

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

**“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN
EN EL PERFIL AROMÁTICO DE LA PIÑA (*Ananas comosus*) EMPLEANDO
CROMATOGRAFÍA DE GASES- HS”**

**TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

AUTOR:

KATHYA SAYONARA REYNA ARIAS

TUTOR:

ING. JOSÉ LUIS COLOMA HUREL

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

2014

CERTIFICACIÓN

Ing. José Luis Coloma, profesor de la Facultad de Ingeniería Agropecuaria, certificó que la egresada realizó la Tesis de Grado Titulada “Estudio de la influencia de temperaturas de deshidratación en el perfil aromático de la piña (*ananas comosus*) empleando cromatografía de gases- HS”, bajo la dirección del suscrito, habiendo cumplido con las disposiciones establecidas para el efecto.

Ing. José Luis Coloma
DIRECTOR DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
TESIS DE GRADO

“Estudio de la influencia de temperaturas de deshidratación en el perfil aromático de la piña (*ananas comosus*) empleando cromatografía de gases-HS”

Sometida a consideración del Honorable Consejo Directivo de la facultad de Ciencias Agropecuarias como requisito para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

Aprobado por la **Comisión:**

Ing. Jose Luís Coloma.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Paulina Zambrano
MIEMBRO

Mg.Sc. Jessenia García
MIEMBRO

Ing. Mirabella Lucas
MIEMBRO

La responsabilidad de la investigación,
resultados y conclusiones del presente
trabajo, corresponden exclusivamente al autor.

Reyna Arias Kathya Sayonara

DEDICATORIA

Al Ser que siempre me acompaña y nunca me abandona, quien me ha dado la sabiduría, paciencia, fuerzas y humildad para culminar una meta más en mi vida, dedico esta investigación, a ti mi Dios.

A mis padres, Ricardo, Kathy y mi Abuelita Leonila por ser los guías en el sendero de cada acto que realizo hoy, mañana y siempre.

A mis hermanos, tíos y amigos por su apoyo incondicional.

A mis Maestros por aportar en mi formación tanto personal como profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por iluminar mi camino, permitirme culminar esta meta y encontrar a personas muy especiales que hicieron posible este proyecto de tesis para la obtención de mi título universitario.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento:

A mis padres, abuelita, tíos, hermanos y amigos por ayudarme con su granito de arena durante todo proceso de investigación.

A mi tutor, el Ing. José Luis Coloma, por la orientación y ayuda incondicional que me brindó para la realización de esta tesis, gracias por su apoyo y amistad.

Al Ing. Shone Morales, Ing. Iván Zambrano y la Ing. Elizabeth Bucheli por su enorme ayuda y colaboración en la elaboración de mi tesis, por sus consejos y enseñanzas.

Mil gracias.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN.....	II
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	III
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	VI
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE.....	VII
RESUMEN.....	XXVI
SUMMARY.....	XXVI
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
CAPITULO I	
ANTECEDENTES.....	1
1.1- OBJETIVOS.....	3
1.1.1- OBJETIVO GENERAL.....	3
1.1.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
CAPITULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1.- FRUTAS DESHIDRATADAS.....	4
2.2.- PIÑA.....	5
2.2.1.- CARACTERÍSTICAS.....	6
2.2.2.- COMPONENTES.....	6
2.2.3.- PROPIEDADES NUTRICIONALES.....	7
2.2.4.- USOS.....	8
a.- ALIMENTARIO.....	8
b.-MEDICINAL.....	9
2.2.5.- PRODUCCIÓN DE PIÑA A NIVEL NACIONAL.....	9

2.3.-DESHIDRATACION.....	10
2.3.1.-MÉTODOS DE SECADO.....	11
a.- SECADO NATURAL.....	11
b.- SECADO MECÁNICO.....	12
2.3.2.- FACTORES QUE REGULAN EL SECADO.....	12
2.3.3.- CLASIFICACIÓN DE SECADORES.....	13
a.- MÉTODOS DE OPERACIÓN: CONTINUOS Ó DISCONTINUOS.....	13
2.3.4.- EQUIPO APLICADO EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DESHIDRATADOR DE BANDEJAS DE GABINETE CON FLUJO DE AIRE HORIZONTAL EXCALIBUR.....	14
a.- DESCRIPCIÓN DEL DESHIDRATADOR EXCALIBUR.....	14
b.- CÁMARA DE SECADO.....	15
c.- CÁMARA DE CALENTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE CALIENTE.....	16
d.- GENERADOR DE CALOR.....	16
e.- VENTILADOR.....	16
f.- PUERTA.....	17
g.- APARATOS DE CONTROL.....	17
h.- BANDEJAS.....	17
i.- FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	18
2.3.5.- ALIMENTOS UTILIZADOS EN LA DESHIDRATACIÓN.....	18
2.3.6.- TRATAMIENTOS PREVIOS A LA DESHIDRATACIÓN.....	20
2.3.7.- OPERACIONES PRELIMINARES.....	20
a.- LIMPIEZA.....	20
b.- SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN.....	21
c.- PELADO.....	21
d.- TROCEADO.....	22
e.- EMPAQUE.....	22
f.- ALMACENAMIENTO.....	23
2.3.8.- EFECTOS DEL SECADO SOBRE LOS ALIMENTOS.....	23

a.- TEXTURA.....	23
b.- BOUQUET Y AROMA.....	25
c.- COLOR.....	26
d.- VALOR NUTRITIVO.....	26
2.4.- ACCIÓN DEL AGUA EN ALIMENTOS.....	27
2.4.1.- CLASIFICACIÓN DE ALIMENTOS POR SU ACTIVIDAD DE AGUA.....	28
2.4.2.- ESTABILIDAD DEL PRODUCTO VERSUS ACTIVIDAD DE AGUA.....	28
2.5.- AROMAS.....	29
2.5.1.- UMBRAL DE OLOR.....	30
2.5.2.- TIPOS DE AROMAS.....	33
2.5.3.- AROMA DE LA FRUTA.....	34
2.5.4.- CLASIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES DE AROMAS DE FRUTAS SEGÚN SU FORMACIÓN.....	35
a.- BIOGÉNESIS.....	35
b.- LOS COMPUESTOS VOLÁTILES FORMADOS A PARTIR DE ACIDOS GRASOS.....	38
c.- LOS COMPUESTOS VOLÁTILES FORMADOS A PARTIR DEL METABOLISMO DE ÁCIDOS AMINOÁCIDOS.....	38
d.- LOS COMPUESTOS VOLÁTILES FORMADOS A PARTIR DEL METABOLISMO DE CARBOHIDRATOS.....	39
e.- LOS COMPUESTOS VOLÁTILES DERIVADOS DE TERPENOS.....	39
f.- LOS FENOLES Y COMPUESTOS RELACIONADOS.....	40
2.5.5.- COMPUESTOS VOLÁTILES Y SU CARACTERÍSTICA BIOLÓGICA EN FRUTAS.....	40
2.5.6.- COMPUESTOS VOLÁTILES EN LA PIÑA.....	41
2.5.7.- ANÁLISIS DE AROMAS.....	43
a.- EL ANÁLISIS QUÍMICO.....	44

2.5.8.- MÉTODOS DE SEPARACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE VOLATILES.....	44
a.- MÉTODOS SIN CONCENTRACIÓN.....	45
- INYECCIÓN DIRECTA.....	45
b.- MÉTODOS CON CONCENTRACIÓN.....	45
- DESTILACIÓN Y EXTRACCIÓN SIMULTÁNEA.....	45
- EXTRACCIÓN DE FLUIDOS SUPERCRÍTICOS (SFE).....	46
- MICROEXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA (SPME).....	46
- MÉTODO UTILIZADO EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: ESPACIO DE CABEZA.....	47
2.6.- CROMATOGRAFÍA.....	49
2.6.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS.....	50
2.6.2.- CROMATOGRAFÍA DE GASES.....	51
a.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	52
b.-FUENTE DE GAS.....	53
c.- SISTEMA DE INYECCIÓN.....	54
d.- HORNO Y COLUMNAS CROMATOGRÁFICAS.....	55
e.- COLUMNAS CAPILARES.....	55
f.- COLUMNAS EMPACADAS.....	56
g.- SISTEMA DE DETECCIÓN.....	56
2.6.4.- LA CROMATOGRAFIA Y EL ANALISIS QUIMICO.....	57
a.- ANÁLISIS CUALITATIVO.....	58
b.- ANÁLISIS CUANTITATIVO.....	58
2.6.5.- EL CROMATOGRAMA Y SU INTERPRETACIÓN.....	59
a.- CROMATOGRAMA DE ESCALONES: INTERPRETACION.....	59
b.- CROMATOGRAMA DE PICOS: PARALELOS.....	60
CAPITULO III	
MATERIALES Y MÉTODOS	
3.1.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	61

3.2.- CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE EN EL LABORATORIO.....	61
3.3.- FACTORES EN ESTUDIO.....	61
3.4.- TRATAMIENTOS.....	61
3.5.- PROCEDIMIENTO.....	62
3.5.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL.....	62
a.- DISEÑO EXPERIMENTAL 1.....	62
b.- DISEÑO EXPERIMENTAL 2.....	63
3.5.2.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	64
3.5.3.- ANÁLISIS FUNCIONAL.....	65
3.5.4.-CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.....	65
3.6.- MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	66
3.6.1.- SELECCIÓN.....	66
3.6.2.- LAVADO Y DESINFECCIÓN.....	66
3.6.3.- PELADO Y TROCEADO.....	66
3.6.4.- PESADO.....	67
3.6.5.- DESHIDRATACIÓN.....	67
3.6.6.- PESADO Y EMPACADO.....	68
3.6.7.- ANÁLISIS DEL PERFIL VOLATIL.....	68
a.- ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL DE LA PIÑA FRESCA.....	69
b.- ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL DE LA PIÑA DESHIDRATADA.....	69
c.- ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL DE LA PIÑA DESHIDRATADA ALMACENADA EN CÁMARA A 35°C.....	70
3.7.- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	71
3.8.- ANÁLISIS FÍSICO– QUÍMICO.....	72
3.8.1.- DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ.....	72
3.8.2.- DETERMINACIÓN DE ACIDEZ DE LA FRUTA.....	72
3.8.3.- DETERMINACIÓN DE AZÚCARES EN LA FRUTA.....	74
3.8.4.- DETERMINACIÓN DE PH DE LA FRUTA.....	75

3.8.5.- DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA EN LA FRUTA (ROTRONIC).....	76
3.8.6.- DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD.....	76

CAPITULO IV

RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO.....	78
4.2.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL DE LA PIÑA FRESCA.....	83
4.3.- RESULTADOS DE TIEMPOS Y PESOS DE LOS TRATAMIENTOS DURANTE LA DESHIRATACIÓN.....	84
4.4.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS DE LOS TRATAMIENTOS.....	85
4.5.- RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL 1: ANÁLISIS DEL EFECTO DE LAS TRES TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN CINCO COMPUESTOS PRINCIPALES DE LA PIÑA.....	86
4.6.- RESULTADOS DISEÑO EXPERIMENTAL 2: ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE CONCENTRACIÓN EN CINCO PRINCIPALES COMPUESTOS AROMÁTICOS DE LA PIÑA DURANTE 4 SEMANAS DE ALMACENAMIENTO A 35°C.....	91
4.6.1.- SEMANA 1: ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	92
a.- METIL HEXANOATO.....	92
b.- ETIL HEXANOATO.....	93
c.- METIL BUTIRATO.....	94
d.- (E)-2- HEXENOATO DE METILO.....	95
e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO.....	96
4.6.2.- SEMANA 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	96
a.- METIL HEXANOATO.....	97
b.- ETIL HEXANOATO.....	98

c.- METIL BUTIRATO.....	99
d.- (E)-2- HEXENOATO DE METILO.....	100
e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO.....	101
2.6.3.- SEMANA 3: ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	101
a.- METIL HEXANOATO.....	102
b.- ETIL HEXANOATO.....	103
c.- METIL BUTIRATO.....	104
d.- (E)-2- HEXENOATO DE METILO.....	105
e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO.....	106
4.6.4.- SEMANA 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	106
a.- METIL HEXANOATO.....	107
b.- ETIL HEXANOATO.....	108
c.- METIL BUTIRATO.....	109
d.- (E)-2- HEXENOATO DE METILO.....	110
e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO.....	111
4.6.5.- INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LOS PRINCIPALES COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA PIÑA DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 35°C.....	112
a.- METIL HEXANOATO.....	112
b.- ETIL HEXANOATO.....	113
c.- METIL BUTIRATO.....	114
d.- (E) 2- HEXENOATO DE METILO.....	115
e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO.....	116
CAPITULO V	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1.-CONCLUSIONES.....	119
5.2.-RECOMENDACIONES.....	121

BIBLIOGRAFIA.....	122
ANEXOS	
01.- FOTOGRAFÍAS.....	125
01.01.-EQUIPO DE DESHIDRATACIÓN EXCALIBUR.....	125
01.02.-CÁMARA DE SECADO-CÁMARA DE CALENTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE CALIENTE – GENERADOR DE CALOR – VENTILADOR.....	125
01.03.-PUERTA.....	126
01.04.-APARATOS DE CONTROL.....	126
01.05.-BANDEJAS.....	126
01.06.-MÉTODO ESPACIO EN CABEZA.....	127
01.07.- HORNO DEL CROMATÓGRAFO USADO EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	127
01.08.- COLUMNAS CROMATOGRÁFICAS CAPILARES DE 30 M DE LARGO Y 0.32MM DIÁMETRO SOPORTA HASTA 250°C USADAS EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	127
01.09.-SISTEMA DE DETECCIÓN DE IONIZACIÓN EN LLAMA.....	128
01.10.-SELECCIÓN DE LA PIÑA UTILIZADA PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	128
01.11.-LAVADO Y DESINFECCIÓN DE LA PIÑA.....	128
01.12.-PELADO Y TROCEADO DE LA PIÑA.....	129
01.13.-PESADO DE LA PIÑA FRESCA Y DESHIDRATADA.....	129
01.14.- DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA DE DESHIDRATACIÓN Y PESAJE DE LA MUESTRA DESHIDRATADA CADA HORA.....	129
01.15.-EMPACADO EN FUNDAS DE 14 X 12 CM DE LOS TRATAMIENTOS.....	130

01.16.- PROCEDIMIENTO PARA ANALIZAR LOS TRATAMIENTOS EN EL CROMATÓGRAFO DE GASES –HS.....	130
01.17.-CÁMARA DE ALMACENAMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS A 35°C.....	131
01.18.-DETERMINACIÓN DE ACIDEZ TOTAL DE LA PIÑA.....	131
01.19.-LECTURA DE LOS ° BRIX DE LA PIÑA.....	131
01.20.-DETERMINACIÓN DEL PH DE LA FRUTA.....	132
01.21.- DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA EN LA PIÑA FRESCA Y DESHIDRATADA.....	132
01.22.- DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA PIÑA FRESCA Y DESHIDRATADA.....	132
02.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL 1.....	133
02.01.-METIL HEXANOATO.....	133
02.02.-ETIL HEXANOATO.....	134
02.03.-METIL BUTIRATO.....	135
02.04.-(E)-2- HEXENOATO DE METILO.....	136
02.05.-3-METILTIOPROPANOATO DE METILO.....	137
02.06.- INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LOS COMPUESTOS AROMÁTICOS DE LA PIÑA FRESCA...	138
03.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL 2.....	139
03.01.-METIL HEXANOATO.....	139
03.02.-ETIL HEXANOATO.....	141
03.03.-METIL BUTIRATO.....	144
03.04.-E-2-HEXENOATO DE METILO.....	146
03.05.-3-METILTIOPROPANOATO DE METILO.....	148
03.06.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL METIL HEXANOATO DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS....	151

03.07.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL ETIL HEXANOATO DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS....	151
03.08.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL METIL BUTIRATO DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS....	152
03.09.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL (E) 2- HEXENOATO DE METILO DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS....	152
03.10.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL 3- METILTIOPROPANOATO DE METIL DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS.....	153

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 02.01.- PIÑA PEROLERA EN ECUADOR.....	5
FIGURA 02.02.- ESQUEMA DE UN CROMATÓGRAFO DE GASES.....	51
FIGURA 02.03.- SISTEMA DE INYECCIÓN.....	54
FIGURA 02.04.- CROMATOGRAMA DE ESCALONES OBTENIDO DE UNA MEZCLA DE LOS COMPONENTES A,B Y C.....	60
FIGURA 02.05.- MUESTRA UN CROMATOGRAMA DE PICOS, CON LOS PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS.....	60

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 02.01.- PROPIEDADES NUTRICIONALES DE LA PIÑA FRESCA EN 100 GRAMOS.....	7
TABLA 02.02.- PRODUCCIÓN NACIONAL DE PIÑA EN EL ECUADOR...	10
TABLA 02.03.- CLASIFICACIÓN DE ALIMENTOS POR SU ACTIVIDAD DE AGUA.....	27
TABLA 02.04.- GRUPOS DE ALIMENTOS POR CLASIFICACIÓN AROMÁTICA.....	30
TABLA 02.05.- COMPUESTOS VOLÁTILES PRESENTES EN LOS AROMAS DE FRUTAS.....	35
TABLA 02.06.- DIFERENTES MÉTODOS DE SEPARACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE VOLÁTILES.....	43
TABLA 02.07.- MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS.....	50
TABLA 03.08.- NÚMERO DE TRATAMIENTOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN “ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN EL PERFIL AROMÁTICO DE LA PIÑA (<i>ANANAS COMOSUS</i>) EMPLEANDO CROMATOGRAFÍA DE GASES – HS”.....	61
TABLA 03.09.- DATOS DE ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS EN LA CÁMARA DE TEMPERADO.....	63
TABLA 03.10.- ESQUEMA DEL ADEVA (ANÁLISIS DE VARIANZA) UTILIZADO PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL 1.....	64
TABLA 03.11.- ESQUEMA DEL ADEVA (ANÁLISIS DE VARIANZA) UTILIZADO PARA EL DISEÑO EXPERIMENTAL 2.....	65

TABLA 03.12.- PESO DE LA PIÑA FRESCA UTILIZADA PARA CADA TRATAMIENTO.....	67
TABLA 03.13.- ÁCIDO PRESENTE EN LA PIÑA Y SU MILI EQUIVALENCIA.....	78
TABLA 04.14.- CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LA PIÑA FRESCA.....	80
TABLA 04.15.- COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA PIÑA FRESCA.....	83
TABLA 04.16.- TIEMPO DE DESHIDRATACIÓN Y PESOS DE TRATAMIENTO A1P(58°C).....	83
TABLA 04.17.- TIEMPO DE DESHIDRATACIÓN Y PESOS DE TRATAMIENTO A2P(63°C).....	83
TABLA 04.18.- TIEMPO DE DESHIDRATACIÓN Y PESOS DE TRATAMIENTO A3P(68°C).....	84
TABLA 04.19.- PESO DE LA PIÑA DESHIDRATADA Y DE CADA TRATAMIENTO.....	84
TABLA 04.20.- RESULTADOS DE HUMEDAD Y ACTIVIDAD DE AGUA DE LOS TRATAMIENTOS.....	85
TABLA 04.21.- PROMEDIO DE PÉRDIDAS DE CONCENTRACIÓN GENERAL DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES ESTUDIADOS EN LA PIÑA PEROLERA.....	117

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 04.01.- CROMATOGRAMA DEL PERFIL AROMÁTICO DE LA PIÑA FRESCA (<i>ANANAS COMOSUS</i>).....	79
GRÁFICO 04.02.- PORCENTAJE DE COMPUESTOS AROMÁTICOS OBTENIDOS EN LA PIÑA FRESCA.....	81
GRÁFICO 04.03.- PRINCIPALES COMPUESTOS VOLÁTILES ANALIZADOS EN EL PERFIL AROMÁTICO DE LA PIÑA.....	82
GRÁFICO 04.04.- DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS DEL METIL HEXANOATO CON PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$).....	86
GRÁFICO 04.05.- DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS DEL ETIL HEXANOATO CON PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$).....	87
GRÁFICO 04.06.- DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS DEL METIL BUTIRATO CON PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$).....	87
GRÁFICO 04.07.- DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS DEL (E)-2-HEXENOATO DE METILO CON PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$).....	88
GRÁFICO 04.08.- DIFERENCIAS ENTRE MEDIAS DEL 3-METILTIOPROPANOATO DE METILO CON PRUEBA DE TUKEY ($P \leq 0,05$).....	89
GRÁFICO 04.09.- REPRESENTACIÓN GENERAL DE LA INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN (TRATAMIENTOS) EN LOS 5 COMPUESTO VOLÁTILES PRINCIPALES EN EL PERFIL AROMÁTICO DE LA PIÑA FRESCA.....	89

GRÁFICO 04.10.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL METIL HEXANOATO DURANTE LA SEMANA 1.....	92
GRÁFICO 04.11.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL ETIL HEXANOATO DURANTE LA SEMANA 1.....	93
GRÁFICO 04.12.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL METIL BUTIRATO DURANTE LA SEMANA 1.....	94
GRÁFICO 04.13.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL (E)-2- HEXENOATO DE METILO DURANTE LA SEMANA 1.....	95
GRÁFICO 04.14.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO DURANTE LA SEMANA 1.....	96
GRÁFICO 04.15.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL METIL HEXANOATO DURANTE LA SEMANA 2.....	97
GRÁFICO 04.16.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL ETIL HEXANOATO DURANTE LA SEMANA 2.....	98
GRÁFICO 04.17.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL METIL BUTIRATO DURANTE LA SEMANA 2.....	99

GRÁFICO 04.18.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL (E)-2- HEXENOATO DE METILO DURANTE LA SEMANA 2.....	100
GRÁFICO 04.19.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO DURANTE LA SEMANA 2.....	101
GRÁFICO 04.20.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL METIL HEXANOATO DURANTE LA SEMANA 3.....	102
GRÁFICO 04.21.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL ETIL HEXANOATO DURANTE LA SEMANA 3.....	103
GRÁFICO 04.22.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL METIL BUTIRATO DURANTE LA SEMANA 3.....	104
GRÁFICO 04.23.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL (E)- 2- HEXENOATO DE METILO DURANTE LA SEMANA 3.....	105
GRÁFICO 04.24.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO DURANTE LA SEMANA 3.....	106
GRÁFICO 04.25.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL METIL HEXANOATO DURANTE LA SEMANA 4.....	107

GRÁFICO 04.26.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL ETIL HEXANOATO DURANTE LA SEMANA 4.....	108
GRÁFICO 04.27.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL METIL BUTIRATO DURANTE LA SEMANA 4.....	109
GRÁFICO 04.28.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL (E)- 2- HEXENOATO DE METILO DURANTE LA SEMANA 4.....	110
GRÁFICO 04.29.- REPRESENTACIÓN DE MEDIAS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL COMPUESTO VOLÁTIL 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO DURANTE LA SEMANA 4.....	111
GRÁFICO 04.30.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL METIL HEXANOATO DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS.....	112
GRÁFICO 04.31.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL ETIL HEXANOATO DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS.....	113
GRÁFICO 04.32.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL METIL BUTIRATO DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS.....	114

GRÁFICO 04.33.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL (E) 2- HEXENOATO DE METILO DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS.....	115
GRÁFICO 04.34.- INFLUENCIA DE TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL 3-METILTIOPROPANOATO DE METILO DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO A 35°C POR CUATRO SEMANAS.....	116

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la ciudad de Manta, utilizando como materia prima la piña Perolera (*Ananas Comosus*) obtenida de un supermercado local.

La piña es una fruta muy cotizada a nivel nacional y mundial por su sabor y aroma, Además es un producto muy deseado en los deshidratados, aunque tenga pérdidas en sus características físicas y organolépticas esenciales durante este proceso.

El objetivo principal de la experimentación fue estudiar la influencia de temperaturas de deshidratación en el perfil aromático de la piña empleando un método analítico de alta tecnología como lo es el cromatógrafo de gases de espacio de cabeza.

Se procesó la piña fresca para el análisis cromatográfico, obteniendo un perfil aromático con 27 compuestos volátiles, en su mayoría esteres.

La deshidratación a 58°C, 63°C y 68°C disminuyó la cantidad de volátiles en relación a la piña fresca pero no se determina antes del almacenamiento en cámara el mejor tratamiento.

En el proceso de almacenamiento se obtuvieron resultados despejados a la cuarta semana, en donde se determinó que la temperatura de deshidratación a 58°C por 8 horas mantiene en mayores concentraciones los cinco compuestos principales obtenidos de la piña: Etil Hexanoato, Metil Hexanoato, Etil Butirato, (E)-2-Hexenoato de Metilo, 3- Metiltiopropanoato de Metilo durante el almacenamiento en cámara a 35°C.

SUMMARY

This research was conducted in Manta city, using the Perolera pineapple (*Ananas comosus*) obtained from a local supermarket.

The pineapple is a fruit much sought nationally and worldwide for its taste and aroma, is a highly desirable addition to the dehydrated product, although it has losses in their essential physical and organoleptic characteristics during this process.

The main objective of the experiment was to study the influence of dehydration temperatures on the aromatic profile of pineapple using an analytical method of high technology such as the gas chromatograph by headspace.

Fresh pineapple for chromatographic analysis was processed, obtaining an aromatic profile with 27 volatile compounds, esters in their majority.

The dehydration at 58°C, 63°C and 68°C decreased the amount of volatile relative to fresh pineapple but the best treatment is not determined before the storage chamber.

In the storage process there were clear results by the fourth week, where it was determined that the dehydration temperature at 58°C for 8 hours was maintained at higher concentrations the five major compounds obtained from pineapple: Ethyl hexanoate, Methyl hexanoate, Ethyl Butyrate , (E)-2-hexenoate, 3 - methyl Methyl thiopropanoate during storage chamber at 35 ° C.

INTRODUCCIÓN

Los frutos deshidratados son hoy por hoy muy cotizados a nivel nacional e internacional para consumo diario o como ingrediente en diferentes platos. Nuestro país presenta una gama de frutas con sabores y olores exóticos con un gran potencial para estos tipos de productos y conociendo que las características organolépticas son imprescindibles en un alimento y la deshidratación es un proceso donde se pierde la mayor parte de estas; es necesario desarrollar investigaciones que nos permitan conocer la conducta del producto deshidratado final y su almacenamiento.

Por tal motivo en el presente trabajo de investigación se estudia el perfil aromático de una fruta muy aromática y exquisita en Ecuador como es la piña Perolera con sus principales componentes volátiles y cómo influye a diferentes y altas temperaturas de deshidratación en la concentración de los mismos (58°C, 63°C y 68°C).

Además de conocer el comportamiento de los principales volátiles de la piña como son el Etil Hexanoato, Metil Hexanoato, Metil Butirato, (E) -2-Hexenoato de Metilo y Metiltiopropionato de Metilo, los tratamientos son sometidos a una cámara de almacenamiento a 35°C durante cuatro semanas, para conocer los cambios que puedan ocurrir en la concentración de los volátiles de la piña deshidratada en estudio.

Existen pocos proyectos enfocados al estudio de la influencia de temperaturas de deshidratación en el aroma de las frutas y el comportamiento de estos durante su almacenamiento, siendo el trabajo presentado una pauta para investigaciones posteriores.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

En el mundo de los alimentos uno de los principales parámetros que tiene mayor influencia en la calidad de los productos alimenticios es el aroma; el mismo que se altera con facilidad durante los procesos como la fermentación, enlatado o tratamiento térmico en donde se sintetizan o destruyen componentes directamente relacionados con los aromas finales.

Por este motivo (Gimferrer, 2012) indica en la revista Consumer que es de gran importancia llevar a cabo adecuadamente todos los procesos de elaboración de los productos bajo estrictas normas de seguridad.

Las sustancias aromáticas volátiles son los componentes más sensibles en el proceso de deshidratación. El efecto del deshidratado en diversas frutas, verduras y plantas aromáticas ha sido sujeto de numerosos estudios que demuestran cambios en las concentraciones de aromas durante el deshidratado y esto depende de varios factores, tales como el método y las condiciones de deshidratación (Antal, 2010).

La industria agroalimentaria utiliza la deshidratación como método de conservación en un gran número de productos. La imagen natural que da el secado hace que se utilice para fabricar alimentos de alto valor añadido (Cañizares, 2007).

A este valor agregado en los alimentos, es indispensable un análisis químico de los aromas para determinar la influencia del secado empleando una instrumentación moderna, a través del cual las muestras altamente reproducibles se pueden preparar de una manera eficiente y precisa como es la cromatografía de gases mediante el método de espacio en cabeza, ya que se pueden colocar directamente en un vial con poca o ninguna preparación ahorrando tiempo y dinero (Labhut, 2013)

Según (Sulc, Fruit juice concentration and aroma separation, 1984) en investigaciones realizadas se determina que la calidad de un aroma, a menudo determina la aceptabilidad del alimento y siendo la piña la tercera fruta tropical más cotizada en el mundo y la importancia que tienen sus elaborados, es indispensable conocer el impacto que presentan los perfiles aromáticos de la piña durante este tipo de procesamiento como es la deshidratación.

En Ecuador y Latinoamérica son pocos los estudios realizados con respecto a la influencia del deshidratado en los compuestos aromáticos volátiles en frutas, más aún en el caso de la piña (*Ananas comosus*) por lo tanto este trabajo de investigación es un aporte al conocimiento científico de los países latinos.

Además nos permitirá determinar un adecuado control de las condiciones de temperaturas de deshidratación, para reducir la pérdida de aromas en el producto final.

Con los antecedentes indicados en la presente investigación se establecieron los siguientes objetivos:

1.1.- OBJETIVOS

1.1.1.- OBJETIVO GENERAL

Estudiar la influencia de temperaturas de deshidratación en el perfil aromático de la piña (*Ananas comosus*) empleando cromatografía de gases – HS.

1.1.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el perfil aromático de la piña en estado fresco y escoger los cinco compuestos volátiles principales.
2. Evaluar el efecto de las tres temperaturas de deshidratación en cinco compuestos volátiles principales del perfil aromático de la piña.
3. Evaluar la pérdida de concentración en los cinco principales compuestos aromáticos de la piña durante 4 semanas de almacenamiento a 35°C de temperatura.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- FRUTAS DESHIDRATADAS

La deshidratación es una forma de procesar las frutas, el objetivo es eliminar la humedad del producto, para que pierda peso y no sea perecible. Las frutas deshidratadas son apetecidas en países que tienen las cuatro estaciones, porque debido a los cambios del clima es difícil encontrar durante todo el año piñas, mangos, fresas, papayas, uvilla, etc. (AgronegociosEcuador, 2014).

