

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**SECADO DE RODAJAS DE PIÑA (*Ananas comosus*) PREVIAMENTE
DESHIDRATADAS EN SOLUCIONES OSMÓTICAS DE SACAROSA-
AGUA-ETANOL**

TESIS

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADA POR LA BACHILLER

SELFA AGUILAR PAZ

TARAPOTO - PERÚ

2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

SECADO DE RODAJAS DE PIÑA (*Ananas comosus*) PREVIAMENTE
DESHIDRATADAS EN SOLUCIONES OSMÓTICAS DE SACAROSA-
AGUA-ETANOL

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PRESENTADA POR LA BACHILLER

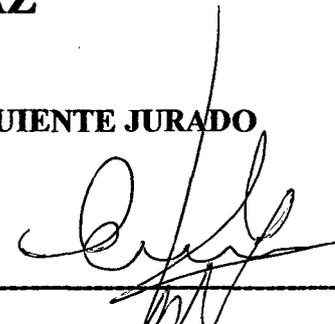
SELFA AGUILAR PAZ

SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO



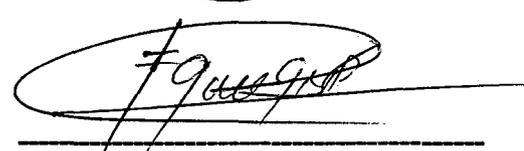
Ing. M.Sc. EPIFANIO E. MARTINEZ MENA

PRESIDENTE



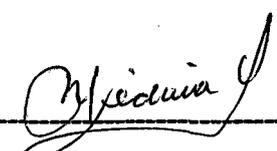
Ing. ENRIQUE TERLEIRA GARCÍA

SECRETARIO



Ing. ENRIQUE NAVARRO RAMIREZ

MIEMBRO



Ing. Dra. MARI L. MEDINA VIVANCO

ASESORA

TARAPOTO - PERÚ

2007

AGRADECIMIENTO

- Un merecido reconocimiento a la Doctora **MARI MEDINA VIVANCO**, por el asesoramiento durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, así como el constante apoyo en mi formación profesional.
- Al Doctor **OSCAR MENDIETA TABOADA**, por la ayuda durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, así como el constante apoyo en mi formación profesional.
- A la señora **Dolly Flores** y al señor **Guido Saavedra**, por las facilidades brindadas en los laboratorios durante la ejecución del presente trabajo de investigación.
- Al señor **Porfirio Guerra**, encargado de la biblioteca especializada, por brindarme las facilidades en la búsqueda de información bibliográfica.
- A **LOS DOCENTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**, por las enseñanzas recibidas en mi formación profesional.
- A **IVONNE, EIZABHET Y MARLLURI** compañeras y amigas, por el apoyo y amistad que siempre nos mantuvo firmes.
- A mis primos, **NILDA y FLORENTINO**, a mi suegros **ROSA Y BENJAMÍN**, a mis cuñados: **JAMES, LUIS, SILVIA, ROSA, ANITA, ELENA** y a todas las personas que de alguna manera me brindaron su apoyo, confianza y aliento para la culminación del presente trabajo.

INDICE

	Página
RESUMEN.....	17
SUMMARY.....	19
I. INTRODUCCIÓN.....	21
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	23
2.1. MATERIA RIMA.....	23
2.1.1 Generalidades.....	23
2.1.2 Descripción botánica.....	25
2.1.2.1 Taxonomía.....	27
2.1.3 Datos Ambientales para el cultivo.....	28
2.1.3.1 Clima.....	28
2.1.3.1.1 Temperatura.....	28
2.1.3.1.2 Lluvia.....	29
2.1.3.1.3 Luminosidad.....	29
2.1.3.1.4 Altitud.....	29
2.1.3.1.5 Viento.....	29
2.1.3.1.6 Suelo.....	30
2.1.3.2 Biotopo de poblaciones naturales.....	30
2.1.4 Cultivo.....	30
2.1.4.1 Época de siembra.....	30
2.1.4.2 Siembra.....	30
2.1.4.3 Fertilización.....	31
2.1.4.4 Preparación de terreno.....	31
2.1.4.5 Reproducción.....	33
2.1.4.6 Floración.....	34
2.1.4.7 Inflorescencia.....	34
2.1.4.8 Fruto.....	35
2.1.4.9 Propagación.....	36
2.1.4.9.1 Propagación genética.....	37

2.1.4.10	Cultivares y variedades.....	37
2.1.4.11	Enemigos naturales.....	40
2.1.4.11.1	Malezas.....	40
2.1.4.11.2	Plagas.....	40
2.1.4.11.3	Enfermedades.....	41
2.1.5	Cosecha y conservación del producto.....	42
2.1.5.1	Partes aprovechables.....	42
2.1.5.2	Cosecha.....	42
2.1.5.3	Manejo post-cosecha.....	42
2.1.6	Usos culinarios.....	43
2.1.7	Usos medicinales.....	43
2.1.8	Usos industriales.....	43
2.1.9	Información complementaria.....	44
2.1.9.1	Componentes químicas.....	44
2.1.9.2	Distribución del cultivo de piña en el Perú.....	46
2.1.9.3	Distribución del cultivo de piña en la región San Martín.....	46
2.1.10	Impacto social y económico en el cultivo de piña.....	47
2.1.11	Comercio mundial.....	48
2.2	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	48
2.2.1	Definición.....	48
2.2.2	Tipos de osmosis.....	52
2.2.3	Leyes que intervienen en el proceso de osmosis.....	53
2.2.4	Agentes osmóticos.....	54
2.2.4.1	Sacarosa.....	55
2.2.4.2	Etanol y/o Alcohol etílico.....	56
2.3	SECADO.....	56
2.3.1	Definición.....	56
2.3.2	Experimentos diversos de secado.....	59
2.3.3	Tipos de secado.....	62
2.3.3.1	Secado directo.....	62
2.3.3.2	Secado indirecto.....	62
2.3.4	Estática de secado.....	62
2.3.4.1	Humedad.....	62
2.3.4.2	Humedad de equilibrio.....	62

2.3.4.3	Cuerpos húmedos y cuerpos higroscópicos.....	63
2.3.4.4	Humedad libre.....	63
2.3.4.5	Humedad ligada o agua ligada.....	63
2.3.4.6	Humedad desligada o agua desligada.....	63
2.3.5	Cinética de secado.....	64
2.3.6	Curvas de velocidad de secado.....	65
2.3.7	Velocidad de secado.....	66
2.3.7.1	Periodo de velocidad constante.....	67
2.3.7.2	Contenido crítico de humedad y periodo de velocidad decreciente.....	69
2.3.8	Determinación experimental de las velocidades de secado.....	70
2.3.9	Transferencia de masa y calor.....	70
2.3.9.1	Fundamentos de transferencia de masa.....	72
2.3.9.2	Clasificación de la transferencia de masa.....	73
2.3.9.3	Transferencia molecular de masa.....	73
2.4	ANÁLISIS SENSORIAL.....	74
2.4.1	Introducción.....	74
2.4.2	División del análisis sensorial.....	75
2.4.2.1	Evaluación analítica.....	75
2.4.2.2	Estudio de consumidores.....	76
2.4.3	Disciplinas que influyen en la evaluación sensorial.....	76
2.4.4	Aplicaciones del análisis sensorial.....	76
2.4.4.1	Control de calidad.....	76
2.4.4.2	Determinación de normas.....	77
2.4.4.3	Desarrollo de nuevos productos.....	77
2.4.4.4	Correlación con medidas químicas, físicas o instrumentales.....	77
2.4.4.5	Percepción humana-olfativa.....	77
2.4.4.6	Percepción humana –discriminativa.....	77
2.4.4.7	Percepción humana –fisiología/comportamiento.....	77
2.4.4.8	Otras aplicaciones.....	77
2.5	DISEÑO EXPERIMENTAL DE TRES MEZCLAS.....	78
2.5.1	Mezcla de tres componentes.....	78
2.6	SUPERFICIE DE RESPUESTA.....	78

III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	81
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	81
3.2	MATERIA PRIMA.....	81
3.2.1	Agentes deshidratantes.....	81
3.3	EQUIPOS Y MATERIALES.....	81
3.3.1	Equipos.....	81
3.3.2	Materiales.....	83
3.4	REACTIVOS.....	83
3.5	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	84
3.6	DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE SECADO DE PIÑA.....	85
3.6.1	Obtención de la materia prima.....	86
3.6.2	Selección y/o Clasificación.....	86
3.6.3	Lavado, pelado, cortado y descorazonado.....	87
3.6.4	Deshidratación osmótica.....	87
3.6.5	Refrigeración.....	87
3.6.6	Secado.....	87
3.6.7	Enfriado.....	87
3.7	MÉTODOS DE CONTROL.....	88
3.7.1	Controles a la materia prima.....	88
3.7.1.1	Análisis físico.....	88
3.7.1.2	Análisis químico proximal.....	88
3.7.1.2.1	Humedad.....	88
3.7.1.2.2	pH.....	88
3.7.1.2.3	Sólidos solubles.....	88
3.7.1.2.4	Acidez titulable.....	88
3.7.1.2.5	Proteína total.....	89
3.7.1.2.6	Grasa total.....	89
3.7.1.2.7	Ceniza total.....	89
3.7.1.2.8	Fibra total.....	89
3.7.1.2.9	Vitamina C.....	89
3.7.2	Controles durante el proceso.....	89
3.7.2.1	Control durante el proceso de deshidratación osmótica.....	89

3.7.2.1.1	Controles en el proceso de secado.....	89
3.7.3	Controles en el producto final.....	90
3.7.3.1	Control físico químico de la piña seca.....	90
3.7.4	Análisis sensorial.....	90
3.7.5	Determinación del contenido de azúcares.....	90
3.7.6	Determinación del contenido de etanol.....	92
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	94
4.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	94
4.1.1	Análisis químico proximal de las rodajas de piña.....	94
4.2	DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA.....	95
4.3	SECADO.....	99
4.3.1	Cinética de secado.....	99
4.3.2	Efecto de la temperatura.....	110
4.3.3	Velocidad de secado.....	113
4.4	ANÁLISIS SENSORIAL.....	117
4.4.1	Análisis de varianza.....	117
4.4.2	Superficie de respuesta para el análisis sensorial de las rodajas de piña seca.....	124
4.4.2.1	Color.....	124
4.4.2.2	Sabor.....	125
4.4.2.3	Apariencia general.....	126
4.5	Contenido de humedad en piña seca.....	128
4.6	Contenido de ácido ascórbico en las rodajas de piña seca.....	128
		130
V.	CONCLUSIONES.....	132
VI.	RECOMENDACIONES.....	133
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	143
VIII.	ANEXOS.....	

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1:	Fruto de piña cayena lisa.....	23
Figura 2:	Cultivo de cayena lisa en Lamas.....	28
Figura 3:	Campo de reproducción de piña.....	33
Figura 4:	Forma de las hojas de piña.....	34
Figura 5:	Flor de la piña.....	35
Figura 6:	Partes utilizadas en la reproducción de piña.....	37
Figura 7:	Proceso del fenómeno de la osmosis.....	53
Figura 8:	Fórmula estructural de la molécula de sacarosa.....	55
Figura 9:	Cambios de humedad durante el proceso de secado.....	64
Figura 9.1	Cambio de peso durante un proceso de Secado.....	65
Figura 9.2	Contenido de humedad en función del tiempo de secado.....	66
Figura 10:	Determinación de la velocidad de secado.....	66
Figura 11:	Velocidad de secado en función de la humedad media.....	67
Figura 12:	Curva de velocidad de secado.....	68
Figura 13:	Visión esquemática de la transferencia de masa y calor en el secado.....	73
Figura 14:	Esquema que muestra una mezcla de tres componentes.....	78
Figura 15:	Representación gráfica de una superficie de respuesta.....	80
Figura 16:	Estufa o secador por flujo de aire caliente.....	82
Figura 17:	Espectrofotómetro.....	82
Figura 18:	Diagrama de flujo del proceso de secado de piña.....	86
Figura 19:	Muestras para determinar concentración de azúcares.....	92
Figura 20:	Rodajas de piña deshidratadas en soluciones osmóticas.....	95
Figura 21:	Influencia de la concentración de sacarosa y etanol en la humedad de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente durante 3 horas.....	97
Figura 22:	Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en el contenido de etanol en la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 horas.....	98

Figura 23:	Influencia del etanol y la sacarosa en la solución en el contenido de sacarosa en la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 horas.....	99
Figura 24:	Cinética de secado a 40° C y 3 h de deshidratación osmótica	101
Figura 25:	Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 horas y secada 8,5 horas.....	101
Figura 26:	Cinética de secado a 40° C y 6 horas de deshidratación osmótica	102
Figura 27:	Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 6 horas y secada 8,5 horas.....	103
Figura 28:	Cinética de secado a 50° C y 3 horas de deshidratación osmótica	104
Figura 29:	Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 horas y secada 8,5 horas.	105
Figura 30:	Cinética de secado a 50° C y 6 horas de deshidratación osmótica	106
Figura 31:	Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 6 horas y secada 8,5 horas.	106
Figura 32:	Cinética de secado a 60° C y 3 horas de deshidratación osmótica	108
Figura 33:	Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada	

	osmóticamente durante 3 horas y secada 8,5 horas.	108
Figura 34:	Cinética de secado a 60° C y 6 horas de deshidratación osmótica	109
Figura 35:	Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 6 horas y secada 8,5 horas.	110
Figura 36:	Efecto de las temperaturas (40, 50 y 60° C) en la cinética de secado de rodajas de piña deshidratada osmóticamente en soluciones de agua - etanol.....	111
Figura 37:	Efecto de las temperaturas (40, 50 y 60° C) en la cinética de secado de rodajas de piña deshidratada osmóticamente soluciones de agua – sacarosa.....	112
Figura 38:	Efecto de las temperaturas (40, 50 y 60° C) en la cinética de secado de rodajas de piña deshidratada osmóticamente en soluciones de agua – etanol- sacarosa	113
Figura 39:	Velocidad de secado a 40° C y 3 horas de deshidratación osmótica.....	114
Figura 40:	Velocidad de secado a 40° C y 6 horas de deshidratación osmótica.....	114
Figura 41:	Velocidad de secado a 50° C y 3 horas de deshidratación osmótica	115
Figura 42:	Velocidad de secado a 50° C y 6 horas de deshidratación osmótica	115
Figura 43:	Velocidad de secado a 60° C y 3 horas de deshidratación osmótica	116
Figura 44:	Velocidad de secado a e 60° C y 6 horas de deshidratación osmótica.....	117
Figura 45:	Fotografía de las rodajas de piña (Ananas comosus) al término del proceso de secado.....	124

