proceso de extracción de aceite de semilla de uva (*Vitis vinífera*). . Lima, Perú, Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Alimentos Universidad Peruana Unión.
- Fennema, O. 2008. *Química de los Alimentos.* Zaragoza, España, Acribia.

- Fennema, O. 2000. *Química de los alimentos*. 2 ed. Editorial. Zaragoza, España. Acribia.
- Fernandes, L; Casal, S; Cruz, R; Pereira, J.A; Ramalhosa, E. 2012. Seed oils of tentraditional Portuguese grape varieties with interesting chemical and antioxidant properties (en línea). *Food Res.* Visitado el 13 Jun. 2015. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.039>.
- Fullbrook, P. 1983. The use of enzymes in the processing of oilseeds. *Journal of the American Oil Chemists Society* 60 (2):476-478.
- García, L; Andrade, A; Mieres P; Londoño, P. 2010. Extracción de aceite de la semilla de uva variedad Criolla negra y su caracterización. Carabobo, Venezuela, Universidad de Carabobo. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química.
- Grompone, M. 1991. El índice de Anisidina como medida del deterioro latente de un material graso. *Grasas y Aceites* 42 (1):8-13.
- Gazzola, D; Vincenzi, S; Gastaldon, L; Tolin, S; Pasini, G; Curioni, A. 2014. The proteins of the grape (*Vitis vinífera* L.) seed endosperm: Fractionation and identification of the major components. *Food Chemistry* 155:132-139.
- Guerra, E; Zúñiga, M. 2003. Tratamiento enzimático en la extracción de aceite de pipa de uva (*Vitis vinifera*) por prensado en frío. *Grasas y Aceites* 54 (1):53–57.
- Hernández, A; Carballo, A. s.f. Almacenamiento y conservación de granos y semillas. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (en línea). Subsecretaría de desarrollo rural. Visitado el 10 de Ene. 2015. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Almacenamiento por ciento20depor ciento20semillas.pdf>.
- Herrero, M; Cifuentes, A; Ibañez, E. 2006. Sub and supercritical fluid extraction of functional ingredients from, different natural sources: plants, food-by-products, algae and microalge. A review. *Food Chem* 98:136-148.
- Herrero, M; Mendiola, J. A; Cifuentes, A; Ibañez, E. 2010. Supercritical fluid extraction: recent advances and applications. *J. Chromatogr. A* 1217:2495-2511.

- Jiang, L; Hua, D; Wang, Z; Xu; S. 2010. Aqueous enzymatic extraction of peanut oil and protein hydrolysates. *Food and Bioproducts Processing* 88:233-238.
- Jiménez, V. 1972. Ensayo de extracción de aceite de la semilla de maracuyá. Tesis Ing. en Industrias Alimentarias. Lima, Perú, UNALM.
- Kiyici, A; Okudan, N; Gokbel, H; Belviranlı, M. 2010. The effect of grape seed extracts on serum paraoxonase activities in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Med. Food* 13:725–728.
- Latif, S; Anwar, F. 2008. Quality assessment of *Moringa concanensis* seed oil extracted through solvent and aqueous – enzymatic techniques. *Grasas y Aceites* 59 (1):69 – 75.
- Lamsal, B; Murphy, P; Johnson. 2006. Flaking and extrusión as mechanical treatments for enzyme –assisted aqueous extraction of oil from soybeans. *Journal of the American Oil Chemists Society* 83 (11):973-979.
- Lemaier, O; Montero, I. 2001. Cómo explicar el concepto de interacción sin estadística: análisis gráfico de todos los casos posibles en un diseño 2 x 2. *Universidad Autonoma de Madrid. Psicotherna* 13:159-165.
- Maier, T; Schieber, A; Kammerer, D.R; Carle, R. 2009. Residues of grape (*Vitis vinifera*L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chem* 112:551–559.
- Mansouri, E; Panahi, M; Ghaffari, M.A; Ghorbani, A. 2011. Effects of grape seed proanthocyanidin extract on oxidative stress induced by diabetes in rat kidney. *Iran. Biomed. J.* 15:100–106.
- Melenbacher, V. 1979. Análisis de aceites y grasas. Ed. Urmo.
- MINAG. 2008. Informe de registro de productores de uva en la regiones de Ica, Arequipa, Moquegua, Tacna y Lima provincias. Dirección general de información Agraria.
- MINAG. 2010. Oficina De Información Agraria. Producción Hortofrutícola Agraria –Perú.

- Molero, A; Pereyra, C; Martínez, E. 1995. Caracterización del aceite de semilla de uva extraído con dióxido de carbono supercrítico. *Grasas y Aceites* 46 (1):29-34.
- Muñoz, A; Alvarado, U; Encina, C. 2011 Fitoesteroles y Fitoestanoles: Propiedades saludables. *Horizonte Médico* 11(2).
- Navas Petra. 2009. Composición química del aceite virgen obtenido por extracción mecánica de algunas variedades de uva (*Vitis vinífera* L.) con énfasis en los componentes minoritarios. Maracay, Venezuela, Universidad Central de Venezuela 59(2).
- Navas, H. 2010. Componentes minoritarios y propiedades antioxidantes de aceites vírgenes y tortas residuales obtenidos por presión en frío a partir de fuentes vegetales convencionales y no convencionales. Tesis Doctoral. Ciudad Real, España, Universidad de Castilla La Mancha.
- Nelson, D; Cox, M. 2005. Lehninger. Principios de Bioquímica. 4 Ed. Omega. 1152 p.
- Nikfardjam, M. 2001. Polyphenols in White wines and grape juices and their changes during production. In: *Grarwissenschaften, Okotrophologie und Umweltmanagement*. Justus von Liebig-Universität Giessen.
- Numan, K; Sins, I; Basic, A; Robinson; Fincher, G.(1997). Isolation and Characterization of cell Wall from the mesocarp of nature grape berries (*vitisvinífera*). *Planta* 2003:93-100.
- Padley, F; Gunstone, F; Harwood, J. 1994. Occurrence and Characteristics of oils and fats. In: *TheLipid Handbook*. 2 ed. Chapman & Hall, London p.88-113.
- Paladino, S. 2008. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos contenidos en la semillas de la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis Master. Mendoza, Argentina, Universidad Nacional de Cuyo.
- Passos, A; Yilmaz, S; Silva, C. 2009. Enhancement of grape seed oil extraction a cell degrading enzyme cocktail. *Departamento de Quimica de la Universidad de Aveiro. Food Chemistry* 115:48-53.
- Prevot; Mordret. 1976. *Revue Francaise des Corps Gras*, 23:7-8.