En la actualidad existen cerca de 15 empresas en el país que se dedican a la producción de frutas deshidratadas y casi todas exportan el producto, pero también abastecen el mercado nacional en autoservicios, supermercados y tiendas especializadas. El consumidor acogió el producto por su sabor y la facilidad de consumirlo. La fruta ecuatoriana es dulce por el clima y los empresarios, relacionados con el negocio, notaron el potencial de la deshidratación, para exportar hacia Canadá, EEUU, Alemania, Suiza, Inglaterra y Rusia, que son los países que más demandan este producto (AgronegociosEcuador, 2014).

La fruta deshidratada suele ser más cara ya que para obtener un kilo de fruta se necesitan 3 kilos de fruta fresca. Cada fruta presenta diferentes características pero a grandes rasgos aportan gran cantidad de vitaminas y minerales, podemos mencionar: vitamina A, B1, B2, E, calcio, cobre, zinc, betacaroteno, potasio y ácido fólico principalmente (Skesit.com, 2014).

El azúcar que contiene las frutas deshidratadas es apta para diabeticos pues no eleva rápidamente la glucosa de la sangre, es un tipo de azúcar llamado fructuosa y se digiere fácilmente, además son abundantes en fibra, reducen el nivel de colesterol y facilitan una buena digestión (Skedit.com, 2014).

Las frutas aportan una gran cantidad de energía, contienen elevada cantidad de antioxidantes que previenen el envejecimiento de células y formación de radicales libres, presentan también propiedades antiinflamatorias y diuréticas.

Es un alimento apropiado para evitar el consumo de comidas denominadas chatarra, además una vez deshidratadas su vida útil bajo condiciones adecuadas es de 1 año, y se pueden encontrar en cualquier época del año y son fáciles de transportar (Skedit.com, 2014).

2.2.- PIÑA

Ananas comosus, la piña o el ananá, es una planta perenne de la familia de las bromeliáceas, nativa de América del Sur. Esta especie, de escaso porte y con hojas duras y lanceoladas de hasta 1 metro de largo, fructifica una vez cada tres años produciendo un único fruto fragante y dulce, muy apreciado en gastronomía. (Es.wikipedia.org, 2013)

Figura 02.01 Piña Perolera en Ecuador



Fuente: (Proecuador)

2.2.1.- CARACTERÍSTICAS

- **Forma:** son infrutescencias de forma ovalada y gruesa.
- **Tamaño y peso:** la piña tropical mide unos 30 centímetros y tiene un diámetro de 15 centímetros. Su peso ronda los dos kilos.
- **Color:** en ambas la pulpa de color amarillo o blanco se encuentra rodeada de brácteas que forman la piel del fruto; en el extremo superior las brácteas se transforman en una llamativa corona de hojas verdes.
- **Sabor:** la pulpa es muy aromática y de sabor dulce.

La fruta está madura cuando cambia el color de la cáscara del verde al amarillo en la base de la misma. Las piñas son frutas no climatéricas, por lo que se deben cosechar cuando estén listas para consumirse, ya que no maduran después de su recolección. Un contenido mínimo de sólidos solubles de 12% y una acidez máxima del 1% asegurarán un sabor mínimo aceptable a los consumidores. (Gicel, 2013).

2.2.2.- COMPONENTES

La piña es rica en vitaminas, principalmente en vitamina C, y en menor cantidad en vitamina B1, B6 y ácido fólico. La vitamina C, además de realizar importantes funciones y estar, por ejemplo, implicada en los mecanismos de defensa del mismo, favorece la absorción del hierro por el organismo. (Blog de Medicina Natural, 2013)

- **Minerales.** Respecto a su contenido mineral destaca la presencia de potasio y, en menor proporción, de magnesio, hierro, cobre y manganeso. Una ración habitual de 200 gramos de piña puede cubrir el 9% de las necesidades diarias recomendadas de potasio. (Blog de Medicina Natural, 2013)

- **Componentes no nutritivos.** Dentro de sus componentes no nutritivos, destaca significativamente la presencia de los ácidos cítrico y málico, responsables de su sabor ácido y potenciadores de la acción de la vitamina C sobre la absorción del hierro de la dieta. (Blog de Medicina Natural, 2013).

2.2.3.- PROPIEDADES NUTRICIONALES

Su fruto contiene:

Vitaminas: vitamina C, B1, B6, B9 (ácido fólico) y un poco de E.

Minerales: Potasio, Magnesio, Yodo, Cobre, Manganeseo.

Ácido cítrico, ácido málico, ácido oxálico, enzima bromelina.

Es un excepcional fuente de vitamina C y Manganeseo, escasa en grasas y proteínas. Aporta 50 calorías por cada 100 gramos pero en almíbar ligero su aporte puede aumentar ligeramente. El almíbar pesado añade alrededor de 30 calorías (Es.wikipedia.org, 2013)

Tabla 02.01.- Propiedades nutricionales de la piña fresca en 100 gramos

Energía	50 kcal 210 kJ
Carbohidratos	13.12 g
Azúcares	9.85 g
Fibra alimentaria	1.4 g
Grasas	0.12 g
Proteínas	0.54 g
Tiamina (Vit. B1)	0.079 mg (6%)
Riboflavina (Vit. B2)	0.032 mg (2%)
Niacina (Vit. B3)	0.5 mg (3%)
Ácido pantoténico (B5)	0.213 mg (4%)
Vitamina B6	0.112 mg (9%)

Ácido fólico (Vit. B9)	18 µg (5%)
Vitamina C	47.8 mg (80%)
Calcio	13 mg (1%)
Hierro	0.29 mg (2%)
Magnesio	12 mg (3%)
Manganeso	0.927 mg (46%)
Fósforo	8 mg (1%)
Potasio	109 mg (2%)
Sodio	1 mg (0%)
Zinc	0.12 mg (1%)

Fuente: (Es.wikipedia.org, 2013)

2.2.4.- USOS

a.- ALIMENTARIO

La piña es un fruto no climatérico, o sea que hay que cosecharlo ya maduro pues una vez cortado la maduración se detiene por completo y empieza a deteriorarse. La piña es poco sensible a la presencia de etileno, y tiene baja producción de esta fitohormona. (Es.wikipedia.org, 2013)

Las condiciones más apropiadas para su conservación son temperaturas de 7 a 13 °C y humedad de 85-90%. La vida en postcosecha en condiciones de conservación óptimas alcanza entre 2 y 4 semanas.

El fruto para su consumo puede estar fresco y en conserva. En Occidente se usa habitualmente como postre, aunque cada vez más como ingrediente dulce en preparaciones de comida oriental. Cuando el ananá está maduro, la pulpa es firme pero flexible, las hojas se pueden arrancar de un fuerte tirón y el aroma es más intenso en la parte inferior. (Es.wikipedia.org, 2013)

Debido al coste del transporte del fruto fresco y la concentración del consumo, se producen numerosos subproductos industrializados, en especial jugos y mermeladas. Del jugo se produce un vinagre excelente y muy aromático.

Aunque la enzima proteolítica llamada bromelina se concentra en los tallos, si el jugo la contiene en cantidad suficiente, se puede usarla como un ablandador de carnes. (Es.wikipedia.org, 2013).

b.- MEDICINAL

Entre las propiedades medicinales del fruto, la más notable es la de la bromelina, que ayuda a metabolizar los alimentos. Es también diurético, ligeramente antiséptico, desintoxicante, antiácido y vermífugo. Se ha estudiado su uso como auxiliar en el tratamiento de la artritis reumatoide, la ciática, y el control de la obesidad. (Es.wikipedia.org, 2013)

La alta concentración de bromelina en la cáscara y otras partes ha llevado a su uso para aliviar infecciones laríngeas y faríngeas, así como en uso tópico para la cistitis y otras infecciones.

También digno de mención, es que la bromelina de piña tiene posibilidades en la lucha contra el cáncer. La investigación mostró que causa autofagia en células del carcinoma mamario, que promueve el proceso celular de la apoptosis. (Es.wikipedia.org, 2013)

2.2.5.- PRODUCCIÓN DE PIÑA A NIVEL NACIONAL

La piña es una fruta tropical muy apetecida por los consumidores a nivel mundial.

En el Ecuador su cultivo se desarrolla en las provincias de Guayas, Los Ríos, Santo Domingo de los Tsáchilas, El Oro, Esmeraldas y Manabí, siendo las tres

primeras las que posean las mejores condiciones para la producción del cultivo (Peralvo, 2010).

La producción de piña en el Ecuador ha evolucionado favorablemente en la última década gracias a las excelentes condiciones para el cultivo de esta fruta, en el período de 2005 a 2010 se registró un incremento del 6.40% en la superficie cosechada, mientras que la producción de la fruta fresca medida en toneladas métricas ha tenido un crecimiento del 4.09%. (Proecuador.gov.ec, 2013).

Tabla 02.02. Producción de piña en el Ecuador

PRODUCCIÓN DE PIÑA EN ECUADOR		
AÑO	Superficie cosechada	Producción en fruta fresca
	(Ha.)	(Tm.)
2005	5,809	103,511
2006	7,016	118,663
2007	6,648	115,931
2008	7,132	119,442
2009	7,675	124,423
2010	7,922	126,454

Fuente: MAGAP-SIAGRO

Elaboración Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, PRO ECUADOR

2.3.-DESHIDRATACION

La deshidratación es la eliminación del agua de un alimento en forma de vapor mientras es calentado; es uno de los procesos más antiguos de preservación.

En los alimentos deshidratados, debido a la mínima actividad de agua los microorganismos no pueden proliferar y quedan detenidas la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración (Jara Córdova , 2011).

La deshidratación aparte de tener un fin de conservación, disminuye el peso y volumen de los alimentos para un fácil transporte y almacenamiento, con el fin de reducir sus costos (Virutal.unal.edu.co, 2006).

El deshidratado requiere de tres parámetros fundamentales:

- Adición de energía, la que calienta el producto y convierte el agua en vapor.
- La capacidad del aire de absorber el vapor de agua producido por el producto, que depende de la humedad y la temperatura del aire.
- La velocidad del aire sobre la superficie del producto debe ser alta. Principalmente al iniciar el proceso de deshidratación, con el objetivo de sacar la humedad rápidamente (Medrano Carvajal, 2010)

2.3.1.-MÉTODOS DE SECADO

“El secado es un procedimiento muy antiguo y empleado hasta nuestros días, para conservación de los alimentos”. Existen diversos métodos para el secado, sea en forma natural o mecánica. (Muñoz, 1972)

a.- SECADO NATURAL

Si se cuenta con condiciones climáticas adecuadas, baja humedad relativa y temperaturas elevadas, el secado natural requiere poco gasto y es sencillo de realizar.

El producto se extiende en capas delgadas sobre bandejas que se exponen al aire libre durante algunos días, teniendo la precaución de removerlos frecuentemente y de cubrirlos o guardarlos bajo techo durante la noche para evitar que el rocío ennegrezca el producto. (Muñoz, 1972)

b.- SECADO MECÁNICO

En el secado artificial o mecánico, al controlarse las variables del tratamiento, en el lapso de unas horas, es posible obtener un producto homogéneo y de excelente calidad comercial. Hay diversos métodos para deshidratar, que pueden clasificarse, de la siguiente manera: (Muñoz, 1972)

- **Secado por aire caliente**
- **Secado por contacto directo con una superficie caliente.**
- **Secado por aporte de energía de una fuente radiante de microondas.**
- **Liofilización.**

De ellos, el más utilizado es la aplicación de una corriente de aire caliente, el mismo que se usa dentro de la investigación.

Al desecar una fruta con aire caliente, el aire que aplicamos aporta el calor para la evaporación de la humedad y actúa como transporte para eliminar el vapor de agua que se forma en la cercanía de la superficie de evaporación. (Herbotecnia.com.ar, 2013).

2.3.2.- FACTORES QUE REGULAN EL SECADO

El estudio de la adecuada regulación del secado incluye los siguientes factores:

- **Temperatura empleada:** Varía con el alimento y método de secado
- **Humedad relativa del aire:** Varía también con el alimento, método de secado y fase de secado, generalmente es mayor al comenzar la deshidratación.
- **Velocidad del aire.**
- **Duración del secado.**

El control inadecuado de estos factores determina la aparición de endurecimiento externo debido a la rapidez de evaporación de la humedad superficial, dando por resultado una película superficial dura, de aspecto queratinoso e impermeable que impide que el alimento se siga secando. (Frazier, 2003).

2.3.3.- CLASIFICACIÓN DE SECADORES

Existen varias clases de secadores. Los equipos de secado se los ha clasificado, según el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos (Perry Robert O, 2001).

Independientemente del mecanismo de transmisión de calor el cual puede ser por conducción, convección, radiación o una combinación de cualquiera de éstos, el calor tiene que pasar primero a la superficie exterior y desde ésta al interior del sólido. (Tonguino Borja, 2010)

Los equipos utilizados para secar se pueden clasificar también de acuerdo a cualquiera de estas categorías:

a.- MÉTODOS DE OPERACIÓN: CONTINUOS Ó DISCONTINUOS.

En las operaciones continuas pasan a través del equipo tanto la sustancia a secar como el gas.

La operación discontinua en la práctica se refiere generalmente a un proceso semicontinuo, en el que se expone una cierta cantidad de sustancia a secar a una corriente de gas que fluye continuamente en la que se evapora la humedad (Treybal, 1986).

2.3.4.- EQUIPO APLICADO EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: DESHIDRATADOR DE BANDEJAS DE GABINETE CON FLUJO DE AIRE HORIZONTAL EXCALIBUR

De acuerdo a una recomendación encontrada en la página Web de FIAGRO (Fundación para la Innovación Tecnológica Agropecuaria) acerca de los deshidratadores, Excalibur está como los mejores equipos de deshidratación para uso de pequeñas industrias o de laboratorio.

Excalibur es una empresa localizada en Sacramento en el estado de California de los Estados Unidos de Norte América (Vitality4life.es, 2013) **(Anexo 01.01)**.

a.- DESCRIPCIÓN DEL DESHIDRATADOR EXCALIBUR

El deshidratador al que pertenece el modelo Excalibur 3026T, así este es:

- **Adiabático** directo ya que el sólido se encuentra directamente expuesto al aire caliente.
- **De armario o gabinete de bandejas** porque se encuentra conformado por una carcasa en la que se introducen 9 bandejas con el producto a secar.
- **Atmosférico** debido a que no posee ningún tipo de cierre hermético que la deshidratación a presiones bajas.
- **De circulación de aire horizontal**, debido a que el aire caliente por medio de una ventilador es distribuido de atrás hacia delante de la cámara de secado.
- **De Bach**, ya que la entrada del producto no es continúa sino por lotes de producción. (Jacome, 2003)

Las partes que conforman el deshidratador Excalibur son:

1. Switch de encendido y apagado.

2. Cronómetro para el apagado automático ajustable de 26 horas.
3. Control de temperatura en °F y °C.
4. Un ventilador.
5. Resistencias eléctricas como fuente de calor.
6. Malla de protección para el ventilador, control de temperatura, switch y cronometro.
7. Carcasa de plástico reforzado, resistente al calor.
8. 9 bandejas de poli carbonato de 40, 6 cm x 40.6 cm.
9. Puerta removible.

La máquina opera con una corriente eléctrica de 120 voltios. El ventilador funciona con un motor de potencia de 600 watts. (Jacome, 2003)

b.- CÁMARA DE SECADO

La deshidratación se produce en la cámara de secado y se realiza por acción del aire caliente. Está construido de plástico termo estable, es decir que no se deforma por acción del calor.

Para sostener las bandejas cuenta con nueve canales a cada lado de la cámara con dos centímetros de separación uno de otro, construidos de la misma clase de plástico termo estable. Mide 38,5 cm de ancho x 38,5 de largo y 29 cm de alto. (Jacome, 2003)

En la parte posterior de la cámara de secado se encuentran los aparatos de control de temperatura y tiempo, así como cámara de calentamiento y distribución del aire. La cámara de secado es cerrada por una puerta ubicada en la parte frontal de esta. (Jacome, 2003) **(Anexo 01.02)**.

c.- CÁMARA DE CALENTAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DEL AIRE CALIENTE

Se encuentra ubicada en la parte posterior de la máquina donde se genera el aire caliente para la deshidratación. Mide 38.5 cm de ancho por 10 cm de largo y 29 cm de alto.

Las paredes laterales y el piso están contruidos de plástico termo estable, la pared posterior es de una lámina de acero, en la que encuentran los orificios de entrada del aire, 9 de 1 cm de diámetro y 18 de 0.7 cm de diámetro, está separada de la cámara de secado por una malla metálica (Jacome, 2003).

d.- GENERADOR DE CALOR

El aire que entra al proceso es calentado por una resistencia eléctrica, la que se encuentra ubicada en la pared posterior del equipo de forma circular con un diámetro de 16 cm, rodeando las aspas del ventilador. (Jacome, 2003)

(Anexo 01.02).

e.- VENTILADOR

Se encuentra ubicado en la parte posterior media del equipo. Es de tipo hélice, tiene 5 aspas invertidas las que miden en su parte más ancha 6 cm, el diámetro del ventilador es de 16 cm. El ventilador funciona con un motor de potencia de 600 watts. Este gira a favor de las manecillas del reloj y por la ubicación invertida de las aspas provoca un efecto de succión del aire que atraviesa los orificios localizados en la pared posterior del equipo, haciendo que este pase por las resistencias eléctricas para su calentamiento para que luego se dirija con dirección horizontal o paralela hacia la cámara de secado (Jacome, 2003)**(Anexo 01.02).**

f.- PUERTA

Está construida de plástico termo resistente. Se encuentra ubicada en la parte frontal de la máquina, es removible característica que facilita la carga y descarga de las bandejas. Consta de un soporte en la parte superior de 4cm de largo x 38 cm de ancho, provista de dos ganchos que se ajustan a la parte superior de la máquina, colgando la puerta de manera vertical. (Jacome, 2003)

La puerta deja unas aberturas laterales y en la parte superior de esta, lo que permite que salga el vapor de agua producido dentro de la cámara de secado producto de la deshidratación (Jacome, 2003)(**Anexo 01.03**).

g.- APARATOS DE CONTROL

La máquina esta provista de los siguientes aparatos de control:

Termostato

Calibrado para controlar la temperatura de las resistencias eléctricas de 95°F o 35°C a 155°F o 68°C. Ubicado en la parte superior derecha de la máquina. (Jacome, 2003)

Cronómetro

En este se encuentra el sistema de encendido y apagado de la máquina, puede ser calibrado desde 1 hora hasta 26 horas para un trabajo continuo, y el apagado automático del ventilador y las resistencias eléctricas. Ubicado en la parte superior derecha de la máquina. (Jacome, 2003)(**Anexo 01.04**).

h.- BANDEJAS

La máquina dispone de nueve bandejas construidas en policarbonato de plástico resistente al calor, cada una de estas consta de un marco con las siguientes dimensiones 38.5 cm x 38,5cm, sobre el cual reposa una malla plástica, lugar donde el producto a secar es dispuesto de manera uniforme, la

misma tiene unas medidas de 35,5 cm x 35,5 cm, siendo que el área de secado disponible por bandeja es de 0.13 m², y el área total es de 1.13 m² (Jacome, 2003)(**Anexo 01.05**).

i.- FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Terminada la operación de carga de las bandejas en el equipo, se procede a:

1. Conectar la máquina a red eléctrica (120 V).
2. Determinar la temperatura de secado (accionar el termostato).
3. Colocar un termómetro de lectura de temperaturas a la entrada y salida del producto.
4. Colocación de la puerta.
5. Encendido y determinación del tiempo de deshidratación (accionar el cronómetro).
6. Registro del peso de cada bandeja a intervalos de una hora. (Jacome, 2003)

2.3.5.- ALIMENTOS UTILIZADOS EN LA DESHIDRATACIÓN

Los productos frescos deben ser apropiados para la deshidratación y deben alcanzar una calidad conveniente tras su rehidratación. Esto supone la elección de variedades adecuadas y la recolección en el momento correcto de maduración. La elección de la variedad puede depender de características sensoriales, idoneidad para la recolección mecanizada y posterior manipulación, adecuación para la deshidratación y buen rendimiento tras la rehidratación así como también de consideraciones normales tales como del rendimiento, zona de cultivo, resistencia a las infecciones, dureza y fechas de siembra y de recolección. (Arthey, 1992)

La calidad de los productos deshidratados depende de las condiciones del producto en sí antes de ser sometido a la desecación. Para llegar a producir un producto de alta calidad es preciso empezar aplicando unos procedimientos racionales en el cultivo, y recolección. Los frutos destinados a la deshidratación deben ser maduros y presentar buena consistencia. Los frutos que no han alcanzado la absoluta madurez presentarán mal color, mal sabor y mucha pérdida. (Arthey, 1992).

Los productos sometidos a un proceso de deshidratación deben reunir las siguientes características:

- Consistencia uniforme
- Apariencia atractiva, tierna y fresca.
- Capaces de conservar sus condiciones nutritivas después de la deshidratación, y presentar una rehidratación fácil.
- Dar un buen rendimiento.

Los requisitos mínimos que un producto fresco debe reunir para ser sometido a un proceso industrial son:

- Estar enteros y sanos, deberá excluirse todo producto afectado por podredumbre o que esté de tal manera deteriorado que no sea apto para el consumo.
- Limpios, y exentos de materias extrañas visibles.
- Exentos de: plagas, daños causados por temperaturas bajas, de humedad externa anormal excepto la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica, de cualquier olor, sabores extraños, de daños y abrasiones. (CODEX ALIMENTARIUS, 1995)

2.3.6.- TRATAMIENTOS PREVIOS A LA DESHIDRATACIÓN

La preparación previa de los productos a deshidratar requiere de varias operaciones preliminares, estas tiene como fin el mejorar las cualidades particulares de estos, son cinco las razones de pre tratamiento antes de la deshidratación: (SWANSON, 2001).

- a) Preservar el color y sabor
- b) Minimizar las pérdidas de nutrientes.
- c) Detener la descomposición especialmente la causada por acción de enzimas.
- d) Asegurar una deshidratación uniforme.
- e) Extender el tiempo de almacenamiento del producto

Los tratamientos preliminares en su orden de aplicación son:

1. Limpieza.
2. Selección
3. Pelado.
4. Reducción de tamaño o troceado.
5. Prevención del pardeamiento enzimático

2.3.7.- OPERACIONES PRELIMINARES

a.- LIMPIEZA

El lavado es la primera operación esencial para conservar la calidad del producto, fundamental para eliminar los restos de suciedad adheridos a los alimentos y reducir la carga microbiana presente en la misma antes que entre a la línea de proceso, evitando así complicaciones derivadas de la contaminación que la materia prima puede contener. Los contaminantes de los alimentos son: (TERRANOVA, 1995).

- Minerales y productos químicos: Tierra, arena, piedras, grasa, partículas metálicas, residuos de aspersiones y fertilizantes.
- Vegetales, hojas, tallos, semillas de malezas, hilos, partes del mismo producto.
- Animales, insectos, microorganismos, excreciones, larva y huevos.

La limpieza puede realizarse por diferentes métodos como la inmersión, aspersión, flotación, etc. La calidad del agua empleada para esta finalidad es de suma importancia. De preferencia se debe utilizar agua con hipoclorito de sodio a una concentración de 10 ml de solución al 10% por cada 100 litros de agua (TERRANOVA, 1995).

b.- SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Tiene como finalidad separar los productos por tamaño y forma similares, así como separar igualmente los frutos que presenten defectos, como roturas, magulladuras, pudriciones o deformaciones que comprometan su calidad para su procesamiento. (TERRANOVA, 1995)

Se seleccionan productos con diferentes grados de madurez: verdes, pintones, maduros, secos y muy secos para luego clasificarlos según sus características físicas y químicas (TERRANOVA, 1995).

c.- PELADO

Consiste en la remoción de la piel de la fruta u hortaliza. Esta operación puede realizarse por medios físicos como el uso de cuchillos o aparatos similares, también con el uso del calor; o mediante métodos químicos que consisten básicamente en producir la descomposición de la pared celular de las células externas, de la cutícula, de modo de remover la piel por pérdida de integridad de los tejidos (Arthey, 1992).

Esta operación facilita la desecación, mejorando la calidad (Raschieri, 1998).

d.- TROCEADO

Esta es una operación que permite alcanzar diversos objetivos, como la uniformidad en la penetración del calor en los procesos térmicos y la mejor presentación en el envasado al lograr uniformidad en formas y pesos por envase. En el caso específico del secado, el trozado favorece la relación superficie/ volumen, lo que aumenta la eficacia del proceso.

El trozado debe realizarse teniendo dos cuidados especiales. En primer lugar, se debe contar con herramientas o equipos trozadores que produzcan cortes limpios y nítidos, que no produzcan un daño masivo en el tejido, para evitar los efectos perjudiciales de un cambio de color y subsecuentemente un cambio en el sabor del producto. Debe permitir obtener un rendimiento industrial conveniente. Siempre se debe buscar la forma de obtener un trozado que entregue la mayor cantidad posible de material aprovechable. (TERRANOVA, 1995).

e.- EMPAQUE

Los empaques protegen el producto de cualquier deterioro, sea de naturaleza química, microbiológica, biológica o física, durante el almacenamiento, distribución, transporte, venta y conservación en el hogar.

Las características necesarias de los materiales de empaque son:

- **Inocuidad.-** Los materiales de empaque no deben transmitir al contenido ninguna sustancia extraña que posibilite daño a la salud del consumidor o que modifique las características del alimento.
- **Resistencia.-** Deben ser resistentes a la ruptura, al desgarrar, tener apropiada elasticidad y solidez y ser estables a los cambios de temperatura.

- **Impermeabilidad.-** Supone la resistencia al paso de agua, vapor de agua, gases, aromas, grasas y luz. Se selecciona el empaque de acuerdo con la susceptibilidad del alimento y en función del período deseado de conservación. Si el producto es para exportación a la Comunidad Europea (CE) es también importante que el material del empaque sea biodegradable (Corpoica, 2013). Los envases utilizados pueden ser de vidrio, metálicos, de papel, de cartón y de plástico.

f.- ALMACENAMIENTO

La piña deshidratada requiere de un almacenamiento adecuado pues al reducirles el contenido de agua, sus reacciones físico-químicas y los caracteres microbiológicos se encuentran inhibidos en gran porcentaje, siendo por ésta misma característica, muy susceptibles a reactivarse si las condiciones lo permiten (TERRANOVA, 1995).

2.3.8.- EFECTOS DEL SECADO SOBRE LOS ALIMENTOS

Una consecuencia del secado es la evaporación y pérdida de ciertos compuestos o características propias del alimento, que ocurren durante el calentamiento y la eliminación del agua como:

a.- TEXTURA

La principal causa de alteración en la calidad de los alimentos deshidratados por medio de estos sistemas, reside en las modificaciones que éstos provocan en su textura. El tipo de tratamiento previo y la intensidad con la que se aplica; la adición de cloruro cálcico al agua del escaldado, el tipo de intensidad con que se realiza la reducción del tamaño y el pelado, son operaciones que afectan la textura de las frutas y verduras deshidratadas (Cañizares, 2007).

En los alimentos adecuadamente escaldados las pérdidas de textura están provocadas por la gelatinización del almidón, la cristalización de la celulosa y por tensiones internas provocadas por variaciones localizadas en el contenido del agua durante la deshidratación. Estas tensiones dan lugar a roturas y comprensiones que provocan distorsiones permanentes en la célula, relativamente rígidas, confiriendo al alimento un aspecto arrugado (Cañizares, 2007).

En la rehidratación estos alimentos absorben agua más lentamente y no llegan a adquirir de nuevo la textura firme, característica de la materia prima original. La temperatura y la velocidad de deshidratación ejercen un efecto determinante sobre la textura de los alimentos. Por lo general, las velocidades de deshidratación rápidas y las temperaturas más elevadas provocan mayores cambios, que velocidades de deshidratación más lentas y temperaturas más bajas. (Cañizares, 2007)

La evaporación del agua hace que aumente la concentración de los solutos en la superficie.

Las temperaturas elevadas, provocan cambios físicos y químicos complejos en la superficie del alimento que conducen a la formación de una capa superficial dura e impenetrable. Este fenómeno, que se denomina “acortezamiento” (“case hardening”), reduce la velocidad de deshidratación y da lugar a un alimento que es seco en la superficie y húmedo en su interior (Cañizares, 2007).

Este efecto puede minimizarse controlando los parámetros de la deshidratación para evitar que se produzca un gradiente excesivamente elevado entre el contenido en agua de la superficie exterior y el interior. (Cañizares, 2007)

b.- BOUQUET Y AROMA

El calor no sólo provoca el paso del agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento.

La intensidad con la que esta pérdida se produce, depende de la temperatura y de la concentración de sólidos en el alimento, así como de la presión de vapor de las sustancias volátiles y la solubilidad en el vapor de agua. Aquellas sustancias volátiles de difusión y volatilidad relativamente elevadas son las que antes se pierden y son pocos los componentes volátiles que se pierden en fases posteriores. Un adecuado control de las condiciones de deshidratación en las primeras fases del proceso, permite reducir al mínimo estas pérdidas. (Cañizares, 2007)

Una segunda causa importante de las pérdidas de aroma por la deshidratación, la constituye la oxidación de los pigmentos, vitaminas y lípidos durante el almacenamiento. Estas oxidaciones se producen por la presencia de oxígeno, como consecuencia de la estructura porosa que se desarrolla durante la deshidratación. La velocidad a la que estos componentes se deterioran depende de la actividad del agua en el alimento y de la temperatura de almacenamiento. Algunos alimentos, por ejemplo: la zanahoria desarrolla en ocasiones un aroma similar a las flores de violetas, debido a la oxidación de los carotenos a β -iononas. (Cañizares, 2007)

Estos cambios pueden reducirse mediante el envasado al vacío o en atmósferas especiales, almacenando el producto a bajas temperaturas, protegiéndolo de la luz ultravioleta visible, reduciendo su contenido en agua, adicionándole antioxidantes sintéticos o procurando que en el proceso de elaboración los antioxidantes naturales no se destruyan. (Cañizares, 2007)

c.- COLOR

La deshidratación cambia las características de la superficie del alimento y por tanto su color.