Figura 46:	Influencia de la concentración de sacarosa y etanol en la solución osmótica y la temperatura de secado sobre el atributo color.....	125
Figura 47:	Influencia de la concentración de sacarosa y etanol en la solución osmótica y la temperatura de secado sobre el atributo sabor.....	126
Figura 48:	Influencia de la concentración de sacarosa y etanol en la solución osmótica y la temperatura de secado sobre el atributo apariencia general.....	127
Figura 49:	Fotografía piña fresca (A); fotografía piña deshidratada (B).....	127
Figura 50:	Fotografía de las 5 mejores muestras de las rodajas de piña seca, según los resultados del análisis sensorial.....	127

INDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1:	Composición general de la piña fresca madura.....	45
Cuadro 2:	Producción de piña (TM) por región o subregión a nivel nacional.....	46
Cuadro 3:	Producción de piña (TM) por provincias a nivel regional.....	47
Cuadro 4:	Concentraciones de las soluciones osmóticas.....	84
Cuadro 5:	Determinación del contenido de etanol.....	92
Cuadro 6:	Análisis químico proximal de las rodajas de piña	94
Cuadro 7:	Contenido de azúcares totales y etanol en las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente durante 3 y 6 horas respectivamente.....	96
Cuadro 8:	ANVA para las características de olor, color, sabor, textura y apariencia general de los tratamientos de secado de las rodajas de piña.....	
Cuadro 9:	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo OLOR.....	119
Cuadro 10:	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo COLOR.....	119
Cuadro 11:	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo SABOR.....	120
Cuadro 12:	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo TEXTURA.....	121
		122

Cuadro 13:	Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo APARIENCIA GENERAL.....	124
Cuadro 14:	Contenido de ácido ascórbico presente en las rodajas de piña seca.....	129

INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 01	143
Cuadro a1. Ficha de encuesta para determinar la preferencia de los panelistas a las rodajas de piña luego de los diferentes tratamientos de secado.	
Cuadro a1.2. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo olor de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones.	
Cuadro a1.3. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo color de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones.	
Cuadro a 1.4. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo sabor de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones	
Cuadro a1.5. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo textura de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones	
Cuadro a1.6. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo apariencia general de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones	
Anexo 02	164
Cuadro a2. Resultados de la superficie de respuesta para la cinética de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente y secadas a las temperaturas de 40, 50 y 60 °C	

Anexo 03..... 166

Cuadro a 3. Cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas durante 3 y 6 horas en las diferentes soluciones y secadas a temperatura de 40 °C.

Cuadro a 3.1. Cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas durante 3 y 6 horas en las diferentes soluciones y secadas a temperatura de 50 °C.

Cuadro a 3.2. Cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas durante 3 y 6 horas en las diferentes soluciones y secadas a temperatura de 60 °C.

Anexo 04..... 181

Grafico a 4. Curva estándar para poscálculos de la concentración de azúcares totales en las rodajas de piña deshidratadas.

Grafico a 4.1. Curva estándar para poscálculos de la concentración de Etanol en las rodajas de piña deshidratadas.

Norma Técnica Peruana (INDECOPI) para frutas secas (uvas de mesa e higos)

RESUMEN

Son ampliamente conocidas las ventajas de los productos vegetales y frutas secas, ya que al reducir su contenido de humedad, disminuye notablemente la actividad microbiológica y enzimática, además, disminuyen los costos de almacenamiento y transporte. El presente trabajo, tuvo por objetivo obtener rodajas de piña (*Ananas comosus*) seca, variedad cayena lisa; utilizando procesos combinados de deshidratación osmótica y secado; fueron utilizados como osmodeshidratantes sacarosa y etanol. La composición proximal de la piña fresca con humedad, proteínas, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos totales de; 87.67 %, 0.14 %, 0.12 %, 0.30 %, 0.39 % y 11.38 % respectivamente; el contenido de ácido ascórbico fue de 26.85 mg/100g. Previamente a la deshidratación osmótica se verificó que las rodajas de piña de 1cm de espesor; estén en condiciones óptimas de frescura, se les retiró el corazón, luego se sumergieron en soluciones osmóticas de diferentes concentraciones de (agua-etanol-sacarosa) y dos tiempos de deshidratado (3 y 6 horas). En el secado de rodajas de piña fue estudiada la influencia de la concentración de las soluciones osmóticas (agua-etanol-sacarosa) y la temperatura (40, 50 y 60 °C) a través de las cinéticas y velocidades de secado, con velocidad de aire de 1.0 m/s. El nivel de aceptación del producto final fue establecido mediante análisis sensorial para lo que se utilizó un DBCA con panelistas semientrenados. Las cinéticas de secado muestran la influencia de los osmodeshidratantes, a medida que se incrementó la sacarosa en la solución, la humedad disminuyó, y al aumentar el etanol en la solución la velocidad de secado aumentó. Mediante estos experimentos se determinó que no es recomendable la temperatura de 40 °C por ser el secado muy lento, dando lugar a la proliferación de microorganismos, reacciones bioquímicas y enzimáticas, perjudicando al producto en cuanto a la apariencia final. La temperatura de 60 °C tuvo un comportamiento contrario al de 40 °C, aumentando la velocidad de secado, sin embargo las rodajas de piña (*Ananas comosus*), sin tratamiento osmótico y las que fueron deshidratadas en soluciones de agua-etanol-sacarosa (33-33-33) gr/100gr solución y (34-16-50) gr/100gr presentaron encostramientos y cristalización; estableciéndose que la temperatura óptima de secado fue de 50 °C. De los 16 tratamientos los que obtuvieron los puntajes más altos en cuanto a aceptabilidad fueron las rodajas de piña secadas a 50 °C y deshidratadas osmóticamente en soluciones de agua-sacarosa (50-50) gr/100gr

X

solución, (60-40) gr/100gr solución, sin tratamiento, así como las rodajas de piña deshidratadas en soluciones agua-etanol-sacarosa (34-16-50) gr/100gr solución; siendo las rodajas de piña deshidratadas con soluciones (agua-etanol) las que tuvieron menor grado de aceptabilidad según el análisis sensorial.

SUMMARY

The advantages of vegetal products and dry fruits are widely known, since when reducing its humidity content, diminishes the microbiological activity remarkably and enzymatic, in addition, the costs of storage and transport diminish. The present work had by objective to obtain pineapple slices (*Ananas comosus*) dry, smooth cayena variety; using combined processes of osmotic dehydration and drying; saccharose and ethanol were used like osmodeshidratantes. The next composition of the fresh pineapple slices with humidity, total proteins, fat, ashes, fiber and carbohydrates of, 87.67 %, 0,14 %, 0,12 %, 0,30 %, 0,39 % and 11,38 % respectively; the ascórbico acid content was of 26,85 mg/100g. Previously to the osmotic dehydration pineapple slices of 1 cm of thickness was verified that they are in optimal conditions of freshness, retired the heart, soon they submerged in osmotic solutions of different concentrations from (water-ethanol-saccharose) and two times of dehydrated (3 and 6 hours). In the drying of pineapple slices the influence of the concentration of the osmotic solutions was studied (water-ethanol-saccharose) and the temperatures (40, 50 and 60 °C) through kinetic and the speeds of drying, with speed of 1,0 air of m/s. The level of acceptance of the end item was established by means of sensorial analysis for which a DBCA with semitrained panelistas was used. The kinetic ones of drying as opposed to show the influence of the temperature the osmodeshidratantes, since as the saccharose in the solution is increased, the humidity diminishes, and when increasing the ethanol in the solution the speed of drying increases. By means of these experiments it was determined that the temperature of 40 °C is not recommendable, being the very slow drying, giving rise to the proliferation of microorganisms, Biochemical and enzymatic reactions, harming to the product as far as the final appearance.

The temperature of 60 °C had a behavior in opposition to the one of 40 °C, because the speed of drying was fast, with the deficiency of which pineapple slices (*Ananas comosus*), without osmotic treatment and those that they were dehydrated in water-ethanol-saccharose solutions (33-33-33) and (34-16-50) they underwent abrupt changes in the surface, such as encostramientos and crystallization, settling down that the optimal conditions of drying, were those that were obtained to 50 intermediate temperature of °C. Of the 16 treatments those that obtained the highest points as far as dried to 50 °C and dehydrated acceptability were pineapple slices osmóticamente in

water-saccharose solutions (50-50), (60-40), without treatment, as well as pineapple slices dehydrated in water-ethanol-saccharose solutions (34-16-50), being pineapple slices dehydrated with solutions (water-ethanol) those that had minor acceptability degree according to the sensorial analysis.

I. INTRODUCCIÓN

Para preservar los alimentos, el hombre ha venido utilizando técnicas que son conocidas por los pueblos antiguos. El secado, por ejemplo, tuvo origen probablemente en los desiertos o en lugares de bastante altitud, donde el clima es seco y árido. Los higos y uvas secos son citados en Babilonia y conocidos en la antigua Palestina y Mesopotania (Camargo, 1984).

La tendencia actual a optimizar el tiempo y a trabajar con eficiencia sin sacrificar la calidad de vida ha provocado un importante cambio en el desarrollo de técnicas de preservación de alimentos durante los últimos años, forzando a la agroindustria a aplicar nuevos procesos mínimos y nuevas tecnologías de métodos combinados de conservación y procesamiento, que permitan obtener productos de características organolépticas de calidad, fácil consumo y nutritivos; una de estas modalidades es la deshidratación osmótica previa a un secado.

Las frutas por ser altamente perecibles, deben ser procesadas rápidamente luego de su recolección; para ser utilizadas en la industria es necesario una selección de variedad y empleo de un almacenamiento adecuado. Cuando se destinan a un procesamiento industrial deben presentar ciertas características, como tener tamaño uniforme, presentar color, aroma, sabor y textura adecuados, los cuales deben ser preservados al máximo con el procesamiento.

La piña es el segundo cultivo tropical de importancia mundial después del banano, aportando más del 20 % del volumen mundial de frutos tropicales (Coveca, 2002). Setenta por ciento de la piña producida en el mundo es consumida como fruta fresca en el país que la produce. Su origen se remonta en forma muy primitiva a Brasil y Paraguay. Todas estas especies son nativas de la cuenca amazónica, y fue dentro de esta vasta región donde indudablemente se domesticó la piña. La variedad más famosa es la Cayena lisa (Smooth Cayenne) la cual fue introducida a Europa por la Guyana francesa. La forma de consumir la piña procesada (enlatada) se inició en Hawai al final de 1800 y permitió el desarrollo industrial de esta fruta.



El procesamiento de piña con métodos combinados y tecnologías apropiadas, se hace necesario para su conservación por más tiempo; para que pueda ser transportada a largas distancias, ya que se conoce que sufren un proceso de deterioro muy rápido; el secado aumenta la vida útil del alimento y disminuye el costo del flete y manipuleo para su transporte. Por las razones anteriores expuestas los objetivos planteados para el presente trabajo fueron:

1. Evaluar la influencia del pre-tratamiento osmótico, utilizando soluciones de agua-sacarosa, agua-etanol y agua-etanol-sacarosa.
2. Evaluar la influencia de la temperatura en la cinética y velocidad de secado en piña (*Ananas comosus*) deshidratada osmóticamente en soluciones de agua-sacarosa, agua-etanol y agua-etanol-sacarosa.
3. Determinar el nivel de aceptación del producto final mediante análisis sensorial de las rodajas de piña (*Ananas comosus*).

II. REVISIÓN DE LITERATURA



2.1. DE LA MATERIA PRIMA



Figura N°. 01: Fruto de piña cayena lisa

2.1.1. Generalidades

La piña (*Ananas comosus*) es una especie nativa de Sudamérica, de probable origen compartido del centro y sureste de Brasil, Noreste de Argentina y Paraguay y bordes Meridionales de la Amazonía.

Algunos nombres con los que se le conoce son: piña (español), abacaxi, ananas (Brasil), piña blanca (Colombia), pineapple (Inglés).

La piña ha sido seleccionada desarrollada y domesticada desde tiempos prehistóricos y conocida como piña americana, pertenece a la familia de las Bromeliáceas (Bromeliaceae). Esta familia comprende unas 1.400 especies de plantas, casi todas herbáceas y de hoja perenne y con flores muy llamativas. Algunas de ellas, como es el caso de la piña tropical, producen enzimas proteolíticas, es decir, sustancias capaces de facilitar la digestión de las proteínas. Todas las especies de esta extensa familia se crían en la América tropical.

FAO (2004) menciona que la piña (*Ananas comosus L. Merrill*) es una planta herbácea, perenne, pertenece a la familia de las Bromeliáceas, subclase de las monocotiledóneas. Se cultiva en las regiones tropicales y subtropicales, desde el nivel del mar hasta los 800 m de altitud, necesita precipitación de 1000 a 1500 mm anuales, temperatura promedio de 26 °C, humedad relativa del 70 %, y un fotoperíodo promedio mínimo de 5 horas/día, o sea, 1825 horas/año.