- Pinent, M; Blay, M; Bladé, M.C; Salvadó, M.J; Arola, L; Ardévol, A; 2004. Grape seedderived procyanidins have an antihyperglycemic effect in streptozotocin-induced diabetic rats and insulinomimetic activity in insulin-sensitive cell lines. *Endocrinology* 145:4985–9490.
- Poggi Extremadoyro, N.1974. Estudio integral de la extracción de aceite de semilla de uva (*Vitis vinífera*). Ing. en industrias alimentarias. Lima, Perú, UNALM.
- Prieur, C; Rigaud, J; Cheynier, V; & Moutounet, M. 1994. Oligomeric and polymeric procyanidins from grape seeds. *Phytochemistry* 36(3):781–784.
- Ranalli, A; Serraiocco, A. 1996. Quantitative and qualitative effects of a pectolytic enzyme in olive oil production. *Grasas y Aceites* 47 (4):227 – 236.
- Rapport, L; Pharm, B; Pharm, M; Lockwood, B. 2001. Proanthocyanidins and grape seed extract. *The pharmaceutical journal* 266:581–584.
- Rombaut, N; Savoie, R; Thomasset, B; Belliard, T; Castello, J; Van Hecke, E; Lanoisellé, J. 2014a. Grape seed oil extraction: Interest of supercritical fluid extraction and gas-assisted mechanical extraction for enhancing polyphenol co-extraction in oil.. *ELSEVIER Chimie* 17:282-292.
- Rombaut, N; Savoie, R; Thomasset, B; Castello, J; Van Hecke, E; Lanoisellé, J. 2014b. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. *Industrial Crops and Products*. ELSEVIER. Indcro.
- Santoso, H; Iryanto, I. 2014. Effects of temperature, pressure, preheating ttime and pressing time on rubber seed oil extraction using hydraulic press. *ScienceDirect. Procedia Chemistry* 9:248-256.
- Sato, M; Bagchi, D; Tosaki, A; Das, D. 2001. Grape seed proanthocyanidin reduces cardiomyocyte apoptosis by inhibiting ischemia/reperfusion-induced activation of JNK-1 and C-Jun. *Free Radic. Biol. Med.* 31:729–737.
- Schwartz, M; Olaeta, J; Undurraga, P; Costa, V. 2007. Mejoramiento del rendimiento de extracción del aceite de aguacate (*Persea americana*). *Actas VI Congreso*.

- Shahidi, F. 2005. *Bailey's Industrial Oil and Fat products*. 6 ed. New Jersey, EUA, Wiley Interscience.
- Soto, C; Chamy, R; Zúñiga, M. 2007. Enzymatic hydrolysis and pressing conditions effect on borage oil extraction by cold pressing. *Food Chemistry* 102:834 – 840.
- Sineiro, J; Dominguez, H; Nuñez, M. 1995. Pepitas de uva como fuente de aceite y proteína. *Alimentación, Equipos y Tecnología* 14(3): 49-56.
- Taha, F; Hassanein, M. 2007. Pretreatment of cottonseed flakes with proteases and an amylase for higher oil yields. *Grasas y Aceites* 58 (3):297 – 306.
- Toro, N; Suarez, L. 2012. *Obtención y caracterización de semillas de Vitis vinífera labrusca y evaluación de su capacidad antioxidante*. Universidad de Pereyra-Colombia.
- Yedro, F; García-Serna, J; Cantero, D; Sobrón, F; Cocero, M. 2014. Hydrothermal fractionation of grape seed in subcritical water to produce oil extract, sugars and lignin. *Catalysis Today* CATTOD 9219.
- Yilmaz, Y; Toledo, R. 2006. Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry by products and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols. *J. Food Compos.* 19:41–48.
- Yu, J; Ahmedna, M. 2013. Functional components of grape pomace: Their composition, biological properties and potential applications. *International Journal of Food Science & Technology* 48 (2):221–237.
- Zuñiga, M; Chamy, R. 1995. Efecto del tiempo de tratamiento enzimático sobre la extractibilidad del aceite de colza y girasol. *Alimentación Equipos y Tecnología*. Universidad Catolica de Valparaiso Chile.
- Zuñiga, M; Soto, C; Mora, A; Chamy, R; Lema, J. 2003. Enzymatic re-treatment of guevina avellana mol oil extraction by pressing. *ELSEVIER Process Biochemistry* 39:51-57.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: ANÁLISIS MORFOLÓGICO DE SEMILLA DE UVA

N° de Muestra	Peso (gr)	Largo (mm)	Diámetro (mm)
1	0,0219	5,5400	3,9000
2	0,0229	5,2000	4,1000
3	0,0764	7,1900	3,5000
4	0,0284	5,3900	4,1000
5	0,0350	5,4900	4,1500
6	0,0305	6,7400	4,0000
7	0,0283	6,8200	3,1500
8	0,0308	6,4600	3,9000
9	0,0497	6,9000	3,2000
10	0,0347	6,6300	4,0000
11	0,0233	6,2800	3,1000
12	0,0571	7,0300	4,9500
13	0,0447	8,0300	4,0000
14	0,0470	8,0100	3,9400
15	0,0289	6,1000	3,9600
16	0,0376	6,9700	3,5000
17	0,0342	7,2900	4,6000
18	0,0184	6,4100	3,5500
19	0,0178	6,0600	4,1100
20	0,0301	6,4400	3,9800
21	0,0212	5,4200	3,9700
22	0,0769	8,4600	3,9900
23	0,0376	6,1800	4,0000
24	0,0196	6,2200	4,0000
25	0,0205	6,3100	4,1200
26	0,0218	5,6100	4,1000
27	0,0694	7,9700	3,8500
28	0,0299	6,8700	3,5000
29	0,0594	8,8400	3,2000
30	0,0324	7,1000	3,5000
31	0,0743	8,4900	4,2000
32	0,0333	8,0700	3,6000
33	0,0171	6,3500	4,0000
34	0,0288	6,9000	4,1000
35	0,0290	6,8400	4,0000
36	0,0275	5,7400	3,6500
37	0,0292	6,7600	3,5000
38	0,0312	7,2200	4,1000
39	0,0209	6,3000	4,0000
40	0,0527	8,0000	3,6100
41	0,0253	6,1100	3,5000
42	0,0548	7,6200	4,1100
43	0,0502	7,2100	4,0000
44	0,0266	5,0400	4,0000
45	0,0239	6,2400	4,0500

(Continuación)	46	0,0332	6,7600	4,2100
	47	0,0314	6,7200	3,8000
	48	0,0377	7,8800	3,9100
	49	0,0530	7,6400	4,0500
	50	0,0309	6,5400	3,5500
	\bar{x}	0,0359	6,7678	3,8742
	S	0,0157	0,9036	0,3469

ANEXO 2: EXTRACCIÓN DE ACEITE DE MEZCLA DE SEMILLA DE UVA OBTENIDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y POR PENSADO HIDRÁULICO

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g)	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	350,0	0,5	23,0	20,3	5,8	321,83	22
2	350,0	0,5	21,0	18,3	5,23	320,54	
3	350	0,5	22,0	19,6	5,6	320,26	

**ANEXO 3: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO
TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	362,9	0,5	24,5	21,3	6,09	341,6	24,5
2	362,9	0,5	24,0	20,0	5,71	342,9	
3	362,9	0,5	25,0	21,2	6,06	341,7	

**ANEXO 4: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	362,9	0,5	24,5	21,3	6,09	341,6	24,5
2	362,9	0,5	24,0	20,0	5,71	342,9	
3	362,9	0,5	25,0	21,2	6,06	341,7	

**ANEXO 5: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	22,5	18,4	5,26	345,6	24,83
2	364	0,5	27	23,1	6,6	340,9	
3	364	0,5	25	21	6	343	

**ANEXO 6: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	22,5	18,9	5,4	345,1	25,67
2	364	0,5	27	22,7	6,49	341,3	
3	364	0,5	27,5	23,2	6,63	340,8	

**ANEXO 7: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO
TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	362,9	0,5	27,5	22,8	6,51	340,1	29,17
2	362,9	0,5	29,5	24,7	7,06	338,2	
3	362,9	0,5	30,5	25,9	7,4	336,9	

**ANEXO 8: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	363,9	0,5	32,5	27,7	7,91	336,3	34,5
2	363,9	0,5	35,0	29,9	8,54	334,1	
3	363,9	0,5	36,0	30,5	8,71	333,5	

**ANEXO 9: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO
TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	24	20,8	5,94	343,2	26,67
2	364	0,5	28	23,9	6,83	340,1	
3	364	0,5	28	23,8	6,8	340,2	