Los cambios químicos experimentados por los pigmentos derivados, el caroteno y la clorofila, son producidos por el calor y la oxidación que tienen lugar durante la deshidratación. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos. (Cañizares, 2007)

d.- VALOR NUTRITIVO

La solubilidad de las vitaminas en agua depende de la vitamina en cuestión. A medida que el proceso de deshidratación avanza algunas vitaminas, por ejemplo: la riboflavina, alcanza su sobresaturación y precipitan. Las pérdidas, por lo tanto, son pequeñas. Otras, como el ácido ascórbico, se mantienen disueltas hasta que el contenido de agua del alimento es muy bajo y reaccionan con los solutos a mayor velocidad a medida que el proceso progresa. (Cañizares, 2007)

La vitamina C es también sensible al calor y la oxidación. Por ello, los tiempos de deshidratación deben ser cortos, las temperaturas bajas y durante el almacenamiento, el contenido en agua y la concentración de oxígeno debe también mantenerse bajos para evitar posibles pérdidas que, de lo contrario, podrían llegar a ser importantes. (Cañizares, 2007)

La tiamina también es sensible al calor. Otras vitaminas liposolubles son más estables al calor y a la oxidación, por lo que sus pérdidas durante la deshidratación (sin contar con las que se producen durante el escaldado) rara

vez son superiores a 5- 10%.El contenido de vitamina A y de algunos minerales como el selenio, potasio y magnesio no se alteran por la deshidratación.

Para evitar la pérdida del valor nutritivo de los alimentos deshidratados los tiempos de duración de este proceso deben ser cortos, las temperaturas bajas, así también se debe controlar el contenido en agua y la concentración de oxígeno del producto empacado durante el almacenamiento. (Cañizares, 2007)

2.4.- ACCIÓN DEL AGUA EN ALIMENTOS

El agua es el constituyente más abundante de la mayor parte de alimentos que se encuentran en estado natural, a excepción de los granos. Es por esto que su estudio toma vital importancia en la determinación de la vida útil de un producto, ya que es un medio ideal para que se produzcan toda clase de reacciones, además influye notablemente en las cualidades organolépticas del mismo (Cañizares, 2007).

Pero toda el agua de los alimentos no se encuentra igualmente disponible para que sucedan reacciones, es así que podemos distinguir básicamente dos tipos de agua: libre y ligada.

El agua libre es la que se encuentra disponible para que sucedan todo tipo de reacciones, y es la que principalmente se elimina durante los procesos de conservación.

El agua ligada está mucho menos disponible para todo tipo de reacciones, se encuentra más unida al alimento en interacciones con los componentes del mismo. Sin embargo, el agua ligada puede estar más o menos fuertemente unida, de tal forma que el estado del agua presente en un alimento es tan importante, para la estabilidad del mismo, como su contenido total. (Cañizares, 2007)

Definieron distintos rangos de actividad de agua, en función de cuán unida esté el agua al alimento (Barbosa, 1996).

2.4.1.- CLASIFICACIÓN DE ALIMENTOS POR SU ACTIVIDAD DE AGUA

Tabla 02.03.- Clasificación de alimentos por su actividad de agua

Actividad de agua (aw)	Tipo de Alimento
0 – 0.6	Alimentos Secos
0.6 – 0.9	Alimentos de Humedad Intermedia
0.9 – 1	Alimentos Perecibles (frutas, carne)

Fuente: Barbosa y Vega, 1996. Deshidratación de alimentos

2.4.2.- ESTABILIDAD DEL PRODUCTO VERSUS ACTIVIDAD DE AGUA

La estabilidad de los alimentos tiene estrecha relación con la actividad de agua y su conocimiento es más relevante que el contenido de humedad, ya que es mucho más importante conocer la disponibilidad que tiene el agua en el alimento para que se desarrollen las reacciones de deterioro que el contenido total de la misma. (Coloma Olmedo, 2008)

Entre los factores que pueden disminuir la estabilidad del producto encontramos:

- 1) Cambios microbianos
- 2) Reacciones enzimáticas y no enzimáticas
- 3) Cambios físicos y estructurales
- 4) Destrucción de nutrientes, aroma y gusto.

Sin embargo todas estas reacciones o cambios ocurren a distintas actividades de agua, por lo tanto es necesario hacer un análisis del producto y determinar cuáles de estos factores son los de mayor importancia en la estabilidad del producto. (Coloma Olmedo, 2008)

2.5.- AROMAS

El aroma es un elemento que se detecta a través del sistema olfativo.

Este sistema se basa principalmente en el funcionamiento de la nariz y de todos los sensores que ella posee, encargados de llevar la información al cerebro para que este la procese y pueda identificar el tipo de aroma que se hace presente (Definicionabc.com, 2013).

El aroma es la impresión combinada de olor y sabor sobre los órganos sensoriales (Belitz, 1987).

Los aromas dan un alto valor organoléptico al alimento a la vez que aportan el efecto de apetencia y apoyan al sistema digestivo.

La calidad de un aroma, a menudo determina la aceptabilidad del alimento (Sulc, Fruit juice concentration and aroma separation, 1984).

Los compuestos responsables de sabor son en general no volátiles a temperatura ambiente e interaccionan con los receptores gustativos existentes localizados en las papilas gustativas.

El aroma típico de un alimento o bebida viene descrito por todas las sustancias volátiles presentes que es normalmente una mezcla de cientos de compuestos de un amplio espectro de estructuras moleculares, puntos de ebullición y solubilidades (por ejemplo ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas, hidrocarburos, aminas, y mercaptanos) (Bomben , Briun, Thijssen, & Merson, 1973).

La formación de los compuestos responsables del aroma de los frutos está condicionada por numerosos factores externos e internos.

La concentración más baja de un compuesto que puede ser percibida por su olor o sabor se conoce como concentración umbral. Las concentraciones umbral dependen de la presión de vapor del compuesto, la temperatura y la composición del medio. (Bomben , Briun, Thijssen, & Merson, 1973)

2.5.1.- UMBRAL DE OLOR

Umbral de olor de un compuesto, es la mínima concentración presente en el ambiente que el olfato es capaz de detectar. Esto indica que puede haber compuestos que a pesar de encontrarse en altas concentraciones no son detectables por el olfato humano y viceversa (Correa Hernando, 2003).

Los alcoholes son los que presentan umbrales de olor más altos, de forma que, por ejemplo, para detectar el etanol se necesita la presencia en el ambiente de cómo mínimo 100 ppm, mientras que sólo 0.1 ppb de butirato de etil-2metileno nos permiten detectar este compuesto, siendo así los ésteres los que presentan umbrales de olor más bajos. (Correa Hernando, 2003)

La determinación del umbral de olor para distintos compuestos se realiza utilizando paneles sensoriales.

El umbral de olor de cada compuesto puede variar ligeramente en la bibliografía, ya que los métodos de estimación y la muestra de partida pueden diferir de unas fuentes a otras, en cualquier caso este parámetro sirve como indicador de la contribución relativa de cada compuesto en el aroma global de la fruta, de forma, que a menor umbral, mayor contribución al aroma. (Correa Hernando, 2003)

Como sustancias aromáticas sólo se consideran los compuestos volátiles cuya concentración en el alimento es superior a su concentración umbral.

Los constituyentes del aroma particularmente importantes son aquellos responsables del aroma característico del alimento, los llamados compuestos impacto. De acuerdo a la presencia de estos compuestos clave, los alimentos se pueden clasificar en 4 grupos que son recogidos en la siguiente tabla (Diban Gómez, 2008).

Tabla 02.04.-Grupos de alimentos por clasificación aromática.

Grupos de alimentos por clasificación aromática. Compuestos aromáticos de diversas frutas	
Grupo 1: El aroma es determinado por un compuesto característico (“characterimpactcompound”).	
Ejemplo:	
Plátano	Isopentilacetato
Pera	Trans-2-cis-4-decadienoato (metil-,etil-y ésteres superiores)
Uva (Concord)	Metilantranilato
Limón	Citral
Grupo 2: El aroma es determinado por unos pocos compuestos, uno de los cuales (“characterimpactcompound”) puede infundir mayor carácter. Ejemplo:	
Manzana (Delicias)	Etil-2-metilbutirato, hexanal, trans-2-hexenal
Frambuesa	1-(p-hidroxifenil)-3-butanona, cis-3-hexen-1-ol, damascenona, α -ionona, β -ionona
Grupo 3: El aroma puede ser reproducido satisfactoriamente sólo con un número elevado de compuestos. En general falta un “characterimpactcompound”, Ejemplo:	
Fruta de la pasión	Etilbutirato, etilhexanoato, hexilbutirato, hexilhexanoato
Melocotón	γ -Lactona (C6, C8, C10) – δ lactona (C10), varios ésteres, alcoholes, ácidos, benzaldehídos.
Grupo 4: El aroma no ha podido ser reproducido satisfactoriamente ni con una mezcla de numerosos compuestos. Ejemplo:	
Fresa	una lista de varios hidrocarburos, alcoholes, aldehídos y cetonas.

Fuente: Nazely Diban Gómez, Tesis Doctoral: “Separación de aromas en etapas del procesado de zumo de frutas y bebidas”. Pag.8. 2008.

A continuación una mejor explicación del cuadro:

Compuestos impacto del aroma son aquellos cuya nota olfativa individual es el olor característico del fruto bajo estudio, mientras que compuestos contributivos son el resto de los volátiles que matizan y enriquecen la mezcla aromática para conseguir el aroma global característico del fruto.

Se puede encontrar que el aroma de un fruto está definido por un único compuesto impacto, como el citral en el limón, caracterizado generalmente por un umbral de olor muy bajo, este es el caso del aldehído nona-2,6 dional que con un umbral de olor de 0.0001 ppm es el compuesto impacto del pepino.

(Introduction to Ecological Biochemistry Feeding Preferences of Vertebrates, Including Man) En otros frutos son varios los compuestos impacto del aroma, es el caso del plátano con los acetatos de etilo e isoamilo o el de la fresa con tres compuestos impacto el butanoato, 2-metil butanoato y hexanoato de etilo (Diban Gómez, 2008).

Incluso hay frutos en los que no se ha descrito ningún compuesto impacto, como por ejemplo el albaricoque en el que ninguno de los compuestos volátiles aislados posee separadamente el aroma característico del fruto, si no que su aroma es debido a una respuesta integrada hacia el conjunto de los compuestos volátiles contributivos de su aroma siempre y cuando se encuentren en las proporciones adecuadas (Diban Gómez, 2008).

Por tanto, no hay que olvidar que la importancia relativa de cada compuesto individual en el aroma no puede ser juzgada exclusivamente a partir de los datos obtenidos sensorialmente y por su valor aromático, si no que es necesario valorar las complejas interacciones que tienen lugar entre los distintos componentes volátiles de una mezcla aromática, ya que no se puede considerar el aroma como una sensación puramente aditiva (Diban Gómez, 2008).

Estas interacciones son las que explicarían, por ejemplo, la distinta incidencia sensorial del acetato de isoamilo en plátano y fresa. En el plátano este es un compuesto impacto cuya nota aromática es descrita como olor a plátano, sin embargo en la fresa, esta misma nota aromática parece diluirse en el resto de los componentes de la mezcla que ejercerían un efecto antagónico sobre él que reduciría su incidencia sensorial (Diban Gómez, 2008).

Las características generales del aroma de un alimento se pueden resumir como:

1. Los aromas producen una respuesta en el sentido olfativo del ser humano.
2. Están presentes en muy bajas concentraciones en los alimentos.

Son todos compuestos orgánicos, pero no están limitados a un grupo funcional específico (Diban Gómez, 2008).

2.5.2.- TIPOS DE AROMAS

a.- NATURAL

Los aromas naturales se obtienen por procedimientos físicos, incluida la destilación y extracción por disolventes o por procedimientos enzimáticos o microbiológicos y por tanto, a partir de materias primas vegetales o animales (Diban Gómez, 2008).

b.- IDÉNTICO AL NATURAL (I.N.)

La industria de los aromas aprendió a analizar las moléculas que configuran un aroma. Si se conoce la estructura química de un determinado aroma y se utiliza el material apropiado, puede ser obtenida por síntesis química o aislada por procesos químicos (Diban Gómez, 2008).

De esta manera, se copia exactamente la estructura química de la molécula y se puede fabricar de forma industrial en una planta química.

El resultado es un compuesto idéntico a la sustancia natural, ya sea de origen vegetal o animal, por lo que es imposible distinguir un aroma “natural” de uno “idéntico al natural” en lo que respecta al sabor y la estructura química (Diban Gómez, 2008).

c.- ARTIFICIAL

Tras analizar las moléculas que definen un sabor determinado, es posible modificar dichas moléculas a fin de reforzar y mejorar el sabor. Así, se obtiene de forma química una molécula que no es químicamente idéntica a la natural pero que tiene el aroma deseado (Diban Gómez, 2008)

2.5.3.- AROMA DE LA FRUTA

El consumo de fruta fresca es dependiente de la calidad de la fruta (Baldwin, Fruit Flavor, volatile metabolism and consumer perception , 2002). La calidad de la fruta fresca incluye muchos aspectos como la apariencia, color, textura, aromas y valor nutricional (Kader, 2002).

Entre ellos, el aroma es uno de los rasgos de calidad más importantes para la fruta fresca (Dirinck, Hulme, Maarse, & Reneccius, 1989,1971,1991,2006) .

Los aromas de las frutas se componen de azúcares, ácidos, sales, compuestos amargos tales como alcaloides o flavonoides, y aroma volátiles (Dirinck, Salunkhe, & Song y Forney, 1989, 1976, 2008).

Los aromas de fruta fresca se determinan por el sabor y el aroma (olor - compuestos activos). La contribución de olor - compuestos activos de la fruta ha ganado cada vez más atención debido a que estos compuestos son importantes para los aromas característicos de frutas (Baldwin, Fruit Flavor, volatile metabolism and consumer perception , 2002) (Bruckner, 2008)

Los compuestos volátiles de las frutas son diversos, que consta de cientos de diferentes compuestos químicos que comprenden sólo el 10 - 7 - 4 % del peso de la fruta fresca (Berger & Bruckner, 2007,2008). Aunque estos volátiles compuestos se producen en pequeñas cantidades, pueden ser detectados por olfato humano.

La diversidad es parcialmente responsable de los aromas únicos que se encuentran en diferentes especies frutales (Baldwin , Dixon y Hewett, Fellman, Forney, Song, & Forney, 2002, 2000, 2007).

a.- ESTRUCTURA QUÍMICA

Varios tipos de frutas frescas producen distintos perfiles volátiles. Los compuestos volátiles, que son producidos por las frutas frescas, se componen principalmente de diversas clases de químicos, incluyendo ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas, lactonas, y terpenoides (Song & Forney, 2008).

Sin embargo, algunos compuestos de azufre, tales como la S -metil butanol, 3-(metil) propanal, acetato de 2 - (metil) acetato de etilo, acetato 3 - (metil) propanol de etilo, y 3 - (metil) acetato de propilo, también contribuyen al aroma de frutas como en los melones (Song & Forney, 2008).

A pesar de un abrumador número de compuestos químicos han sido identificados como compuestos volátiles en agua dulce de fruta, sólo una fracción de estos compuestos, en base a su abundancia cuantitativa y umbrales olfativos (Cunningham, Barry, Schieberle, & Wyllie, 1986, 1990, 1995).

2.5.4.- CLASIFICACIÓN DE LOS COMPUESTOS VOLÁTILES DE AROMAS DE FRUTAS SEGÚN SU FORMACIÓN.

a.-BIOGÉNESIS

Los compuestos volátiles forman el aroma de la fruta, se producen a través de muchas vías metabólicas durante la maduración del fruto y el almacenamiento poscosecha, y dependen de muchos factores relacionados con la especie, la variedad, el clima, la producción, la madurez, pre - y el manejo poscosecha. (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010)

Para la mayoría de las frutas, la producción de volátiles está estrechamente relacionada a la maduración de la fruta. Como productos directos de una vía metabólica o como resultado de las interacciones entre las vías o productos finales, los compuestos volátiles pueden ser clasificados por la biogénesis en: ácidos grasos (FAS), aminoácidos, glucosinolatos, terpenoides, compuestos fenólicos, y afines (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Sin embargo, desde el punto químico la caracterización de los volátiles puede ser considerada bien como ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas, lactonas, y terpenoides. (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010)

A Continuación se muestra una tabla de los compuestos volátiles presentes en los aromas de frutas:

Tabla 02.05.-Compuestos volátiles presentes en los aromas de frutas

ESTERES	ALCOHOLES	ALDEHÍDOS	CETONAS	LACTONAS	TERPENOIDES
Butil acetato	Alcohol Bencilico	Acetaldehído	2,3Butanodiona	α Butirolactona	β -Cariopilleno
Butilbutanoato	Butan-1-ol	Benzaldehído	β -Damsenona	α Decalactona	1,8- Cineole
ButilHexanoato	(E)- alcohol cinnamil	(E)- Cinnamalaldehído	Eucaliptol	δ -Decalactona	Citral
Butil-2-metilbutanoato	1-Hexanol	(E.E)-2,4-decadienal	Eugenol	δ -Dodecalactona	β -Damascenona
Butilpropanoato	(E)-2-Hexenol	Hexanal	2- Heptanona	δ -Dodecalactona	Dihidroedulan
Etil acetato	(z)-3-Hexenol	(E)-2-Hexenal	4-(p-Hidroxypentil)-2-butanona	Alfa Jasmolactona	Farnesil Acetato
EtilButanoato	1- Octanol	(Z)-3-Hexenal	3-Hidroxy-2-butanona	α Octalactona	Geraniol
Etil 9-decanoato	(Z)-6-nonenol	(Z)-3-Hexenal	β -Ionona	δ -Octalactona	Hotrienol
Etilhexanoato	Hexan-1-ol	Nonanal	Linalool		α -Ionona
Etil 2-metilbutanoato	(Z,Z)-3,6-nonadienol	(Z)-6-nonanal	6-Metil-5-heptene-2-ona		B-ionona

Etil 3- metilbutanoat o	1-Fenil etanol	(E,Z)-2.6- nonadienal	Nerolidol	Limoneno
Etil 2- metilpropanoa to	2-Fenil etanol	(E)-2-nonanal	1-Octen-3-nona	Linalool
Etil 2-metil butanoato		Fenilacetaldehíd o	2-Pentanona	Mirceno
Etilpropanoat o			(Z)-1,5-octadien-3- nona	Nerol
Etilnonanoato				Alfa-Felandreno
Etil-2-hexenil acetato				β-Pineno
Etil-3-hexenil acetato				β-Pineno
Hexil acetato				Terpinen-4-ol
Hexilbutanoat o				α-Terpineol
Hexilpropano ato				Terpinoleno
Hexil-2- metilbutanoat o				α-Farenseno
Metil acetato				
Metilcinamato				
Metilbutanoat o				
Metilhexanoat o				
Metilnonanoat o				
Metiloctanoat o				
Metil-2- metilbutanoat o				
Metil-3- metilbutanoat o				
2-Metilbutil acetato				
3-Metilbutil acetato				
2 Metilpropil				

acetato
(z)-6-nonenil acetato
(z.z)-3,6-nonadienil acetato
Pentil acetato
Bencil acetato
Propil acetato
Propil-2-metil butanoato

Fuente: (Yueming & Song, 2010).

b.- LOS COMPUESTOS VOLÁTILES FORMADOS A PARTIR DE ÁCIDOS GRASOS

Los ácidos grasos son precursores de un gran número de compuestos volátiles. Muchos de ellos impactan de forma importante en las características de los aromas. Son compuestos responsables del aroma de la fruta fresca. Estos compuestos son por lo general una recta de carbonos en la cadena que oscilan entre C 1 a C 20. (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

La degradación de los ácidos grasos se produce principalmente por las tres rutas oxidativas diferentes : (1) α - y β - oxidación , (2) la oxidación por la vía de la lipoxigenasa , y (3) la auto-oxidación. (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010)

c.- LOS COMPUESTOS VOLÁTILES FORMADOS A PARTIR DEL METABOLISMO DE ÁCIDOS AMINOÁCIDOS

El metabolismo de los ácidos Amino generan compuestos aromáticos, alifáticos, ramificados, alcoholes de cadena, ácidos, carbonilos y ésteres que son importantes para el aroma de la fruta (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Unos compuestos volátiles pueden ser producidos por la acción de sistemas enzimáticos en los aminoácidos.

Los principales tipos de compuestos volátiles formados a partir de la interacción de los aminoácidos y azúcares incluyen aldehídos , pirazinas alquilo , alquilo tiazolinas y tiazoles, y otros heterociclos a partir de la degradación de Strecker Maarse (1991) .

Los aminoácidos son precursores para algunos compuestos alifáticos ramificados tales como 2 - metil - 1 - butanol y 3 - metil - 1 - butanol que se forma durante el catabolismo de aminoácidos. (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

d.- LOS COMPUESTOS VOLÁTILES FORMADOS A PARTIR DEL METABOLISMO DE CARBOHIDRATOS

Una gran variedad de aromas volátiles se puede remontar a metabolismo de los carbohidratos . A medida de las necesidades de la planta, por ejemplo, lípidos y aminoácidos, casi todos los aromas de plantas vienen indirectamente de metabolismo de los carbohidratos. (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010)

Sin embargo, hay algunos componentes aromáticos que vienen directamente del metabolismo de los carbohidratos (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

e.- LOS COMPUESTOS VOLÁTILES DERIVADOS DE TERPENOS

Los terpenoides están ampliamente distribuidos entre las frutas. Hay dos tipos principales de terpenos que pueden contribuir significativamente al aroma de la fruta : (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010)

- (1) monoterpenos y sesquiterpenos
- (2) irregulares terpenos, principalmente producidas por las vías catabolísticas y / o auto-oxidación.

Los monoterpenos y sesquiterpenos se forman principalmente por los procesos anabólicos y, por lo tanto, están presentes en el tejido vegetal intacto. Sin embargo, la formación de algunos terpenos irregulares no pueden ser explicados por las vías anabólicas en algunas frutas. Los terpenoides son

principalmente productos de la degradación de la oxidación de los carotenoides (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

f.- LOS FENOLES Y COMPUESTOS RELACIONADOS

Un gran número de fenoles volátiles y compuestos relacionados se producen en las frutas, algunas de las cuales son compuestos de aroma potentes.

La mayoría de los fenoles volátiles y compuestos relacionados se forman principalmente a través de la ruta del ácido shikímico y están presentes ya sea como agliconas libres o glucósidos unidos que pueden ser liberados por hidrólisis enzimática (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Generalmente fenoles volátiles y compuestos relacionados con benceno - derivados sustituidos con metoxi y grupos fenólicos, a menudo con un grupo alilo, un grupo vinilo, o un grupo aldehído (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Compuestos aromáticos comunes de este grupo son el eugenol, vainillina, miristicina, apiol, elemicin, y benzaldehído (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

2.5.5.- COMPUESTOS VOLÁTILES Y SU CARACTERÍSTICA BIOLÓGICA EN FRUTAS

Como se describió anteriormente, lípidos, hidratos de carbono, proteínas, y los aminoácidos se convierten enzimáticamente en compuestos volátiles. La caracterización de las sustancias volátiles de fruta puede ser muy complicado debido a varios factores que influyen, como cultivos, madurez de frutas, tratamiento post-cosecha, (fruta , ya sea fruta intacta, rebanada u homogeneizada), y las técnicas analíticas (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Los volátiles pueden ser consideradas bien como compuestos "secundarios" "primarios" o, indicando si estaban presentes en tejido de la fruta intacta o producidos como resultado de la interrupción de tejido.

Cabe señalar que el análisis de las sustancias volátiles de tejidos de la fruta ya sea intactos o interrumpido influyen en el aroma. perfiles e interpretación del aroma (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

2.5.6.- COMPUESTOS VOLÁTILES EN LA PIÑA

La piña es una de las frutas tropicales más populares. Se reconoce como fruta muy aromática, que se puede encontrar en casi cualquier mercado en todo el mundo (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Los estudios sobre el aroma de piña han sido desde hace muchos años no siempre especificado con sus alimentos procesados .

Para el año 2005 , cerca de 380 componentes volátiles se habían reconocido en el aroma de piña, incluyendo alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, lactonas, terpenos y terpenoides, hidrocarburos , lactonas, y otros, sin embargo, sólo algunos de ellos han sido identificados como contribuyentes al aroma de piña. (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Sus constituyentes de aroma pueden variar según la estación, cultivo, madurez, el procesamiento, condiciones, control de etileno, la temperatura, los tratamientos químicos, atmósfera modificada, y los factores de pre-cosecha , la oferta de carbono, la escasez de agua, la luz y estrés biótico (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010) .

En relación a diferentes frutos, la piña ocupa un lugar preponderante en la generación de compuestos volátiles que la hacen muy apreciable por esas características. Se sabe actualmente que contiene diversos tipos de compuestos alifáticos, acetaldehído y otros aldehídos, ácido acético y otros ácidos, hidroxí y acetoxi ésteres, tio ésteres, alcoholes, alcanóolidos, terpenos, compuestos fenólicos y o-heterocíclicos (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Posee también estructuras sesquiterpenoides. En menor proporción contiene 3,5-undecatrieno y el análogo (Z)-8-tetraeno siendo responsables de la fragancia de la fracción no polar (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Parece ser que algunos ésteres como el 2-metilbutanoato y el hexanoato imparten las notas frutales básicas, también contribuyen algunos hidrocarburos insaturados, furanonas sustituidas y alcanóolidos. Las altas concentraciones de metil y etil 3-metiltiopropanoato son específicas del sabor a piña, pero estos compuestos provocan confusión o impresión de olores a piña muy madura cuando se agregan jugo de piña sin procesar (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Todas estas sustancias combinadas en concentraciones muy bajas promueven olores de fruta fresca recién cortada. La desintegración de la pulpa de la fruta sin inactivar la acción enzimática provoca una rápida disminución en las concentraciones de undecaeno (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

En 1989 Takeoka reportó una importante contribución para el aroma de la piña fresca con 4-hidroxi-2,5-dimetil 3-furanona, metil -2- metilbutanoato, etil -2- metilbutanoato, etil acetato, etil hexanoato, etil butanoato, etil-2- metilpropanoato, metil hexanoato y metil butanoato (Yong, Ming Sun, Liu, Yang, Zhao, & Bin Wei)

El Aroma de las frutas es un aspecto importante de la calidad . Muchos compuestos son responsables de los aromas frutales que tienen olores fuertes de penetración con valores de umbral bajo.

Los avances en la identificación y cuantificación de compuestos volátiles mediante un mejor análisis y técnicas en varias frutas han aumentado considerablemente nuestro conocimiento sobre aromas de la fruta (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Los avances en la biogénesis de los compuestos volátiles en las frutas frescas tienden también a mejorar nuestra comprensión actual, sin embargo, el conocimiento de la bioquímica, vías y los pasos que regulan clave de la síntesis

de estos compuestos volátiles es todavía incompleta (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Cumpliendo con las necesidades de los consumidores para mejorar la calidad del aroma de la fruta en las plazas para el beneficio de los consumidores y frutas para la industria (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

2.5.7.- ANÁLISIS DE AROMAS

Hay dos tipos de técnicas:

- 1.-Químicos
- 2.- Sensorial

El análisis sensorial considera el producto alimenticio como un todo y da una impresión total, aunque algunas de sus técnicas - tales como análisis descriptivo cuantitativo (QDA) puede proporcionar una descripción de los principales atributos que contribuyen el aroma de la comida (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

Obviamente, como el instrumento de medición es un grupo de catadores, es subjetiva, a pesar de que trabaja con técnicas estandarizadas y precisas.

Con un buen panel analítico, la subjetividad se reduce, y es posible obtener resultados reproducibles (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

El análisis químico depende de las técnicas de muestreo y las de separación antes de las determinaciones y, además, hay que recordar que algunos compuestos que producen respuestas grandes carecen de olor. Por lo tanto, las técnicas instrumentales son complementarias a los sensoriales, y de gran valor, ya que pueden proporcionar la identificación de algunos de los componentes de mayor impacto en el aroma (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

A continuación el análisis a realizar en la presente investigación:

a.- EL ANÁLISIS QUÍMICO

Los componentes del aroma de un producto alimenticio se distribuyen en su matriz, los procedimientos para aislar y concentrar son complicados. La mayoría de las técnicas utilizadas en el aislamiento del aroma permite aprovechar bien la solubilidad o la volatilidad de los aromas.

Inherentemente, los compuestos de los aromas deben ser volátiles a ser detectados, por lo que es lógico que la volatilidad es una base común para la separación de una matriz alimentaria los componentes del aroma de un producto alimenticio se distribuyen en su matriz, los procedimientos para aislar y concentrar son complicados (Y.H.HUI & Nimalk Sinha, 2010).

La mayoría de las técnicas utilizadas en el aislamiento del aroma permite aprovechar bien la solubilidad o la volatilidad de los aromas.

2.5.8.- MÉTODOS DE SEPARACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE VOLATILES

Tabla 02.06.- Diferentes métodos de separación y concentración de volátiles

MÉTODOS SIN CONCENTRACIÓN	MÉTODOS CON CONCENTRACIÓN	OTROS
Inyección Directa	Destilación – extracción simultáneos	Extracción con solventes
	Extracción de fluido supercrítico	Membranas
	Microextracción de fase sólida	
	Espacio de cabeza	

Fuente: (Morales, Aparicio, & Guitérrez, Técnicas de aislamiento y concentración de volátiles de aceites vegetales., 1992)

De acuerdo con las primeras dos secciones, hay dos grandes grupos: métodos de aquellos que no involucran concentración y los que implican la concentración (Morales, Aparicio, & Guitérrez, Técnicas de aislamiento y concentración de volátiles de aceites vegetales., 1992).