El drenaje y la eliminación del agua son críticos para el crecimiento de la piña, y el sistema radical es intolerante a los suelos mal aireados. Se deben evitar áreas que acumulan agua o que tienen barreras internas para el movimiento del agua como pisos de aradura, compactadas o estratos impermeables. Los suelos ideales para el crecimiento de la piña tienen alto contenido de materia orgánica con excelente drenaje interno y alto contenido de aire para proveer cantidades óptimas de agua, nutrientes y oxígeno a las raíces de las plantas (**Hepton, 2003**).

Tiene una amplia adaptación en las regiones tropicales y se cultiva en diversos países, aunque en algunos de ellos la superficie cultivada y la producción son insignificantes, a pesar de su condición tropical. En contraparte, la gran producción mundial de esta fruta se ha concentrado en unos cuantos países (**Sánchez y Caraveo, 1996**).

TCA (1997) en su publicación *Cultivo de frutas nativas amazónicas*, afirma que la piña se desarrolla en terrenos no inundables, preferentemente en suelos de textura arenosa, franco arenosa, franco limosa, franco arcillosa e incluso arcillosa y de buen drenaje, fértiles ricos en materia orgánica y ácidos. Se adaptan a ultisoles, oxisoles, arenosoles y spodosoles, pobres en nutrientes y de fuerte acidez, provistos de abundante materia orgánica. No toleran ningún grado de hidroformismo.

Cisneros (1985) menciona que la piña se adapta a temperaturas promedio anuales de 20 – 28° C; y temperaturas superiores a 35° C y menos a 18° C limitan el desarrollo de la planta. Es también muy rica en minerales, destacan en cantidad el potasio, magnesio, cobre y manganeso. Las vitaminas más abundantes de la piña son la vitamina C y, en menor cantidad, la tiamina o B1 y la B6 o piridoxina. Además

contiene una enzima proteolítica denominada Bromelina que es en realidad una mezcla de diferentes proteasas

Py et al. (1987) señalan tres puntos particularmente importantes en el caso de la piña

- Los residuos del cultivo precedente son muy importantes: su peso pasa frecuentemente de 200 t/ha, en dependencia de los niveles de fertilización.
- Su descomposición es indispensable para evitar que ellos sirvan de hospederos a diferentes tipos de parásitos (nematodos, cochinillas harinosas...), porque pueden contribuir a salvaguardar la fertilidad de los suelos y poner a disposición del cultivo sucesivo una parte de los elementos minerales que los componen.
- El sistema radical es muy sensible al asentamiento (compresión) del suelo: en un suelo compactado la elongación de las raíces es reducida, la anatomía de las raíces afectada, y la masa de suelo explorado por las raíces es limitada. Es indispensable evitar la compactación durante las operaciones de preparación de suelos, reduciendo los pasajes después de la labor. El sistema radical es igualmente muy sensible a la asfixia.

2.1.2. Descripción botánica ✓

TCA (1997) en su publicación Cultivo de frutas nativas amazónicas, describe a la piña como una planta herbácea perenne; similar a un trompo de base plana, con diámetro de 1,3 a 1,5 m y altura de 1 – 1,2 m. El tallo está conformado básicamente, por tejido parenquimatoso compacto, cargado de almidones y células de cristales de oxalato de calcio. El tronco es corto y grueso, generalmente de menor de 30cm de longitud. Las hojas son simples, arosetadas, que rodean completamente el tallo y en un número de 70 – 80 hojas por planta; la forma y tamaño dependen de la edad y de la posición que ocupen en la planta.

La inflorescencia es una espiga, que termina en un penacho de brácteas foliáceas y lateralmente contiene de 100 – 200 flores axilares en brácteas carnosas. De cada flor se desarrolla un fruto individual, que aparece al exterior en forma de escudete poligonal, duro y prominente. La fruta de la piña está constituida por la fusión de los tejidos de los frutos individuales y del eje de la inflorescencia; es un fruto múltiple y partenocárpico, la forma, color y tamaño son variables, según el cultivar. Los colores

X

externos del fruto varían de rojo, amarillo, anaranjado o la combinación de éstos. El color de la pulpa blanco, amarillo intenso, amarillo pálido o amarillo cremoso. Forma cónica o cilíndrica o la combinación de ambas. Peso de 0,45 kg a 7,0 kg. Sabor dulce a muy dulce y acidez variable alta, media o baja.

Se reconoce básicamente tres cultivares: La Española, frutos de pulpa blanca, peso 0,7 a 1,4 kg, calidad del fruto regular; Queen, fruto de pulpa amarillo intenso, peso de 0,45 a 7,0 kg calidad mejor que la española y Cayena, fruto de pulpa amarillo pálido, peso de 2,3 a 3,6 kg, cilíndricos y de excelente calidad para enlatado.

Según Py *et al.* (1987) la piña pertenece a la familia de las bromiliáceas, género anana y especie sativa. El tallo de la piña es una estructura en forma de mazo, con la parte superior más ancha y la inferior angosta y frecuentemente curva. El tallo central se continúa en el pedúnculo floral, luego en el eje central de la inflorescencia, con la cual forma una sola maza, para terminar en el ápice en una corona de hojas. En algunas variedades de piñas, y en otras ananas silvestres, el pedúnculo floral está muy bien desarrollado. El tallo central emite brotes laterales, que reciben nombres diversos: chupones, hijuelos, esquejes, retoños y otros. Salen en primer término, de la porción basal del tallo. Estos tienen hojas largas y angostas, más cortas hacia la parte inferior, y constituyen el mejor material de propagación. Un segundo tipo de retoños más cortos, se forma de yemas del tronco; también se usan en la reproducción vegetativa. El tercer tipo sale del pedúnculo, o debajo del fruto, y es de follaje mucho más corto y compacto, y semeja una piña diminuta. Todos estos brotes tienen una base más o menos curva, pues salen de yemas horizontales y luego crecen verticalmente. Los brotes laterales basales funcionan en las especies silvestres o en las plantas escapadas de cultivo como el medio natural de propagación vegetativa, pues una vez que la inflorescencia y fruta terminal se han secado y desaparecido, los tallos laterales se desarrollan, forma sus frutos y a su vez dan origen a nuevos tallos laterales. La piña puede considerarse así como una planta perenne.

Cisneros (1985) en su publicación Cultivos tropicales adaptados a la Selva Peruana; nos dice que hay un gran número de cultivares de piña, pero tan solo un número pequeño de ellos resultan idóneos para la elaboración en forma de conserva. Se estima que la variedad más adecuada para el procesamiento es la "Cayena lisa" (Smooth Cayenne), por lo que es dominante en Hawai y los demás países, grandes productores de piña enlatada. La ventaja principal de esta variedad consiste en que la

fruta tiene forma cilíndrica, un peso medio de unos 2.5 Kg a 4.5 kg. y los ojos de la fruta son relativamente poco profundos: el corazón es también pequeño, en relación con el tamaño de la fruta. Además la pulpa tiene un buen color amarillo, así como un sabor y aroma agradable.

2.1.2.1. Taxonomía

Según Py *et al.* (1987) y Brack Egg (2003) determinan que la ubicación taxonómica de la piña es la siguiente:

Categoría	Grupo
Reino	Vegetal
Phyllum	Pteridófita
Clase	Angiosperma
Subclase	Monocotiledonea
Orden	Farinosae
Familia	Bromeliaceae
Género	<i>Ananas</i>
Especie	<i>Comosus</i>



Figura N° 02: Cultivo de Cayena lisa en Lamas

2.1.3. Datos Ambientales para el cultivo

2.1.3.1. Clima

Requiere de climas Tropicales con las siguientes características:

2.1.3.1.1. Temperatura

Es el principal factor climático que determina el crecimiento de las diferentes partes de la planta por lo tanto su desarrollo. El crecimiento de raíces y hojas es prácticamente nulo a temperaturas menores de 21 ° C y a mayor de 35 °C. El máximo crecimiento se da entre los 30 °C y 31 °C el mejor desarrollo de la planta se obtiene donde la temperatura anual está entre los 24 ° y 27 °C (Caraveo, 1996).

2.1.3.1.2. Lluvia

La piña es poco exigente en agua, pues sus condiciones morfológicas favorecen un mejor aprovechamiento de ella; el óptimo de precipitación se estima entre 1,200 a 2000 mm bien distribuidas en el año (Caraveo, 1996).

2.1.3.1.3. Luminosidad

Es un factor muy ligado a la temperatura y a veces no se puede determinar la parte que corresponde a cada uno de esos factores. La luminosidad ejerce una acción muy marcada en el rendimiento. Investigaciones han demostrado que a cada disminución de las radiaciones en un 20% corresponde una disminución media en el rendimiento, cosa que está ciertamente en relación con la síntesis de los hidratos de carbono en las hojas y con la utilización del nitrógeno por la planta; además, influye en la coloración del fruto, luminosidad normal presenta un aspecto brillante. La duración del día regula en gran parte la duración del ciclo de la piña, se ha demostrado que la cayena lisa es una planta de día corto y si se rompe el periodo de oscuridad con la hora de iluminación, se inhibe la floración (Caraveo, 1996).

2.1.3.1.4. Altitud

Está relacionada con luminosidad y temperatura, por ejemplo, la floración es más temprana en lugares altos que a nivel del mar, por conjugación de periodos de poca luminosidad y descenso en la temperatura. El ciclo de la planta es por lo general, tanto más corto cuanto más cercano esté la plantación al Ecuador y, en una misma latitud tanta más corta cuando más cercana se halla al mar. Lo óptimo es alcanzar 100 horas luz como promedio (Caraveo, 1996).

2.1.3.1.5. Viento

La piña es poco resistente a largos periodos de viento, disminuyendo su talla hasta en un 25% cuando va acompañada de lluvias abundantes los hongos penetran por heridas o roturas que pueden causarse por el frotamiento de las mismas hojas (Caraveo, 1996).

2.1.3.1.6. Suelo

El cultivo de piña requiere de suelos de buen drenaje, permeable suelo franco limosos, y con pH de 5 a 6, debe evitarse la siembra en suelos arcillosos, de mala estructura y pobre drenaje (Caraveo, 1996).

La planta es muy susceptible a los excesos de humedad por lo que requiere de suelos ligeros, muy permeables y con textura arcillo-arenosa. Cuando adquiere su completo desarrollo alcanza una altura que puede ser de 60 a 120 cm, según la variedad (Sarh, 1994).

2.1.3.2. Biotopo de poblaciones naturales

Habita en suelos con buen drenaje y necesita campo abierto donde reciba la luz solar para su buen desarrollo.

2.1.4. Cultivo

2.1.4.1. Épocas de Siembra

Se produce durante todo el año, aunque podemos definir los periodos noviembre a enero, con un 30% y abril – junio con un 33%, siendo los meses de menor producción de julio a octubre.

2.1.4.2. Siembra

Este cultivo se puede sembrar todo el año siempre y cuando se cuente con un sistema de riego, se debe implementar una siembra sincronizada para que la cosecha se programe de acuerdo con la venta y mercadeo del producto., para la piña de exportación se realiza utilizando un solo cordel, colocado en el centro de la cama, el cual está marcado a la distancia que queremos dar; luego se utiliza un palín o chuza; se abre un hoyo y se coloca la semilla. Se utiliza como guía las marcas del hilo y luego la otra línea gemela a 40 cm de la primera, se siembra en la mitad de las marcas como si fueran tres bolillos. Utilizando camas con hoyos marcados se logra un rendimiento promedio por jornalero de 3,000 a 4,000 semillas diarias.

Densidad de siembra. Para garantizar un alto rendimiento de 100 toneladas y más en Piña de exportación, se utiliza un mínimo de 60,000 plantas por hectárea, utilizando el siguiente arreglo espacial: 30 cm entre plantas, 40 cm entre líneas y 70 cm de calle o

entre doble línea. Si se desea aumentar la densidad se varía la distancia entre plantas y lo demás se mantiene igual.

2.1.4.3. Fertilización

El nitrógeno y el potasio son los nutrimentos más importantes para la piña. El Nitrógeno influye sobre el rendimiento y el potasio sobre la calidad de la fruta, principalmente. En los primeros estados de desarrollo se recomienda la aplicación de fósforo para contribuir a un buen desarrollo radical.

El modo de aplicación del fertilizante granulado es colocarlo al lado de cada planta, en la parte interna de las hileras gemelas. Después de las aplicaciones al suelo es conveniente que la fertilización sea foliar. En esta etapa se aplica nitrógeno y potasio dividido en aplicaciones foliares cada dos semanas y se usan fuentes como urea y nitrato de potasio o sulfato de potasio y además elementos menores principalmente zinc, que es un nutrimento de gran importancia para la piña, así como también el hierro y el magnesio.

2.1.4.4. Preparación del terreno

Una vez seleccionado el lugar de siembra, se procede a hacer el trazo de la plantación. Si el terreno es inclinado el trazo se hará en curvas a nivel, si es plano puede usarse el diseño deseado.

La preparación del suelo es de gran importancia para esta planta que cuenta con un sistema radicular frágil y superficial

El máximo potencial de producción de esta fruta se alcanza cuando se siembra en suelos de texturas medias a ligeras, sin problemas de inundación y medianamente ácidos, es decir, con un pH entre 4.5 y 5.5. Una buena cama de siembra se logra con las siguientes labores: chapeo, quema y/o incorporación de residuos de cosecha; barbecho; rastreos; nivelación y drenaje.

Se debe dar varias pasadas de rastra en forma cruzada con el fin de lograr una mejor incorporación de la maleza. Dos (2) de subsuelo en forma cruzada de 30 a 40 cm. de profundidad con el fin de evitar la compactación. Una (1) pasada de rastra y 1 de motocultivador para desmenuzar más el terreno. Es importante que el terreno quede libre de malezas y bien afinado.