**ANEXO 10: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO. DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	32	27,7	7,91	336,3	31,5
2	364	0,5	31,5	26,7	7,63	337,3	
3	364	0,5	28	26,3	7,51	337,5	

**ANEXO 11: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO.
HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE
ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	23,5	21,3	6,09	342,7	26,6
2	364	0,5	26,8	21,8	6,23	342,2	
3	364	0,5	29,5	24,5	7	339,5	

**ANEXO 12: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO.
HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE
ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	34,5	29,1	8,31	334,9	31,17
2	364	0,5	30	23,8	6,8	340,2	
3	364	0,5	29	23,1	6,6	340,9	

**ANEXO 13: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO.
HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE
ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	28,8	25,1	7,17	338,9	26,6
2	364	0,5	25,5	21,3	6,09	342,7	
3	364	0,5	25,5	21,7	6,23	342,3	

**ANEXO 14: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMÁTICO,
HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE
ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	28	24,5	7	339,5	30,5
2	364	0,5	33	27,4	7,83	336,6	
3	364	0,5	30,5	26,5	7,57	337,5	

**ANEXO 15: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO
HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE
ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	32,5	29,2	8,34	335,2	29,5
2	364,4	0,5	28	22,6	6,46	341,8	
3	364,4	0,5	28	23,7	6,77	340,7	

**ANEXO 16: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO
HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE
ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,2	0,5	32,5	27,1	7,74	337,1	32,47
2	364,2	0,5	32	27,4	7,83	336,8	
3	364,2	0,5	32,9	26,4	7,54	337,8	

**ANEXO 17: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO
HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE
ENZIMA 0,5 POR CIENTO TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	27,5	23,2	6,63	340,8	30,27
2	364	0,5	31,8	26,8	7,66	337,2	
3	364	0,5	31,5	26,4	7,54	337,6	

**ANEXO 18: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO
HEMICELULASA MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE
ENZIMA 2 POR CIENTO TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364	0,5	30,5	26	7,46	338	29,83
2	364	0,5	31	25,5	7,29	338,5	
3	364	0,5	28	23,1	6,6	340,9	

**ANEXO 19: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULOSA
MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO
TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	28	23,4	6,69	340,9	30,5
2	364,4	0,5	30	25	7,14	339,4	
3	364,4	0,5	33,5	27,6	7,89	336,8	

**ANEXO 20: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA
MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	31,3	27,5	7,86	336,9	30,63
2	364,4	0,5	29,8	25	7,14	339,4	
3	364,4	0,5	30,8	26	7,43	338,4	

**ANEXO 21: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULOSA
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO
TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm),	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	33	26,1	5,9	338,3	36,7
2	364,4	0,5	38	32,3	8,9	332,1	
3	364,4	0,5	39	33,3	9,1	331,1	

**ANEXO 22: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULOSA
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 18 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	35,1	30,6	8,4	333,8	35,53
2	364,4	0,5	36,5	30,8	8,5	333,6	
3	364,4	0,5	35	30,5	8,4	333,9	

**ANEXO 23: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO DELTAZYM
MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO
TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	28	24,5	6,7	339,9	29,83
2	364,4	0,5	33,5	28,4	7,8	335,9	
3	364,4	0,5	28	24,5	6,7	339,9	

**ANEXO 24: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA
MATERIA PRIMA: AGUA 3:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	33,3	28,2	7,7	336,2	32,47
2	364,4	0,5	34,1	28,9	7,9	335,5	
3	364,4	0,5	30	24,7	6,8	339,7	

**ANEXO 25: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 0,5 POR CIENTO
TIEMPO 4 H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g),	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	28	24,7	6,8	339,7	32,47
2	364,4	0,5	33,1	27,5	7,6	336,9	
3	364,4	0,5	35,3	30,2	8,3	334,2	

**ANEXO 26: EXTRACCIÓN POR TRATAMIENTO ENZIMATICO CELULASA
MATERIA PRIMA: AGUA 2:1 CONCENTRACIÓN DE ENZIMA 2 POR CIENTO
TIEMPO 4H**

Tratamiento	Peso (g)	Tamaño de partícula (mm).	Aceite extraído		Rendimiento por ciento en (g).	Torta (g)	Promedio de aceite extraído (ml)
			(ml)	(g)			
1	364,4	0,5	36,5	32,2	8,8	332,2	36,2
2	364,4	0,5	37	32,5	8,9	331,9	
3	364,4	0,5	35,1	29,5	8,1	334,9	

ANEXO 27: ANOVA MULTIFACTORIAL ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE ACEITE NUMERO DE TRATAMIENTOS 72

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F- Calculado	Valor-P
Efectos principales					
Materia prima/agua (A)	65,1701	1	65,1701	16,53	0,0002
Enzima (B)	278,001	2	139,0	35,26	0,0000
Concentración de enzima (C)	86,4613	1	86,4613	21,93	0,0000
Tiempo (D)	63,6568	1	63,6568	16,15	0,0002
Efectos simples (interacción)					
AB	50,5886	2	25,2943	6,42	0,0034
AC	0,36125	1	0,36125	0,09	0,7634
AD	6,06681	1	6,06681	1,54	0,2208
BC	9,36583	2	4,68292	1,19	0,3137
BD	49,436	2	24,9718	6,33	0,0036
CD	0,700139	1	0,700139	0,18	0,6753
ABC	5,60583	2	2,80292	0,71	0,4963
ABD	8,84028	2	4,42014	1,12	0,3343
ACD	13,0901	1	13,0901	3,32	0,0747
BCD	34,1286	2	17,0643	4,33	0,0187
ABCD	3,36194	2	1,68097	0,43	0,6553
RESIDUOS	189,247	48	3,94264		
TOTAL (CORREGIDO)	864,589	71			

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

Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 7 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre extracción de aceite con un 95,0 por ciento de nivel de confianza.

ANEXO 28: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA RENDIMIENTO EN EXTRACCIÓN DE ACEITE POR MP: AGUA

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

mp: agua	Casos	Media	Grupos Homogéneos
tres: uno	36	7,01278	X
dos: uno	36	7,55639	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
dos: uno - tres: uno	*	0,543611	0,28466

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 29: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA RENDIMIENTO EN EXTRACCIÓN DE ACEITE POR ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

enzima	Casos	Media	Grupos Homogéneos
deltazym	24	6,7475	X
hemicelulasa	24	7,04625	X
celulasa	24	8,06	X
Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
celulasa - deltazym	*	1,3125	0,348636
celulasa - hemicelulasa	*	1,01375	0,348636
deltazym - hemicelulasa	No significativo	-0,29875	0,348636

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 30: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA RENDIMIENTO EN EXTRACCIÓN DE ACEITE POR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

concentración de enzima	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0,5	36	6,97167	X
2	36	7,5975	X
Contraste	Significancia.	Diferencia	+/- Límites
0,5 - 2	*	-0,625833	0,28466

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 31: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE POR TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
4	36	7,01694	X
18	36	7,55222	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
Abr-18	*	-0,535278	0,28466

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 32: RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES MP: AGUA Y ENZIMA

	MP: Agua			
ENZIMA	2:01	3:01	Promedio	S
HEMICELULASA	296,5	295,4	24,66	2,38
CELULASA	363,30	313,70	28,21	2,98
DELTAZYM	296,50	295,40	24,66	2,38
Promedio	26,45	24,54		
S	3,81	2,88		

ANEXO 33: RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES MP: AGUA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

	MP: Agua			
Concentración de enzima	2:01	3:01	Promedio	S
0,5 por ciento	457,60	420,80	24,40	3,49
2,0 por ciento	494,50	462,80	26,59	3,17
Promedio	26,45	24,54		
S	3,81	2,88		