Los métodos existentes, y próximos, se dará una breve descripción de los más utilizados:

a.- MÉTODOS SIN CONCENTRACIÓN

- **INYECCIÓN DIRECTA**

Esta es la técnica más simple para el análisis de compuestos volátiles y requiere la menor manipulación de la muestra. Fue desarrollado para el análisis de lípidos (Morrison, Lyon, & Robertson, 1981) Como se describe por Dupuy y otros (1973), que consiste en la introducción de una pequeña cantidad de muestra en un tubo cargada con lana de vidrio a la entrada del inyector. La muestra se calienta a una especificaciones de temperatura y purgado.

En el que un tubo de vidrio que contiene la muestra se introduce en un bloque de entrada externa conectada, se somete a cromatografía. Los compuestos se aíslan en el bloque y se purga a la columna (Morrison, Lyon, & Robertson, 1981).

b.- MÉTODOS CON CONCENTRACIÓN

- **DESTILACIÓN Y EXTRACCIÓN SIMULTÁNEA**

Este método utilizado fue presentado por Likens y Nickerson en 1964 (Rujks 1983). La muestra, diluida en agua, y destilada en el disolvente separado y se condensan en la misma zona de extracción; Las dos fases se separan a continuación y se reciclan (Godefroot, Sandra, & Verzele, 1969)

El método tiene varias ventajas: que utiliza pequeñas cantidades de disolventes, reduce la introducción de contaminantes, se obtiene una alta concentración de compuestos volátiles en un corto período de tiempo, y minimiza la degradación térmica por trabajo a presión reducida (Matos & Carbonell, 1990). Su desventaja es que no es adecuado para compuestos volátiles.

- **EXTRACCIÓN DE FLUIDOS SUPERCRÍTICOS (SFE)**

Estudios recientes muestran que el uso de los fluidos supercríticos ofrece una poderosa alternativa a las técnicas de extracción tradicionales.

En los últimos años, SFE ha sido aplicado en la extracción de aceites de semillas pero rara vez en el estudio de la fracción volátil de otros productos alimenticios. Uno de los principales problemas en el análisis de las sustancias volátiles es fugas, que pueden causar la pérdida de parte de los compuestos responsables del aroma del producto alimenticio (Morales, Aparicio, & Alonzo, Analysis of virgin olive oil aroma SFE-GC-MS , 1998).

- **MICROEXTRACCIÓN EN FASE SÓLIDA (SPME)**

Esta es la técnica aplicada más recientemente en el análisis de compuestos volátiles. Grupo Pawliszyn's (2001) fueron los primeros a desarrollar el método de SPME y la aplicaron al análisis ambiental, se ha convertido en una técnica ampliamente utilizada para el análisis de compuestos volátiles en alimentos (Harmon & Marsili, 1997) presentó una revisión respectivamente, de esta técnica.

La técnica emplea una fibra de material adsorbente, colocado dentro de una aguja modificada cromatográfica, para aislar y concentrar los compuestos.

La fibra es posicionada en el espacio de cabeza de la muestra durante un tiempo específico. Los compuestos volátiles se difunden y se distribuyen en el recubrimiento de polímero en función (Harmon & Marsili, 1997).

La fibra se elimina de la muestra y se coloca en el inyector de GC, donde los compuestos son desorbidos térmicamente. En los últimos años, este método se utiliza para analizar la fracción volátil de muchos (Belliardo, Bicchi, Cordero, Liberto, & Sgorbini, 2006).

- **MÉTODO UTILIZADO EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:
ESPACIO DE CABEZA**

Con la técnica denominada “espacio de cabeza” se pueden determinar indirectamentecompuestos volátiles en muestras líquidas o sólidas, mediante el análisis de la fase vapor que está en equilibrio termodinámico con la muestra en un sistema cerrado (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998). La técnica puede dividirse en: espacio de cabeza estático y espacio de cabeza dinámico.

El análisis por espacio de cabeza en cromatografía de gases se utiliza fundamentalmente para la determinación de trazas de compuestos volátiles, en muestras que son difíciles de analizar mediante cromatografía de gases convencional, por lo que encuentra aplicación en multitud de áreas analíticas,tales como en el control del medio ambiente, higiene industrial y toxicología (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998).

Los aromas de los alimentos tienen una gran importancia en la estimación de su calidad. Ciertos compuestos volátiles, que se pueden determinar satisfactoriamente por análisis de espacio de cabeza, son los principales responsables del aroma especial de determinados alimentos (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998).

ESPACIO DE CABEZA ESTÁTICO

Desde el punto de vista experimental, la técnica de espacio de cabeza es muy simple. La muestra se coloca en un vial de vidrio de tamaño apropiado y se cierra con un septum (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998).

El vial se mantiene a una temperatura determinada y cuando se establece el equilibrio se retira una porción de la fase gas, por procedimientos manuales con una jeringa o mediante un sistema automático de dosificación, en el que penetra una aguja hipodérmica, a través del septum en la fase gas del vial, que se mantiene a presión, siendo los componentes volátiles de la muestra conducidos hacia la entrada de la columna, hasta que se iguala la presión en esta zona con la existente en el interior del vial (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998).

Cuando el espacio de cabeza automático se utiliza con columnas capilares, se recomienda el uso de un gas portador viscoso tal como helio y columnas capilares de larga longitud (independientemente de la resolución necesaria para la separación), con el fin de generar una diferencia de presión lo suficientemente alta para la operación satisfactoria del muestreador automático (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998).

Resulta evidente que mediante análisis por espacio de cabeza no podrán determinarse solutos con baja presión de vapor. Las principales fuentes de error en esta técnica están generalmente relacionadas con la adsorción del compuesto en el septum o análisis prematuros de los sistemas que se equilibran lentamente (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998).

En algunos casos, tales como muestras sólidas insolubles o aquellas en las que para el calibrado resulta difícil obtener una duplicación de la matriz, se recomienda el método de extracción múltiples por espacio de cabeza, en donde, después de cada extracción, la muestra es reequilibrada y de nuevo se extrae una fracción del vapor para ser analizada por cromatografía de gases (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998).

ESPACIO DE CABEZA DINÁMICO

Las sustancias que están en bajas concentraciones o tienen coeficientes de partición desfavorable no pueden determinarse fácilmente por el método de espacio de cabeza estático. En este caso, mediante el análisis por espacio de cabeza dinámico, puede conseguirse un enriquecimiento de los componentes volátiles y alcanzar, de este modo, el límite de detección del sistema cromatográfico (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998).

El método de espacio de cabeza dinámico es una modificación simple del método de espacio de cabeza estático, en el que una corriente de gas inerte (helio o nitrógeno) arrastra los componentes volátiles de la muestra y los hace pasar a través de un adsorbente o trampa criogénica, donde quedan retenidos (Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez, 1998) **(Anexo 01.06)**.

2.6.- CROMATOGRAFÍA

La cromatografía es un método físico de separación para la caracterización de mezclas complejas, la cual tiene aplicación en todas las ramas de la ciencia (es.wikipedia.org, 2013).

Es un conjunto de técnicas basadas en el principio de retención selectiva, cuyo objetivo es separar los distintos componentes de una mezcla, permitiendo identificar y determinar las cantidades de dichos componentes.

La cromatografía puede cumplir dos funciones básicas que no se excluyen mutuamente: (es.wikipedia.org, 2013)

- Separar los componentes de la mezcla, para obtenerlos más puros y que puedan ser usados posteriormente (etapa final de muchas síntesis).
- Medir la proporción de los componentes de la mezcla (finalidad analítica). En este caso, las cantidades de material empleadas son pequeñas (es.wikipedia.org, 2013).

2.6.1.- CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS CROMATOGRÁFICOS

La fase móvil puede ser un gas o un líquido, mientras que la fase estacionaria sólo puede ser un líquido o un sólido dando lugar a la **cromatografía de gases y a la cromatografía líquida** (Gomis Yagüez, 2008).

En la cromatografía líquida, cuando la separación involucra predominantemente un reparto simple entre dos fases líquidas inmiscibles, una estacionaria y la otra móvil, el proceso se llama cromatografía líquido-líquido (LLC) (Gomis Yagüez, 2008).

Cuando en la aptitud retentiva de la fase estacionaria intervienen principalmente fuerzas físicas de superficie, el proceso se denomina cromatografía líquido-sólido (LSC, de líquido-sólido cromatografía) (o de adsorción) (Gomis Yagüez, 2008).

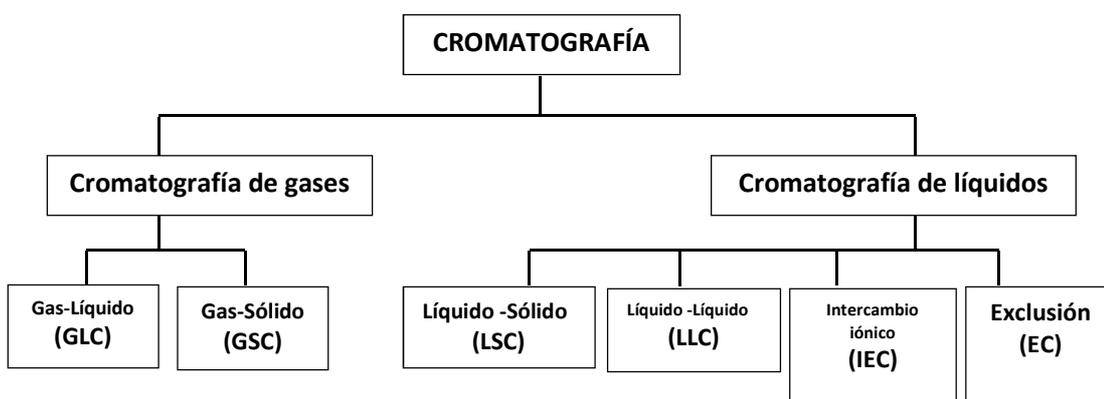
Otros dos métodos de cromatografía líquida difieren un poco en su modo de acción, En cromatografía de intercambio iónico (IEC, de ionic-exchange chromatography), los componentes iónicos de la muestra se separan por el intercambio selectivo con contra iones de la fase estacionaria (Gomis Yagüez, 2008).

En cromatografía de exclusión (EC, de exclusión chromatography), la fase estacionaria proporciona una clasificación de moléculas basadas en su mayor parte en la geometría y el tamaño molecular. Este método también se llama

cromatografía de permeación en gel, en la química de los polímeros, y de filtración en gel, en la bioquímica (Gomis Yagüez, 2008).

Cuando la fase móvil es un gas, los métodos se llaman cromatografía gas-líquido (GLC), y cromatografía gas-sólido (GSC) (Gomis Yagüez, 2008).

Tabla 02.07.- Métodos Cromatográficos



Fuente: (Gomis Yagüez, 2008)

2.6.2.- CROMATOGRAFÍA DE GASES

La cromatografía de gases es una técnica cromatografía en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatografía.

La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interactúa con las moléculas del analito, su única función es la de transportar el analito a través de la columna (es.wikipedia.org, 2013).

Existen dos tipos de cromatografía de gases (GC):

La cromatografía gas-líquido (GLC) y cromatografía gas-sólido (GSC).

Siendo esta última la que se utiliza más ampliamente, y que se puede llamar simplemente cromatografía de gases (GC) (es.wikipedia.org, 2013)

Un cromatógrafo de gases consiste en el acoplamiento de varios módulos básicos ensamblados para:

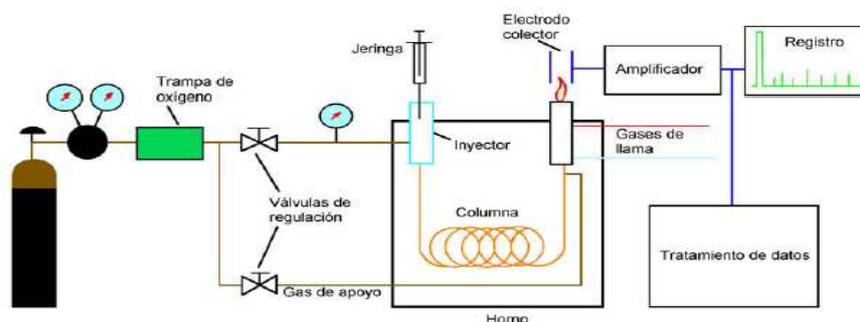
- Proporcionar un flujo constante de gas portador.
- Permitir la introducción de vapores de la muestra en la corriente de gas que fluye.
- Contener la longitud apropiada de fase estacionaria.
- Mantener la columna a la temperatura apropiada (o la secuencia del programa de temperatura).
- Detectar los componentes de la muestra a medida que eluyen de la columna.
- Proveer una señal legible proporcional en magnitud a la cantidad de cada componente (Gomis Yagüez, 2008).

a.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Los componentes fundamentales de un cromatógrafo de gases son:

- Fuente de gas
- Sistema de inyección
- Horno y columna cromatográfica
- Sistema de detección
- Sistema de registro

Figura 02.02 Esquema de un cromatógrafo de gases



Fuente: (Cabrera Zeas, 2012)

➤ FUENTE DE GAS

El gas portador cumple básicamente dos propósitos: Transportar los componentes de la muestra, y crear una matriz adecuada para el detector. Un gas portador debe reunir ciertas condiciones (es.wikipedia.org, 2013):

- Debe ser inerte para evitar interacciones (tanto con la muestra como con la fase estacionaria)
- Debe ser capaz de minimizar la difusión gaseosa
- Fácilmente disponible y puro
- Económico
- Adecuado al detector a utilizar

El gas portador debe ser un gas inerte, para prevenir su reacción con el analito o la columna. Generalmente se emplean gases como el helio, argón, nitrógeno, hidrógeno o dióxido de carbono, y la elección de este gas en ocasiones depende del tipo de detector empleado. El almacenaje del gas puede ser en balas normales o empleando un generador, especialmente en el caso del nitrógeno y del hidrógeno.

Luego tenemos un sistema de manómetros y reguladores de flujo para garantizar un flujo estable y un sistema de deshidratación del gas, como puede ser un tamiz molecular (es.wikipedia.org, 2013).

Generalmente la regulación de la presión se hace a dos niveles: un primer manómetro se sitúa a la salida del generador del gas y el otro a la entrada del cromatógrafo, donde se regula el flujo. Las presiones de entrada varían entre 10 y 25 psi, lo que da lugar a caudales de 25 a 150 mL/min en columnas de relleno y de 1 a 25 mL/min en columnas capilares (es.wikipedia.org, 2013).

Para comprobar el caudal se puede utilizar un rotámetro o un simple medidor de pompas de jabón, el cual da una medida muy exacta del caudal volumétrico que entra a la columna (es.wikipedia.org, 2013).

La pureza de los gases es sumamente importante, se requieren niveles 4.5 o mayores es decir 99.995 % de pureza. Sin embargo, debido al cuidado que se debe tener con la fase activa de la columna, se hace completamente necesario la instalación de trampas a la entrada del Gas carrier, estas trampas obviamente tienen una capacidad limitada, pero son importantísimas al momento de usar el Cromatógrafo. Estas trampas evitan el ingreso de Hidrocarburos, agua, CO₂ entre otros (es.wikipedia.org, 2013).

➤ **SISTEMA DE INYECCIÓN**

La inyección de muestra es un apartado crítico, ya que se debe inyectar una cantidad adecuada, y debe introducirse de tal forma (como un "tapón de vapor") que sea rápida para evitar el ensanchamiento de las bandas de salida; este efecto se da con cantidades elevadas de analito (es.wikipedia.org, 2013).

El método más utilizado emplea una microjeringa (de capacidades de varios microlitros) para introducir el analito en una cámara de vaporización instantánea.

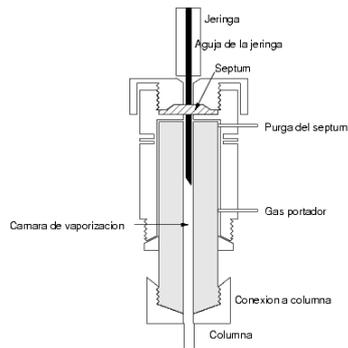
Esta cámara está a 50 °C por encima del punto de ebullición del componente menos volátil, y está sellada por una junta de goma de silicona septa o septum (es.wikipedia.org, 2013).

Para el análisis de compuestos orgánicos volátiles en muestras sólidas y líquidas, se han desarrollado algunas técnicas auxiliares:

- Espacio de cabeza (Head space)
- Purga y trampa (Purge and trap)

Finalizado el proceso se calienta la trampa y se arrastran los vapores al interior del cromatógrafo (Gomis Yagüez, 2008).

Figura 02.03 Sistema de Inyección



Fuente: (es.wikipedia.org, 2013)

➤ HORNO Y COLUMNAS CROMATOGRÁFICAS

- Las columnas cromatográficas se enrollan, se sujetan en un soporte y se introducen en el interior de un horno
- El horno debe poderse calentar y enfriar rápidamente
- La temperatura se debe poder programar para poder trabajar en régimen de gradiente
- Muchas aplicaciones y métodos cromatográficos requieren comenzar a temperaturas por debajo de la ambiental (Gomis Yagüez, 2008).

(Anexo 01.07)

Hay dos tipos de columnas:

➤ COLUMNAS CAPILARES

- Se construyen con sílice fundida.
- Los diámetros interiores suelen ser de 200-250 μm .

- La longitud suele ser superior a los 20 m (Gomis Yagüez, 2008).

Hay dos tipos:

1. Empacadas con partículas sólidas ocupando el total del diámetro de la columna (micro-empacadas).
2. Tubulares abiertas, con trayectoria para el flujo abierta y sin restricción por el centro de la columna (Gomis Yagüez, 2008).

➤ **COLUMNAS EMPACADAS**

- Se construyen con tubo de acero inoxidable, níquel o vidrio.
- Los diámetros interiores van de 1,6 a 9 mm
- La longitud suele ser inferior a los 3 m.
- Se rellenan de un material adsorbente adecuado a las sustancias que se quiere separar (Gomis Yagüez, 2008)(**Anexo 01.08**).

➤ **SISTEMA DE DETECCIÓN**

Durante el desarrollo de la cromatografía de gases se han investigado y utilizado docenas de detectores. En las secciones que siguen a continuación, se describen los utilizados más frecuentemente.

En cromatografía de gases, un detector ideal tiene las siguientes características (es.wikipedia.org, 2013):

1. **Adecuada sensibilidad.** Lo que constituye una adecuada sensibilidad no se puede evaluar de forma cuantitativa. En general, las sensibilidades de los detectores actuales se encuentran en el intervalo de 10^{-8} a 10^{-15} g de analito/s.
2. **Buena estabilidad y reproducibilidad.**

3. **Una respuesta lineal para los analitos** que se extienda a varios órdenes de magnitud.
4. **Un intervalo de temperaturas** de trabajo comprendido desde la temperatura ambiente hasta al menos 400°C.
5. **Un tiempo de respuesta corto** que lo haga independiente del caudal.
6. **Alta fiabilidad y manejo sencillo.** Hasta el punto de estar a prueba de la impericia de operadores inexpertos.
7. **Respuesta semejante para todos los analitos**, o por el contrario, una respuesta selectiva y altamente predecible para una o más clases de analitos.
8. **No destructivo de la muestra** (es.wikipedia.org, 2013).

Algunos tipos de detectores:

- **Detector de ionización de llama (FID, Flame Ionization Detector).**
- Detector de conductividad térmica (TCD, Thermal Conductivity Detector).
- Detector termoiónico (TID, Thermionic Detector).
- Detector de captura de electrones (ECD, Electron-Capture Detector).
- Detector de emisión atómica (AED, Atomic Emission Detector).
(es.wikipedia.org, 2013)

Siendo el detector de ionización de llama, el usado en este trabajo de investigación (**Anexo 01.09**).

2.6.4.- LA CROMATOGRAFIA Y EL ANALISIS QUIMICO

Aunque la cromatografía es el método más importante para la separación de especies, también es posible su empleo en análisis cualitativo y, sobre todo, en análisis cuantitativo (ocw.usal.es , 2013).

a.- ANÁLISIS CUALITATIVO

Sus aplicaciones son bastante limitadas, sobre todo cuando se compara la información que proporciona un cromatograma con la que puede obtenerse con otras técnicas como espectroscopia infrarroja de resonancia magnética o de masas (ocw.usal.es , 2013).

De todas formas, la cromatografía es una herramienta importante para reconocer la presencia o ausencia de componentes en mezclas que contengan un número limitado de posibles especies de las que se conozca su identidad (ocw.usal.es , 2013).

Por otra parte, en ocasiones interesa conocer si un determinado componente está ausente en una muestra. En estos casos, muchas veces la cromatografía proporciona una evidencia segura en este sentido, al no aparecer el pico, o la mancha, correspondiente al patrón en las mismas condiciones de operación (ocw.usal.es , 2013).

b.- ANÁLISIS CUANTITATIVO

Las aplicaciones cuantitativas de la cromatografía en columna se basan en la comparación de la altura o del área del pico del analito con los correspondientes a los patrones (ocw.usal.es , 2013).

El empleo de las alturas de pico tiene la ventaja de su fácil medida, pero presenta el inconveniente de que debe controlarse rigurosamente la temperatura de la columna, el caudal de eluyente y la velocidad de inyección de la muestra, ya que estas variables alteran las anchuras de pico, y éstas están inversamente relacionadas con las correspondientes alturas (ocw.usal.es , 2013).

Sin embargo, el área de pico es independiente de los efectos debidos a las variables anteriormente mencionadas, por lo que es el parámetro que normalmente se utiliza. Su medida se lleva a cabo con facilidad, ya que casi todos los cromatógrafos modernos están provistos de integradores electrónicos digitales. (ocw.usal.es , 2013).

2.6.5.- EL CROMATOGRAMA Y SU INTERPRETACIÓN

El Cromatograma, es la plasmación gráfica de los resultados de la cromatografía de gases, y es muy importante su interpretación. En realidad la técnica de Cromatografía de gases es una técnica Cromatográfica por elución (Menoza Olivares & Amezquita, 2008).

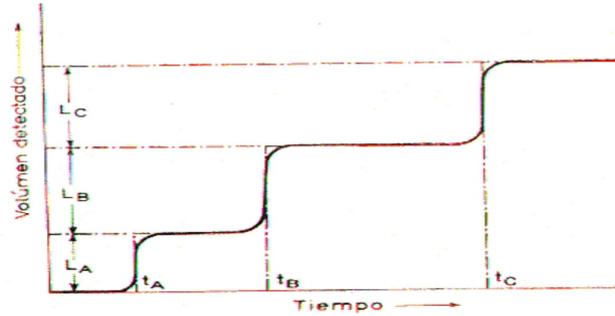
Dentro de los cromatogramas obtenidos por elución cabe distinguir dos tipos que dependen de la naturaleza del detector: cromatogramas de escalones cuando el detector es del tipo acumulativo, y cromatogramas de picos cuando el detector es instantáneo (Menoza Olivares & Amezquita, 2008).

Siendo éstos los de interpretación más sencilla; ello explica que, en la mayoría de los casos, los cromatogramas a interpretar sean de picos (Menoza Olivares & Amezquita, 2008).

a.- CROMATOGRAMA DE ESCALONES: INTERPRETACION

Como se ha indicado anteriormente, los cromatogramas de escalones resultan cuando se hace uso de un detector acumulativo (Menoza Olivares & Amezquita, 2008).

Figura 02.04 Cromatograma de escalones obtenido de una mezcla de los componentes A,B y C.

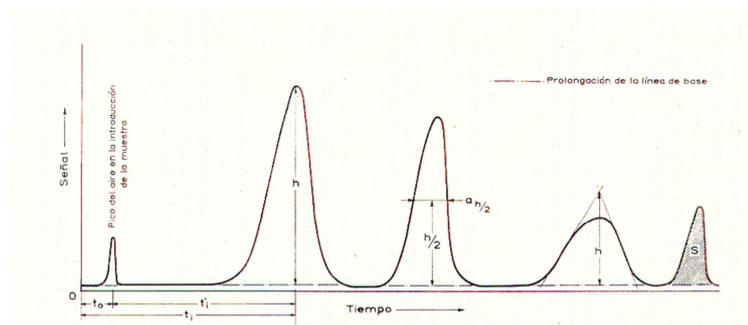


Fuente: (Menoza Olivares & Amezquita, 2008)

b.- CROMATOGRAMA DE PICOS: PARALELOS

Los detectores instantáneos ponen de manifiesto, en el cromatograma, el paso de un componente en un registro con forma de pico, este tipo de registro es el más frecuente, y sobre el mismo se centra el resto del presente (Menoza Olivares & Amezquita, 2008).

Figura 02.05 Muestra un cromatograma de picos, con los parámetros característicos



Fuente: (Menoza Olivares & Amezquita, 2008)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La presente investigación se realizó en el laboratorio de análisis instrumental que pertenece a la industria La Fabril S.A. de la ciudad de Manta que limita al sur con el Cantón Montecristi, al este los Cantones Montecristi y Jaramijó y al norte y oeste con el Océano Pacífico.

3.2.- CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE EN EL LABORATORIO

Temperatura	23.9°C
Humedad Relativa	40%
Luminosidad	70%

3.3.- FACTORES EN ESTUDIO

En la presente investigación se estudió el factor temperatura de deshidratación, el mismo que tiene 3 niveles:

- **FACTOR A: TEMPERATURAS**

- a) A1= 58°C
- b) A2= 63°C
- c) A3= 68°C

3.4.- TRATAMIENTOS

Se realizó 3 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, los mismos que se indican a continuación:

Tabla 03.08.-Número de tratamientos utilizados en la investigación “Estudio de la influencia de temperaturas de deshidratación en el perfil aromático de la piña (*Ananas comosus*) empleando cromatografía de gases – HS”.

NÚMERO	CÓDIGO	TEMPERATURAS
1	A1-P	58°C
2	A2-P	63°C
3	A3-P	68°C

Elaborado por: Kathy Sayonara Reyna Arias

3.5.- PROCEDIMIENTO

3.5.1.- DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó el diseño Completamente al Azar Modelo Unifactorial, con 3 repeticiones.

Se realizaron dos diseños experimentales, cada uno cumpliendo con un objetivo específico.

a.- DISEÑO EXPERIMENTAL 1

En este primer diseño experimental se evaluó las tres temperaturas de deshidratación de los 5 compuestos principales en el desarrollo del aroma de la piña antes de ubicarlos en la cámara de temperado.

PREPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

1. Los tratamientos A1-P de 58°C, A2-P de 63°C y A3-P de 68°C se realizaron uno en cada día.
2. Una vez deshidratados se pesan y se empacan en fundas de polietileno.
3. Para tomar las muestras para realizar el análisis se pesaron 2g de cada tratamiento por triplicado.
4. Ubicada la muestra en un vial de 23 x 75 mm y cerrada por un septum (septa de teflón y aluminio) por medio de un crimper haciendo presión.
5. Se rotularon los viales y se llevaron a la base enumerada para registrarlos en el programa y puedan ser analizados.
6. A diario se realizaron 3 análisis cromatográficos.
7. Al término de los tres días se obtienen los resultados integrando los picos del cromatograma, y se realiza el primer diseño experimental.

b.- DISEÑO EXPERIMENTAL 2

El objetivo de este diseño experimental fue evaluar la pérdida de los 5 compuestos volátiles principales del perfil aromático de la piña a 58°C, 63°C y 68°C, durante 4 semanas de almacenamiento en una cámara de temperado a 35°C.

PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

Una vez realizado el primer análisis para determinar la influencia de las tres temperaturas en el perfil de los volátiles, los tratamientos y sus repeticiones fueron sometidos a un proceso de almacenamiento a una temperatura de 35°C, para evaluar la pérdida de los compuestos volátiles por 4 semanas.

1. Al cumplir 7 días cada tratamiento por triplicado se analiza nuevamente en el cromatógrafo.
2. De igual forma se tomaron las muestras y se analizaron cada semana los cambios en los perfiles, culminando con las cuatro semanas correspondientes.

Tabla 03.09.-Datos de almacenamiento de las muestras en la cámara de temperado

TEMPERATURA CAMARA	35°C
HORA DE UBICACIÓN	16:30
HORA DE MUESTREO	8:00

Elaborado por: Kathy Sayonara Reyna Arias

3.5.2.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

DISEÑO EXPERIMENTAL 1

Tabla 03.10.-Esquema del ADEVA (análisis de varianza) utilizado para el diseño experimental 1

Factores de Variación		G.L.
Total	$t \times r - 1$	8
Tratamiento	$t - 1$	2
Error	$(t - 1)(r - 1)$	6

Elaborado por: Kathy Sayonara Reyna Arias

DISEÑO EXPERIMENTAL 2

Tabla 03.11 Esquema del ADEVA (análisis de varianza) utilizado para el diseño experimental 2

Factores de Variación		G.L.
Total	$t \times r - 1$	11
Tratamiento	$t - 1$	2
Error	$(t - 1)(r - 1)$	9

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

3.5.3.- ANÁLISIS FUNCIONAL

Se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) con 5% de error y la transformación de datos, para lograr la homocedasticidad en la experimentación, por el método de raíz cuadrada utilizando el software estadístico Infostat versión 2008.

Las diferencias entre las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

3.5.4.-CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

- a. Número: 9 Unidades Experimentales
- b. Recipiente: Fundas de Polietileno.
Alto: 14cm
Ancho: 12cm

- c. Capacidad: 13g \pm 2g cada Unidad Experimental
- d. Las frutas son en Trozos de 1cm de ancho y 2 cm de largo aproximadamente.

3.6.- MANEJO DEL EXPERIMENTO

A continuación los pasos realizados en la experimentación:

3.6.1.- SELECCIÓN

La piña utilizada para la experimentación se obtuvo del supermercado local Supermaxi con un grado de madurez M2, o Pintona según la FAO (**Anexo 01.10**).

3.6.2.- LAVADO Y DESINFECCIÓN

La piña antes de ser troceada se lavó en solución de cloro de 100ppm y se confirmó la concentración de la solución por medio de unas tirillas que cuantifican la cantidad de cloro en el agua para la desinfección del fruto. Se dejó escurrir por unos 5 minutos (**Anexo 01.11**).

3.6.3.- PELADO Y TROCEADO

Se inició eliminando la corona y pelando la corteza de la misma, eliminándole los ojos y se divide en tres partes, se empacan al vacío y se obtiene una muestra para los análisis físicos-químicos y para determinar el perfil aromático de la piña fresca.