◆ Encamado

La formación de camas se hace mecánicamente mediante el uso de una encamadora de un ancho de 23 a 24", profundidad de 8" y la distancia de 26 a 28" quedando entre centro y centro de cama entre 48 y 50"

♦ Drenaje

Esta medida se toma para eliminar erosión por parte del agua y prevenir estancamiento de agua que va afectar el cultivo. Se debe trabajar siguiendo curvas a nivel con una red de drenaje secundarios con pendientes de 1% que llevarán las aguas a los drenajes primarios. Estos se hacen con surcador o ampliador.

Chapeo. Este es necesario para destruir los residuos del cultivo anterior. Para que éstos puedan quemarse o incorporarse con mayor facilidad, debe procurarse que la trituración sea lo más fina posible.

Incorporación de residuos de cosecha. Los residuos del cultivo anterior pueden utilizarse para elevar el contenido de nutrimentos y material orgánico de los suelos; para ello se requiere incorporarlos mediante un barbecho profundo, por lo menos cinco meses antes de efectuar la plantación.

Barbecho. Su propósito es: romper y aflojar la capa arable del suelo; incorporar los residuos de la cosecha anterior; destruir algunas plagas del suelo al exponerlas al sol; así como mejorar la aireación y la penetración del agua. Se efectúa por lo menos dos meses antes de la plantación.

Rastreo. Consiste en romper y desmoronar los terrones que quedan después del barbecho. Para que el suelo quede molido se sugieren por lo menos dos pasos en forma cruzada, a 20 centímetros de profundidad. Puede dejarse un tiempo razonable entre rastreos, para que la maleza germine y se destruya por lo menos una generación de ésta con el rastreo posterior.

Nivelación y drenaje. Se efectúa con un tablón o riel pesado "jalado" por el tractor al momento de efectuar el último paso de rastra, con el fin de eliminar los pequeños desniveles del terreno que provocan encharcamiento (Sarh, 2004).

Control de la erosión. Para reducirla se deben llevar a cabo algunas o varias de las siguientes prácticas y técnicas de conservación:

Camas con pendiente controladas trazadas en contorno con un desnivel del 0.3 al 0.5%. Su anchura varía según la densidad y distancia entre hileras y va de 145 a 110 centímetros. Su altura debe estar entre los 10 y 15 centímetros, procurando al máximo que sus bordes queden atenuados para evitar que se derrumben.

♦ Selección de semilla

Debe seleccionarse la semilla por tamaño y tipo, para uniformizar cada área de cultivo.

◆ Tipo de hijos

Basales: nacen en la base de la fruta; debe de dársele un tratamiento y secado antes de sembrarlo; tiene gran capacidad de enraizamiento.

Hijos de tallos, son producidos a lo largo del tallo su peso ideal es de 250 a 350 gr.

Hijuelos de retoño que brotan de la base de la planta.

Cualquiera de estos materiales que se desean sembrar deben seleccionarse y desinfectarse en forma de inmersión en una solución de funguicida e insecticida: Aliette 2.5 gr. o Benlate 1.5 gr. más Diezinon o Basudín 1.75 cc por cada litro de agua. Después del tratamiento se le da un escurrimiento y es llevado al campo de siembra. Debe sembrarse a una profundidad adecuada de modo que al crecer y fructificar no se vaya a volcar por el peso de la fruta y el efecto del viento, debe de usarse una espátula que permita profundizar el hijuelo.

2.1.4.5. Reproducción

La reproducción de la piña se hace en forma vegetativa utilizando a veces la corona del fruto, o bien los vástagos o hijos de plantas sanas y productivas, materiales que deben seleccionarse por tamaños para asegurar la uniformidad en las plantaciones (Py *et al.* 1987).

La reproducción de la planta de la piña es predominantemente asexual. Sin embargo, la reproducción sexual también es funcional empleándose en el cultivo controlado. La planta desarrolla hijastros, vástagos o esquejes a partir de brotes axilares, éstos son capaces de producir nuevos ejes de crecimiento para generar nuevos frutos. Consecuentemente, la planta tiene el potencial para generar una secuencia de varios ciclos de producción (Caraveo, 1996).



Figura Nº 03: Campo de reproducción de piña

2.1.4.6. Floración

La piña es el resultante del proceso de floración de la planta. Antes de la maduración del primer fruto la planta desarrolló nuevo material de cultivo (hijastros, vástagos, esquejes).

El proceso de inflorescencia indica con el brote de cerca de 50 a más de 200 flores individuales, dependiendo del tipo de cultivar.

El fruto puede carecer de corona o bien presentar coronas múltiples. Las flores de las plantas son hermafroditas. La parte final de la in floración es una corona compuesta por 150 hojas cortas en promedio.

Las hojas presentan una forma cóncava, esta característica permite que la planta recolecte agua en la roseta para su absorción a través de la epidermis. El color de la hoja puede presentar varios tonos en función del cultivar, aunque en general domina el color verde, rojo y púrpura.



Figura N° 04: Forma de las hojas de la piña

2.1.4.7. Inflorescencia

Las flores de la piña se fusionan entre sí y con el tallo central, en forma tan completa que es casi imposible distinguir donde termina una flor y comienza otra. En una inflorescencia corriente hay de 100 a 200 flores, arregladas en espiral. Como sólo una o pocas flores se abren por día, el período de floración se extiende por un mes o más.



Figura N° 05: Flor de la piña

2.1.4.8. Fruto

La fruta de la piña está constituida por la fusión de los tejidos de los frutos individuales y del eje de la inflorescencia. De cada flor se desarrolla un fruto individual, que aparece hacia el exterior en forma de un escudete poligonal, duro y prominente. La mitad inferior del escudete está cubierta por el ápice de la bráctea, que se ha doblado hacia arriba, y la superior por los 3 sépalos. El color externo y la textura de brácteas y sépalos son muy similares. El centro del fruto individual es prominente, y debajo de él está la cavidad externa de la flor, representada por una cámara de paredes endurecida, de cuya base salen los restos de los estambres y del pistilo como hilos negros y duros. Hacia el interior quedan las celdas del ovario, en cuya parte superior están los óvulos o semillas, y la inferior está ocupada por cavidades grandes de paredes brillantes, que formaban los nectarios. En algunos cultivares estas cavidades se reducen bastante, y sólo se distinguen como tres ranuras que irradian simétricamente de un punto central; en otros aparecen como cámaras vacías de considerable tamaño los tejidos internos, ricos en azúcar, corresponden en pequeña parte a las paredes del ovario, y en especial a la base de la bráctea y de los sépalos. Están unidos directamente al eje del fruto, del cual salen seis grupos de haces vasculares que conectan con las partes de la flor, y un grupo independiente que suple a la bráctea. El eje central aumenta de tamaño y contiene también azúcares, pero es más duro y fibroso que los frutos individuales.

El fruto es cilíndrico con bayas planas de 2,5 centímetros de diámetro; pulpa de color pálido a amarillo dorado, con un contenido promedio de 13 % de sólidos solubles y 0.6 % de ácido cítrico, lo cual le confiere un sabor universalmente apreciado propio para su consumo en fresco o en conserva; el peso promedio del fruto es de 2.5 kilogramos aunque varía de acuerdo con la densidad de plantación utilizada y el manejo del cultivo. Las siguientes partes forman en si la planta de la piña: **Corona:** Se localiza en la parte

superior del fruto y es de hecho el meristemo apical de la planta. Como el fruto se cosecha y comercializa con la corona, este material sólo está disponible durante el período de actividad de las industrias procesadoras locales. Durante la selección deben desecharse las coronas muy pequeñas, aquellas que estén sin cogollo y las múltiples. **Gallos:** Se desarrollan a partir de una yema axilar del pedúnculo del fruto. Se producen en promedio dos por planta, aunque en las cosechas de los meses de mayo a julio se incrementan a cinco, debido a que la diferenciación floral de la planta madre ocurre en forma natural o inducida durante los meses de noviembre, diciembre y enero. **Clavos:** Son los vástagos que se originan en las yemas axilares del tallo; es el tipo más abundante, se producen en promedio cuatro brotes por planta. Los tres tipos de material mencionados difieren en su forma, en la longitud de su ciclo. La corona requiere para fructificar un promedio de 23 meses en condiciones normales mientras que el gallo y clavo requieren 20 y 17, respectivamente (Sarh, 1994).

2.1.4.9. Propagación

La propagación vegetativa se clasifica de acuerdo con la posición en la que se reproduce el material del cultivo con respecto a la planta, así podemos definir las siguientes partes:

Vástago (sucker): crece en la parte enterrada de la planta

Hijastro (stem shoots): aparece en el péndulo, generalmente agrupados cerca de la base de la fruta.

Esqueje (slip): aparece en el péndulo, generalmente agrupados cerca de la base de la fruta; la producción elevada de néctar y la corola tubular favorecen ampliamente la polinización.

Adicionalmente, la corona también se emplea como material de cultivo. Por otra parte, se requiere una renovación periódica de los cultivos para mantener la calidad del fruto principalmente en el caso de las plantaciones comerciales. En la mayor parte de los grandes cultivos comerciales sólo se permite que la planta produzca como máximo entre dos y tres cosechas. La falta de renovación del material de cultivo provoca la disminución del tamaño de la fruta, además de reducir la uniformidad del producto. La renovación del material del cultivo se realiza mediante distintas alternativas: hijastros obtenidos de la cosecha anterior, plantación de la corona de los frutos y vástagos producidos a lo largo del pedúnculo (Coveca, 2002).



Figura N° 06: Partes utilizadas en la reproducción de piña

2.1.4.9.1. Propagación genética

La propagación de la piña es asexual y para su establecimiento se utilizan los brotes vegetativos que la misma planta emite en forma natural. Con el fin de depurar y conservar la pureza genética de las variedades utilizadas, es necesario desechar todo el material propagativo procedente de plantas enfermas y con malformaciones de origen genético como: corona múltiple; hojas muy espinosas y frutos fasciados plantas “macho”, las cuales alcanzan un desarrollo vegetativo exuberante, difícilmente fructifican y si lo logran su fruto es muy pequeño. La uniformidad genética, sanitaria y del peso del material de propagación, es uno de los factores que incrementan la productividad en las plantaciones piñeras. El depurar y el producir su propio material tiene como ventaja mejorar la calidad genética, la sanidad y la uniformidad del mismo, y con ello una reducción en los costos de producción **(Sarh, 2004)**.

2.1.4.10. Cultivares y/o Variedades

El origen de los cultivares en piña puede atribuirse principalmente a las mutaciones somáticas. Como no hay autofecundación y la polinización cruzada sólo ocurre en forma ocasional, los híbridos naturales son muy escasos. Además las semillas germinan con dificultad. A la fecha no hay publicado ningún estudio sobre la variabilidad general de la piña, ni una clasificación sistemática de sus cultivares.

Existe un gran número de variedades o cultivares de piña, pero sólo unas pocas son comercializadas de manera importante, como las siguientes **(Coveca 2002)**.

- **Cayena lisa**

Su ciclo de producción es de una de los más largos entre los cultivares, baja producción de vástagos a hijastros, vulnerable a plagas y enfermedades, alto contenido de azúcar, 13 a 19 grados brix. (°Bx); gran tolerancia al colapso del

fruto; pulpa de color amarillo pálido a amarillo intenso, jugo amarillo translucido pero con alto contenido de azúcar.

Las hojas son de color verde oscuro y anchas sin espinas en los bordes el fruto maduro es de color naranja rojizo de gran tamaño, forma cilíndrica, ojos superficiales, corazón delgado y el color de la pulpa varía de amarillo pálido a amarillo dorado y tiene alto contenido de azúcares (Py *et al.*, 1987).

- **Española de Singapur**

Básicamente usados en procesos de enlatados; cultivada en la zona sur del continente asiático, peso promedio de 1kg., pulpa color amarilla dorada, bajo contenido de ácido y de azúcar, 10 a 12 (°Bx), Alta calidad para la producción de jugo, buena productora de vástago e hijastro, Altamente sensitiva a nemátodos y al colapso de fruta (Py *et al.*, 1987).

- **Selacia Verde**

Mutación obtenida a partir de la española de Singapur. La diferencia más importante con el cultivar original son: hojas e inflorescencia de color verde, hijuelos de color amarillo.

En términos generales mantiene una gran parte de las características de la española de Singapur (Py *et al.*, 1987).

- **Reina**

Destinada al mercado en fresco, peso promedio 0.5a 1kg. La pulpa es de color amarillo dorado, alto contenido de azúcar, 14 a 18 °Bx, fuerte tolerancia al estrés, plagas y enfermedades, superando a la cayena lisa.

Altamente susceptible al frío y al oscurecimiento interno. Generalmente cosechada antes de su madurez (Py *et al.*, 1987).

- **Española Roja**

Cultivada ampliamente en las naciones caribeñas, principalmente en Cuba y Puerto Rico, especialmente para la producción de piña en conserva. Peso promedio de 1.2 a 2 Kg. contenido de azúcar 12 °Bx, pero con bajo nivel de acidez; alta capacidad para producir vástago e hijuelos; elevada tolerancia a altas temperaturas y sequías, soporta el oscurecimiento interno y marchitamiento, vulnerabilidad a los nemátodos y al alto contenido de manganeso en los terrenos de cultivo (Py *et al.*, 1987).

- **Perola**

Principalmente cultivada en Brasil, peso promedio de 0.9 a 1kg. Alto contenido de azúcar, entre 13 y 16 °Brix, alto contenido de ácido ascórbico.

Cultivar muy fuerte y resistente a la sequía, piojo arenoso y nemátodos; altamente sensible a la fusariosis.

- **Perolera**

Peso promedio de 1.5 a 3 kg, bajo contenido de azúcar 12 °Brix. Gran productora de vástagos, en promedio de 4 a 11. Cultivar resistente a fusariosis, susceptible al daño del fruto, vulnerable al ataque de la mosca melanoloma.

- **Champaka F153**

Ésta es una variedad mejorada de la cayena lisa, se cultiva en Hawaii, Australia, África del Sur y en la mayoría de las zonas productoras del mundo para la exportación. Se caracteriza por ser una planta más vigorosa, de color verde oscuro intenso, poca productora de hijuelos, lo que favorecen un mejor desarrollo de sus frutos. El fruto alcanza un promedio de 2 kilos a los 14 a 15 meses (Py et al., 1987).