ANEXO 34: RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES MP: AGUA Y TIEMPO

	MP: Agua			
TIEMPO	2:01	3:01	Promedio	S
4h	453,90	430,10	24,56	3,58
18h	498,20	453,50	26,44	3,17
Promedio	26,45	24,54		
S	3,81	2,88		

ANEXO 35: RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES ENZIMA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

	ENZIMA				
Concentración de enzima	HEMICELULASA	CELULASA	DELTAZYM	Promedio	S
0,5 por ciento	282,90	330,60	264,90	24,40	3,49
20 por ciento	309	346,40	301,9	26,59	3,17
Promedio	24,66	28,21	23,62		
S	2,38	2,98	3,31		

ANEXO 36: RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES ENZIMA Y TIEMPO

		ENZIMA				
TIEMPO	HEMICELULASA	CELULASA	DELTAZYM	Promedio	S	
4 h	290,10	335,80	258,10	24,56	3,58	
18 h	301,80	371,70	308,70	27,28	3,17	
Promedio	24,66	29,48	23,62			
S	2,38	2,98	3,31			

ANEXO 37: RENDIMIENTOS INTERACCIÓN DE LOS FACTORES CONCENTRACIÓN DE ENZIMA Y TIEMPO

		Concentración de enzima			
TIEMPO	0,5 por ciento	2,0 por ciento	Promedio	S	
4 h	420,50	463,50	24,56	3,58	
18 h	457,90	493,80	26,44	3,17	
Promedio	24,40	26,59			
S	3,49	3,17			

ANEXO 38: ENZIMA DELTAZYM ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDO MEQ O₂/ 1000 G DE ACEITE

Relación Materia prima : Agua, Concentración de Enzima	Valores	Tiempo	
		4 h	18 h
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	7,317	10,849
	Desviación S	0,496	0,145
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	6,456	10,194
	Desviación S	0,619	0,878
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento)0,5	Promedio	9,133	8,173
	Desviación S	0,576	0,380
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	5,927	5,465
	Desviación S	0,401	0,396

ANEXO 39: ENZIMA CELULASA ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDO MEQ O₂/ 1000 G DE ACEITE

Relación Materia prima : Agua, Concentración de Enzima	Valores	Tiempo	
		4 h	18 h
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	9,769	10,570
	Desviación S	0,143	0,589
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	11,285	8,488
	Desviación S	0,585	0,466
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	7,493	5,439
	Desviación S	1,760	0,479
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	11,385	7,272
	Desviación S	0,304	1,217

**ANEXO 40: ENZIMA HEMICELULASA ANÁLISIS DE ÍNDICE DE PERÓXIDO
MEQ O₂/ 1000 G DE ACEITE**

Relación Materia prima : Agua, Concentración de Enzima	Valores	Tiempo	
		4	18
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	5,242	3,845
	Desviación S	3,889	0,036
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	5,225	6,520
	Desviación S	3,948	0,435
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	8,931	6,821
	Desviación S	0,245	0,533
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	7,205	7,697
	Desviación S	0,307	0,200

ANEXO 41: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F-calculado	Valor-P
a)Efectos principales					
Materia prima /agua (A)	2,90329	1	2,90329	1,83	0,1824
Enzima (B)	77,5433	2	38,7716	24,42	0,0000
Concentración de enzima (C)	0,0266382	1	0,0266382	0,02	0,8975
Tiempo (D)	2,03465	1	2,03465	1,28	0,2630
b)Efectos simples (interacción)					
AB	74,5349	2	37,2674	23,47	0,0000
AC	0,325396	1	0,325396	0,20	0,6527
AD	25,8463	1	25,8463	16,28	0,0002
BC	31,8734	2	15,9367	10,04	0,0002
BD	36,8836	2	18,4418	11,61	0,0001
CD	0,0142327	1	0,0142327	0,01	0,9250
ABC	26,3841	2	13,1921	8,31	0,0008
ABD	9,87052	2	4,93526	3,11	0,0534
ACD	0,3798	1	0,3798	0,24	0,6269
BCD	22,6873	2	11,3436	7,14	0,0019
ABCD	18,2568	2	12,258	0,50	0,7333
RESIDUOS	79,3918	50	1,58784		
TOTAL (CORREGIDO)	390,699	71			

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

**ANEXO 42: PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO
POR MP: AGUA**

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

mp:agua	Casos	Media	Grupos Homogéneos
tres:uno	36	7,5784	X
dos:uno	36	7,98001	X
Contraste	Significancia.	Diferencia	+/- Límites
dos:uno - tres:uno	No significativo	0,401614	0,736295

* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 43: PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO
POR ENZIMA**

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)}

enzima	Casos	Media	Grupos Homogéneos
hemicelulasa	24	6,43578	X
deltazym	24	7,93916	X
celulasa	24	8,96268	X
Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
celulasa - deltazym	*	1,02351	0,901773
celulasa - hemicelulasa	*	2,52689	0,901773
deltazym - hemicelulasa	*	1,50338	0,901773

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 44: PRUEBAS DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO POR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

concentración de enzima	Casos	Media	Grupos Homogéneos
2	36	7,75997	X
0,5	36	7,79844	X
Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
0,5 - 2	No significativo	0,0384694	0,736295

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 45: PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ÍNDICE DE PERÓXIDO POR TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

tiempo	Casos	Media	Grupos Homogéneos
18	36	7,6111	X
4	36	7,94731	X
Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
Abr-18	No significativo	0,336208	0,736295

* indica una diferencia significativa.

**ANEXO 46: ANÁLISIS DE ÍNDICE DE ACIDEZ MG DE KOH/G DE ACEITE
ENZIMA DELTAZYM**

Relación Materia prima : Agua, Concentración de Enzima	Valores	Tiempo	
		4 h	18 h
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	2,684	3,433
	Desviación S	0,007	0,025
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	3,225	3,341
	Desviación S	0,317	0,250
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	3,050	3,480
	Desviación S	0,019	0,063
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	3,366	2,932
	Desviación S	0,007	0,605

**ANEXO 47: ANÁLISIS DE ÍNDICE DE ACIDEZ MG DE KOH/G DE ACEITE
ENZIMA CELULASA**

Relación Materia prima : Agua, Concentración de Enzima	Valores	Tiempo	
		4 h	18 h
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	2,231	2,576
	Desviación S	0,575	0,065
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,6	Promedio	2,644	2,778
	Desviación S	0,041	0,042
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,7	Promedio	1,465	3,019
	Desviación S	0,022	0,015
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,8	Promedio	2,489	3,070
	Desviación S	0,324	0,052

**ANEXO 48: ANÁLISIS DE ÍNDICE DE ACIDEZ MG DE KOH/G DE ACEITE
ENZIMA HEMICELULASA**

Relación Materia prima : Agua, Concentración de Enzima	Valores	Tiempo	
		4 h	18 h
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	4,173	3,424
	Desviación S	0,087	0,078
M.P.: Agua 2:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	3,217	3,394
	Desviación S	0,045	0,032
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 0,5	Promedio	3,647	3,199
	Desviación S	0,425	0,104
M.P.: Agua 3:1; [] E (por ciento) 2	Promedio	2,719	3,327
	Desviación S	0,004	0,078