Antes de llevarlos a deshidratar se los troceó en pedazos de 1cm x 2cm aproximadamente de forma manual con un cuchillo, lo más uniforme posible. (**Anexo 01.12**).

3.6.4.- PESADO

Los batch de frutas frescas fueron pesados por medio de una balanza digital TANITA Model PEM500 obteniéndose pesos distintos, por los cortes diferentes que se habían realizado a la piña.

Tabla 03.12 Peso de la piña fresca utilizada para cada tratamiento

TRATAMIENTOS	PESO DE PINA FRESCA
A1-P	241g
A2-P	232,2g
A3-P	336,2g

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

Además considerando que la deshidratación de cada tratamiento iba a someterse a diferentes temperaturas obteniendo resultados distintos, por tal motivo, se aumentó el peso inicial al último tratamiento. (Mayor temperatura – menor peso final) (**Anexo 01.13**).

3.6.5.- DESHIDRATACIÓN

Primero se pesaron las bandejas (peso de bandeja: 274,6g) y después se ubicó la piña cortada.

Las frutas una vez cortadas uniformemente y pesadas se ubicaron en las bandejas.

Antes de ubicar la fruta dentro de la cámara de secado, se determina que la cámara de secado esté a temperatura que se desea someter al tratamiento, esto se lo mide con un termómetro digital TP3001. A la entrada y salida del producto.

Una vez puesto el primer bache dentro del deshidratador la puerta del equipo se cierra y se toma el peso de la muestra cada hora hasta llegar a un peso constante y se retira la muestra del deshidratador.

Estos pasos se realizaron con cada tratamiento. A 58°C, 63°C y 68°C.

(Anexo 01.14)

3.6.6.- PESADO Y EMPACADO

El resultado de los pesos de los tratamientos finales variaron obteniendo unidades experimentales con un peso de $13g \pm 2g$.

Se obtuvieron 3 repeticiones de cada tratamiento, 9 muestras en total.

Fueron empacadas en fundas de polietileno de 14cm de alto y 12cm de ancho y selladas con Freshlock Vacuum Sealer Deni.**(Anexo 01.15)**

3.6.7.- ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL

El análisis de los compuestos volátiles se realizó usando Cromatógrafo de Gases Thermo Scientific Modelo TRACE GC ULTRA con columna capilar 30 x 0.32mm TG-WAX MSA con una película de 1µm.

Se inicia el método en el cromatógrafo con una temperatura inicial de 50°C por 5 min esta se incrementó a 12°C/min llegando hasta 150°C por 15.67 min y finalmente a 10°C/min a 170°C por 9min.

Puerto de inyección 180°C trabajando en modo Split.

Tiempo de corrida 40 min.

Volumen inyectable: 2ml de fase gaseosa.

Las identificaciones de los compuestos se hicieron por medio de comparación de diferentes espectros y tiempos de retención de compuestos estándar correspondientes a la piña fresca y deshidratada tomados de diferentes artículos científicos (Chang-Bin, Sheng, Yu-Ge, Ling-Ling, Wen-Xiu, & Guang-

Ming, 2011) (Shaw, Lebrun, Ducamp, Jordan, & Goodner, 2000) (Tokitomo, Steinhaus, Buttner, & Schieberle, 2005).

a.- ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL DE LA PIÑA FRESCA

Con el objetivo de obtener el perfil volátil de la piña fresca para determinar sus principales componentes aromáticos se realizaron los siguientes pasos:

1. Una vez seleccionada la piña, lavada, desinfectada, pelada y troceada se obtiene unos 6 gramos de la fruta en estudio para el análisis cromatográfico.
2. Se procedió a pesar el vial y tarar la balanza.
3. Se agregó 2gr de piña fresca dentro de cada vial por triplicado.
4. Se cerraron los viales con un septum, utilizando un equipo sellador manual.
5. Se ubican los viales en la base enumerada del cromatógrafo y se anota la ubicación en la secuencia del programa ChromQuest del Cromatógrafo de Gases – HS.
6. Una vez terminada la corrida, se procede a integrar los picos del cromatograma y obtener los resultados.

Los resultados del cromatograma fueron promediados, obteniendo los valores de los compuestos volátiles correspondientes a la piña fresca y determinando los cinco compuestos principales de la Piña Perolera.

b.- ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL DE LA PIÑA DESHIDRATADA

Una vez deshidratada la piña a las diferentes temperaturas: 58°C, 63°C y 68°C Se obtiene de cada tratamiento por triplicado una muestra de 2gr por tratamiento para el análisis del perfil cromatográfico.

El perfil volátil de cada tratamiento con sus repeticiones se analizó al día siguiente de la deshidratación en el laboratorio instrumental de La Fabril.

Se preparó las muestras siguiendo los pasos a continuación descritos:

- 1.- Se pesó el vial y se taró la balanza.
- 2.- Se agregó 2gr aproximadamente del tratamiento, esto se realizó con cada unidad experimental y sus repeticiones.
- 3.- Se cerraron los viales con un septum, utilizando un equipo sellador manual.
- 4.- Se graban los viales con el nombre correspondiente al tratamiento con un marcador, y se ubican en una la base enumerada del cromatógrafo y se anota la ubicación en la secuencia del programa ChromQuest del Cromatógrafo de Gases – HS.
- 5.- Una vez que concluyó la secuencia se obtendrán los cromatogramas.
- 6.- Después se integraron los picos obtenidos en el cromatograma de las muestras y se analizaron los resultados (**Anexo 01.16**).

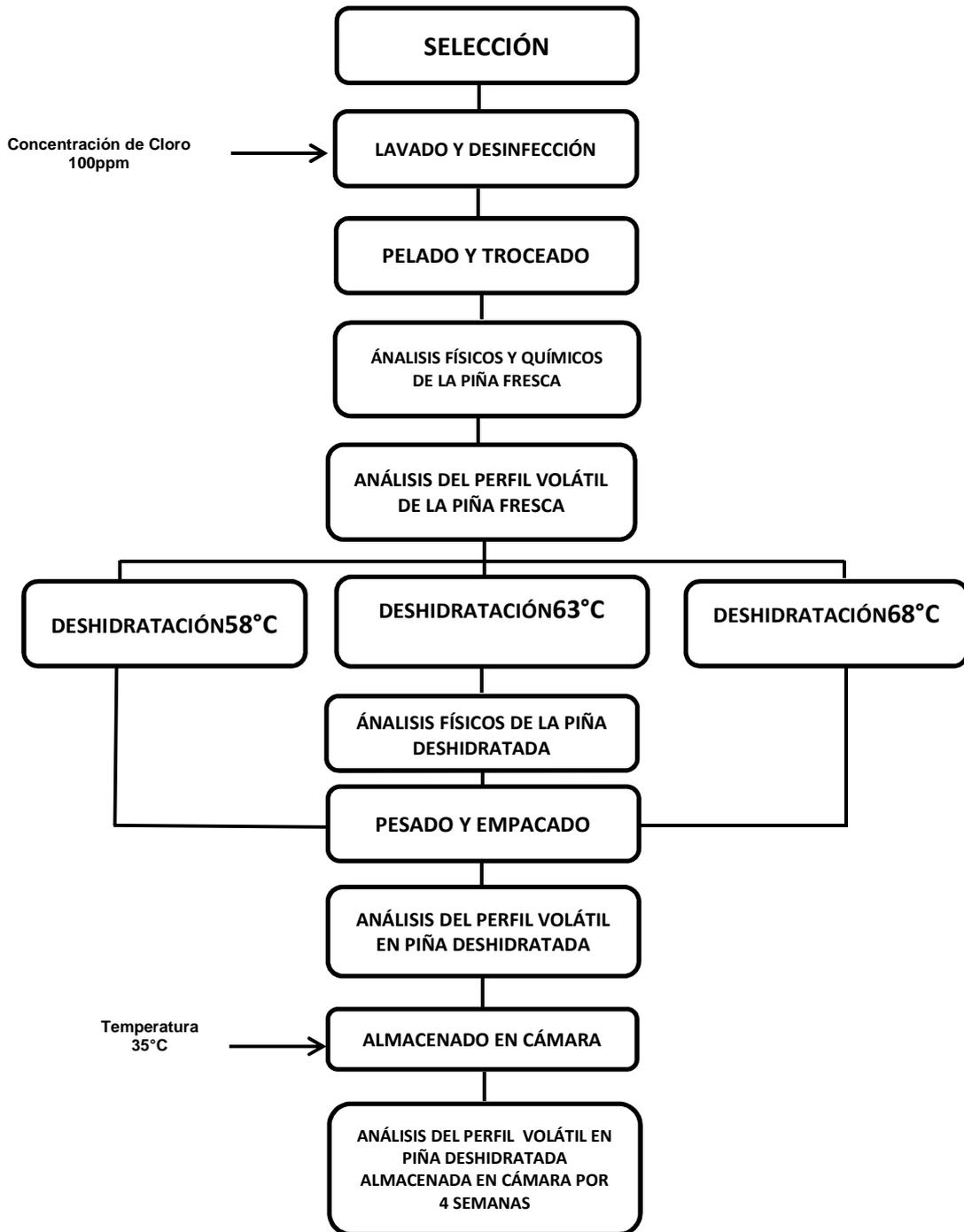
c.- ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL DE LA PIÑA DESHIDRATADA ALMACENADA EN CÁMARA A 35°C.

Una vez tomada la muestra para determinar el efecto de las tres temperaturas de deshidratación en el perfil de los compuestos volátiles de la piña, los tratamientos fueron llevados a una cámara de almacenamiento HOTPACK Modelo # 435305.

Se almacenaron a una temperatura de 35°C y se tomaron muestras de cada tratamiento y sus repeticiones por cuatro semanas realizando el mismo procedimiento anterior, con el objetivo de evaluar la pérdida de concentración en los cinco compuestos volátiles principales de la piña (**Anexo 01.17**).

3.7.- DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El proceso se realizará siguiendo los pasos que se indican en el diagrama de bloques a continuación:



3.8.- ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO

Se realizaron análisis físicos y químicos a la fruta fresca y en los tratamientos se desarrollaron pruebas de humedad y actividad de agua.

Los análisis que se realizaron fueron los siguientes:

3.8.1.- DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE MADUREZ

Existen distintas formas para conocer la madurez de un fruto. Entre las medidas físicas están:

Color de la pulpa o piel, color de la semilla, tamaño, peso y densidad.

Una de las medidas químicas que con mayor frecuencia se emplea para determinar el grado de madurez de un fruto es la determinación del contenido en azúcares, la cual es expresada en °Brix, que al relacionarse con la acidez del fruto nos permite conocer el índice de madurez:

$$\text{índice de madurez} = (IM) = \frac{^{\circ}\text{Brix}}{\text{acidez}}$$

3.8.2.- DETERMINACIÓN DE ACIDEZ DE LA FRUTA

La acidez indica el contenido en ácidos del fruto. A mayor madurez menor contenido en ácidos.

El porcentaje de acidez se determina mediante una titulación ácido-base.

Acidez titulable

La acidez se determinó por triplicado, con la muestra diluida 1:2 con agua destilada.

Se le agregaron unas gotas de fenolftaleína hasta su homogenización y se tituló con una base valorada de hidróxido de sodio 0.1N hasta el punto de vire de la fenolftaleína (pH de 8.3) (**Anexo 01.18**).

El porcentaje de acidez se expresó como porcentaje de ácido cítrico y se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \left(\frac{N \times V \times meq}{v} \right) \times 100$$

Dónde:

N= Normalidad de la solución de NaOH usado para titular

V= Volumen de la solución de NaOH usado para titular

v = Volumen de la muestra

meq= Peso molecular del ácido considerado como referencia

NOTA: Para el caso de la piña el ácido cítrico se encuentra en mayores proporciones en la fruta y por esta razón la acidez se expresa como porcentaje de ácido cítrico.

Tabla 03.13.- Ácido presente en la piña y su mili equivalencia

ÁCIDO	PRODUCTO	GRAMOS POR MILIEQUIVALENTE
Acido cítrico	Derivados de bayas y frutas cítricas	0,064

Elaborado por: **Kathya Sayonara Reyna Arias**

3.8.3.- DETERMINACIÓN DE AZÚCARES EN LA FRUTA

Los azúcares (°Brix) representan los sólidos solubles totales presentes en el fruto y su determinación se hace utilizando un refractómetro Modelo: RHB-32ATCC previamente calibrado.

El contenido de sólidos solubles se determina con el índice de refracción. Este método se emplea mucho en la elaboración de frutas y hortalizas para determinar la concentración de sacarosa de estos productos.

Según la FAO la concentración de sacarosa se expresa con el °Brix. A una temperatura de 20° C, el °Brix es equivalente al porcentaje de peso de la sacarosa contenida en una solución acuosa. Si a 20° C, una solución tiene 60° Brix, esto significa que la solución contiene 60% de sacarosa.

Forma de proceder:

1. Poner una o dos gotas de la muestra sobre el prisma.
2. Cubrir el prisma con la tapa con cuidado.
3. Al cerrar, la muestra debe distribuirse sobre la superficie del prisma.
4. Orientando el aparato hacia una fuente de luz, mirar a través del campo visual.
5. En el campo visual, se verá una transición de un campo claro a uno oscuro. Leer el número correspondiente en la escala. Este corresponde al porcentaje en sacarosa de la muestra.
6. Luego abrir la tapa y limpiar la muestra del prisma con un pedazo de papel o algodón limpio y mojado.**(Anexo 01.19)**.

3.8.4.- DETERMINACIÓN DE Ph DE LA FRUTA

Para determinar el valor del pH, se utilizó un potenciómetro S20 SevenEasy™ calibrándose antes de cada determinación con las soluciones tampón 4 y 7. Según la FAO (**Anexo 01.20**).

MATERIAL:

- Vaso de precipitado
- pH-metro
- Pipeta

PROCEDIMIENTO:

1. Se agregaron 50 mililitros de la muestra en un vaso de precipitación, donde se determinara el pH.
2. Se introducen los electrodos del pH-metro de forma que estos queden en el interior de la solución. (Jugo de piña), tomando en cuenta que no sobrepase la marca que está indicada en el aparato.
3. Se procede a encender el pH-metro y después de unos segundos nos muestra la lectura deseada, es decir el pH de la solución.
4. Después se procede a calibrar el pH-metro limpiando microorganismos o bacterias que hayan quedado ayudándonos de una pipeta con agua destilada.
5. Por último se vuelve a introducir el pH-metro en la muestra y se repite el mismo proceso 3 veces para verificar resultados.

3.8.5.- DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD DE AGUA EN LA FRUTA (ROTRONIC).

Esta variable se midió empleando un Rotronic Hygropalm No: HP23-Aw-A (NS 60830526).

La lectura de aw se observa de manera directa en la pantalla del equipo; una vez que la celda de medición alcanza la humedad en equilibrio con la muestra. Para realizar la prueba de Aw se pesó $1g \pm 0,5g$ para cada muestra desde la piña fresca hasta los tratamientos deshidratados.

Se ubicaron en la celda las muestras respectivas, se prende el equipo y se presiona enter para iniciar la corrida de la prueba, al estar el resultado debe esperar el sonido de una alarma dos veces y el resultado se presentará en la pantalla con un visto indicando además la temperatura de la muestra.

(Anexo 01.21).

3.8.6.- DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

El contenido de humedad del fruto es el peso de la cantidad de agua presente en él en función de su peso seco.

Para determinar que contenido de humedad existe en las muestras de piña se utilizó una balanza que funciona a base de radiación infrarroja, modelo HB43-S.Mettler Toledo.

Para todos los alimentos se ha establecido la estufa de desecación como método de referencia de acuerdo con las especificaciones del código alimentario suizo (2006) **(Anexo 01.22).**

El procedimiento es el siguiente:

1. Se prende la balanza infrarroja y se programa con el método de la sustancia a analizar.
2. Se coloca un platillo de aluminio dentro de la balanza, se cierra y se tara.
3. Se abre la balanza y se pesa el valor que indica en la pantalla.
4. Se cierra la balanza y se inicia el proceso de determinación de humedad del producto.
5. Este método se maneja con una temperatura de 130°C para fruta fresca y 105°C de fruta deshidratada por un tiempo determinado hasta llegar a la humedad de la muestra.
6. Al presentarse con un cambio de color azul oscuro en la parte baja la pantalla es cuando está listo el resultado del análisis.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO

A continuación se presentan los análisis físicos y químicos realizados a la piña Perolera (*Ananas comosus*) en su estado fresco, considerando la importancia de caracterizar la materia prima a utilizar en la experimentación.

Tabla 04.14.- Características físico químicas de la piña fresca

°Brix	Acidez titulable % A. Cítrico	pH	°Brix/Acidez	Humedad	Aw
9.3	0.85	3.5	10.94	83.42	0.99

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En la tabla 14 se muestran los resultados obtenidos de la piña fresca, estos valores fueron tomados del promedio de las tres repeticiones para cada ensayo y en el índice de madurez (°Brix/Acidez) se realizó el cálculo matemático indicado en la tabla.

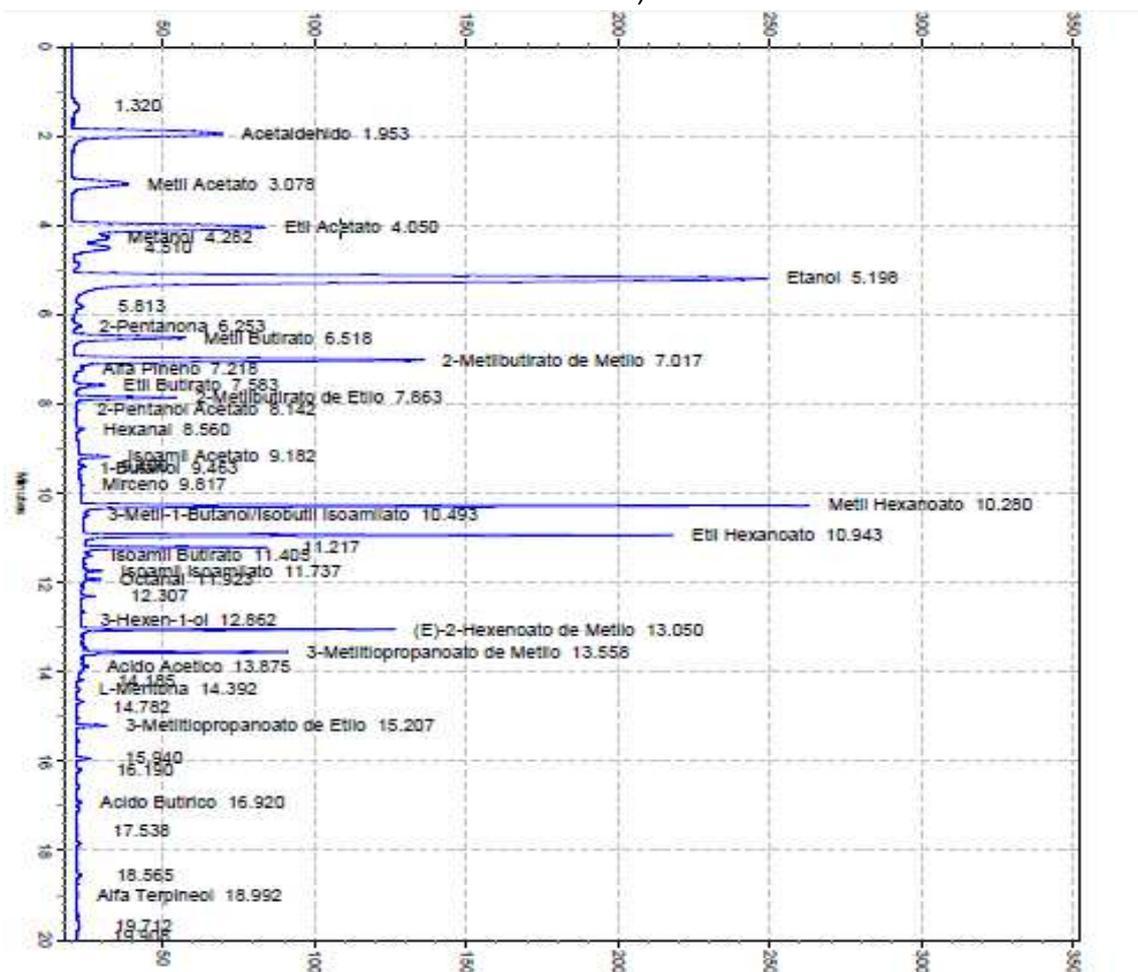
Como se observa la piña presenta un contenido de azúcar de 9.3% y acidez de 0.85%, siendo el mínimo de sólidos solubles de 12% y una acidez máxima del 1% según (Gicel, 2013) para que la piña tenga un sabor mínimo aceptable a los consumidores, cabe indicar que esta piña que se utilizó para la investigación está entre los rangos aceptables para su consumo.

La piña es una fruta muy acuosa y por tal motivo presenta un valor de humedad de 83.42% y 0.99 muy altos en los resultados, el pH de 3.5 e índice de madurez de 10.94 nos indican que la piña se presentaba con una madurez no muy alta.

2.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL PERFIL VOLÁTIL DE LA PIÑA FRESCA

Realizados los análisis físicos y químicos de la piña fresca se procedió a desarrollar el análisis cromatográfico de la piña fresca obteniendo los resultados que se citan a continuación:

Gráfico 04.01. Cromatograma del perfil aromático de la piña fresca (*Ananas comosus*)



Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.01, se presenta el resultado del Cromatograma de la piña fresca Perolera obtenido por Cromatógrafo de Gases ThermoScientific - HS e

integrado en ChromQuest (Software) con componentes de referencia investigados durante el desarrollo de la experimentación.

Los resultados se presentan como la depuración de los mismos, obtenidos a partir de los cromatogramas originales:

Tabla 04.15.-Compuestos Volátiles de la Piña fresca

°N	Tiempo de Retención	Nombre	Área	Concentración	Unidades	Compuesto
1	1.953	Acetaldehído	4600112	18.3304	ppm	Cetona
2	3.078	Metil Acetato	1760953	5.2572	ppm	Ester
3	4.050	Etil Acetato	5810995	6.6727	ppm	Alcohol
4	4.282	Metanol	1066124	38.6802	ppm	Alcohol
5	5.198	Etanol	23041269	437.2144	ppm	Alcohol
6	6.253	2-Pentanona	8545	0.0093	ppm	Cetona
7	6.518	Metil Butirato	2019115	8.5222	ppm	Ester
8	7.017	2-Metilbutirato de Metilo	5935641	0.7777	ppm	Ester
9	7.218	Alfa Pineno	132200	0.0145	ppm	Terpeno
10	7.583	Etil Butirato	318220	0.1353	ppm	Ester
11	7.863	2-Metilbutirato de Etilo	1073169	0.4340	ppm	Ester
12	8.142	2-Pentanol Acetato	141036	0.0570	ppm	Ester
13	8.560	Hexanal	35226	0.0152	ppm	Aldehído
14	9.182	Isoamil Acetato	252885	0.0833	ppm	Ester
15	9.817	Mirceno	17746	0.0041	ppm	terpeno
16	10.280	MetilHexanoato	6428226	2.4437	ppm	Ester
17	10.493	3-Metil-1-Butanol/Isobutillisoamilato	69032	0.2311	ppm	alcohol
18	10.943	EtilHexanoato	5026362	1.4171	ppm	Ester
19	11.405	Isoamil Butirato	83503	0.0240	ppm	ester
20	11.737	Isoamilisoamilato	242157	0.0695	ppm	ester
21	11.923	Octanal	181312	0.0570	ppm	adehído
22	13.050	(E)-2-Hexenoato de Metilo	2230998	5.0476	ppm	Ester
23	13.558	3-Metiltiopropoato de Metilo	1685497	1.7756	ppm	Ester
24	13.875	ÁcidoAcético	38714	45.4256	ppm	acido
25	14.392	L-Mentona	124594	0.0527	ppm	Cetona
26	15.207	3-Metiltiopropoato de Etilo	49807	0.0546	ppm	Ester
27	18.992	Alfa Terpeneol	23371	0.1148	ppm	terpeno

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

Como se observa en la **tabla 04.15** se detectaron 27 compuestos volátiles siendo la mayoría de naturaleza estérica con el 52%.

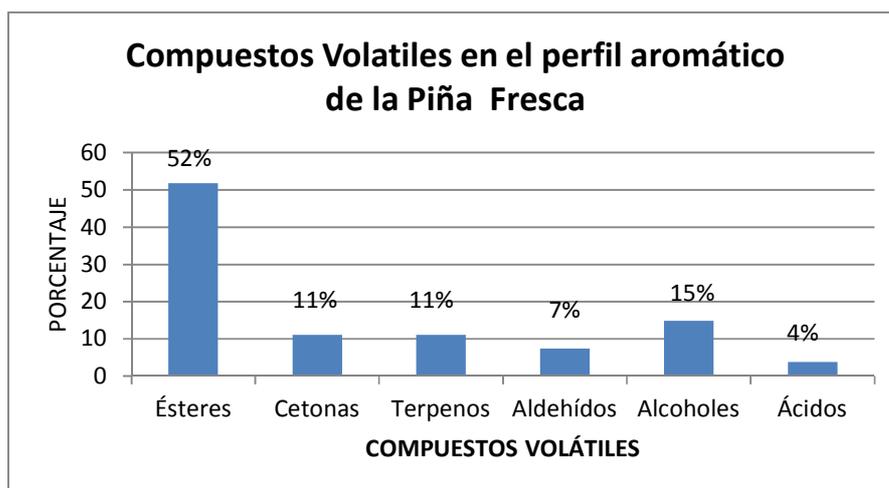
La concentración de alcoholes (74,95%) y Ácidos (7,92%) es alta pero no predominante en el resultado, puesto que estos componentes no contribuyen al perfil aromático de la piña.

El metanol, etanol y 3 metil-1-Butanol son alcoholes producto de la fermentación natural que la piña tiene desde el momento que es troceada a igual que el Ácido Acético.

La presencia de Acido Butírico es pertinente mencionar que en algunos cromatogramas se registró unas cantidades considerables del mismo componente y otros ajenos al perfil aromático de la piña por la realización de pruebas con grasas y margarinas en el laboratorio.

Para evitar oscilación con la presencia de estos compuestos, en el análisis de datos, se procedió a restar estos compuestos de la suma total de los componentes del perfil aromático.

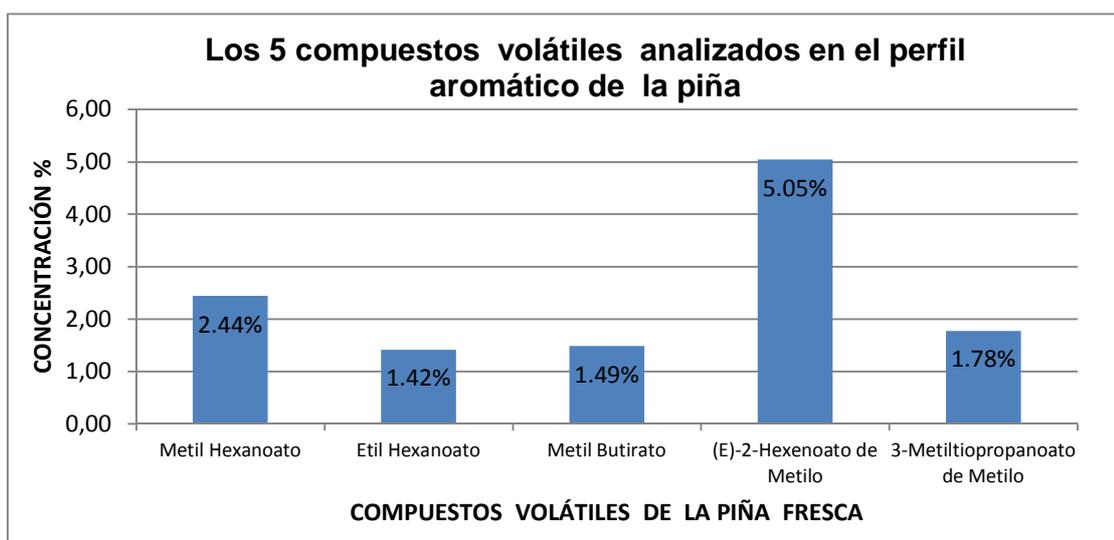
Gráfico 04.02. Porcentaje de compuestos aromáticos obtenidos en la piña fresca



Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En estudios de los componentes volátiles de la piña Perolera según Takeoka et al, 1991, Umano et al, 1992, los resultados coinciden en cuanto a la riqueza de los ésteres: 52%, con 14 compuestos; 11% de terpenos con 3 compuestos volátiles, 7% de Aldehídos con 2 componentes, 15% de Alcoholes con 4 componentes y 4% de Ácidos que corresponde a 1 compuesto volátil. Hay que recalcar que las variaciones de los resultados en el cromatograma pueden ser atribuidas a distintos factores como el origen, donde fue cultivada, el clima, su post cosecha, almacenamiento, y tratamientos previos al análisis.

Gráfico 04.03. Principales compuestos volátiles analizados en el Perfil aromático de la Piña.



Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En este trabajo de investigación se analizó el perfil aromático de la piña seleccionando cinco de los principales componentes volátiles de la piña fresca según (Takeoka, Buttery, Teranishi, Flath, & Gunter, 1989) quienes contribuyeron desde el año de 1989 con importantes reportes con respecto a los componentes aromáticos, se comparó los componentes investigados con los resultados obtenidos.

Los compuestos volátiles analizados en el perfil aromático de la piña son: MetilHexanoato con 2,44% de concentración, EtilHexanoato 1,42%, Metil Butirato 1,49%, (E) -2- Hexenoato de metilo con 5,05% y 3- Metiltiopropanoato de Metilo con 1,78%.

Siendo estos los principales componentes de la piña y los que mayor concentración tenían en el resultado del cromatograma; coincidiendo con investigaciones anteriores.