- **Castilla**

Planta de hojas anchas con manchas púrpuras, no es muy tolerante a la sequía; el fruto es cilíndrico y de peso entre 800, 1,500 g; pulpa amarilla (Py et al., 1987).

- **Queen**

Se cultiva principalmente en Australia y Sudáfrica. Es más pequeña que la anterior y más redondeada. Aunque sabe bien, tiene poco jugo (Py et al., 1987).

- **Enanas**

Son variedades dentro de la Queen, con un peso máximo de medio kilo.

- **Amazonas**

Se produce en Sudamérica y, al contrario que la anterior, es muy grande, de carne blanca y muy sabrosa.

2.1.4.11. Enemigos naturales

2.1.4.11.1. Malezas

En el cultivo de la piña emergen malezas de varios tipos: de hoja ancha o angosta, resultando la última la más peligrosa y agresiva. La finalidad del control de las malezas es de evitar la competencia entre éstas y la piña principalmente entre agua y nutrientes. El control de malezas se puede hacer en forma química y manual, y comienza desde la preparación de tierra, para lo cual debe darse los pases de rastra necesarios para pulverizar el suelo, de tal forma que no haya terrones. "La Paja blanca" (*S. spontaneum*) que se encuentra presente en nuestros campos, debe ser eliminada, sacando la cepa durante la preparación de tierra, para evitar rebrotes y contaminación del resto del terreno.

2.1.4.11.2. Plagas

♦ Cochinilla (*Dysmoccus brevipes*) y (*Pseudococcus brevipes*)

Succiona sabia tanto de la raíz como del tallo debajo y sobre el suelo donde se encuentran colonias en simbiosis con hormigas. Las poblaciones altas de este insecto causan amarillamiento y retardo del crecimiento. Este insecto es transmisor del virus de la marchitez de la piña conocido como "Wilt".

♦ Gallina ciega (*Phyllophaga* sp)

La larva de este insecto causa daños al sistema radicular al alimentarse de éste, lo cual provoca crecimiento raquíutico de la planta.

♦ Barrenador (*Tecla* sp)

En el fruto, la larva de este lepidóptero causa huecos o cavidades de las que emanan exudaciones gomosas y además son la entrada de bacterias y hongos como *fusarium* sp y *Penicillium* sp que causan en la pulpa de la fruta una coloración negruzca, conocida corrientemente como "clavo de la piña".

Cuando la población de esta plaga alcanza el 15 % se deben hacer aplicaciones de insecticidas durante la etapa comprendida entre la apertura de las primeras flores hasta el final de la floración con intervalos de 8 a 10 días.

- **Nemátodos:** Entre los nemátodos que atacan a la piña tenemos el *Pratylenchus Helicotylenchus*, el ataque es característico afectando a las raíces y causando poco

desarrollo de la planta algunos síntomas visibles como la clorosis, marchitez y deficiencia nutricional causada por la falta de absorción de nutrientes por los daños causados en la raíz.

2.1.4.11.3. Enfermedades

◆ Pudrición del cogollo (*Erwinia sp*)

Produce una pudrición acuosa maloliente, de color café claro, que se inicia en la base de las hojas centrales de la roseta, que causa el desprendimiento de las hojas al jalarla suavemente. El borde de la hoja se torna verde oscuro seguido de una clorótica y regular.

◆ Podredumbre del corazón (*Phytophthora parasitica* y *P. cinnamoni*)

Es la causante de la pudrición en la planta, específicamente en el cuello del tallo, raíz y fruto. Ataca en los meses más lluviosos. Se nota por un amarillamiento en las hojas, las cuales se desprenden fácilmente produciendo un olor fétido. El sistema radical disminuye y presenta descomposición.

◆ Wilt (Mealybug wilt)

Enfermedad causada por un virus transmitido por la cochinilla como normalmente cuando emigran de una planta ya enfermas la transmiten a otra sana. Los síntomas visuales son: enrojecimiento progresivo de las hojas más viejas los bordes del limbo se abarquilla y el ápice se curva hacia abajo, las hojas pierden turgencia, se resecan y toma un color rojo amarillento, se presentan pudrición de las raíces y el fruto es poco desarrollado y sin sabor.

◆ *Thielaviopsis paradoxa*

Afecta el material de siembra, tallo, hojas y frutos. Penetra a través de las heridas, por el manejo bajo condiciones de alta temperatura y humedad. Esta enfermedad ocurre si el material de siembra no ha sido secado propiamente, o fueron almacenados con poca aireación. Un color gris oscuro en la base del hijuelo permite reconocer la presencia del hongo.

2.1.5. Cosecha y conservación del producto

2.1.5.1. Partes aprovechables

De la planta de piña no sólo se aprovecha el fruto en su totalidad, sino también las hojas y tallo.

2.1.5.2. Cosecha

Es preciso conocer el período que transcurre entre la inducción de la floración y la cosecha. A partir de 140 días (4.5 meses) de realizado la inducción floral, se debe estar alerta y hacer inspecciones a fin de observar el estado de desarrollo, el tamaño y el grado de madurez alcanzado por la fruta.

El desarrollo y la madurez de la fruta se inician de la parte basal a la corona y cuando ésta sazona, es de color verde pálido, las bayas son grandes planas y suculentas, esto sucede alrededor de los 5.5 meses (160 días) después de la inducción.

Luego, al presentar el color amarillo oro, se procede a la cosecha que se realiza cortando la fruta y dejándola sobre la mata, para que otras dos personas la recojan, la fruta del cultivar cayena se le da un giro para desprenderla del pedúnculo; las otras variedades se cosechan cortando el pedúnculo con un cuchillo. La fruta se debe manipular con delicadeza en toda la labor de cosecha y transporte, para evitar magulladuras o golpes.

Para el transporte no se deben hacer estivas altas con la fruta. Se pueden hacer máximo 4 pisos colocando una fruta sobre otra y procurando que la última quede sobre la corona de la anterior, o colocar una a la par de la otra, todas con la corona hacia abajo.

Otra forma de cosechar es utilizando una cosechadora que permite reducir el tiempo en cuatro veces y produce un mínimo de daño al fruto por manipuleo.

2.1.5.3. Manejo post – cosecha

Al momento de cosechar se debe tomar en cuenta el color del fruto o los grados brix (12 y 13%).

Cuando se cosecha la fruta, se coloca en el camión o carreta, con la corona hacia abajo y con solamente 3 capas de piña.

Evitar el calentamiento de la fruta en días soleados tanto en el campo como en el transporte.

La fruta no se la golpea ni se la tira; transportándola con delicadeza al lugar indicado.

Tratamiento en el empaque: el proceso de cosecha y empaque para exportación de fruta fresca. Consiste en que después de limpiar la fruta se debe tratar (bañar), cada una con una selección preservante que consiste de una mezcla de fungicida y cera líquida. Etapas importantes en el proceso incluyen:

- Preparación y almacenamiento de la solución preservante; aplicación de la solución preservante, protección de los aplicadores y disposición de los residuos de la solución preservante y los deshechos.

2.1.6. Usos culinarios

La pulpa del fruto maduro, es jugosa, de sabor agridulce y aroma agradables. La pulpa separada de la cáscara y de la parte más dura del núcleo central, se consume al estado fresco, cortado en rodajas o trozos o reducidos a zumo. Tienen amplio uso culinario y en la preparación de refrescos, helados, dulces y bebidas fermentadas.

2.1.7. Usos medicinales

En medicina tradicional, la pulpa se utiliza en el tratamiento de catarro, retención urinaria, dolores de los riñones, dispepsia, difteria y otras afecciones a la garganta; es un excelente supurativo. El jugo de la fruta verde, es astringente y antihelmíntica, alivia infecciones de la laringe, faringe, boca bronquitis y catarros. La decocción de la cáscara, depura la sangre y es un buen digestivo recomendado para niños y ancianos, se utiliza también en la preparación de bebidas agradables.

2.1.8. Usos Industriales

Industrialmente la pulpa se utiliza en la fabricación de conservas molido, crush o compota; jugo y concentrado. Los principales productos elaborados son: Jugos, néctares, mermeladas, trozo en almíbar, zumos enlatados de pulpa-cáscara-núcleo central, trozos escarchados, vino y vinagres; Los subproductos de la industria, son utilizados en la fabricación de alcohol, azúcar y alimentos para vacunos.

Adicionalmente, la piña ofrece ventajas para su aprovechamiento comercial, las hojas en el mesófilo, contienen fibras de diverso tamaño, por ello a nivel mundial se ha incrementado la investigación de esta materia.

Entre las principales cualidades de la piña como material de fibra comprende su elevada suavidad de la textura, amplia longitud de fibra (60 cm.), una retención elevada de tinte, así como una elevada blancura, lustro, gran resistencia a la sal y una elevada resistencia a la tracción. En consecuencia, en algunas naciones productoras de piña se explota comercialmente la fibra en las industrias del vestido y papel;

Se ha fomentado el aprovechamiento de los desechos del cultivo, enlatado y extracción de jugo de piña para elaborar alimento animal. En el cultivo, las hojas se pueden utilizar en tres formas: frescas, deshidratadas artificialmente y ensiladas.

En las operaciones del enlatado se pueden aprovechar las cortezas y el corazón que pueden ser secadas artificialmente y mezclarlos con melaza para posteriormente obtener una harina. El rendimiento por hectárea de la corteza y corazones puede ser de 10 toneladas en fresco para producir una tonelada en producto deshidratado. En la producción de jugo de piña, se pueden aprovechar los sólidos del centrifugado y es utilizado como complemento alimenticio para el ganado porcino (FAO, 2004)

La bromelina fue originalmente extraída solamente de los stems en Hawai, pero actualmente es extraída en países como Taiwán, Tailandia, Brasil y Puerto Rico. La gran variación en los productos comerciales obtenidos y sus múltiples ingredientes han limitado su éxito como producto comercial. El uso de la bromelina ha sido como ablandador de carnes y como nutracéutico.

2.1.9. Información complementaria

2.1.9.1. Componentes Químicos

La composición de la piña ha sido investigada en su porción comestible. Los rangos de composición que se reportan son debidos al grado de variación encontrado

por las operaciones agrícolas y comerciales, factores ambientales y grado de madurez de la fruta. La piña tiene un contenido de humedad de 81.2 a 86.2%, de 13-19% de sólidos totales, de los cuales, la sacarosa, glucosa y la fructuosa son los principales componentes.

Los carbohidratos representan hasta el 85% de los sólidos totales y la fibra del 2-3%. De los ácidos orgánicos, el ácido cítrico es el más abundante. La pulpa se caracteriza por la presencia de bajas cantidades de cenizas, compuestos nitrogenados y grasa en 0.1%. Del 25-30% de los compuestos nitrogenados corresponden a la proteína. De esta proporción casi el 80% tiene actividad enzimática proteolítica, conocida como Bromelina (Dull, 1971).

La piña fresca es rica en minerales, tales como calcio, cloro, potasio, fósforo y sodio.

Cuadro N° 01. Composición general de la piña fresca madura

ANALISIS	BASE HUMEDA (%)
°Brix	10.8-17.5
Acidez titulable (ácido cítrico)	0.6-1.62
Cenizas	0.3-0.42
Humedad	81.2-86.2
Fibra	0.3-0.61
Extracto etéreo	0.2
Ésteres (ppm)	1-250
Pigmentos (ppm de caroteno)	0.2-2.5
Nitrógeno total	0.045-0.115
Proteína	0.181
Nitrógeno soluble	0.079
Amoníaco	0.010
Aminoácidos totales	0.331

(Dull, 1971)

2.1.9.2. Distribución del cultivo de piña en el Perú

En el Cuadro N° 2 se aprecia la producción de piña (TM) por departamento a nivel nacional, donde se observa que el departamento de Junín es el que cuenta con mayor producción; mientras que la región San Martín se encuentra en quinto lugar en producción de piña.

Cuadro N° 02: Producción de piña (TM) por región o subregión a nivel nacional
(Periodo 2001-2005)

DEPARTAMENTO	2001	2002	20003	2004	2005
Total nacional	143,816	147,034	176,895	184,667	197,124
Junín	50,512	50,703	62,553	68,714	75,148
La libertad	26,274	27,161	28,474	29,444	31,875
Ucayali	21,019	22,115	26,382	26,506	27,216
Loreto	21,511	21,712	23,366	21,446	22,814
San Martín	3,547	3,847	7,983	9,131	10,548
Amazonas	4,631	4,791	6,360	7,608	8,542
Cusco	3,199	3,148	6,893	7,198	8,452
Ayacucho	4,251	4,512	4,634	4,761	5,284
Puno	3,917	3,925	4,251	4,265	4,382
Huanuco	2,281	2,292	2,689	3,076	3,479
Cajamarca	1,955	1,981	2,225	1,1631	1,906
Madre de Dios	844	847	1,085	887	954

Fuente: Direcciones Regionales y Subregionales de Agricultura.

Elaboración: MINAG-DGIA, 2005.

2.1.9.3. Distribución del cultivo de piña en la Región San Martín

En el cuadro N° 3 se aprecia la producción de piña (TM) por provincias a nivel regional, donde la provincia de Rioja cuenta con mayor superficie sembrada, siguiéndole la provincia de Lamas, el segundo lugar en superficie sembrada, pero con mayor producción en TM.

Cuadro Nº 03: Producción de piña (TM) por provincias a nivel regional.