ANEXO 49: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ÍNDICE DE ACIDEZ

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F- Calculado	Valor-P
a)Efectos principales					
Materia prima/agua (A)	0,225407	1	0,225407	4,44	0,0402
Enzima (B)	956,024	2	4,78012	94,12	0,0000
Concentración de enzima (C)	0,00238077	1	0,00238077	0,05	0,8295
Tiempo (D)	1,16267	1	1,16267	22,89	0,0000
b)Efectos simples (Interacciones)					
AB	0,446192	2	0,223096	4,39	0,0175
AC	0,000275768	1	0,000275768	0,01	0,9416
AD	0,294221	1	0,294221	5,79	0,0198
BC	2,285	2	1,1425	22,49	0,0000
BD	1,73336	2	0,866681	17,06	0,0000
CD	0,0584907	1	0,0584907	1,15	0,2884
ABC	0,273756	2	0,136878	2,70	0,0773
ABD	1,20845	2	0,604227	11,90	0,0001
ACD	0,0963058	1	0,0963058	1,90	0,1746
BCD	2,76255	2	1,38128	27,20	0,0000
ABCD	17,3446	2	14,3234	0,62	0,6445
RESIDUOS	2,53947	50	0,0507893		
TOTAL (CORREGIDO)	22,6488	71			

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

ANEXO 50: PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR MP: AGUA

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

mp:agua	Casos	Media	Grupos Homogéneos	
tres:uno	36	2,9524	X	
dos:uno	36	3,00994	X	
Contraste		Significancia	Diferencia	+/- Límites
dos:uno - tres:uno		No significativo	0,0575361	0,140612

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 51: PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

Enzima	Casos	Media	Grupos Homogéneos	
Celulasa	24	2,53394	X	
Deltazym	24	3,18888	X	
Hemicelulasa	24	3,22068	X	
Contraste		Significancia	Diferencia	+/- Límites
celulasa - deltazym		*	-0,654946	0,172214
celulasa - hemicelulasa		*	-0,686746	0,172214
deltazym - hemicelulasa		No significativo	-0,0318	0,172214

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 52: PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

concentración de enzima	Casos	Media	Grupos Homogéneos
0,5	36	2,92046	X
2	36	3,04188	X
Contraste	Significancia	Diferencia	+/- Límites
0,5 – 2	No significativa	-0,121419	0,140612

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 53: PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA ÍNDICE DE ACIDEZ POR TIEMPO

Método: 95,0 porcentaje LSD (least significant difference)

tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
4	36	2,79794	0,0496525	X
18	36	3,16439	0,0496525	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
4 – 18	*	-0,366453	0,140612	

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 54: ÍNDICE DE PERÓXIDO. ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y ENZIMA

	MP: Agua			
ENZIMA	2:01	3:01	Promedio	Desviación
HEMICELULASA	62,49	91,96	6,44	2,26
CELULASA	120,33	94,77	8,96	2,17
DELTAZYM	104,45	86,09	7,94	1,95
Promedio	7,98	7,58		
Desviación	2,83	1,75		

ANEXO 55: ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

	MP: Agua			
Concentración de enzima	2:01	3:01	Promedio	Desviación
0,5 por ciento	142,78	137,97	7,79	2,39
2,0 por ciento	144,50	134,86	7,76	2,34
Promedio	7,98	7,58		
Desviación	2,83	1,75		

**ANEXO 56: ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES
MP: AGUA Y TIEMPO**

MP: Agua				
TIEMPO	2:01	3:01	Promedio	Desviación
4 h	135,88	150,22	7,95	2,53
18 h	151,39	122,60	7,61	2,17
Promedio	7,98	7,58		
Desviación	2,83	1,75		

**ANEXO 57: ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES
ENZIMA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA**

ENZIMA					
Concentración de enzima	HEMICELULASA	CELULASA	DELTAZYM	Promedio	Desviación
0,5 por ciento	74,52	99,82	106,41	7,79	2,39
2,0 por ciento	79,94	115,29	84,13	7,76	2,34
Promedio	6,44	8,96	7,94		
Desviación	2,26	2,17	1,95		

ANEXO 58: ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES ENZIMA Y TIEMPO

		ENZIMA				
TIEMPO	HEMICELULASA	CELULASA	DELTAZYM	Promedio	Desviación	
4 h	79,8079	119,7965	86,4988	7,94731078	2,52755632	
18 h	74,6509	95,3077	95,3077	7,61110812	2,17167799	
Promedio	6,435784258	8,9626728	7,57526909			
Desviación	2,257853556	2,16814352	1,95365459			

ANEXO 59: ÍNDICE DE PERÓXIDO. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES CONCENTRACIÓN DE ENZIMA Y TIEMPO

		Concentración de enzima			
TIEMPO	0,5 por ciento	2 por ciento	Promedio	Desviación	
4 h	143,6509	142,4523	7,94731078	2,52755632	
18 h	137,0930	136,9069	7,6111012	2,17167799	
Promedio	7,798	7,75997			
Desviación	2,3849	2,3397			

ANEXO 60: ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y ENZIMA

MP: Agua				
ENZIMA	2:01	3:01	Promedio	Desviación
HEMICELULASA	42,6214	38,6750	3,3873	0,4186
CELULASA	30,6879	30,1266	2,5339	0,5272
DELTAZYM	380,486	38,4847	3,1889	0,3419
Promedio	3,0933	2,9802		
Desviación	0,5398	0,5917		

ANEXO 61: ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

MP: Agua				
Concentración de enzima	2:01	3:01	Promedio	Desviación
0,5 por ciento	55,562	53,575	3,032	0,718
2,0 por ciento	55,796	53,711	3,042	0,364
Promedio	3,093	2,980		
Desviación	0,54	0,591		

ANEXO 62: ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES MP: AGUA Y TIEMPO

MP: Agua				
TIEMPO	2:01	3:01	Promedio	Desviación
4 h	54,521	50,205	2,909	0,713
18 h	56,837	57,081	3,164	0,326
Promedio	3,093	2,980		
Desviación	0,54	0,591		

ANEXO 63: ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES ENZIMA Y CONCENTRACIÓN DE ENZIMA

ENZIMA					
Concentración de enzima	HEMICELULASA	CELULASA	DELTAZYM	Promedio	Desviación
0,5 por ciento	43,327	27,872	37,938	3,032	0,718
2,0 por ciento	37,970	32,943	38,595	3,042	0,364
Promedio	3,387	2,534	3,189		
Desviación	0,419	0,527	0,342		

ANEXO 64: ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES ENZIMA Y TIEMPO

		ENZIMA				
TIEMPO	HEMICELULASA	CELULASA	DELTAZYM	Promedio	Desviación	
4 h	41,266	26,485	36,975	2,909	0,713	
18 h	40,031	34,329	39,559	3,164	0,326	
Promedio	3,387	2,534	3,189			
Desviación	0,419	0,527	0,342			

ANEXO 65: ÍNDICE DE ACIDEZ. INTERACCIÓN ENTRE LOS FACTORES CONCENTRACIÓN DE ENZIMA Y TIEMPO

		Concentración de enzima			
TIEMPO	0,5 por ciento	2 por ciento	Promedio	Desviación	
4 h	51,746	52,979	2,909	0,713	
18 h	57,390	56,528	3,164	0,326	
Promedio	3,032	3,042			
Desviación	0,718	0,364			

ANEXO 66: PRUEBAS DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE LSD DEL TRATAMIENTO OPTIMO (MAYOR RENDIMIENTO DE ACEITE EXTRAÍDO) CON LOS DEMÁS TRATAMIENTOS, EVALUACIÓN DE DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