3.- RESULTADOS DE TIEMPOS Y PESOS DE LOS TRATAMIENTOS DURANTE LA DESHIDRATACIÓN

Tabla 04.16.- Tiempo de deshidratación y pesos del tratamiento A1P (58°C)

TRATAMIENTO	A1-P (58°C)							
# REPETICIONES	3							
HORA DE INICIO	18:22							
PIÑA	HORAS DE DESHIDRATACIÓN							
PESO MUESTRA INICIAL	1hora	2horas	3horas	4horas	5horas	6horas	7horas	8horas
241	75.3	55.5	45.4	43.8	42.3	41.9	41.3	41
PESO MUESTRA FINAL	PESO DE TRATAMIENTOS							
41g	13g							

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

Tabla 04.17. Tiempo de deshidratación y pesos del tratamiento A2P (63°C)

TRATAMIENTO	A2-P (63°C)						
# REPETICIONES	3						
HORA DE INICIO	18:06						
PIÑA	HORAS DE DESHIDRATACIÓN						
PESO MUESTRA INICIAL	1hora	2horas	3horas	4horas	5horas	6horas	7horas
232.3	99.2	54.7	37.9	35.6	34.3	33.7	33.9
PESO MUESTRA FINAL	PESO DE TRATAMIENTOS						
33,9g	11.3g						

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

Tabla 04.18.- Tiempo de deshidratación y pesos del tratamiento A3P (68°C)

TRATAMIENTO	A3-P (68°C)					
# REPETICIONES	3					
HORA DE INICIO	18:22					
PIÑA	HORAS DE DESHIDRATACIÓN					
PESO MUESTRA INICIAL	1hora	2horas	3horas	4horas	5horas	6horas
336.2	146.2	82.8	67.7	51.9	45.9	45.3
PESO MUESTRA FINAL	PESO DE TRATAMIENTOS					
45,3g	15.1g					

Elaborado por: Kathy Sayonara Reyna Arias

Tabla 04.19.- Peso de la piña deshidratada y de cada tratamiento

TRATAMIENTO	PESO FINAL PIÑA DESHIDRATADA	PESO DEL TRATAMIENTO
A1-P	41g	13g
A2-P	33,9g	11g
A3-P	45,3g	15g

Elaborado por: Kathy Sayonara Reyna Arias

En las tablas 04.16, 04.17 y 04.18 se observa las horas de deshidratación de cada tratamiento y el peso que se obtiene en gramos de cada una de las muestras.

Según lo observado se indica que a mayor temperatura es menor el tiempo de deshidratación y viceversa, por tal motivo los pesos iniciales y finales son variables.

El peso de cada tratamiento en la tabla 04.19 fue el indicado para desarrollar los análisis cromatográficos de la piña deshidratada de cada uno de los tratamientos con sus repeticiones.

4.4.- RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS DE LOS TRATAMIENTOS.

Una vez deshidratada la piña a diferentes temperaturas se tomó datos de humedad y actividad de agua de cada tratamiento, los mismos que se observan a continuación.

Tabla 04.20. Resultados de Humedad y actividad de agua de los tratamientos

Tratamientos	Peso Muestra	Humedad	Aw
A1P (58°C)	3.58	7.15	0.45
A2P (63°C)	3.45	6.65	0.45
A3P (68°C)	3.45	3.6	0.43

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En la tabla 04.20 se presentan los resultados de humedad y actividad de agua de los tratamientos deshidratados, en donde se observa que la Aw de agua es semejante en los tres tratamientos con 0.45 en A1P (58°C) y A2P (63°C) y de 0.43 A3P (68°C).

La humedad se presenta en forma decreciente, con 7.15% en A1P (58°C), 6.65% en A2P (63°C) y 3.6% en A3P (68°C).

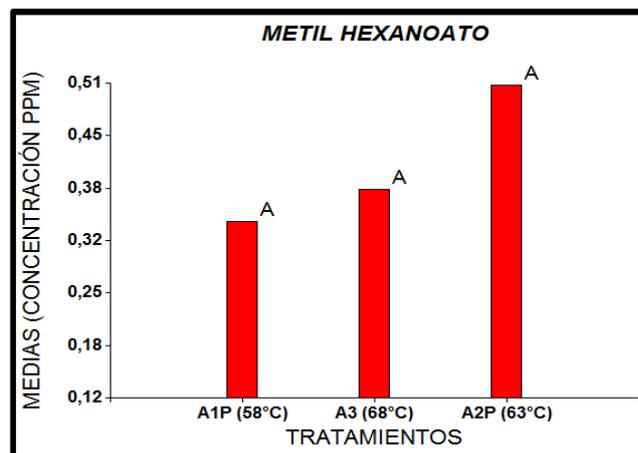
Según (Barbosa, 1996) los resultados de Aw están en el rango de los alimentos secos (0 – 0.6) con una alta estabilidad en el producto en relación con la humedad obtenida.

4.5.- RESULTADOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL 1: ANÁLISIS DEL EFECTO DE LAS TRES TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN CINCO COMPUESTOS PRINCIPALES DE LA PIÑA.

En este primer diseño experimental se evaluó de forma estadística las tres temperaturas de deshidratación en los 5 compuestos principales del perfil aromático de la piña antes de ubicarlos en la cámara de temperado.

A continuación se presenta los resultados del análisis de varianza reflejado en la comparación de medias de Tukey por medio de los siguientes gráficos:

Gráfica 04.04. Diferencias entre medias del metil hexanoato con prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).



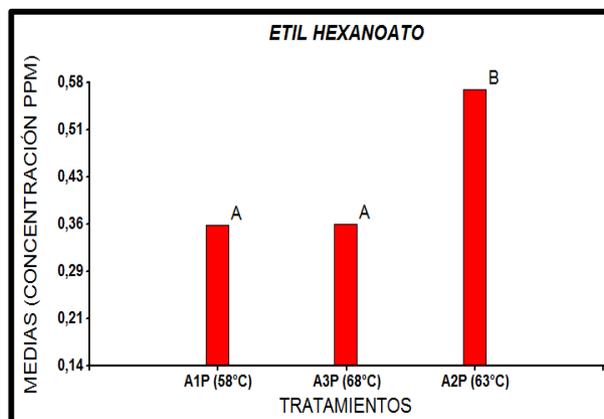
Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0,05$

Elaborado por: Kathy Sayonara Reyna Arias

Se desarrolló un análisis de varianza con $p \leq 0,05$ de significancia y se determinó que no hay diferencias significativas dentro del perfil aromático con respecto al metil hexanoato.

Para constatar el resultado se realizó la prueba de Tukey y se verificó la respuesta ante los tratamientos existentes a 58°C, 68°C y 63°C con sus medias 0,34ppm, 0,38ppm y 0,51ppm respectivamente, respondiendo que a diferentes temperaturas no hay una diferencia considerable al 0.05% de este compuesto volátil en la piña deshidratada. **(Anexo 02.01).**

Gráfico 04.05. Diferencias entre medias del etil hexanoato con prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

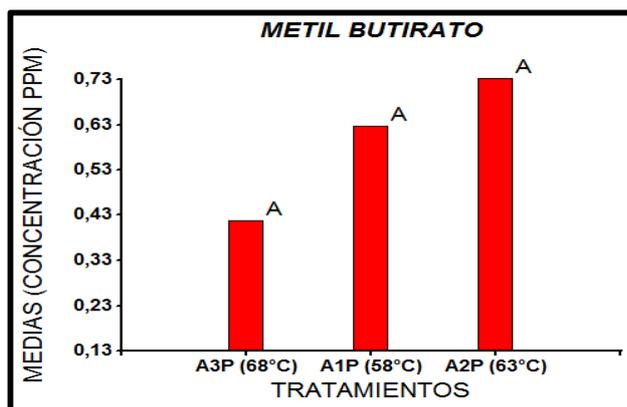


Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.01 se presentan las medias de los tratamientos con respecto al etil hexanoato, observando que no hay diferencias significativas al 0.05% en los tratamientos A1P (58°C) con una media de 0,36 ppm y A3P (68°C) con 0,36ppm pero si en el tratamiento A2P (63°C) con 0,57ppm (**Anexo 02.02**).

Gráfico 04.06. Diferencias entre medias del metil butirato con prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).



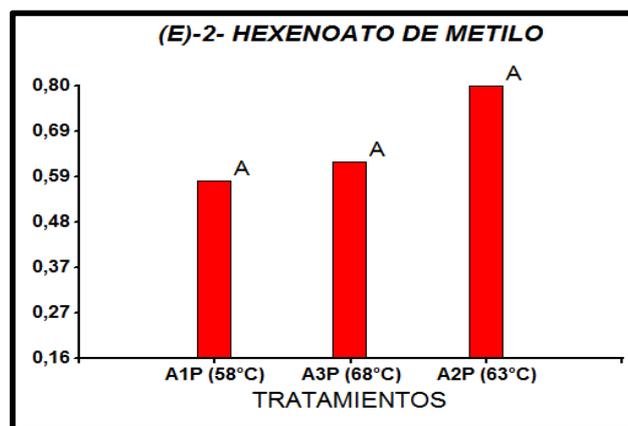
Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el Gráfico 04.06 se presentan las medias de los tratamientos con respecto al compuesto metil butirato en donde según el análisis de varianza reflejado en la prueba de tukey su diferencia no es significativa al 0.05%, con medias de 0,63ppm, 0,73ppm y 0,42ppm respectivamente.

El metil butirato en los tres tratamientos 58°C, 63°C, 68°C no presenta una diferencia significativa en su volatilización (**Anexo 02.03**).

Gráfico 04.07 Diferencias entre medias del (E)-2-Hexenoato de metilo con prueba de Tukey ($p \leq 0,05$)



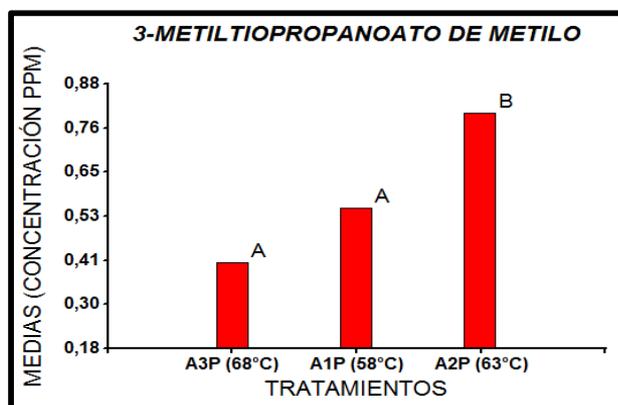
Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0,05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el Gráfico 04.07 se presentan las medias de los tratamientos A1P con 0.58ppm, A2P con 0.80ppm y A3P con 0.62ppm en relación al compuesto volátil (E)-2-Hexenoato de metilo, mostrando que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

El (E)-2-Hexenoato de metilo al igual que la mayoría de los compuestos principales sometidos a las temperaturas indicadas sus medias no presentan diferencias significativas al 0.05% (**Anexo 02.04**).

Gráfico 04.08. Diferencias entre medias del 3-Metiltiopropanoato de metilo con prueba de tukey ($p \leq 0,05$).

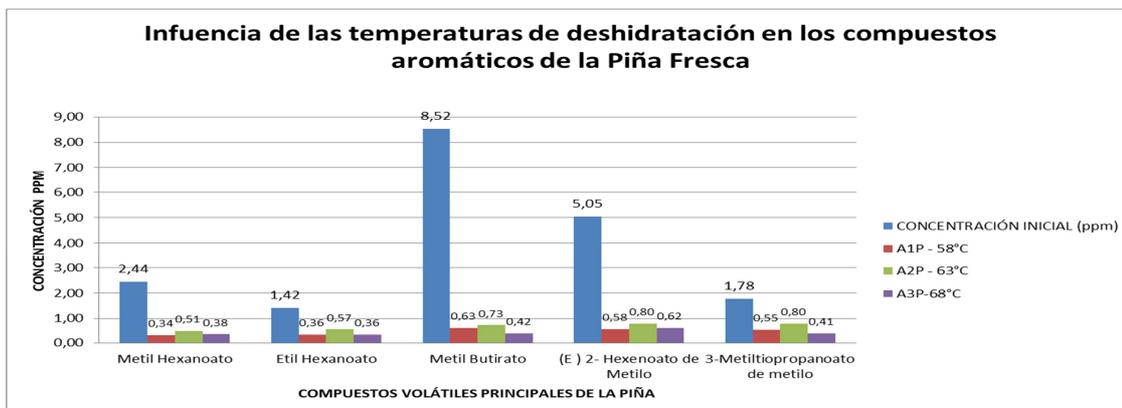


Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.08 se presentan las medias de los tratamientos del compuesto aromático 3-Metiltiopropanoato de metilo, donde se observa que no hay diferencia significativa al 0.05% en los tratamientos A3P con una media de 0.41ppm y A1P con 0.55ppm, pero si existe una diferencia significativa al 0.05% en el tratamiento A2P con 0.80ppm de concentración (**Anexo 02.05**).

Gráfico 04.09. Representación general de la Influencia de temperaturas de deshidratación (tratamientos) en los 5 compuestos volátiles principales en el perfil aromático de la piña fresca.



Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el **Gráfico 04.09** se observa la influencia de las temperaturas de deshidratación en los 5 compuestos volátiles principales de la piña.

En el Metil Hexanoato la pérdida de concentración de 2,44ppm de la piña fresca en 0,34ppm a 58°C, de 0,51ppm en 63°C y 0,33 ppm a 68°C.

Indicando que la pérdida de volátiles estaría en un 86,09% en el tratamiento a 58°C, a 79,13% a 63°C y de 84,45% a temperaturas de 68°C.

Para el compuesto Etil Hexanoato la concentración inicial de la piña fresca fue de 1,42ppm y fue decreciendo en 0,36ppm a 58°C, en 0,57ppm en 63°C y 0,36ppm en 68°C. Siendo las pérdidas del 85,27% a temperaturas de 58°C de 60,01% a 63°C y 74,60% en 68°C.

Con respecto al Metil Butirato un compuesto con una concentración inicial superior (8,52ppm) se presentó con resultados de 0,63ppm a 58°C, de 0,73ppm a 63°C y 0,42ppm a 68°C después de la deshidratación, siendo en porcentaje de 74,36% para 58°C, de 91,40% para 63°C, y de 95,11% para 68°C.

El (E) 2- Hexenoato de metilo uno de los compuestos con concentración alta (5,05ppm) a igual que los anteriores sufrió pérdida en la deshidratación a 58°C con un resultado de 0,58ppm, a 63°C con 0,80ppm y a 68°C con una concentración de 0,62ppm, representando el 76,40% de pérdida a 58°C, el 84,15% al 63°C y el 87,72% a 68°C.

Por último tenemos al 3-Metiltiopropanoato de Metilo con una concentración inicial de 1,78ppm, la misma que a semejanza de los otros componentes disminuyó su concentración a temperaturas de 58°C con 0,55ppm a 63°C con 0,80ppm y a 68°C con 0,41ppm. Estos representan las siguientes pérdidas en porcentajes: 77,49% (58°C), 54,94% (63°C) y 77,10% (68°C).

Como se observó los 5 compuestos volátiles no presentan diferencias significativas en los tratamientos aplicados en la deshidratación antes del almacenamiento (**Anexo 02.06**).

Es decir, que a temperaturas de 58°C, 63°C y 68°C los compuestos volátiles de la piña sufren un deterioro de los aromas y color importante según han demostrado en estudios, en donde las características de la fruta se modifican de forma muy drástica (Mastrocola, Severini, & Lericci, 1989) en comparación con la piña fresca, pero en la deshidratación entre estos rangos de temperatura, no marcan entre sí diferencias significativas al 0.05%.

Se observó que a temperaturas de 63°C y 68°C se mantiene cierta diferencia mínima pero conociendo que estos tratamientos se llevaron a tiempos de deshidratación menores: 7 horas y 6 horas respectivamente, pero aún con estos resultados mediante la prueba de Tukey podemos verificar que la pérdida de volátiles entre tratamientos no es sustancial.

4.6.-RESULTADOS DISEÑO EXPERIMENTAL 2: ANÁLISIS DE LA PÉRDIDA DE CONCENTRACIÓN EN CINCO PRINCIPALES COMPUESTOS AROMÁTICOS DE LA PIÑA DURANTE 4 SEMANAS DE ALMACENAMIENTO A 35°C.

Los resultados de este diseño experimental se basaron en evaluar la pérdida de concentración en ppm de los 5 compuestos volátiles principales del perfil aromático de la piña a 58°C, 63°C y 68°C, durante 4 semanas de almacenamiento en una cámara de temperado Hotpack a 35°C.

Los resultados de los respectivos análisis de varianzas de los compuestos volátiles se presentarán a continuación por cada semana analizada, mediante

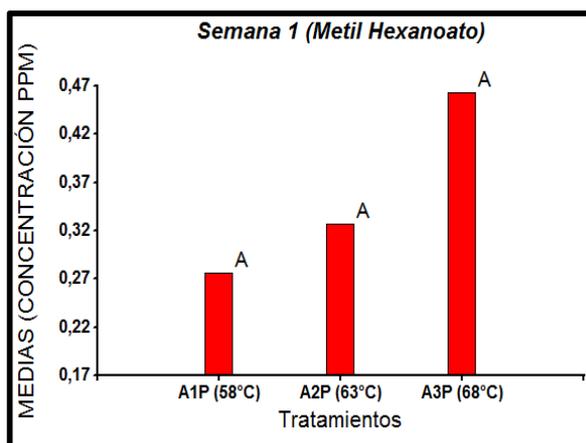
gráficos de comparación de medias de la prueba de Tukey, realizados en el software estadístico Infostat versión 2008.

4.6.1.- SEMANA 1: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Llegando a los siete días de deshidratación se tomaron muestras de los tratamientos y se realizaron los respectivos análisis estadísticos obteniendo los siguientes resultados:

a.- METIL HEXANOATO

Gráfico 04.10. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Metil Hexanoato durante la semana 1.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

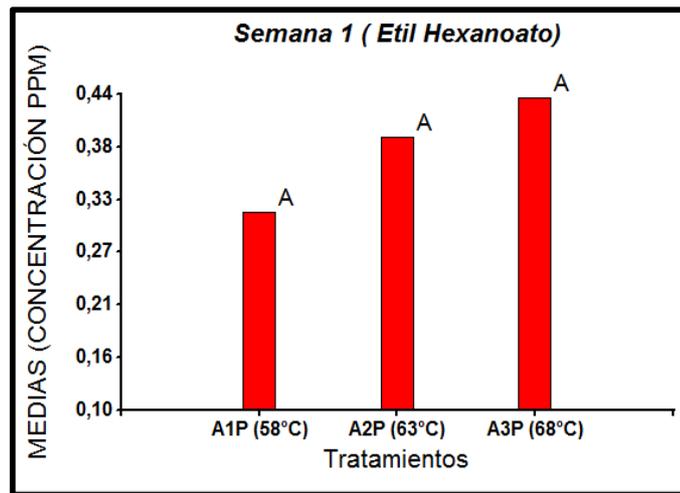
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el Gráfico 04.10 se presenta las diferencia de medias del compuesto Metil Hexanoato en la semana 1 indicando que a 58°C hay un promedio de concentración de 0.29 ppm, a 63°C: 0.25 ppm y a 68°C una concentración de 0.21 ppm.

Comprobando que no hay diferencia significativa entre los tratamientos (**Anexo 03.01**).

b- ETIL HEXANOATO

Gráfico 04.11. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Etil Hexanoato durante la semana 1.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

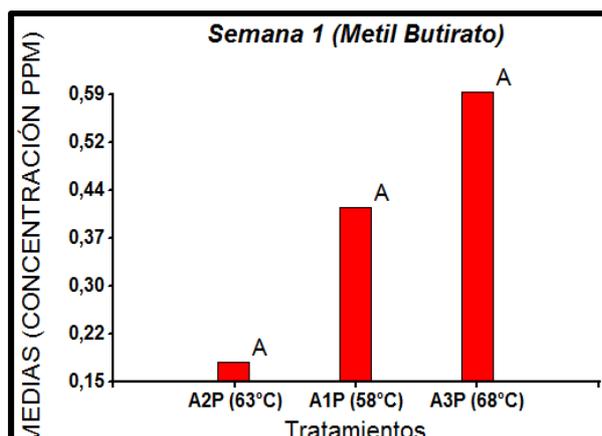
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.11 las diferencias de medias de los tratamientos con respecto al compuesto Etil Hexanoato donde el tratamiento A1P se presentó con una media de 0.31 ppm, el tratamiento A2P su concentración es de 0.39 ppm y A3P de 0.44 ppm.

Confirmando que no hay diferencias significativas en la primera semana para este compuesto (**Anexo 03.02**).

c.- METIL BUTIRATO

Gráfico 04.12. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Metil Butirato durante la semana 1.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

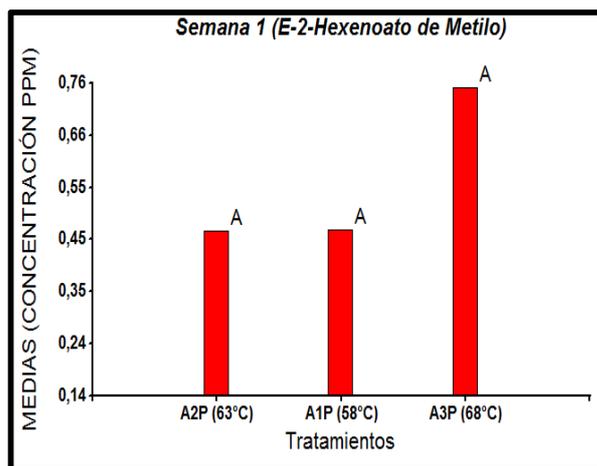
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.12 se presentó los resultados de la semana 1 de los tratamientos A2P (63°C) con 0.18 ppm, A1P (58°C) con 0.42 ppm y A3P (68°C) con 0.59 ppm con relación al compuesto aromático Metil Butirato.

Confirmando que en la semana 1 no existe diferencia significativa a 0.05% según test de Tukey (**Anexo 03.03**).

d.- (E)-2- HEXENOATO DE METILO

Gráfico 04.13. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil (E)-2- Hexenoato de Metilo durante la semana 1.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

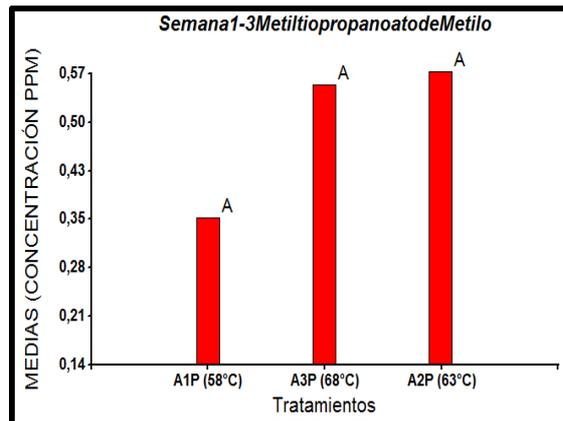
En el gráfico 04.13 se mostraron los resultados obtenidos de la semana 1 con respecto al compuesto (E)-2- Hexenoato de Metilo indicando entre medias de tratamientos que no hay diferencia significativa.

Las medias de los resultados fueron las siguientes: A1P (58°C) con 0.47 ppm, A2P (63°C) con concentración de 0.47 ppm y A3P (68°C) con 0.75 ppm.

(Anexo 03.04).

e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO

Gráfico 04.14. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil 3- Metiltiopropanoato de Metilo durante la semana 1.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

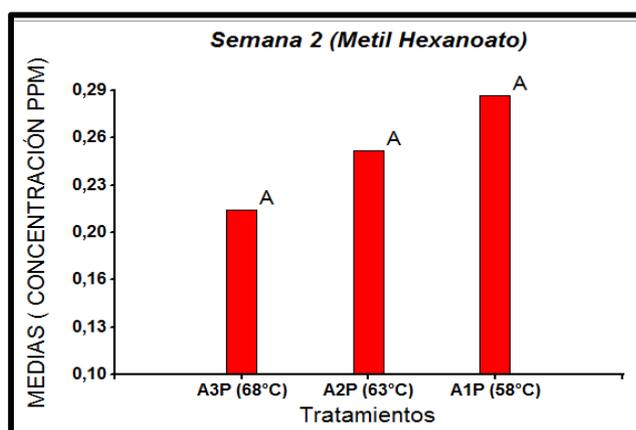
En el gráfico 04.14 se observó la diferencia de medias de los tratamientos A1P, A2P y A3P con concentraciones de 0.36 ppm, 0.57 ppm y 0.55 ppm respectivamente, indicando que no hay diferencias significativas entre tratamientos para 3- Metiltiopropanoato de Metilo en la primera semana. **(Anexo 03.05).**

4.6.2.- SEMANA 2: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Llegando a los catorce días después de la deshidratación se tomaron muestras de los tratamientos y se realizaron los respectivos análisis estadísticos obteniendo los siguientes resultados:

a.- METIL HEXANOATO

Gráfico 04.15. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Metil Hexanoato durante la semana 2.



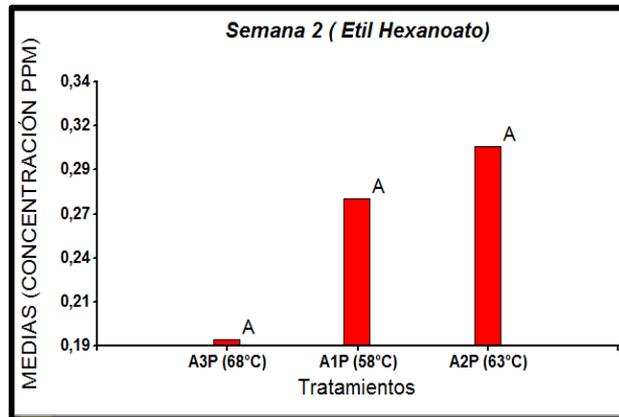
Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a p=0.05

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el **Gráfico 04.15** se presentó las diferencia de medias del compuesto Metil Hexanoato en la semana 2 indicando que a 68°C hay un promedio de concentración de 0.26 ppm, a 63°C: 0.33 ppm y a 58°C una concentración de 0.42 ppm. Demostrando que no hay diferencia significativa entre los tratamientos (**Anexo 03.02**).

b.- ETIL HEXANOATO

Gráfico 04.16. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Etil Hexanoato durante la semana 2.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

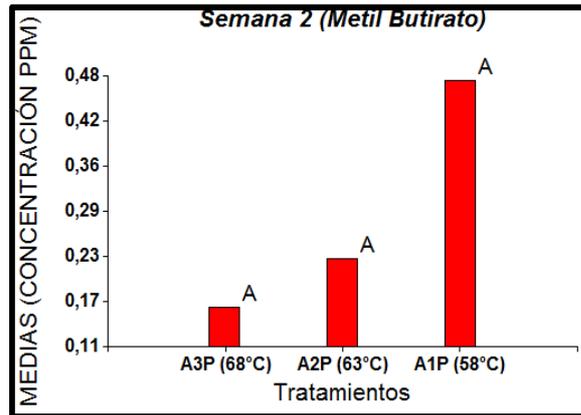
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.16 se observó las diferencias de medias de los tratamientos según el compuesto Etil Hexanoato donde el tratamiento A1P presentó una media de 0.30 ppm, el tratamiento A2P su concentración es de 0.27 ppm y A3P de 0.19 ppm.

Ratificando que no hay diferencias significativas en la segunda semana para este compuesto (**Anexo 03.02**).

c.- METIL BUTIRATO

Gráfico 04.17. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Metil Butirato durante la semana 2.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

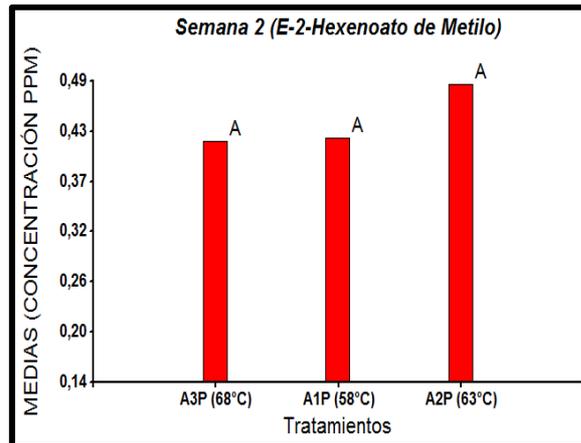
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.17 se presentó los resultados de la semana 2 de los tratamientos A3P (68°C) con 0.16 ppm, A2P (63°C) con 0.23 ppm y A1P (68°C) con 0.47 ppm con relación al compuesto aromático Metil Butirato.

Confirmando que en la semana 2 no llega a existir diferencia significativa a 0.05% según test de Tukey (**Anexo 03.03**).

d.- (E)-2- HEXENOATO DE METILO

Gráfico 04.18. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil (E)-2- Hexenoato de Metilo durante la semana 2.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

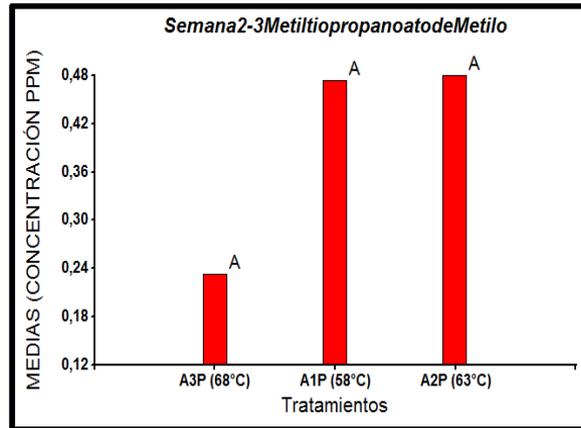
En el gráfico 04.18 se observó los resultados de la semana 2 con respecto al compuesto (E)-2- Hexenoato de Metilo indicando que entre medias de tratamientos no hay diferencia significativa

Las medias de los resultados fueron las siguientes: A1P (58°C) con 0.42 pm, A2P (63°C) con concentración de 0.49 ppm y A3P (68°C) con 0.42 ppm.

(Anexo 03.04).

e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO

Gráfico 04.19. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil 3- Metiltiopropanoato de Metilo durante la semana 2.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.19 se observó la diferencia de medias de los tratamientos A1P, A2P y A3P con concentraciones de 0.47 ppm, 0.48 ppm y 0.23 ppm respectivamente, indicando que no hay diferencias significativas entre tratamientos para 3- Metiltiopropanoato de Metilo en la primera semana.