PROVINCIA	SUPERFICIE VERDE (Has)	PRODUCCION (TM)
LAMAS	372.00	3,180.00
RIOJA	382,50	2,791.00
SAN MARTÍN	47.00	428.50
EL DORADO	2.00	29.00
HUALLAGA	25.00	212.00
MARISCAL CÁCERES	61.50	684.00
TOCACHE	160.50	1,070.00

Fuente: MINAG-OIA 2005

2.1.10. Impacto social y económico en el cultivo de la piña

La piña domina ampliamente el comercio mundial de frutas tropicales, a pesar que recientemente ha crecido la competencia de otros frutos. Datos del año 2000 nos indican que la comercialización mundial de la piña fue de un 51 % de un total de 2.1 millones de toneladas de fruta en general, siendo el mango el fruto que le sigue con un 21.7 %. Además, la piña es el fruto tropical mejor posicionado, ya que su comercialización se orienta a los principales países desarrollados tales como Estados Unidos, Japón y la Comunidad Económica Europea (Coveca, 2002). En consecuencia, en la última década la producción mundial de piña ha crecido a una tasa media anual de 1.9%, pese a la ocurrencia de fenómenos económicos y climáticos adversos (FAO, 2004).

Producción y exportación

A pesar del dinamismo en el comercio mundial de piña en fresco, actualmente se exporta menos del 8% del volumen total cosechado en el mundo. Costa Rica y Costa de Marfil son los líderes en el abasto mundial de piña fresca (82.2 %), a pesar de ocupar la octava y décima quinta posición como productores; Bélgica, Francia y Alemania y los Países Bajos se integran al comercio mundial mediante la reexportación. A excepción de Filipinas, los seis productores de piña más importantes en el mundo aportan una mínima cantidad al comercio de producto en fresco.

2.1.11. Comercio mundial

Doce naciones concentran el 90% de la demanda mundial de piña fresca, siendo Estados Unidos el mercado con mayor participación, además de Francia, Japón, Bélgica, Italia, Alemania, Canadá, España, Reino Unido, Corea, Países Bajos y Singapur.

La producción mundial de piña, fue de 14 millones de toneladas para el año 2003 (FAO, 2004). Tailandia se colocó como líder productor de piña en el mundo a partir de 1975. En 1999, China desplazó a la India como cuarto productor mundial.

En cuanto al comercio mundial de jugo simple de piña, la oferta es altamente concentrada por Filipinas y Tailandia ya que ambas naciones proveen el 65 % del volumen total, mientras que Indonesia es el líder mundial en el abasto de jugo concentrado (70 %). En general, la piña enlatada es el producto más importante dentro del comercio mundial de piña y derivados.

El consumo de piña enlatada se eleva sustancialmente al final de cada año en los principales mercados debido a la presencia de la época navideña, por el aumento en la elaboración de ensaladas y una mayor demanda por parte de los establecimientos de comida rápida. Tailandia, Filipinas e Indonesia proveen cerca del 80% de la oferta de la piña enlatada que se comercializa en el mercado mundial.

En tanto que Estados Unidos y Alemania adquieren la mayor parte de la oferta mundial de piña enlatada, aunque desde 1990 la demanda en estos dos mercados ha fluctuado continuamente (Coveca, 2002).

2.2. DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA

2.2.1. Definición

La concentración de alimentos mediante la inmersión del producto en una solución hipertónica (por ejemplo azúcar, sal, sorbitol o glicerol) se conoce como deshidratación osmótica (Raoult-wack, *et al* 1991^a, Barbosa – Cánovas y Vega – Mercado, 2000).

Este método de deshidratación se fundamenta en el fenómeno de ósmosis, en el cual el agua contenida en la célula sale a través de la membrana celular debido a una gran concentración de un soluto ubicado en el exterior. Dicho método se utiliza generalmente en frutas y hortalizas y con el se tienen productos de humedad intermedia sin la necesidad de aplicar calor (Raoult-Wack *et al.*, 1991; Barbosa Cánovas y Vega – Mercado, 2000).

La ósmosis consiste en el movimiento molecular de ciertos componentes de una solución a través de una membrana semipermeable hacia otra solución de menor concentración de cierto tipo particular de moléculas (Raoult-Wack *et al.*, 1991; Jayaraman y Das Gupta, 1992; Barbosa – Cánovas y Vega – Mercado, 2000).

Según Genina (2002) la deshidratación osmótica (DO) consiste en sumergir los alimentos en soluciones hipertónicas con el objetivo de producir dos efectos principales: flujo de agua desde el producto hacia la solución hipertónica y flujo de solutos hacia el interior del alimento. En algunos casos se puede presentar la salida de solutos como son los ácidos orgánicos. Este fenómeno, aunque es poco importante por el bajo flujo de sólidos perdidos, puede modificar sustancialmente algunas propiedades del fruto como son las organolépticas.

La deshidratación osmótica constituye un método sumamente importante en lo concerniente a la conservación de los alimentos, ya que frena la degradación natural de los microorganismos al privarlos de la humedad que necesitan para su actividad, impidiendo su crecimiento, y metabolismo (Desrosier, 1998).

La deshidratación osmótica también retrasa las reacciones químicas de los alimentos y constituye una ventaja para el almacenamiento y transporte del alimento al ocasionar pérdidas de peso y frecuentemente disminución del volumen; al mismo tiempo la posibilidad de utilizar los productos en un proceso posterior y en el hogar les asegura un mercado adecuado.

Estos métodos, como su nombre lo indica, enfatizan el uso de tecnologías que conducen a la preservación de alimentos en que las características organolépticas, tales como textura, sabor y color, son similares a la de los productos frescos, sin comprometer su integridad. El efecto aditivo y sinérgico de factores de conservación permite preservar el alimento con una mayor calidad que si se usa una sola técnica, por ejemplo secado.

Los métodos combinados, o efectos de barreras u obstáculos, reducen el crecimiento microbiano en alimentos al combinar factores de conservación tales como la disminución del pH, la inclusión de agentes antimicrobianos y el calentamiento moderado.

La deshidratación osmótica se presenta como una tecnología alternativa de conservación de frutos. Por ejemplo, en el fenómeno de impregnación en frutos la selección adecuada de solutos osmóticos y de su concentración permitirá controlar la actividad del agua en éste, así como el pH bajo estas condiciones, es posible llevar a cabo la adición de antimicrobianos que permitan aumentar el tiempo de vida del producto, especialmente de aquellos con alto contenido de humedad. Finalmente, para propósitos de aplicación se puede decir que la D.O es un método de conservación de alimentos factible de adaptarse en países con economías emergentes, que produzcan frutas tropicales que normalmente se consumen frescas por ser productos perecederos y que al someterse a tratamientos de procesado mínimo puedan conservarse y exportarse manteniendo muchas de sus propiedades. Otra de las ventajas es que su desarrollo e instrumentación no requiere de grandes inversiones ni de equipos complejos o difíciles de obtener, además de que este tipo de productos se encuentra en regiones económicamente deprimidas.

Según Genina, 2002, de acuerdo a los efectos observados en los procesos de deshidratación osmótica con relación al contenido de sólidos en los frutos, no se considera que esta operación constituya por sí misma un proceso de conservación, sino una etapa de pre-tratamiento en operaciones como son el secado, congelación, pasteurización, liofilización, secado con aire caliente, adición de conservantes o empacado en vacío. Como tratamiento preliminar a la conservación de alimentos por congelación, permite trabajar con temperaturas de proceso no tan bajas, disminuir el consumo de energía, aumentar la velocidad de proceso, así como modificar la estructura y características sensoriales del producto. Todo lo anterior es resultado de la disminución del contenido de agua. Por otro lado, al reducir el contenido de agua se reduce también el volumen del producto, el volumen del empaque y, como consecuencia, los costos de distribución. Otra técnica complementaria recomendada para un producto parcialmente deshidratado por ósmosis es exponerlo a un ambiente seco (60-70% de humedad) durante 24 a 48 horas, para que se deshidrate un poco



más y se pueda conservar sin empaque hermético. Este producto tendrá la apariencia y características de la común uva pasa.

El efecto neto de los flujos de salida de agua y ganancia de sólidos ha sido estudiado por diversos autores. **Raoult – Wack et al. (1994)**, por ejemplo, utilizaron cubos de gel de agar expuestos a diferentes condiciones de temperatura y concentración de la solución osmótica, identificando dos etapas en el proceso de deshidratación osmótica. En la primera, denominada deshidratación, la pérdida de agua es mayor que la ganancia de sólidos y en una segunda etapa, llamada impregnación, se obtiene una ganancia de sólidos mayor a la pérdida de agua. En esta segunda etapa, la masa total del sólido aumenta con el tiempo.

La utilización de la deshidratación osmótica y la tecnología de métodos combinados para el procesado de frutas, hortalizas, pescado, productos cárnicos y en la producción de alimentos de humedad intermedia, se utiliza en una etapa previa al secado, así como antes de liofilización, en algunos casos. Los agentes osmóticos de mayor utilización son: sacarosa, glucosa, sorbitol y NaCl. Estos han sido escogidos por ser inocuos; algunos por ser efectivos en la reducción de humedad y peso, ejemplo la sacarosa (**Conway et al., 1983; Leriche et al., 1985; Biswal y Le Maguer, 1989; Beristain et al., 1990; Biswal et al., 1991; Marcotte y Le Maguer, 1991; Welte et al., 1995**), otros por ser buenos reductores de la actividad de agua, a_w (NaCl) (**Medina-Vivanco, 1998**).

El uso de soluciones ternarias (sacarosa-agua - NaCl) en la deshidratación osmótica permite aprovechar las ventajas de ambos solutos obteniendo un producto de baja humedad, y con actividad de agua reducida (**Collignan y Raoult-Wack, 1994; Bohoun et al., 1998 y Medina-Vivanco, 2002**).

La utilización de azúcar como segundo soluto en la deshidratación osmótica, aumenta la pérdida de peso y la pérdida de humedad en el producto, en comparación con la utilización de soluciones binarias de NaCl-água, donde esta capacidad está muy relacionada a su masa molecular que es grande, en comparación con NaCl (**Collignan y Raoult-Wack, 1994; Bohoun et al., 1998**).

Vélez-Ruiz et al. (2000) estudiaron la deshidratación osmótica de rodajas de piña a temperatura ambiente, utilizando muestras de dos espesores diferentes (1 y 2 cm). Los autores emplearon una solución de sacarosa al 60% y una relación de fruta:

solución de 1:4. Después de 400 min de proceso las rodajas de piña perdieron aproximadamente 29 % de agua y ganaron 9 % de azúcar. La evaluación sensorial indicó una mejor deshidratación osmótica para las muestras de piña de 1 cm de espesor.

Lombardi y Zaritzki (1997) y Gerla y Rubiolo (1996) realizaron estudios sobre deshidratación osmótica, utilizando ácido cítrico y ácido ascórbico en papas y ácido láctico y cloruro de sodio en queso, respectivamente.

Islam y Flink (1982) secaron papas deshidratadas osmóticamente en soluciones ternarias de sal-agua-azúcar y encontraron tasas menores de secado en comparación con papas deshidratadas osmóticamente en soluciones binarias de sacarosa.

Collignan y Raoult-Wack, 1994; Bohoun et al., 1998 y Medina-Vivanco, 2002, trabajaron con soluciones ternarias (NaCl-agua-sacarosa) en filetes de pescado.

2.2.2. Tipos de Osmosis

Los diferentes tipos de osmosis que se conocen son:

Ósmosis directa; representa la respuesta de un sistema discontinuo cuando dos recipientes con solución a diferentes concentraciones se ponen en contacto por medio de una membrana semipermeable. El flujo osmótico se origina del recipiente de solución diluida al recipiente de solución concentrada. Es un proceso espontáneo para llevar el sistema a su estado de equilibrio. Ello ocurre cuando el flujo osmótico eleva una columna de líquido sobre la solución concentrada, cuyo peso produce la presión osmótica de equilibrio.

Ósmosis inversa; el proceso de la ósmosis inversa utiliza una membrana semipermeable para separar y para quitar los sólidos disueltos, los orgánicos, los pirogenitos, la materia coloidal submicro organismos, virus, y bacterias del agua. El proceso se llama ósmosis "reversa" puesto que requiere la presión para forzar el agua pura a través de una membrana, saliendo; las impurezas detrás. La ósmosis reversa es capaz de quitar 95%-99% de los sólidos disueltos totales (TDS) y el 99% de todas las bacterias, así proporcionando un agua segura, pura.

Ósmosis anómala; La electroósmosis sigue un papel muy semejante al de la ósmosis. Una diferencia de potencial a través de la membrana produce acumulación de iones en ambas caras de ella y, como en el caso de la ósmosis, se produce un flujo volumétrico. El efecto recíproco consiste en que un flujo volumétrico produce por agregación una concentración de iones en la vecindad de la membrana, que producirá una diferencia de potencial. Esto puede ocurrir sin necesidad de alterar la neutralidad eléctrica de los baños alrededor de la membrana. Un efecto semejante, coadyuvando en la formación de la capa polar, es dado por difusión; que corresponde al efecto cruzado. Esta clase de efecto, de polarización por concentración, es capaz de contrarrestar, a tal grado, el efecto de la diferencia de presiones que es posible invertir la dirección del flujo volumétrico. A este fenómeno se le llama "ósmosis anómala" y fue estudiado por E. Grim y K. Sollner en 1957, considerando membranas compuestas.

2.2.3. Leyes que intervienen en el proceso de Osmosis

Por lo general los procesos de deshidratación osmótica están regidos por las leyes de la termodinámica. La primera ley rige a la ósmosis directa o normal, mientras que para la ósmosis inversa la segunda ley de la termodinámica asegura que este proceso es irreversible, en vista de que para reintegrar el sistema a su estado inicial tiene la necesidad de realizar un trabajo mecánico neto. Esta labor mecánica se realiza en la solución concentrada, de tal manera que el flujo del solvente ocurre en dirección opuesta al flujo osmótico original. Para que tal cosa se realice, es obligatorio que la presión aplicada tenga un valor mayor a la diferencia de las presiones osmóticas entre los recipientes (véase figura 07).