Contraste	Sig,
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 2,0 18 H	n.s.
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 2,0 4 HO	n.s.
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - CELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - CELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 0,5 4 HO	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - CELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 2,0 18 H	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - CELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 2,0 4 HO	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 4 HOR	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - DELTAZYM M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - DELTAZYM M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 4 HO	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - DELTAZYM M.P. 2:1 [] E (por ciento) 2,0 18 H	n.s.
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - DELTAZYM M.P. 2:1 [] E (por ciento) 2,0 4 HO	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - DELTAZYM M.P. 3:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - DELTAZYM M.P. 3:1 [] E (por ciento) 0,5 4 HO	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - DELTAZYM M.P. 3:1 [] E (por ciento) 2,0 18 H	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - DELTAZYM M.P. 3:1 [] E (por ciento) 2,0 4 HO	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMICELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMICELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 2,0	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMICELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 2,0	*

CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMICELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 0,5	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMICELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 0,5	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMICELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 2,0	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMICELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 2,0	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMICELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMI CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMI CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 2,0	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMI CELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 0,5	*
CELULASA M.P. 2:1 [] E (por ciento) 0,5 18 H - HEMI CELULASA M.P. 3:1 [] E (por ciento) 0,5	*

* indica una diferencia significativa.

n.s. no significativo

ANEXO 67: ENSAYO, CROMATOGRAFIA DE ACIDOS GRASOS (PREVOT Y MORDRET, 1976)

PRINCIPIO DEL METODO:

Los triglicéridos y fosfolípidos son saponificados y metilados a la vez por reacción de las soluciones NaOH 2N y HCl 2N en metanol respectivamente. Los ácidos grasos metilados son inyectados al cromatógrafo de gases donde son separados al ser arrastrados por el gas hidrógeno que es el gas de arrastre a través de la fase estacionaria de la columna.

MATERIALES, APARATOS Y REACTIVOS:

- Pipetas.
- Baño maría.
- Balanza analítica.
- Eter de petróleo (40 - 60 ° C)
- Solución NaOH aproximadamente 2N en metanol
- Solución HCl aproximadamente 2N en metanol
- Micro-jeringa.
- Gradilla para tubos.

Tubos de vidrio con tapa.

Viales de vidrio de 2 ml de capacidad con tapas de aluminio.

Gas Hidrogeno con un mínimo de pureza de 99,995 por ciento.

- Cromatógrafo de gases equipado con detector de ionización de flama de hidrógeno (FID).

- El cromatógrafo emplea una columna capilar Supelcowax – 10 de sílice fundida marca Supelco de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μm de espesor de película.

CÁLCULOS

La cuantificación de los ácidos grasos metilados se realiza mediante el software del equipo; y se reporta como porcentaje relativo. Los resultados proporcionados por el equipo (duplicado) se promedian.

DATOS DEL CROMATOGRÁFO DE GASES USADO

Nombre del Equipo y Marca:

Nombre: Cromatógrafo de gases equipado con FID (Detector de Ionización de Flama)

Marca: Perkin Elmer Autosystem XL

Las condiciones de análisis son:

Temperatura del horno 160 °C – 230 °C (1° C/min)

Temperatura del inyector 250 °C

Temperatura del detector 270 °C

Presión de hidrógeno 5 psi

Split 100:1

Volumen de inyección 2 μl

Tipo de Columna: Supelcowax – 10 de sílice fundida marca Supelco de 30 m. de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μm de espesor de película.

Tiempo de análisis: 65 minutos

ANEXO 68: PRUEBA DE MÚLTIPLES RANGOS PARA PORCENTAJE POR RENDIMIENTO DE ACEITE OBTENIDO

Método: 95,0 porcentaje LSD

Nivel	Casos	Medi a	Grupos Homogéneos
RENDIMIENTO SIN ENZIMA 1	3	5,53	X
RENDIMIENTO CON ENZIMA 2	3	9,03	X

Contraste	Sig.	Diferencia
RENDIMIENTO CON ENZIMA 2 - RENDIMIENTO SIN ENZIMA 1	*	3,5

+/- Límites
1,0827

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 69: PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. HUMEDAD EN EXTRACCIÓN SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parámetro	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
humedad sin enzima 1	3	0,48	X		
humedad con enzima 2	3	0,49	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
humedad con enzima 2 - humedad sin enzima 1				0,01	0,58941 1

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 70: PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ANOVA DE HUMEDADES EN EXTRACCIÓN SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,00015	1	0,00015	0,9647
Intra grupos	0,2704	4	0,0676	NS
Total (Corr.)	0,27055	5		

ANEXO 71: PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ÍNDICE DE ACIDEZ SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parámetro	Casos	Media	Grupos Homogéneos			
Índice de acidez sin enzima 1	3	2,09433	X			
Índice de acidez con enzima 2	3	2,57607	X			
Contraste				Sig.	Diferencia	+/- Límites
Índice de acidez con enzima 2 - Índice de acidez sin enzima 1				*	0,481733	0,194993

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 72: ANOVA DE ÍNDICE DE ACIDEZ EN EXTRACCIÓN SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA para contenido por parámetro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,348101	1	0,348101	0,0024
Intra grupos	0,0295944	4	0,00739859	
Total (Corr.)	0,377695	5		

ANEXO 73: PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. ÍNDICE DE PERÓXIDO PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parametro	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Indice de peroxido sin enzima 1	3	7,25917	X		
Indice de peroxido con enzima 2	3	15,9734	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Indice de peroxido con enzima 2 - Indice de peroxido sin enzima 1			*	8,7142	1,83894

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 74: ANOVA DE ÍNDICE DE PERÓXIDO EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA para contenido por parámetro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	113,906	1	113,906	0,0002
Intra grupos	2,63212	4	0,65803	
Total (Corr.)	116,538	5		

ANEXO 75: PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. ÍNDICE DE IODO EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parámetro	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Índice de iodo con enzima 2	3	131,728	X		
Índice de iodo sin enzima 1	3	133,595	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Índice de iodo con enzima 2 - Índice de iodo sin enzima 1				-1,86683	15,925

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 76: ANOVA DE ÍNDICE DE IODO EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA para contenido por parámetro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	5,2276	1	5,2276	0,7611
Intra grupos	197,393	4	49,3483	
Total (Corr.)	202,621	5		

ANEXO 77: PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE ÍNDICE DE REFRACCIÓN PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parámetro	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Índice de refracción con enzima 2	3	1,475	X		
Índice de refracción sin enzima 1	3	1,475	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Índice de refracción con enzima 2 - Índice de refracción sin enzima 1				0	0,00160299

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 78: ANOVA DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA para contenido por parámetro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0	1	0	10,000
Intra grupos	0,000002	4	5,E-7	
Total (Corr.)	0,000002	5		

ANEXO 79: PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. DENSIDAD PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parametro	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
Densidad sin enzima 1	3	0,92	X		
Densidad con enzima 2	3	0,923	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
Densidad con enzima 2 - Densidad sin enzima 1			*	0,003	0,00160299

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 80: PRUEBA DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE. ANOVA DE LA DENSIDAD EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA para contenido por parámetro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,0000135	1	0,0000135	0,0065
Intra grupos	0,000002	4	5,E-7	
Total (Corr.)	0,0000155	5		

ANEXO 81: ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parámetro	Casos	Media	Grupos Homogéneos			
i saponificación con enzima 2	3	152,23	X			
i saponificación sin enzima 1	3	187,04	X			
Contraste				Sig.	Diferencia	+/- Límites
i saponificación con enzima 2 - i saponificación sin enzima 1				*	-34,81	7,45389

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 82: ANOVA DE ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA para contenido por parámetro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	1817,6	1	1817,6	0,0002
Intra grupos	43,245	4	10,8112	
Total (Corr.)	1860,85	5		