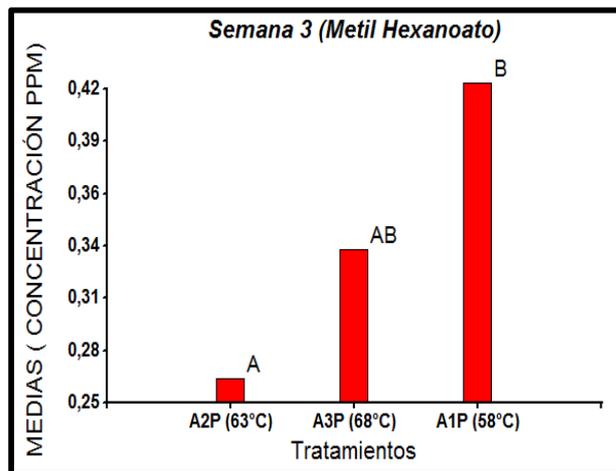
(Anexo 03.05).

4.6.3.- Semana 3: Análisis Estadístico

Llegando a los veintiún días después de la deshidratación se tomaron muestras de los tratamientos y se realizaron los respectivos análisis estadísticos obteniendo los siguientes resultados:

a.- METIL HEXANOATO

Gráfico 04.20. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Metil Hexanoato durante la semana 3.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

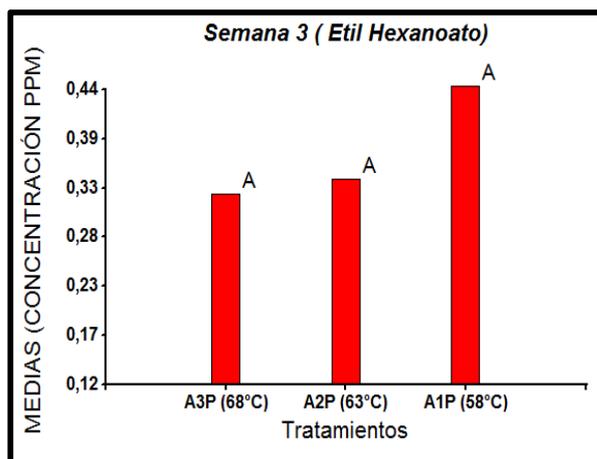
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

El Gráfico 04.20 se presentó las diferencia de medias del compuesto Metil Hexanoato indicando tres niveles de significancia, con 63 °C hay un promedio de concentración de 0.26 ppm, a 68°C con 0.33 ppm en nivel AB y a 58°C una concentración mayor de 0.42 ppm.

Demostrando diferencias entre los tratamientos en la tercera semana con respecto a este compuesto (**Anexo 03.01**).

b.- ETIL HEXANOATO

Gráfico 04.21. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Etil Hexanoato durante la semana 3.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

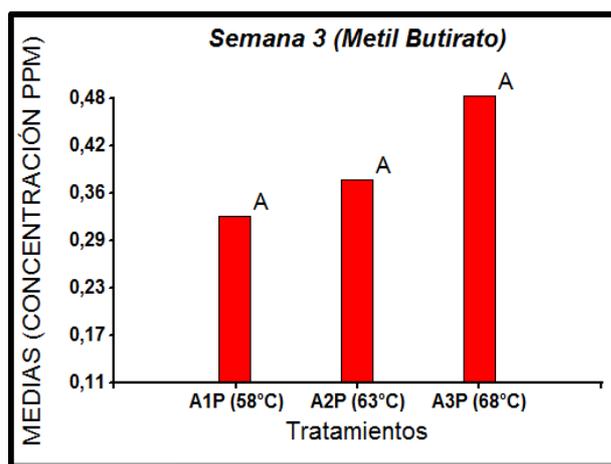
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.21 las diferencias de medias de los tratamientos según el compuesto Etil Hexanoato fueron los siguientes: el tratamiento A1P presenta una media de 0.44 ppm, el tratamiento A2P su concentración es de 0.34 ppm y A3P de 0.33 ppm.

Afirmando que no hay diferencias significativas en la tercera semana para este compuesto (**Anexo 03.02**).

c.- METIL BUTIRATO

Gráfico 04.22. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Metil Butirato durante la semana 3.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

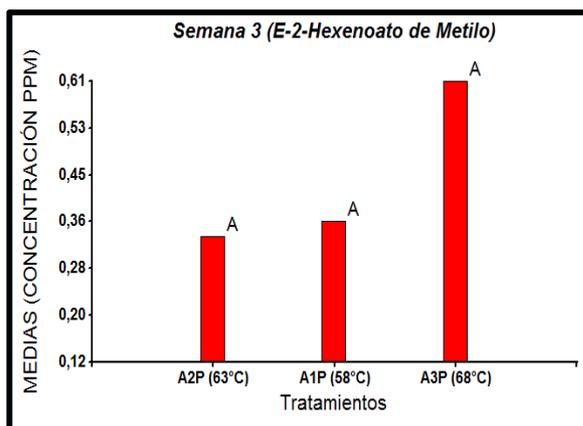
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.22 se presentó los resultados de la semana 3 de los tratamientos A1P (58°C) con 0.33 ppm, A2P (63°C) con 0.37 ppm y A3P (68°C) con 0.48 ppm con relación al compuesto aromático Metil Butirato.

Confirmando que en la semana 3 no llega a existir diferencia significativa a 0.05% según test de Tukey (**Anexo 03.03**).

d.- (E)-2- HEXENOATO DE METILO

Gráfico 04.23. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil (E)-2- Hexenoato de Metilo durante la semana 3.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

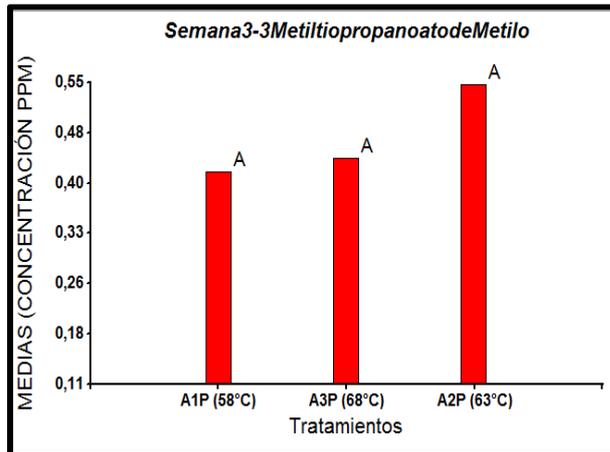
En el gráfico 04.23 se mostraron los resultados de la semana 3 del compuesto (E)-2- Hexenoato de Metilo indicando que entre medias de tratamientos no hay aún diferencia significativa.

Las medias de los resultados fueron las siguientes: A1P (58°C) con 0.37 pm, A2P (63°C) con concentración de 0.34 ppm y A3P (68°C) con 0.61 ppm.

(Anexo 03.04)

e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO

Gráfico 04.24. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil 3- Metiltiopropanoato de Metilo durante la semana 3.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.24 se observó la diferencia de medias de los tratamientos A1P, A2P y A3P con concentraciones de 0.42 ppm, 0.55 ppm y 0.44 ppm respectivamente, indicando que no hay diferencias significativas entre tratamientos para 3- Metiltiopropanoato de Metilo en la tercera semana.

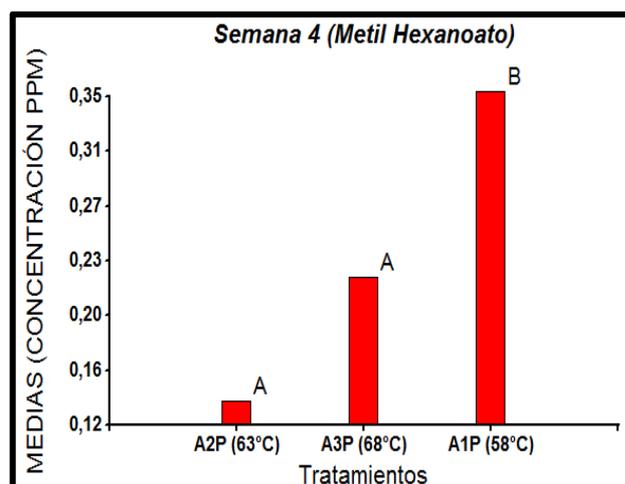
(Anexo 03.05).

4.6.4.- SEMANA 4: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Llegando a los veinte ocho días después de la deshidratación se tomaron muestras de los tratamientos y se realizaron los respectivos análisis estadísticos obteniendo los siguientes resultados:

a.- METIL HEXANOATO

Gráfico 04.25. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Metil Hexanoato durante la semana 4.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

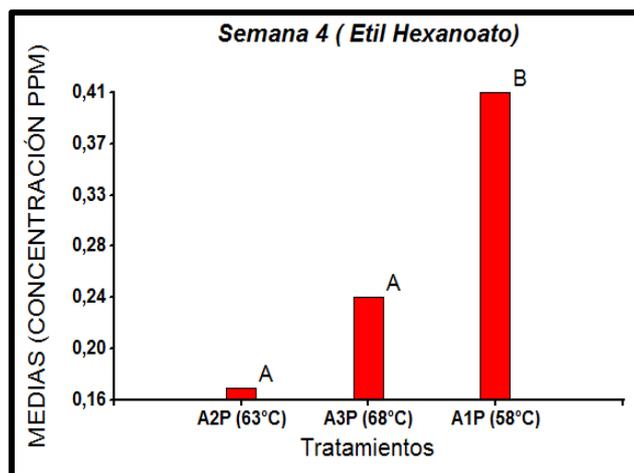
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el **Gráfico 04.25** la diferencia de medias del compuesto Metil Hexanoato se observó con dos niveles de significancia, con 63 °C hay un promedio de concentración de 0.14 ppm y a 68°C con 0.22 ppm.

A 58°C continúa el otro nivel B con una concentración mayor de 0.35 ppm. Demostrando que hay diferencia entre los tratamientos en la cuarta semana con respecto a este compuesto (**Anexo 03.01**).

b.- ETIL HEXANOATO

Gráfico 04.26. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Etil Hexanoato durante la semana 4.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

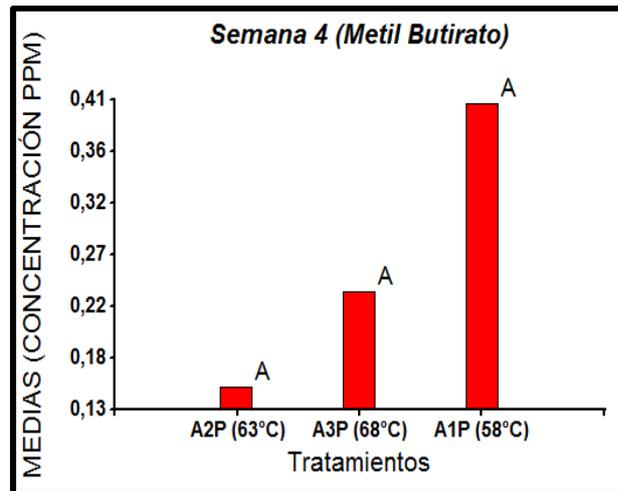
En el gráfico 04.26 las diferencias de medias de los tratamientos con respecto al compuesto Etil Hexanoato se observa que difieren, el tratamiento A1P (58°C) con 0.41 ppm en relación a A2P que presenta una media de 0.17 ppm, y el tratamiento A3P de 0.34 ppm .

En la cuarta semana hay un nivel de significancia entre tratamientos con respecto al Etil Hexanoato

(Anexo 03.02).

c.- METIL BUTIRATO

Gráfico 04.27. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil Metil Butirato durante la semana 4.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

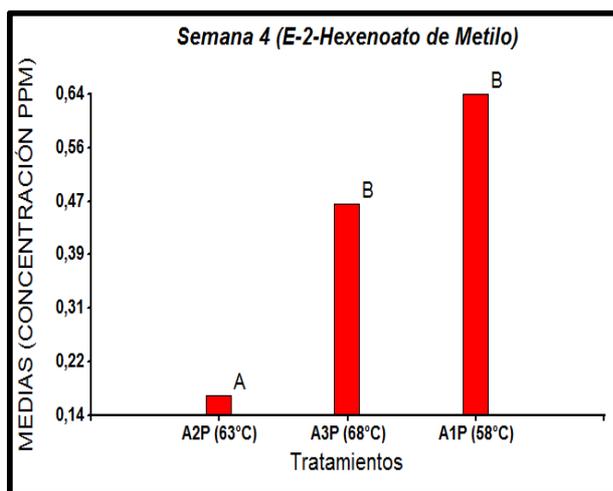
Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.27 se demostró los resultados de la semana 4 en donde las medias de menor a mayor concentración; inicia A2P (63°C) con 0.15 ppm, siguiente A3P (68°C) con 0.24 ppm y por último A1P (58°C) con 0.41 ppm.

En este resultado no hay diferencias entre tratamientos para el Metil Butirato, pero se considera ya que mantiene rangos similares a los resultados de los otros compuestos durante la semana 4 (**Anexo 03.03**).

d.- (E)-2- HEXENOATO DE METILO

Gráfico 04.28 Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil (E)-2- Hexenoato de Metilo durante la semana 4.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

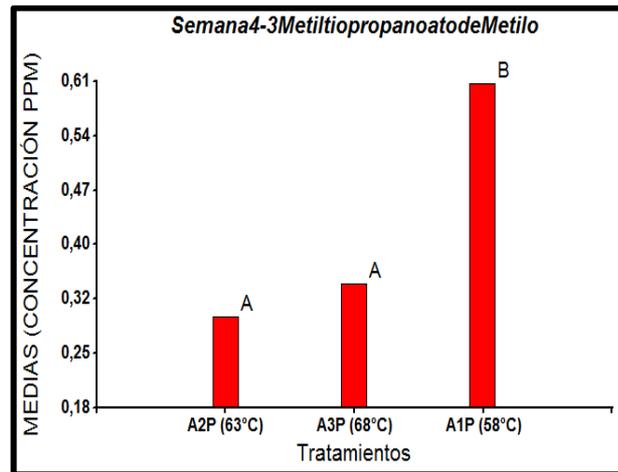
En el gráfico 04.28 se muestran los tratamientos con respecto al compuesto (E)-2- Hexenoato de Metilo de la semana 4, observando dos niveles de significancia

de menor a mayor inicia A2P (63°C) con 0.17 ppm y difieren con este tratamiento el A3P (68°C) con 0.47 ppm y A1P (58°C) con 0.64 ppm siendo significativa la diferencia entre los tratamientos.

(Anexo 03.04).

e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO

Gráfico 04.29. Representación de medias de los tratamientos en el compuesto volátil 3- Metiltiopropanoato de Metilo durante la semana 4.



Medias que comparten las mismas letras no difieren entre sí según la prueba de Tukey a $p=0.05$

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.29 se presentó la diferencia de medias de los tratamientos de menor a mayor concentración del volátil 3- Metiltiopropanoato de Metilo.

La diferencia significativa es en A1P (58°C) con 0.61 ppm de concentración en relación a A3P (68°C) con 0.34 ppm y A2P (63°C) con 0.30 ppm.

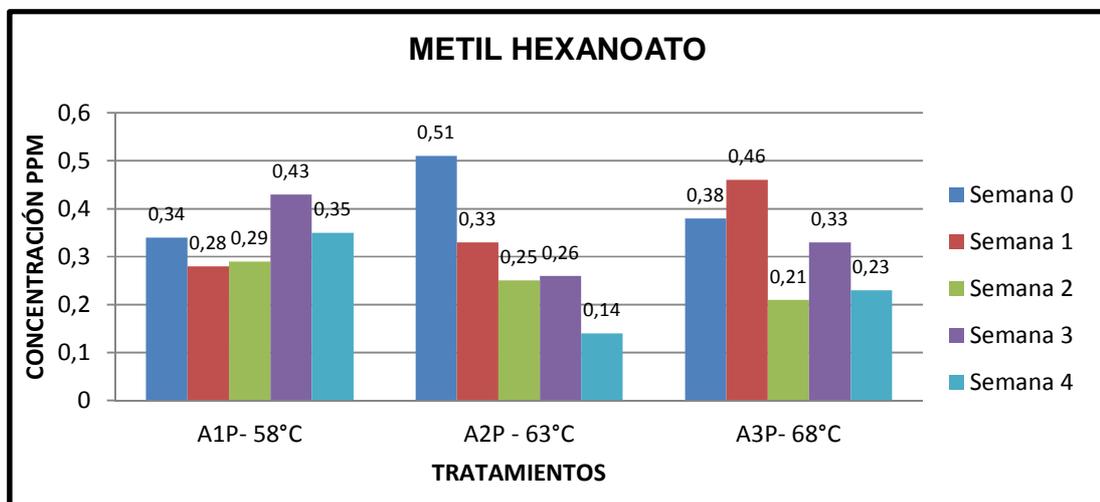
Se indica que en la cuarta semana si se observan diferencias significativas entre los tratamientos.

Como indica Quijano Celis en su investigación que a medida que la temperatura se incrementa, la pérdida de volátiles totales aumenta; y lo mismo sucede para el factor tiempo: un incremento de éste conduce a una mayor pérdida de volátiles (**Anexo 03.05**).

4.6.5.- INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS DE DESHIDRATACIÓN EN LOS PRINCIPALES COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA PIÑA DURANTE EL ALMACENAMIENTO A 35°C.

a.- METIL HEXANOATO

Gráfico 04.30. Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del Metil Hexanoato después del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.



Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.30 se observó la variabilidad que hay entre tratamientos y semanas de almacenamiento, en donde la semana 0 representa a los tratamientos deshidratados a las diferentes temperaturas, y con respecto a estos datos verificamos si hay cambios o no en el almacenamiento.

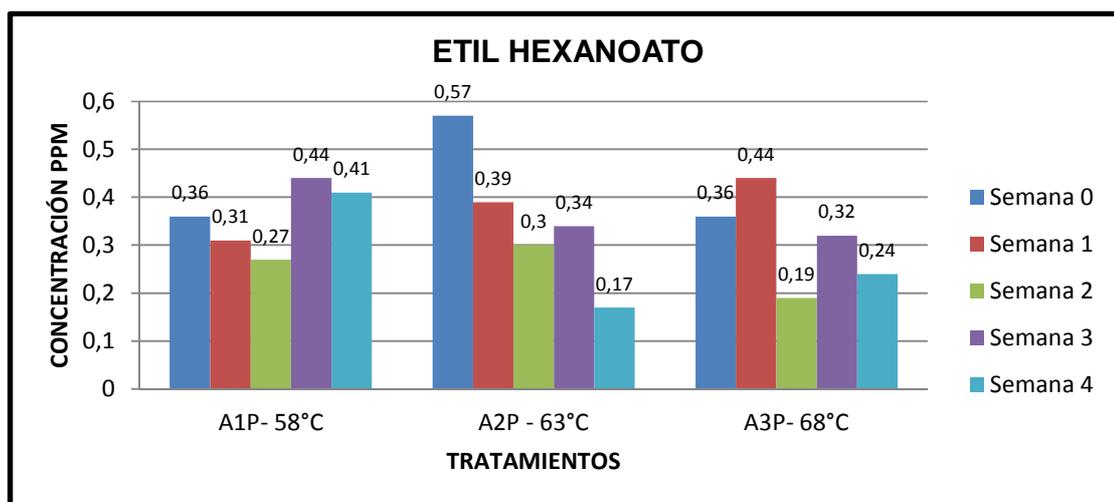
Durante la semana 1 hubo una pérdida de 17,65% con respecto al tratamiento a 58°C y de 35,29% a 63°C, en cambio a 68°C no hay pérdida y aumenta a un 21,05%.

La semana 2 se presenta con mayor porcentaje de pérdidas de concentración en los volátiles, con 14,71% para 58°C, 50,98% para 63°C y 44,74% para 68°C. En la semana 3 el tratamiento a 58°C presenta un aumento del 26,47% y los demás pérdidas de concentración a 49,02% y 13,16% respectivamente.

A igual que la semana 3, el tratamiento a 58°C en la semana 4 la concentración de volátiles se mantiene en positivo (2,9%) en cambio sí hay pérdidas de concentraciones a 63°C y 68°C (72,5%) (39,5%) **(Anexo 03.06)**.

b.- ETIL HEXANOATO

Gráfico 04.31.- Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del Etil Hexanoato después del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.



Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

El Etil Hexanoato en el cuadro 04.31 durante la semana 1 se presentó pérdidas de concentración en los volátiles a 58°C de 13,89% y de 31,58% en 63°C, a la temperatura de 68°C con existe pérdida y hay un 22, 22% de aumento en la concentración.

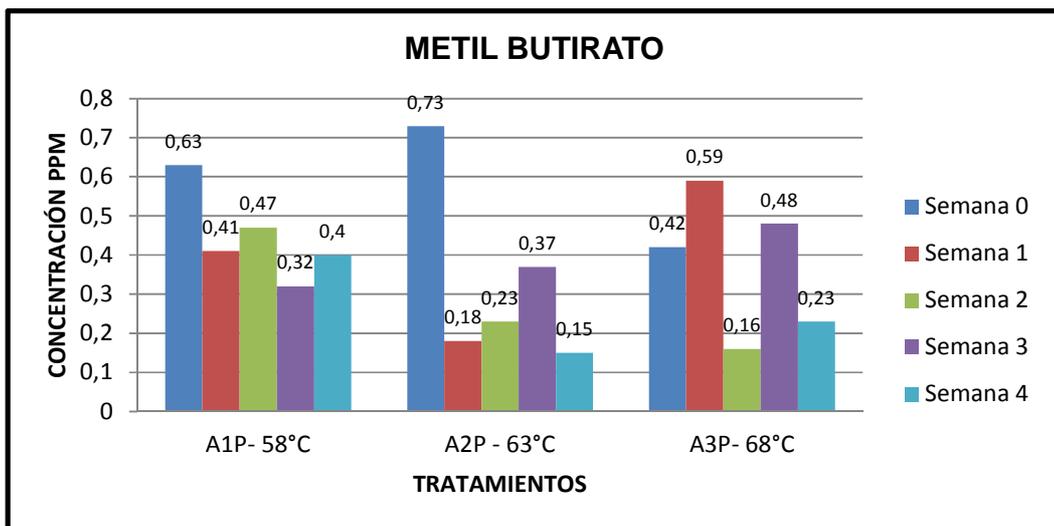
En la semana 2 los tres tratamientos presentaron pérdidas de 25%, 47,37% y 47,22% a 58°C, 63°C y 68°C respectivamente.

Durante la semana 3 el tratamiento a 58°C no presentó pérdida de concentración (22,22%) pero los demás tratamientos sí; a 63°C se perdió un 40,35% y a 68°C una cantidad de 11,11%.

En la semana 4 se observó positivo el tratamiento a 58°C (13,89%) en comparación con la semana 0; los tratamientos a 63°C y 68°C si presentan pérdidas de 70,18% y 33,33% respectivamente (**Anexo 03.07**).

c.- METIL BUTIRATO

Gráfico 04.32.- Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del Metil Butirato después del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.



Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.32 se observó las pérdidas de concentración de volátiles en almacenamiento a 35°C en relación a la semana 0.

En la semana 1 se presentaron pérdidas de 34,92% para 58°C, 75,34% para 63°C y de forma positiva las concentraciones a 68°C (40,48%).

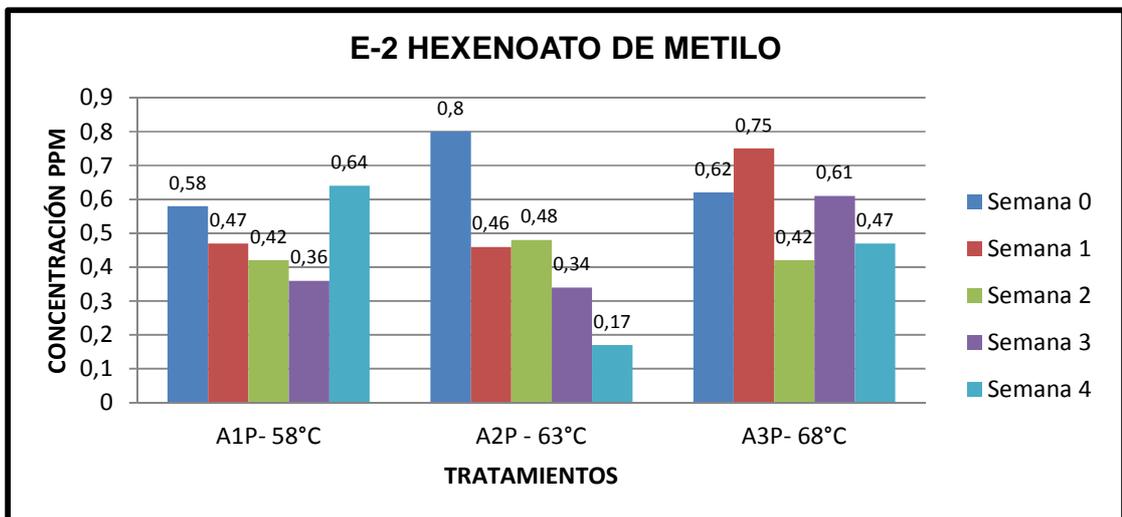
La semana 2 presenta pérdidas de concentración en todos los tratamientos, siendo estas del 25,40%, 68,49% y 61,90% a 58°C, 63°C y 68°C respectivamente.

En la semana 3 los tratamientos a 58°C (49,21%) y 63°C (49,32%) si presentan pérdidas, a diferencia del 68°C que su concentración aumenta de forma mínima (14,29%) (**Anexo 03.08**).

A la cuarta semana los tres tratamientos perdieron concentración siendo el de 58°C (36,51%) la pérdida más baja en concentración con relación a los demás con 79,45% (63°C) y 45,24% (68°C).

d.- (E) 2- HEXENOATO DE METILO

Gráfico 04.33.- Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del (E) 2- Hexenoato de Metilo del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.



Elaborado por: Kathy Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.33 se observó las variaciones de concentración de (E) -2 Hexenoato de metilo en los 3 tratamientos por cuatro semanas.

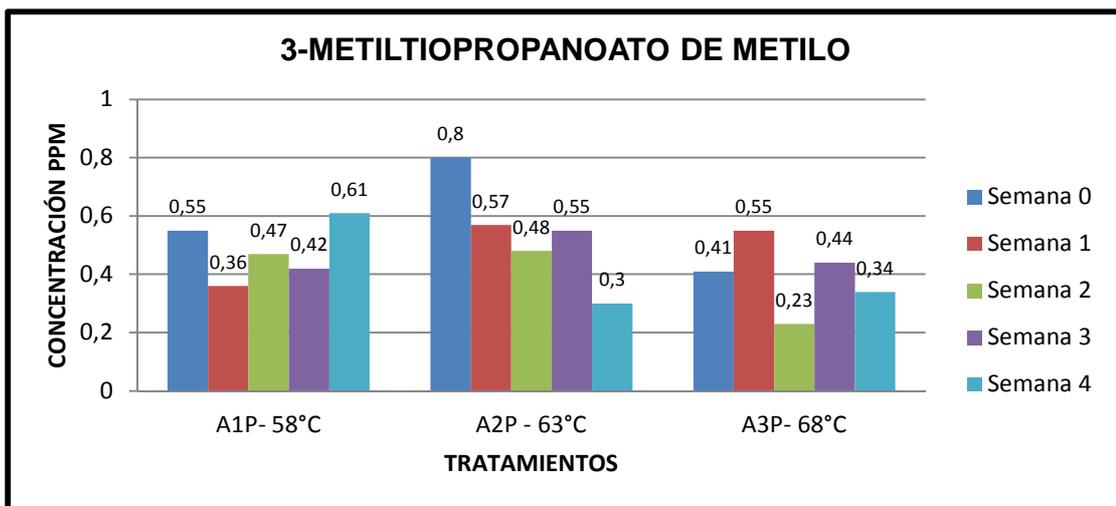
Durante la semana 1 en los tratamientos de 58°C y 63°C hubo pérdidas de 18,97% y 42, 50% respectivamente, en cambio a 68°C fue positivo el porcentaje de concentración (20,97%).

En la segunda semana los 3 tratamientos presentaron pérdidas de 27,59% a 58°C, de 40% a 63°C y 32,26% a 68°C; de igual forma la tercera semana hubo pérdidas de 37,93% en el tratamiento a 58°C, de 57,50% a 63°C y 1,61% a 68°C.

Por último en la semana 4, el tratamiento a 58°C se presentó de forma positiva (10,34%) a comparación de los demás que se presentaron con concentraciones negativas e 78,75% a 63°C y 24,19% a 68°C (**Anexo 03.09**).

e.- 3- METILTIOPROPANOATO DE METILO

Gráfico 04.34.- Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del 3- Metiltiopropanoato de Metilo del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.



Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En el gráfico 04.34 se presentó la relación entre los tratamientos y las semanas de almacenamiento.

En la semana 1 hubo pérdida de concentración a 58°C con 34,55% y a 63°C con 28,75%, en cambio a 68°C no presentan pérdidas y tiene un porcentaje positivo de 34,15%.

Durante la semana 2 los 3 tratamientos presentaron pérdidas de 14,55%, 40% y 43,90% respectivamente.

En la semana 3 se observó pérdidas a 58°C con 23,64% y 63°C con 31,25% en cambio a 68°C es un valor positivo de 7,32%.

En la cuarta semana el tratamiento a 58°C se presentó con un porcentaje positivo (10,91%) a diferencia de los demás que tienen valores negativos en su concentración; a 63°C un 62,50% de pérdida y a 68°C el 17,07% (**Anexo 03.10**).

Tabla 04.21. Promedio de pérdidas de concentración general de los compuestos volátiles estudiados en la piña Perolera.

Tratamientos	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
A1P- 58°C	-23,99%	-21,45%	-12,42%	0,3%
A2P - 63°C	-42,69%	-49,37%	-45,49%	-72,7%
A3P- 68°C	27,77%	-46,00%	-0,86%	-31,9%

Elaborado por: Kathya Sayonara Reyna Arias

En la tabla 04.21 se observó que las mayores pérdidas de concentración fueron a 63°C con 42,69% en la primera semana, 49,37% en la segunda semana, 45,49% en la tercera semana y aumenta a 72,7% en la última semana. Sigue la temperatura de 68°C con 27,77% positivo, le sigue en la segunda semana 46%

y 0,86% en la tercera semana culminando con 31,9% en la semana cuarta con resultados negativos.