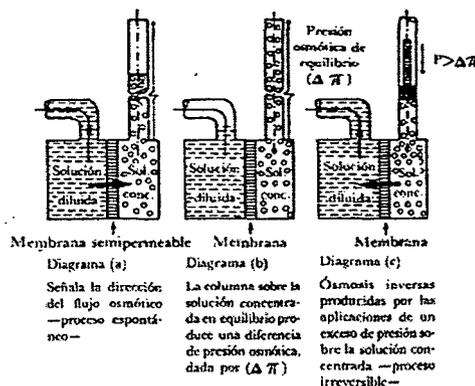


Figura 07: Proceso del fenómeno de la ósmosis

En presencia de dos fuerzas termodinámicas, se producen dos flujos directos cruzados, los cuales dan lugar a las ecuaciones (1) y (2).

$$\begin{array}{l} \text{Flujo del} \\ \text{solute} \\ \text{(B)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Flujo} \\ \text{difusión} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Contribución por} \\ \text{Flujo volumétrico} \end{array} \quad (1)$$

$$\begin{array}{l} \text{Flujo} \\ \text{volumétrico} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Flujo de} \\ \text{Poiseuille} \end{array} + \begin{array}{l} \text{Flujo} \\ \text{osmótico} \end{array} \quad (2)$$

Cuando se tiene una membrana rodeada por baños que sean soluciones electrolíticas, aparecerá una nueva fuerza termodinámica dada por una diferencia de potencial. En tal caso, el formalismo de las ecuaciones (1) y (2) se modifica para incluir un término nuevo en cada ecuación. Además de esto, aparece una tercera ecuación para el flujo de cargas. Habiendo tres fuerzas termodinámicas, hay tres flujos directos y seis flujos indirectos o cruzados.

La descripción de este efecto señala una inversión del signo en el coeficiente de reflexión de Staverman. El caso de una polarización por concentración por difusión fue estudiado por Sollner y Neihof en 1955, y encontraron que una composición de membranas en presencia de iones se puede comportar como un diodo semiconductor con dirección preferente.

2.2.4. Agentes osmóticos

Muchos autores ya discutieron la influencia del tipo de soluto en los procesos de deshidratación osmótica. La mayoría de los trabajos de deshidratación osmótica realizados en fruta han utilizado sacarosa como agente osmótico (Ramírez y Corzo 2001, Martínez, et al 2003, Fito, et al. 1998, Gómez 1989).

Zapata y Castro (1999) estudiaron la cinética de la deshidratación osmótica de piña con alcohol etílico como osmodeshidratante, utilizando soluciones de 80 % de etanol, a temperatura ambiente (alrededor de 25°C), en soluciones estáticas. Los autores calcularon la velocidad de pérdida de peso (VPP), la velocidad de pérdida de

humedad (VPH) y la velocidad de ganancia de soluto (VGS), obteniéndose al final del proceso 33.75%, 35% y 30.41% p/p de pérdida de peso, pérdida de humedad y ganancia de soluto, respectivamente.

Cuando son utilizadas soluciones ternarias, el flujo difusivo de cada componente es afectado por el otro componente de la mezcla (Cussler, 1976).

2.2.4.1. Sacarosa

Es un disacárido formado por una molécula de glucosa y otra de fructosa. Su nombre químico es: alfa-D-glucopiranosil (1->2)-beta-D-fructofuranósido. Es un disacárido que no tiene poder reductor sobre el licor de Fehling. En la naturaleza se encuentra en un 20% del peso en la caña de azúcar y en un 15% del peso de la remolacha azucarera, de la que se obtiene el azúcar de mesa. La miel también es un fluido que contiene gran cantidad de sacarosa parcialmente hidrolizada.

La sacarosa es el edulcorante más utilizado para endulzar los alimentos, su fórmula es la siguiente:

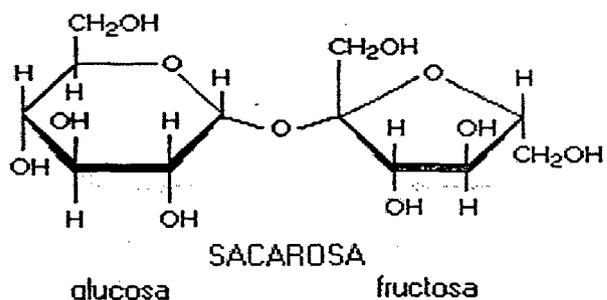


Figura N° 08: Fórmula estructural de la molécula de sacarosa

2.2.4.2. Alcohol etílico

Los alcoholes primarios y secundarios son líquidos incoloros y de olor agradable, dentro de ellos se encuentra el alcohol etílico o etanol, que es un líquido transparente e incoloro, con sabor a quemado y un olor agradable característico, que se obtiene a partir de la melaza de la caña de azúcar; la cual, diluida a concentraciones adecuadas, es sometida a los procesos de fermentación y destilación. Su fórmula es C₂H₅OH y se encuentra en bebidas como la cerveza, el vino y el brandy.

Muchos alcoholes pueden ser creados por fermentación de frutas o granos con levadura, pero solamente el etanol es producido comercialmente de esta manera, principalmente como combustible y como bebida. Otros alcoholes son generalmente producidos como derivados sintéticos del gas natural o del petróleo; solubles en el agua en cualquier proporción y menos densos que ella, siendo además soluble en diversas sustancias orgánicas e inorgánicas cuando se mezcla en estado anhidro. Los terciario en cambio son todos sólidos.

Tiene un punto de fusión de $-114,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, un punto de ebullición de $78,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una densidad relativa de $0,789\text{ g/m}$ a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; densidad óptica n_{D}^{20} de 1.36 ; grado alcohólico a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 96° GL ; gravedad específica a $20/20\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 0.8089 ; ácidos totales, como ácido acético en $\text{mgr}/100\text{mls}$ de 1.8 ; aldehídos, como acetaldehídos, en $\text{mgr}/100\text{mls}$ de 1.0 ; ésteres, como acetato de etilo, en $\text{mgr}/100\text{mls}$ de 6.5 ; residuo no volátil, en mgr de 0.1 ; peso molecular de $46,07\text{g/mol} - 76\text{ u.m.a.}$; punto de ebullición 78.32° C ; punto de inflamación de 12.00° C ; punto de congelación a -130° C ; tensión de vapor a 20° C de 44.0 mmHg. ; calor específico a 20° C de 0.615Kg-cal ; calor latente de 290.00 Kg-cal . Es miscible (mezclable) con agua y con la mayor parte de los disolventes orgánicos

2.3. SECADO

2.3.1. Definición

Según Geankoplis (1998) el secado significa la remoción de cantidades de agua relativamente pequeñas de cierto material. En algunos caso, el agua se puede eliminar de los materiales sólidos por medios mecánicos, utilizando prensas, centrifugas y otros métodos

El estudio de secado se refiere a la eliminación de agua de los materiales de proceso y de otras sustancias. El término secado se usa también como referencia a la eliminación de otros líquidos orgánicos. El secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial alimentos) se usa también como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua para que los alimentos puedan almacenarse durante periodos bastante largos. Además muchas enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua.

Además de la conservación, el secado, convierte el alimento crudo en un sólido seco, se utiliza para reducir el costo que dificultaría el embalaje, manejo, almacenamiento y transporte, pues el secado reduce el peso y a veces el volumen (Barbosa-Cánovas, 2000).

Según Kitinoja (1992) el secado al sol permite retirar agua hasta niveles del 15%, que es suficiente en algunos casos. Pero este sistema requiere un espacio bastante grande y los alimentos expuestos al sol son susceptibles a la contaminación y a pérdidas debidas al polvo, los insectos, los roedores y otros factores.

Por las razones anteriores, el secado al sol evolucionó a fin de realizarlo en recintos interiores en donde las condiciones pudieran ser controladas en forma más eficiente. Hoy en día el término deshidratación de alimentos se refiere al secado artificial bajo control. Esta eliminación de agua puede ser casi completa y se busca prevenir al máximo los cambios en el alimento, a fin de lograr, luego, durante la reconstitución, obtener productos lo más parecidos a los alimentos originarios. Los niveles de humedad remanente, llegan a alcanzar valores de 1 al 5%, según el producto. Por lo general la calidad lograda en la de deshidratación es proporcional al costo del proceso aplicado, existiendo sus excepciones.

Los procesos llamados de evaporación o concentración tienen como finalidad la eliminación de sólo una parte de agua de los alimentos, quizás una o dos terceras partes, como en la preparación de jarabes, leches evaporadas o pasta de tomate.

Además de los fines de la conservación, la deshidratación se realiza para disminuir el peso y el volumen de los alimentos. El peso se puede llegar a disminuir 8 veces su peso original. Esto resulta evidentemente en ahorro en el costo del transporte y de los empaques.

Un ejemplo de deshidratación donde sólo se retira el agua, a fin de mantener las características de aroma y sabor del producto es a la obtención de café instantáneo.

Geankoplis (1998) menciona que el secado es un proceso de separación en donde se elimina la humedad de un sólido mediante transferencia de masa y/o calor. Una parte importante en la elección del método de secado consiste principalmente en conocer las propiedades de los sólidos a secar. Para los casos de los alimentos es muy importante conocer la temperatura de descomposición y el contenido de humedad en donde los microorganismos no puedan actuar y las enzimas son desactivadas.

Según Contreras (1995) hay otras técnicas en las que se emplea calor durante el proceso de retiro de agua. Allí se busca que sea lo más rápido posible, lo cual se logra teniendo en cuenta las siguientes variables:

- Área expuesta: Entre más dividido esté el alimento, hasta cierto límite, más posibilidades hay para que el calor penetre y deshidrate.
- Temperatura: Entre más alta sea la diferencia de temperatura entre el medio de transmisión de calor al alimento mayor la velocidad de salida de humedad.
- Velocidad del aire.
- Humedad del aire.
- Presión atmosférica

Por lo general, la deshidratación produce cambios físicos, químicos y sensoriales en los alimentos. Entre los cambios físicos están el encogimiento, endurecimiento y la termoplasticidad. Los cambios químicos contribuyen a la calidad final, tanto de los productos deshidratados como de sus equivalentes reconstituidos, por lo referente al color, sabor, textura, viscosidad, velocidad de reconstitución, valor nutritivo y estabilidad en el almacenamiento. Con frecuencia estos cambios ocurren sólo en determinados productos, pero algunos de los principales tienen lugar en casi todos los alimentos sometidos a deshidratación, y el grado en que ocurren depende de la composición del alimento y la severidad del método de secado.

Las reacciones de oscurecimiento pueden deberse a oxidaciones enzimáticas, por lo que se recomienda inactivarlas mediante tratamientos de pasterización o escaldado.

El oscurecimiento también puede deberse a reacciones no enzimáticas. Éstas se aceleran cuando los alimentos se someten a altas temperaturas y el alimento posee elevada concentración de grupos reactivos y el secado alcanza niveles del 15 a 20%. Cuando se superan los niveles de deshidratación como el 2%, los cambios en el color son menos intensos.

Otra consecuencia de la deshidratación de alimentos es la dificultad en la rehidratación. Las causas son de origen físico y químico, teniendo en cuenta por una parte el encogimiento y la distorsión de las células y los capilares y por otra, la desnaturalización de las proteínas ocasionada por el calor y la concentración de sales.

En estas condiciones estas proteínas de las paredes celulares no podrán absorber tan fácil de nuevo el agua, perdiendo así la turgencia y alterando la textura que caracteriza a un determinado alimento.

La pérdida parcial de componentes volátiles y de sabor es otro efecto de la deshidratación. Por esto algunos métodos emplean atrapar y condensar los vapores producidos en el secador y devolverlos al producto secado. Otras técnicas usan agregar esencias y saborizantes que derivan de otras fuentes, o bien agregando gomas u otros compuestos que reducen las pérdidas de sabor y aroma.

Los factores analizados se tienen en cuenta cuando se va a diseñar un equipo de deshidratación de alimentos. Todo debe tender a lograr la máxima velocidad del secado, con el mínimo de daño al alimento al costo más bajo. Para esto se debe trabajar en forma interdisciplinaria para conseguir resultados óptimos.

El punto crítico es que el material biológico que son los alimentos nunca es completamente homogéneo y tiende a comportarse de manera diferente debido a que es diferente su composición inicial, cantidad y características del agua que posee; los patrones de encogimiento, migración de solutos y más importante, que cambian sus propiedades a lo largo de la operación de secado. Por todo lo anterior es definitivo combinar unas buenas condiciones de proceso, equipos adecuados y experiencia con los productos a deshidratar.

2.3.2. Experimentos diversos de secado

En el campo agroalimentario el secado es una técnica que se viene aplicando desde hace mucho tiempo atrás. Así tenemos que.

Prado et al. (2000) realizaron experimentos de secado con muestras de dátiles (*Phoenix dactylifera. L*) secando en bandejas convectivas bajo tres condiciones diferentes (60°C-11.1% HR, 70°C-7.2% HR y 80°C-4.7% HR) y tres, diferentes velocidades de aire (0.5m/s, 1.0m/s y 1.5m/s).

Zakhia et al. (1995) modelaron la cinética de secado de pescado usando combinación de metodología de superficie de respuesta y modelos de difusión, donde el rasgo original de este estudio ha sido el uso combinado de metodología de superficie de respuesta y modelos de difusión en un número limitado de experimentos,

esta combinación permitió el desarrollo de una herramienta de predicción evaluando en el pescado los mecanismos de secado así como el tiempo de secado.

Mulet et al. (2000) estudiaron el efecto de forma en la papa y el encogimiento en coliflor durante el secado, a través de análisis de imágenes.

Texeira y Tobinaga (1998) estudiaron la transferencia de masa de agua durante el secado de músculo de calamar (*Loligo brasiliensis*) previamente salado y ahumado por humo líquido, tomando a la difusividad efectiva como una función exponencial de la humedad. El resultado obtenido fue comparado con los valores calculados por el método de la pendiente. El modelo basado en la segunda ley de Fick y resuelto por el método explícito de diferencias finitas fue aplicado a una geometría de cilindro hueco (manto de calamar), sin considerar el encogimiento.