ANEXO 83: INSAPONIFICABLES PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parametro	Casos	Media	Grupos Homogéneos			
insaponificables con enzima 2	3	0,674	X			
insaponificables sin enzima 1	3	0,761	X			
Contraste				Sig.	Diferencia	+/- Límites
insaponificables con enzima 2 - insaponificables sin enzima 1				*	-0,087	0

* indica una diferencia significativa

ANEXO 84: ANOVA DE INSAPONIFICABLES EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA para contenido por parámetro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0113535	1	0,0113535	0	0,0004
Intra grupos	0	4	0		
Total (Corr.)	0,0113535	5			

ANEXO 85: P-ANISIDINA PARA TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Método: 95,0 porcentaje LSD

parametro	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
p anisidina con enzima 2	3	1,71	X		
p anisidina sin enzima 1	3	1,825	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
p anisidina con enzima 2 - p anisidina sin enzima 1				-0,115	1,03947

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 86: ANOVA DE P-ANISIDINA EN TRATAMIENTO SIN ENZIMA Y CON ENZIMA

Tabla ANOVA para contenido por parámetro

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,0198375	1	0,0198375	0,7740
Intra grupos	0,841	4	0,21025	
Total (Corr.)	0,860837	5		

ANEXO 87: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS PROXIMAL HUMEDAD DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
humedad sin enzima 1	3	15,55	X		
humedad con enzima 2	3	18,93	X		
<u>Contraste</u>			<u>Sig.</u>	<u>Diferencia</u>	<u>+/- Límites</u>
humedad con enzima 2 – humedad sin enzima 1			*	3,38	0,0577965

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 88: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS PROXIMAL ANOVA DE LA HUMEDAD SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	17,1366	1	17,1366	0,0000
Intra grupos	0,0026	4	0,00065	
Total (Corr.)	17,1392	5		

ANEXO 89: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ANÁLISIS PROXIMAL FIBRA DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Medi a	Grupos Homogéneos		
fibra con enzima 2	3	43,96	X		
fibra sin enzima 1	3	44,39	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
fibra con enzima 2 - fibra sin enzima 1			*	-0,43	0,107532

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 90: ANOVA DE LA FIBRA SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,27735	1	0,27735	0,0004
Intra grupos	0,009	4	0,00225	
Total (Corr.)	0,28635	5		

ANEXO 91: GRASA DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Medi a	Grupos Homogéneos		
grasa con enzima 2	3	3,43	X		
grasa sin enzima 1	3	5,2	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
grasa con enzima 2 - grasa sin enzima 1			*	-1,77	0,107532

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 92: ANOVA DE LA GRASA SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	4,69935	1	4,69935	0,0000
Intra grupos	0,009	4	0,00225	
Total (Corr.)	4,70835	5		

ANEXO 93: CENIZA DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
ceniza sin enzima 1	3	1,71	x		
ceniza con enzima 2	3	1,94	x		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
ceniza con enzima 2 - ceniza sin enzima 1			*	0,23	0,035843 9

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 94: ANOVA DE LA CENIZA SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,07935	1	0,07935	0,0001
Intra grupos	0,001	4	0,00025	
Total (Corr.)	0,08035	5		

ANEXO 95: PROTEÍNA DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
proteína con enzima 2	3	9,12	X		
proteína sin enzima 1	3	9,21	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
proteína con enzima 2 - proteína sin enzima 1				-0,09	0,157876

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 96: ANOVA DE LA PROTEÍNA SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,01215	1	0,01215	0,1886
Intra grupos	0,0194	4	0,00485	
Total (Corr.)	0,03155	5		

ANEXO 97: CARBOHIDRATOS DE LA TORTA CON EXTRACCIÓN SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Medi a	Grupos Homogéneos		
carbohidratos con enzima 2	3	66,58	X		
carbohidratos sin enzima 1	3	68,55	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
carbohidratos con enzima 2 - carbohidratos sin enzima 1			*	-1,97	0,229513

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 98: ANOVA DE LOS CARBOHIDRATOS SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	5,82135	1	5,82135	0,0000
Intra grupos	0,041	4	0,01025	
Total (Corr.)	5,86235	5		

ANEXO 99: ÁCIDOS GRASOS ÀCIDO PALMÍTICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
16: 00 con tratamiento enzimatico	3	7,72	X		
16: 00 sin tratamiento enzimatico	3	7,98	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
16: 00 con tratamiento enzimatico - 16: 00 sin tratamiento enzimatico				-0,26	0,352923

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 100: ÁCIDOS GRASOS ANOVA DEL ÁCIDO PALMÍTICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,1014	1	0,1014	0,1103
Intra grupos	0,096946	4	0,0242365	
Total (Corr.)	0,198346	5		

ANEXO 101: ÁCIDOS GRASOS ACIDO ESTEÁRICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
18:00 sin tratamiento enzimatico	3	3,23	X		
18:00 con tratamiento enzimatico	3	7,72	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
18:00 con tratamiento enzimatico - 18:00 sin tratamiento enzimatico			*	4,49	0,24145

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 102: ÁCIDOS GRASOS ANOVA DEL ÁCIDO ESTEÁRICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	30,2401	1	30,2401	0,0000
Intra grupos	0,045376	4	0,011344	
Total (Corr.)	30,2855	5		

ANEXO 103: ÁCIDO OLEICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
18:1 con tratamiento enzimático	3	17,37	x		
18:1 sin tratamiento enzimático	3	17,5	x		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
18:1 con tratamiento enzimático - 18:1 sin tratamiento enzimático				-0,13	0,150962

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 104: ANOVA DEL ÁCIDO OLEICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,02535	1	0,02535	0,0751
Intra grupos	0,017738	4	0,0044345	
Total (Corr.)	0,043088	5		

ANEXO 105: ÁCIDO LINOLEICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
18:2 sin tratamiento enzimático	3	69,78	X		
18:2 con tratamiento enzimático	3	69,78	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
18:2 con tratamiento enzimático - 18:2 sin tratamiento enzimático				0	0,0965259

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 106: ANOVA DEL ÁCIDO LINOLEICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0	1	0	1,0000
Intra grupos	0,007252	4	0,001813	
Total (Corr.)	0,007252	5		

ANEXO 107: ÁCIDO LINOLÉNICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Media	Grupos Homogéneos		
18:3 sin tratamiento enzimático	3	0,48	X		
18:3 con tratamiento enzimático	3	0,5	X		
Contraste			Sig.	Diferencia	+/- Límites
18:3 con tratamiento enzimático - 18:3 sin tratamiento enzimático				0,02	0,0250907

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 108: ANOVA DEL ÁCIDO LINOLÉNICO DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0,0006	1	0,0006	4,90	0,0913
Intra grupos	0,00049	4	0,0001225		
Total (Corr.)	0,00109	5			

ANEXO 109: ÁCIDOS GRASOS SATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Medi a	Grupos Homogéneos
SATURADO con tratamiento enzimático	3	11,04	X
SATURADO sin tratamiento enzimático	3	11,39	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
SATURADO con tratamiento enzimático - SAT sin tratamiento enzimático	*	-0,35	0,288342

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 110: ANOVA DE LOS ÁCIDOS GRASOS SATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,18375	1	0,18375	0,0280
Intra grupos	0,064712	4	0,016178	
Total (Corr.)	0,248462	5		

ANEXO 111: ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Medi a	Grupos Homogéneos			
MONOSATURADO con tratamiento enzimático	3	18,16	X			
MONOSATURADO sin tratamiento enzimático	3	18,35	X			
Contraste				Sig.	Diferenc ia	+/- Límites
MON con tratamiento enzimático - MON sin tratamiento enzimático				*	-0,19	0,159479

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 112: ANOVA DE LOS ÁCIDOS GRASOS MONOINSATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,05415	1	0,05415	0,0297
Intra grupos	0,019796	4	0,004949	
Total (Corr.)	0,073946	5		

ANEXO 113: ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Método: 95,0 porcentaje LSD

tratamiento	Casos	Medi a	Grupos Homogéneos			
POL sin tratamiento enzimático	3	70,26	X			
POL con tratamiento enzimático	3	70,28	X			
Contraste				Sig.	Diferenc ia	+/- Límites
POL con tratamiento enzimático - POL sin tratamiento enzimático					0,02	0,120491

* indica una diferencia significativa.