Y por último la temperatura de 58°C con pérdidas de concentración menores iniciando con 23,99% en la primera semana, continuando con el 21,45% en la segunda semana, en la tercer semana con el 12,42% y por último un valor positivo mínimo de 0,3% se presentó en la menor temperatura de tratamiento.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.- CONCLUSIONES

En el presente trabajo de investigación se derivan las siguientes conclusiones que se presentan a continuación:

- La piña fresca presentó en su perfil aromático con un total de 27 compuestos volátiles, con un alto contenido de ésteres (52%), le siguen alcoholes con 15%, cetonas y terpenos con 11% y por último ácidos en menor proporción con 4%.
- Los compuestos principales de la piña fresca obtenidos en el cromatograma fueron: Metil Hexanoato, Etil Hexanoato, Metil Butirato, (E)-2- Hexenoato de Metilo y 3- Metiltiopropanoato de Metilo.
- Las temperaturas de deshidratación afectaron significativamente al perfil aromático de la piña fresca perdiendo un promedio de 79,92% de los compuestos principales a 58°C, un 73,93% a 63°C y el 83,80% de pérdida a 68°C.
- Los resultados demostraron que las temperaturas de deshidratación que han sido sometidos los tratamientos no presentan diferencias significativas.

- En la evaluación de los cinco compuestos volátiles durante el almacenamiento se observó que en la primera y segunda semana no hay diferencias significativas entre tratamientos y la concentración de volátiles entre los mismos es análoga, al iniciar la tercera semana se produce tres niveles de significancia en relación al Metil Hexanoato, ubicando al tratamiento A1P (58°C) como la temperatura que mantiene el volátil a mayor concentración a los veintiún días, con respecto al (E)-2- Hexenoa de Metilo, 3 Metiltiopropanoato de Metilo, Etil Hexanoato y Metil Butira los tres tratamientos no presentan diferencias entre sí. En la cuarta semana podemos constatar que culminando los 28 días el tratamiento que mantiene las concentraciones altas con una diferencia significativa al 0.05% en el test de Tukey es el A1P (58°C) confirmando que a menor temperatura se volatilizan en cantidades inferiores los compuestos volátiles.

5.2.- RECOMENDACIONES

- Ecuador presenta una gama de frutas exóticas con deliciosos aromas, siendo un principal motivo para futuras investigaciones de perfiles aromáticos de frutas, vegetales, plantas aromáticas, etc. desarrollando información científica en nuestro país.
Además el almacenamiento de deshidratados, su afectación en los compuestos volátiles según las condiciones del ambiente, empaque y producto, comprendería un amplio estudio en la ciencia.
- Para futuras investigaciones se recomienda el estudio de rangos de temperatura más amplios para constatar si hay o no diferencias significativas después del deshidratado de frutas.
- Se recomienda mantener un estricto control en la limpieza del equipo cromatográfico y durante el desarrollo de los análisis para evitar errores en la lectura de los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- Antal, K. (2010). Influence of drying on the volatile compounds of searmint (*Mentha spicata* L). Hungría.
- Arthey, (1992). Procesado de frutas y hortalizas. Zaragoza-España: Acribia.
- Baldwin, Dixon y Hewett, Fellman, Forney, Song, & Forney. (2002, 2000, 2007). Factors affecting apple aroma flavor volatile concentration.
- Baldwin, (2002). Fruit Flavor, volatile metabolism and consumer perception. 89 – 106p.
- Barbosa, (1996). Deshidratación de alimentos. México: Acribia.
- Belitz, G. (1987). Food Chemistry. New York: Springer Verlag.
- Belliardo, Bicchi, Cordero, Liberto, & Sgorbini. (2006). Headspace-solid-phase microextraction in the analysis of the volatile fraction of aromatic and medicinal plant. 416-29p.
- Bomben, J., Briun, S., Thijssen, H., & Merson, R. (1973). Aroma recovery and retention in concentration and drying foods, in: Advances in food Research.
- Bruckner, (2008). Fruit and vegetable flavor: Recent Advances and future prospects.
- Cañizares, B. O. (2007). Deshidratación de productos vegetales. Venezuela.
- Coloma Olmedo. (2008). Estudio del efecto de deshidratación osmótica en la vida útil de los productos secos. Guayaquil.
- Correa Hernando, E. C. (2003). Desarrollo de una aplicación a la detección de aromas para una nariz electrónica de tipo microbalanza de cristal de cuarzo (QCM) para su adaptación de la determinación de calidad en frutas. Madrid.
- Cunningham, Barry, Schieberle, & Wyllie. (1986, 1990, 1995).

- Diban Gómez, N. (2008). Separación en etapas de procesado de zumos de frutas y bebidas. Santander.
- Frazier, W. (2003). Microbiología de los alimentos (4ta ed.). Zaragoza, España: Acribia.
- Freiría, Alvarez, Lorenzo, Racamonde, & Rodríguez. (1998). Aplicaciones de la técnica denominada espacio de cabeza. Revista cubana de Química, 2-5p.
- Gicel, S. G. (2013). LA PIÑA: Un Excelente aporte nutricional .
- Godefroot, Sandra, & Verzele. (1969). New Method for Quantitative essential oil Analysis.
- Gomis Yagüez. (2008). Cromatografía: Principios Generales.
- Harmon, & Marsili. (1997). Soild- phase microextraction for the analysis of flavors.
- Jacome, B. (2003). Manual de funcionamiento y mantenimiento del Deshidratador de gabinete con flujo de aire horizontal, para prácticas de laboratorio en la Universidad Tecnológica Equinoccial. Estudio de caso: ajo, hojas de apio y manzana. Ecuador.
- Kader. (2002). Postharvest technology of horticultural crops. Resources Publication, 535p.
- Labhut. (2013). What is GC headspace.
- Matos, & Carbonell. (1990). Análisis de la fracción aromática de los alimentos.
- Menoza Olivares, D., & Amezquita, F. (2008). Taller básico de cromatografía de gases.
- Morales, Aparicio, & Alonzo. (1998). Analysis of virgin olive oil aroma SFE-GC-MS .
- Morales, Aparicio, & Guitérrez. (1992). Técnicas de aislamiento y concentración de volátiles de aceites vegetales. Grasas y Aceites, 164- 73p.

- Morrison, Lyon, & Robertson. (1981). Correlation of gas liquid chromatographic volátiles with flavor intensity scores of stored sunflower oils.
- Muñoz, R. (1972). Ensayo con tres programas de secado artificial en cinco especies nativas latifoliadas. Chile.
- Peralvo, D. (2010). Cultivo de piña con perspectivas para mercado internacional. Agrytec.
- Perry Robert O, D. W. (2001). Manual del ingeniero químico. Madrid.
- Proecuador.gov.ec. (2013). Perfil de la Piña.
- Raschieri. (1998). Deseccación de los productos vegetales (1era ed.). Barcelona -España: Reverté S.A.
- Song, & Forney. (2008). Flavor volatile production and regulation in apple fruit stewart postharvest.
- Sulc. (1984). Fruit juice concentration and aroma separation. 258-318p.
- SWANSON. (2001). Drying Fruits and vegetables (2da ed.). USA: A Pacific Northwest Extension.
- TERRANOVA. (1995). Ingeniería y Agroindustria (1era ed.). Colombia: Terranova.
- Tonguino Borja, M. (2010). Determinación de la condiciones óptimas para la deshidratación de dos plantas aromáticas, menta y orégano. Ibarra.
- Treybal. (1986). Operaciones de transferencia de masa. New York: McGraw-hill.
- Y.H.HUI, & Nimalk Sinha. (2010). Handbook of fruit and vegetables proccesing.lowa -USA: Wiley Blackwell.

ANEXOS

ANEXO 01. FOTOGRAFÍAS

Anexo 01.01



Equipo de deshidratación Excalibur

Anexo 01.02



- Cámara de secado - Cámara de calentamiento y distribución del aire caliente - Generador de calor - Ventilador

Anexo 01.03



Puerta

Anexo 01.04



Aparatos de control

Anexo 01.05



Bandejas

Anexo 01.06



Método Espacio en cabeza

Anexo 01.07



Horno del cromatógrafo usado en el trabajo de investigación

Anexo 01.08



Columnas cromatográficas capilares de 30 m de largo y 0.32mm diámetro soporta hasta 250°C usadas en el trabajo de investigación

Anexo 01.09



Sistema de detección de Ionización en Llama

Anexo 01.10



Selección de la piña utilizada para el diseño experimental

Anexo 01.11



Lavado y desinfección de la piña

Anexo 01.12



Pelado y troceado de la piña

Anexo 01.13



Pesado de la Piña fresca y deshidratada

Anexo 01.14



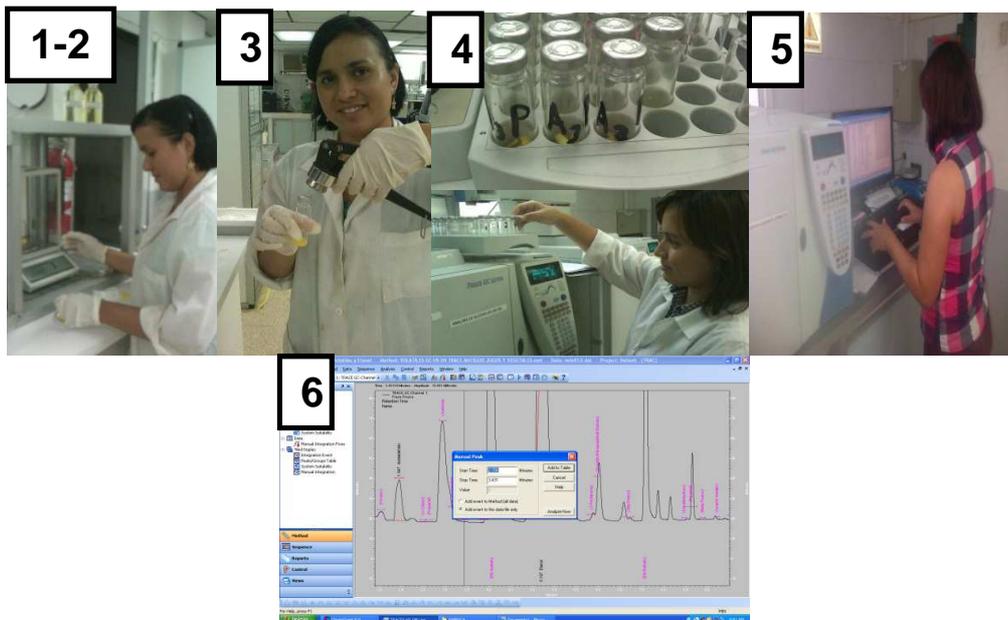
Determinación de la temperatura de deshidratación y pesaje de la muestra deshidratada cada hora

Anexo 01.15



Empacado en fundas de 14 x 12 cm de los tratamientos

Anexo 01.16



Procedimiento para Analizar los tratamientos en el Cromatógrafo de Gases –HS

Anexo 01.17



Cámara de Almacenamiento de los tratamientos a 35°C

Anexo 01.18



Determinación de Acidez total de la piña

Anexo 01.19



Lectura de los ° Brix de la piña

Anexo 01.20



Determinación del pH de la fruta

Anexo 01.21



Determinación de la actividad de agua en la Piña fresca y deshidratada

Anexo 01.22



Determinación de la humedad en la piña fresca y deshidratada

ANEXO 02.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL 1

Anexo 02.01

Diseño experimental 1 - ANOVA

METIL HEXANOATO

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	METIL HEXANOATO
A1P	1	0,23
A2P	2	0,52
A3P	3	0,31
P	1	0,42
A2P	2	0,52
A3P	3	0,32
A1P	1	0,37
A2P	2	0,49
A3P	3	0,51

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	2	0,02	3,09	0,1198
Tratamientos	0,05	2	0,02	3,09	0,1198
Error	0,05	6	0,01		
Total	0,09	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,21842

Error: 0,0076 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A1P (58°C)	0,34	3	0,05	A
A3P (68°C)	0,38	3	0,05	A
A2P (63°C)	0,51	3	0,05	A

Anexo 02.02

Diseño Experimental 1 - ANOVA

ETIL HEXANOATO

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	ETIL HEXANOATO
A1P	1	0,34
A2P	2	0,56
A3P	3	0,32
A1P	1	0,37
A2P	2	0,59
A3P	3	0,35
A1P	1	0,37
A2P	2	0,55
A3P	3	0,41

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	2	0,04	46,03	0,0002
Tratamientos	0,09	2	0,04	46,03	0,0002
Error	0,01	6	0,09		
Total	0,09	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07738

Error: 0,0010 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A1P (58°C)	0,36	3	0,02	A
A3P (68°C)	0,36	3	0,02	A
A2P (63°C)	0,57	3	0,02	B

Anexo 02.03

Diseño experimental 1 - ANOVA

METIL BUTIRATO

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	METIL BUTIRATO
A1P	1	0,39
A2P	2	0,87
A3P	3	0,35
A1P	1	0,77
A2P	2	0,65
A3P	3	0,07
A1P	1	0,72
A2P	2	0,68
A3P	3	0,83

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,15	2	0,08	1,11	0,3882
Tratamientos	0,15	2	0,08	1,11	0,3882
Error	0,41	6	0,07		
Total	0,56	8			

Test:Tukey

Alfa=0,05

DMS=0,65547

Error:

0,0685

gl:

6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A3P (68°C)	0,42	3	0,15	A
A1P (58°C)	0,63	3	0,15	A
A2P (63°C)	0,73	3	0,15	A

Anexo 02.04

Diseño experimental 1 - ANOVA

(E)-2- HEXENOATO DE METILO

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	(E)-2- HEXENOATO DE METILO
A1P	1	0,42
A2P	2	0,88
A3P	3	0,53
A1P	1	0,70
A2P	2	0,77
A3P	3	0,54
A1P	1	0,61
A2P	2	0,75
A3P	3	0,79

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,08	2	0,04	2,62	0,1521
Tratamientos	0,08	2	0,04	2,62	0,1521
Error	0,10	6	0,02		
Total	0,18	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,31750

Error: 0,0161 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A1P (58°C)	0,58	3	0,07	A
A3P (68°C)	0,62	3	0,07	A
A2P (63°C)	0,80	3	0,07	A

Anexo 02.05

Diseño experimental 1 - ANOVA

3-METILTIOPROPANOATO DE METILO

TRATAMIENTOS	REPETICIONES	3-METILTIOPROPANOATO DE METILO
A1P	1	0,47
A2P	2	0,79
A3P	3	0,33
A1P	1	0,66
A2P	2	0,87
A3P	3	0,45
A1P	1	0,52
A2P	2	0,74
A3P	3	0,44

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,24	2	0,12	20,26	0,0021
Tratamientos	0,24	2	0,12	20,26	0,0021
Error	0,04	6	0,01		
Total	0,27	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,19207

Error: 0,0059 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A3P (68°C)	0,41	3	0,04	A
A1P (53°C)	0,55	3	0,04	A
A2P (63°C)	0,80	3	0,04	B

Anexo 02.06

Influencia de las temperaturas de deshidratación en los compuestos aromáticos de la Piña Fresca

COMPUESTOS VOLÁTILES	CONCENTRACIÓN INICIAL (ppm)	CONCENTRACIÓN DESHIDRATACIÓN A 58°C	PORCENTAJE PÉRDIDA	CONCENTRACIÓN DESHIDRATACIÓN A 63°C	PORCENTAJE PÉRDIDA	CONCENTRACIÓN DESHIDRATACIÓN A 68°C	PORCENTAJE PÉRDIDA
Metil Hexanoato	2,44	0,34	86,09 %	0,51	79,13 %	0,38	84,45 %
Etil Hexanoato	1,42	0,36	85,27 %	0,57	60,01 %	0,36	74,60
(E) 2- Hexenoato de Metilo	5,05	0,58	76,40 %	0,80	84,15 %	0,62	87,72 %
3-Metiltiopropanoato de metilo	1,78	0,55	77,49 %	0,80	54,94 %	0,41	77,10 %
Metil Butirato	8,52	0,63	74,36 %	0,73	91,40 %	0,42	95,11 %
PROMEDIO DE PÉRDIDA POR TRATAMIENTO			79,92%		73,93%		83,80%

ANEXO 03.- ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DISEÑO EXPERIMENTAL 2

Anexo 03.01

Diseño experimental 2 – ANOVA

METIL HEXANOATO

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
A1P	0,14	0,23	0,40	0,32
A2P	0,34	0,34	0,27	0,10
A3P	0,35	0,24	0,38	0,20
A1P	0,36	0,24	0,39	0,41
A2P	0,34	0,20	0,33	0,17
A3P	0,46	0,20	0,29	0,26
A1P	0,33	0,39	0,48	0,33
A2P	0,30	0,21	0,19	0,14
A3P	0,58	0,19	0,33	0,21

SEMANA 1

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	2	0,03	3,00	0,1249
Tratamientos	0,06	2	0,03	3,00	0,1249
Error	0,06	6	0,01		
Total	0,11	8			

Test:Tukey

Alfa=0,05

DMS=0,24203

Error:

0,0093

gl:

6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A3P (68°C)	0.21	3	0,04 A
A2P (63°C)	0.25	3	0,04 A
A1P (58°C)	0.29	3	0,04 A

SEMANA 2**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	2	0,02	6,16	0,0351
Tratamientos	0,04	2	0,02	6,16	0,0351
Error	0,02	6	0,0031		
Total	0,06	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14023

Error: 0,0031 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A3P (68°C)	0,26	3	0,03 A
A2P (63°C)	0,33	3	0,03 A
A1P (58°C)	0,42	3	0,03 B

SEMANA 3**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	2	0,02	6,16	0,0351
Tratamientos	0,04	2	0,02	6,16	0,0351
Error	0,02	6	0,0031		
Total	0,06	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,14023

Error: 0,0031 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A2P (63°C)	0,26	3	0,03 A
A3P (68°C)	0,33	3	0,03 A
A1P (58°C)	0,42	3	0,03 B

SEMANA 4**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,07	2	0,04	22,77	0,0016
Tratamientos	0,07	2	0,04	22,77	0,0016
Error	0,01	6	0,0016		
Total	0,08	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09916

Error: 0,0016 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A2P (63°C)	0.14	3	0,02	A
A3P (68°C)	0.22	3	0,02	A
A1P (58°C)	0.35	3	0,02	B

Anexo 03.02

Diseño experimental 2 – ANOVA

ETIL HEXANOATO

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
A1P	0,17	0,28	0,46	0,46
A2P	0,44	0,41	0,33	0,12
A3P	0,32	0,17	0,31	0,18
A1P	0,45	0,25	0,52	0,36
A2P	0,38	0,26	0,43	0,23
A3P	0,45	0,24	0,31	0,27
A1P	0,32	0,29	0,35	0,41
A2P	0,36	0,24	0,27	0,16
A3P	0,54	0,17	0,36	0,28

SEMANA 1**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	2	0,01	1,05	0,4069
Tratamientos	0,02	2	0,01	1,05	0,4069
Error	0,07	6	0,01		
Total	0,09	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26513

Error: 0,0112 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A1P (58°C)	0.31	3	0,06 A
A2P (63°C)	0.39	3	0,06 A
A3P (68°C)	0.44	3	0,06 A

SEMANA 2**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	2	0,01	2,42	0,1695
Tratamientos	0,02	2	0,01	2,42	0,1695
Error	0,03	6	0,0049		
Total	0,05	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17596

Error: 0,0049 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A3P (68°C)	0,19	3	0,04 A
A2P (63°C)	0,27	3	0,04 A
A1P (58°C)	0,30	3	0,04 A

SEMANA 3**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	2	0,01	2,42	0,1695
Tratamientos	0,02	2	0,01	2,42	0,1695
Error	0,03	6	0,0094		
Total	0,05	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,17596

Error: 0,0049 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A3P (68°C)	0,33	3	0,04 A
A2P (63°C)	0,34	3	0,04 A
A1P (58°C)	0,44	3	0,04 A

SEMANA 4**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	2	0,05	15,77	0,0041
Tratamientos	0,09	2	0,05	15,77	0,0041
Error	0,02	6	0,0029		
Total	0,11	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13439

Error: 0,0029 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A2P (63°C)	0.17	3	0,03 A
A3P (68°C)	0.24	3	0,03 A
A1P (58°C)	0.41	3	0,03 B

Anexo 03.03

Diseño experimental 2 – ANOVA

METIL BUTIRATO

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
A1P	0,18	0,40	0,42	0,28
A2P	0,00	0,00	0,50	0,24
A3P	0,42	0,25	0,53	0,38
A1P	0,47	0,40	0,56	0,52
A2P	0,36	0,33	0,42	0,00
A3P	0,77	0,05	0,48	0,12
A1P	0,60	0,62	0,00	0,42
A2P	0,18	0,36	0,20	0,21
A3P	0,59	0,19	0,44	0,21

SEMANA 1

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,26	2	0,13	3,54	0,0964
Tratamientos	0,26	2	0,13	3,54	0,0964
Error	0,22	6	0,04		
Total	0,48	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,47811

Error: 0,0364 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A2P (63°C)	0,18	3	0,11 A
A1P (58°C)	0,42	3	0,11 A
A3P (68°C)	0,59	3	0,11 A

SEMANA 2**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,16	2	0,08	3,60	0,0939
Tratamientos	0,16	2	0,08	3,60	0,0939
Error	0,13	6	0,02		
Total	0,29	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37318

Error: 0,0222 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A3P (68°C)	0,16	3	0,09 A
A2P (63°C)	0,23	3	0,09 A
A1P (58°C)	0,47	3	0,09 A

SEMANA 3**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,04	2	0,02	0,52	0,6169
Tratamientos	0,04	2	0,02	0,52	0,6169
Error	0,22	6	0,04		
Total	0,26	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,48211

Error: 0,0370 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A1P (58°C)	0,33	3	0,11 A
A2P (63°C)	0,37	3	0,11 A
A3P (68°C)	0,48	3	0,11 A

SEMANA 4**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,10	2	0,05	3,13	0,1174
Tratamientos	0,10	2	0,05	3,13	0,1174
Error	0,10	6	0,02		
Total	0,20	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,32039

Error: 0,0164 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A2P (63°C)	0.15	3	0,07	A
A3P (68°C)	0.24	3	0,07	A
A1P (58°C)	0.41	3	0,07	A

Anexo 03.04

Diseño experimental 2 – ANOVA

E-2-HEXENOATO DE METILO

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
A1P	0,35	0,39	0,51	0,57
A2P	0,24	0,66	0,00	0,26
A3P	0,62	0,52	0,68	0,47
A1P	0,56	0,46	0,59	0,72
A2P	0,51	0,40	0,61	0,00
A3P	0,70	0,32	0,53	0,58
A1P	0,50	0,42	0,00	0,63
A2P	0,65	0,40	0,41	0,25
A3P	0,93	0,42	0,62	0,36

SEMANA 1

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,16	2	0,08	2,94	0,1290
Tratamientos	0,16	2	0,08	2,94	0,1290
Error	0,16	6	0,03		
Total	0,32	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,41174

Error: 0,0270 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A2P (63°C)	0,47	3	0,09	A
A1P (58°C)	0,47	3	0,09	A
A3P (68°C)	0,75	3	0,09	A

SEMANA 2

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	2	0,0042	0,38	0,7016
Tratamientos	0,01	2	0,0042	0,38	0,7016
Error	0,07	6	0,01		
Total	0,08	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,26579

Error: 0,0113 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A3P (68°C)	0,42	3	0,06	A
A1P (58°C)	0,42	3	0,06	A
A2P (63°C)	0,49	3	0,06	A

SEMANA 3

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,13	2	0,07	0,97	0,4306
Tratamientos	0,13	2	0,07	0,97	0,4306
Error	0,41	6	0,07		
Total	0,54	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,65462

Error: 0,0683 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A2P (63°C)	0,34	3	0,15	A
A1P (58°C)	0,37	3	0,15	A
A3P (68°C)	0,61	3	0,15	A

SEMANA 4**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,34	2	0,17	12,90	0,0067
Tratamientos	0,34	2	0,17	12,90	0,0067
Error	0,08	6	0,01		
Total	0,42	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28747

Error: 0,0132 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A2P (63°C)	0.17	3	0,07 A
A3P (68°C)	0.47	3	0,07 B
A1P (58°C)	0.64	3	0,07 B

Anexo 03.05**Diseño experimental 2 – ANOVA****3-METILTIOPROPANOATO DE METILO**

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
A1P	0,30	0,39	0,62	0,66
A2P	0,70	0,67	0,54	0,21
A3P	0,54	0,21	0,44	0,24
A1P	0,36	0,48	0,64	0,50
A2P	0,50	0,39	0,62	0,41
A3P	0,43	0,31	0,35	0,38
A1P	0,41	0,55	0,00	0,66
A2P	0,52	0,38	0,48	0,28
A3P	0,69	0,18	0,53	0,41

SEMANA 1**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,09	2	0,04	4,01	0,0785
Tratamientos	0,09	2	0,04	4,01	0,0785
Error	0,06	6	0,01		
Total	0,15	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,25955

Error: 0,0107 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A1P (58°C)	0,36	3	0,06 A
A3P (68°C)	0,55	3	0,06 A
A2P (63°C)	0,57	3	0,06 A

SEMANA 2**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	2	0,06	4,66	0,0601
Tratamientos	0,12	2	0,06	4,66	0,0601
Error	0,08	6	0,01		
Total	0,19	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,28257

Error: 0,0127 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E
A3P (68°C)	0,23	3	0,07 A
A1P (58°C)	0,47	3	0,07 A
A2P (63°C)	0,48	3	0,07 A

SEMANA 3**Cuadro de Análisis de la Varianza**

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	2	0,01	0,29	0,7603
Tratamientos	0,03	2	0,01	0,29	0,7603
Error	0,29	6	0,05		
Total	0,32	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,55159

Error: 0,0485 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A1P (58°C)	0,42	3	0,13	A
A3P (68°C)	0,44	3	0,13	A
A2P (63°C)	0,55	3	0,13	A

SEMANA 4

Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,17	2	0,08	9,16	0,0150
Tratamientos	0,17	2	0,08	9,16	0,0150
Error	0,05	6	0,01		
Total	0,22	8			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,23796

Error: 0,0090 gl: 6

TRATAMIENTOS	MEDIAS	N	E.E	
A2P (63°C)	0.3	3	0,05	A
A3P (68°C)	0.34	3	0,05	A
A1P (58°C)	0.61	3	0,05	B

Anexo 03.06

Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del Metil Hexanoato después del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas

METIL HEXANOATO									
VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN EN PPM DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO									
Tratamientos	Semana 0	Semana 1	PÉRDIDA	Semana 2	PÉRDIDA	Semana 3	PÉRDIDA	Semana 4	PÉRDIDA
A1P- 58°C	0,34	0,28	-17,65%	0,29	-14,71%	0,43	26,47%	0,35	2,9%
A2P - 63°C	0,51	0,33	-35,29%	0,25	-50,98%	0,26	-49,02%	0,14	-72,5%
A3P- 68°C	0,38	0,46	21,05%	0,21	-44,74%	0,33	-13,16%	0,23	-39,5%

Anexo 03.07

Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del Etil Hexanoato después del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.

ETIL HEXANOATO									
VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN EN PPM DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO									
Tratamientos	Semana 0	Semana 1	PÉRDIDA	Semana 2	PÉRDIDA	Semana 3	PÉRDIDA	Semana 4	PÉRDIDA
A1P- 58°C	0,36	0,31	-13,89%	0,27	-25,00%	0,44	22,22%	0,41	13,89%
A2P - 63°C	0,57	0,39	-31,58%	0,3	-47,37%	0,34	-40,35%	0,17	-70,18%
A3P- 68°C	0,36	0,44	22,22%	0,19	-47,22%	0,32	-11,11%	0,24	-33,33%

Anexo 03.08

Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del Metil Butirato después del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.

METIL BUTIRATO									
VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN EN PPM DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO									
Tratamientos	Semana 0	Semana 1	PÉRDIDA	Semana 2	PÉRDIDA	Semana 3	PÉRDIDA	Semana 4	PÉRDIDA
A1P- 58°C	0,63	0,41	-34,92%	0,47	-25,40%	0,32	-49,21%	0,4	-36,51%
A2P - 63°C	0,73	0,18	-75,34%	0,23	-68,49%	0,37	-49,32%	0,15	-79,45%
A3P- 68°C	0,42	0,59	40,48%	0,16	-61,90%	0,48	14,29%	0,23	-45,24%

Anexo 03.09

Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del (E) 2- Hexenoato de Metilo del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.

E - 2 HEXENOATO DE METILO									
VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN EN PPM DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO									
Tratamientos	Semana 0	Semana 1	PÉRDIDA	Semana 2	PÉRDIDA	Semana 3	PÉRDIDA	Semana 4	PÉRDIDA
A1P- 58°C	0,58	0,47	-18,97%	0,42	-27,59%	0,36	-37,93%	0,64	10,34%
A2P - 63°C	0,8	0,46	-42,50%	0,48	-40,00%	0,34	-57,50%	0,17	-78,75%
A3P- 68°C	0,62	0,75	20,97%	0,42	-32,26%	0,61	-1,61%	0,47	-24,19%

Anexo 03.10

Influencia de temperaturas de deshidratación en la concentración del 3- Metiltiopropanoato de Metilo del almacenamiento a 35°C por cuatro semanas.

3-METILTIOPROPANOATO DE METILO									
VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN EN PPM DESPUÉS DEL ALMACENAMIENTO									
Tratamientos	Semana 0	Semana 1	PÉRDIDA	Semana 2	PÉRDIDA	Semana 3	PÉRDIDA	Semana 4	PÉRDIDA
A1P- 58°C	0,55	0,36	-34,55%	0,47	-14,55%	0,42	-23,64%	0,61	10,91%
A2P - 63°C	0,8	0,57	-28,75%	0,48	-40,00%	0,55	-31,25%	0,3	-62,50%
A3P- 68°C	0,41	0,55	34,15%	0,23	-43,90%	0,44	7,32%	0,34	-17,07%