ANEXO 114: ANOVA DE LOS ÁCIDOS GRASOS POLIINSATURADOS DEL ACEITE EXTRAÍDO SIN TRATAMIENTO ENZIMÁTICO Y CON TRATAMIENTO ENZIMÁTICO

Tabla ANOVA para porcentaje por tratamiento

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Valor-P
Entre grupos	0,0006	1	0,0006	0,6688
Intra grupos	0,0113	4	0,002825	
Total (Corr.)	0,0119	5		

ANEXO 115: FOTO DONDE SE PUEDEN APRECIAR GAJOS Y TALLOS DE UVA FRESCOS EN LUNAHUANA



ANEXO 116: FOTO DE SELECCIÓN DE PEPITAS DE UVA



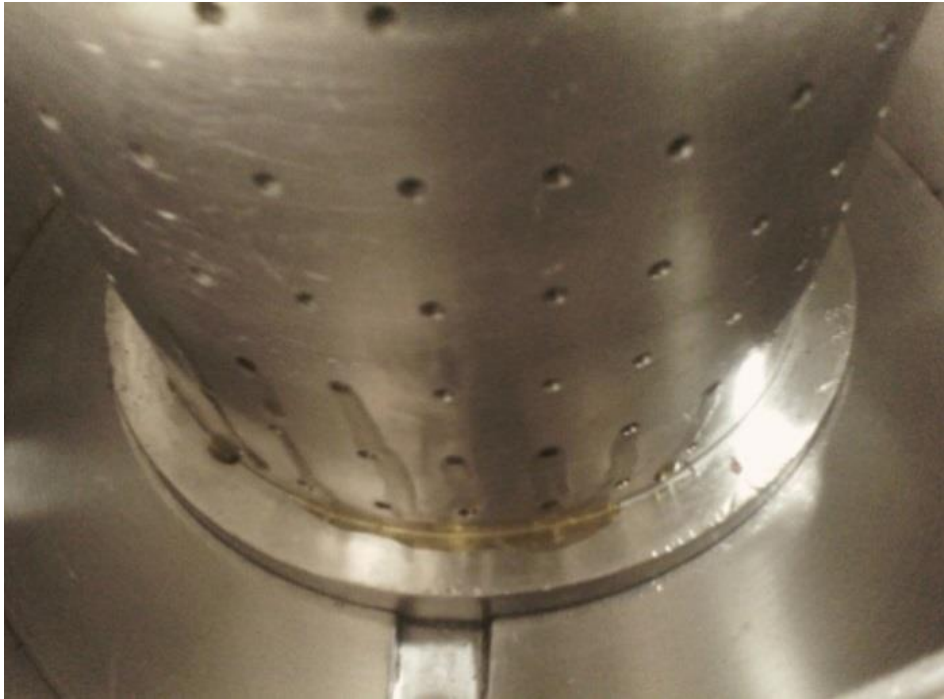
ANEXO 117: FOTO DE SEMILLA DE UVA BLANCA Y NEGRA



ANEXO 118: BANDEJA CON SEMILLAS DE UVA PARA DESHIDRATADO



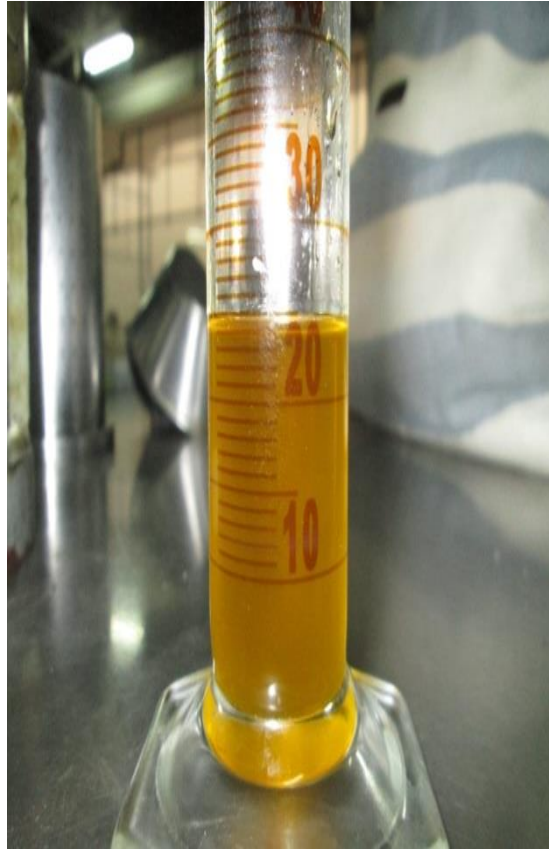
ANEXO 119: EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLA DE UVA



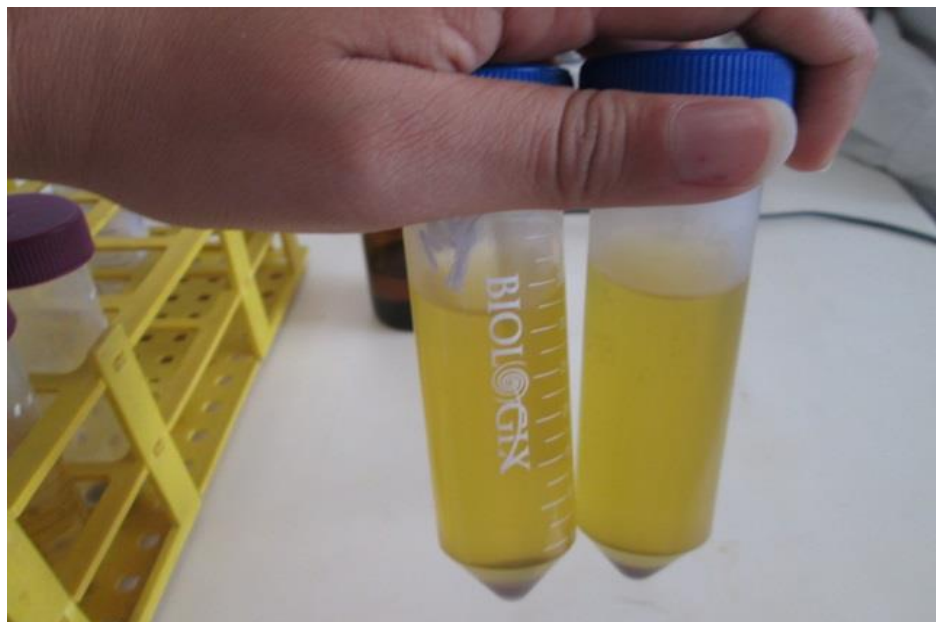
ANEXO 120: TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA SEMILLA DE UVA



ANEXO 121: ACEITE DE SEMILLA DE UVA EXTRAÍDO



ANEXO 122: ACEITE DE SEMILLA DE UVA CENTRIFUGADO



ANEXO 123: CROMATÓGRAFO DE GASES INYECTOR. ITP



ANEXO 124: COLUMNA CROMATOGRÁFICA CAPILAR SUPELCO ITP