Sarsavadia et al. (1999) estudiaron el comportamiento del secado de cebollas en rodajas. La velocidad de secado de cebollas en rodajas saladas fue determinada experimentalmente a cuatro niveles de temperatura (50-80 C), cuatro niveles de velocidad del aire (0.25 a 1.00 m/s) y tres niveles de la humedad relativa (10 - 20%). Los datos experimentales obtenidos fueron ajustados a un modelo de tipo Arrhenius y a un modelo de potencia, usando análisis de regresión no lineal. El modelo tipo Arrhenius mostró ser mejor para predecir el secado a velocidad constante.

Secado de frutas

Uzman y Sahbaz (2000) son algunos de los pocos autores que han estado trabajando en secado con soluciones binarias y con deshidratación osmótica. Ellos reportaron que la presencia de sacarosa o cloruro de sodio influenciaron significativamente en el decrecimiento del coeficiente de difusividad aparente del agua en el secado de almidones, pero que esta influencia era pequeña en las muestras gelatinosas.

Muestras de manzana de forma cilíndrica fueron deshidratadas por inmersión de soluciones acuosas binarias de sacarosa y NaCl a concentraciones y temperaturas diferentes, así como con soluciones ternarias de ambos solutos. La proporción de pérdida de agua a los sólidos ganados para cada tratamiento osmótico era particularmente alta en el caso de soluciones de sal, debido a una ganancia baja de

sólidos. En el caso de soluciones mixtas ternarias se obtuvieron valores intermedios para la ganancia de sólidos (Sereno *et al*, 2001).

En estudios realizados en rodajas de piña de 1 mm de espesor se pudo comprobar que con temperaturas entre 65,75 y 85° C, actividad de agua de 0.97, 0.98, 0.99 y velocidades de aire entre 0.55, 1.10 y 1.60 m/s, conserva los atributos de muy buen color y características organolépticas (Vélez-Ruiz, 2000, y López-Malo, 2000).

Vivanco (1999) estudió la influencia de las condiciones de operación en la cinética de secado de uva de la variedad Moscatel Romano utilizando un secador de laboratorio. El tratamiento previo al secado se realizó por inmersión de las uvas en una solución de NaOH al 0.15%. El autor trabajó con diferentes temperaturas de secado (50, 60, 65 y 70°C) manteniendo constante la velocidad másica del aire de secado (21 300 Kg/m²h). Se registró la humedad y temperatura de entrada de aire al secador. La velocidad de secado decreciente se presentó desde el inicio de la operación de secado. Se empleó un modelo basado en la segunda ley de Fick para la determinación de la característica difusional del producto, sin considerar la concentración de la partícula durante el secado. Las hipótesis asumidas permitieron obtener una excelente correlación entre las variables experimentales y calculadas. La variación de la temperatura del aire produjo un aumento de la transferencia de materia lo cual fue interpretada en términos de la energía de activación de acuerdo con la ley de Arrhenius.

Una de las tareas primarias en el estudio del secado de un sólido, es la identificación del modelo cinético que más adecuadamente se ajuste a los datos experimentales de secado. La adecuación de un modelo de secado consiste en la estimación de sus parámetros según algún criterio de comportamiento que tome en cuenta la magnitud de la humedad media del sólido y la magnitud de la humedad calculada por el modelo propuesto.

Alonso y Park (1998) realizaron un estudio de la cinética de secado del cacao donde con el proceso de secado lograron una disminución de la humedad del grano hasta un nivel tal que garantiza la conservación en las debidas condiciones hasta su industrialización. El método utilizado para el procesamiento de los datos

experimentales y ajustar los modelos matemáticos de las curvas de secado, se basó en una ecuación cinética que permite describir todo el proceso de secado incluyendo ambos períodos, donde todos los parámetros de la ecuación se pueden determinar fácilmente a partir de la curva de secado y las condiciones límites (Strumillo, 1986).

2.3.3. Tipos de secado

Según Ocon Tojo (1980) existen dos tipos de secado: Secado directo y secado indirecto.

2.3.3.1. Secado directo

Es aquel que se da por contacto directo entre el aire de secado y el material a secar, el calor necesario para vaporización del agua lo suministra el aire.

El secado directo puede ser efectuado de modo discontinuo o continuo. En el método discontinuo, una vez cargado el secadero, se hace circular el aire de secado y se supone que sus condiciones permanecen constantes en el tiempo, mientras que en el método continuo tanto la alimentación del sólido a secar como el aire entran continuamente en el secadero, variando a través del mismo las condiciones del aire y sólido a secar.

2.3.3.2. Secado indirecto

En este tipo de secado el calor se suministra por una fuente térmica a través de una superficie metálica en contacto con el objeto a secar

2.3.4. Estática de secado

Ocon Tojo (1980) define a la estática de secado de la manera siguiente:

2.3.4.1. Humedad

El contenido de humedad de un sólido puede expresarse sobre base seca o base húmeda. En los cálculos de secado resulta más conveniente referir la humedad en base seca, debido a que permanece constante o largo del proceso de secado.

2.3.4.2. Humedad de equilibrio

Cuando un sólido húmedo se pone en contacto, durante tiempo suficiente, con aire, temperatura y humedades determinadas y constantes (suponiendo que la

cantidad de aire es lo suficientemente grande para que sus condiciones no varíen con el tiempo de contacto) se alcanzaran las condiciones de equilibrio entre el aire y sólido húmedo.

La humedad de equilibrio, X^* , es el límite al que puede llevarse el contenido de humedad de una sustancia por contacto con aire de humedad y temperatura determinadas.

2.3.4.3. Cuerpos húmedos y cuerpos higroscópicos

Para una temperatura determinada, la presión de vapor del agua contenida en el sólido húmedo aumenta con su humedad para todas las sustancias, hasta alcanzar el valor de la tensión de vapor del agua pura a la temperatura considerada.

Cuando la presión de vapor del agua que acompaña al sólido es menor que la tensión de vapor del agua a la misma temperatura, se dice que el sólido es higroscópico, recibiendo el nombre de sólido húmedo cuando la presión de vapor del agua que acompaña al sólido es igual a la tensión de vapor del agua a esa temperatura.

2.3.4.4. Humedad libre

Se denomina humedad libre de un sólido, con respecto al aire en condiciones determinadas, a la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad de equilibrio con el aire en las condiciones dadas: $F=X-X^*$. Por consiguientes, es la humedad que puede perder el sólido después de un contacto suficientemente prolongado con el aire en condiciones dadas y constantes, y depende tanto de la humedad del sólido como de la humedad relativa del aire.

2.3.4.5. Humedad ligada o agua ligada

Es el valor de la humedad de equilibrio del sólido en contacto con aire saturado; o bien la humedad mínima del sólido necesaria para que este deje de comportarse como higroscópico.

2.3.4.6. Humedad desligada o agua desligada

Es la diferencia entre la humedad del sólido y la humedad ligada; o bien la humedad libre del sólido en contacto con aire saturado. Es evidente que si el sólido tiene humedad desligada se comportara como húmedo.

2.3.5. Cinética de secado

La cinética de secado de un material no es más que la dependencia de la humedad del material y de la intensidad de evaporación con el tiempo o variables relacionadas con este, como la propia humedad o las dimensiones del equipo.

A partir de los datos obtenidos durante estas pruebas se pueden graficar curvas de contenido de humedad en función del tiempo. Estas serán útiles para determinar el tiempo necesario para secar grandes lotes en las mismas condiciones de secado. Se puede obtener mucha información si los datos se convierten a cinética de secado expresada como masa/tiempo (área) y graficada contra contenido de humedad. En donde se observan dos periodos definidos, el periodo de secado constante y el decreciente (Instituto Tecnológico de Zacatepec, 1998).

El contenido en humedad del producto se define como la relación entre la cantidad de agua en el alimento y la cantidad de sólidos secos, y se expresa como:

$$X_t = (W_t - F_s)/F_s \quad (1)$$

En la que W_t es el peso total de material en un tiempo determinado, siendo F_s el peso de los sólidos secos y X_t es la humedad expresada como peso de agua/peso de sólido seco. En los procesos de secado una variable muy importante es la denominada contenido de humedad libre, X . El contenido de humedad libre se puede evaluar si se considera el contenido de humedad de equilibrio (Ecuación 2).

$$X = X_t - X_{eq} \quad (2)$$

En la que X_{eq} es el contenido de humedad cuando se alcanza el equilibrio. Una típica curva de secado se obtiene al representar este contenido de humedad libre X frente al tiempo de secado t (Figura 8).

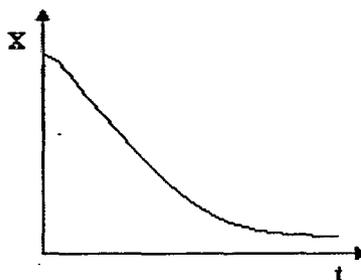


Figura N° 09: Cambios de humedad durante un proceso de Secado.

Ocon y Tojo (1980) definen la velocidad de secado como la pérdida de humedad del sólido húmedo en la unidad de tiempo, y mas exactamente por el cociente diferencial ($-dx/dt$) operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones (temperatura, presión, humedad y velocidad) permanecen constantes con el tiempo.

Analíticamente, la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación:

$$R = S/A (dx/dt) \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

S = peso del sólido seco

A = área de la superficie expuesta

R = velocidad de secado

2.3.6. Curvas de velocidad de secado

A partir de las curvas de cinética de secado (x vs t , dx/dt vs x), que deben ser obtenidas a nivel de laboratorio, puede tenerse una idea del tiempo de secado, del consumo de energía, del mecanismo de migración de humedad, de las condiciones predominantes en la transferencia de calor y masa y de la influencia que tienen en la velocidad de secado las variables del proceso tales como: temperatura, humedad de entrada, velocidad del aire, etc.

Por todo esto es que determinar las curvas de secado constituye uno de los objetivos fundamentales de este trabajo.

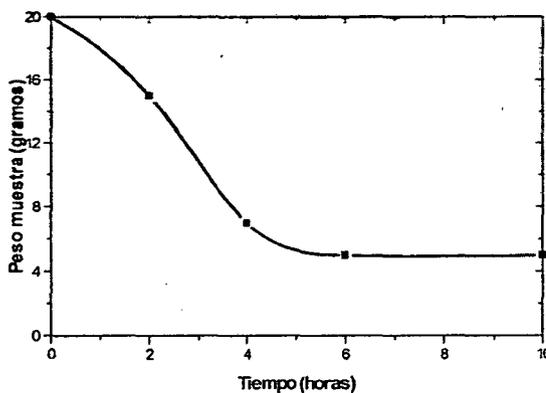


Figura N° 9.1: Cambio de peso durante un proceso de secado.

Con los datos obtenidos durante la prueba de secado o sea de la variación de la humedad con el tiempo, puede hacerse un gráfico de contenido de humedad en función del tiempo Fig.9.1 (Treybal, 1965). Este será útil para la determinación directa del tiempo necesario en el secado discontinuo de grandes partidas bajo las mismas condiciones de secado (Menon & Mujundar 1992).

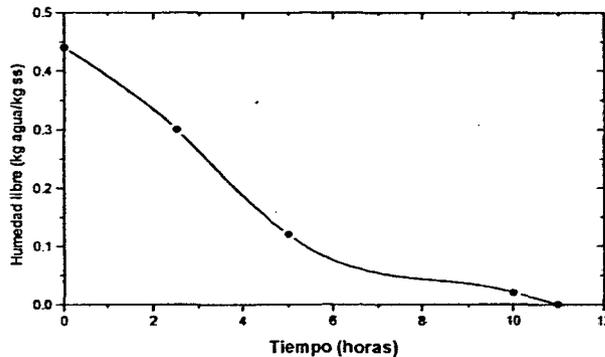


Figura N° 9.2: Contenido de humedad en función del tiempo de secado

2.3.7. Velocidad de secado

La determinación experimental de la velocidad de secado se basa en un principio simple: medida del cambio del contenido de humedad durante el secado. El material que se desea secar se introduce en una bandeja y es expuesto a una corriente de aire. La bandeja se suspende de una balanza colocada en un armario o conducto por el que fluye aire. El peso del material se va anotando en función del tiempo de secado. La Figura 10 muestra un esquema típico utilizado en la determinación de la velocidad de secado.

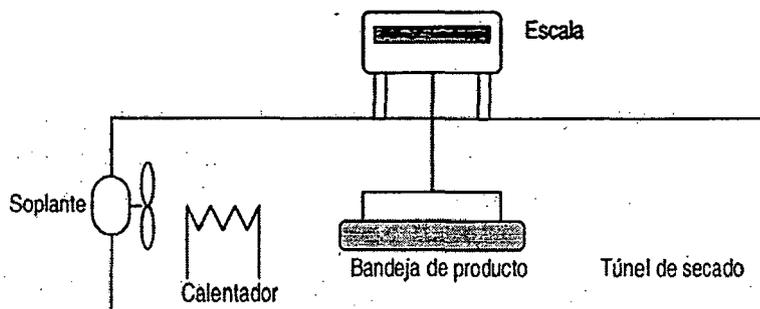


Figura N° 10: Determinación de la velocidad de secado

La intensidad de evaporación se determina a través de la velocidad de secado, que es el cambio de humedad (base seca) en el tiempo.

La velocidad de secado, R , es proporcional al cambio del contenido de humedad en función del tiempo (t): (Ecuación 4)

$$R = -dX / dt \quad (4)$$

Considerando la curva presentada en la Figura 9, los valores individuales de dX/dt en función del tiempo, se pueden obtener a partir de la tangente trazada en la curva de X frente a t . Sustituyendo la condición de proporcionalidad en la Ecuación (4) por FS/A , la velocidad de secado se puede expresar según Geankoplis (1998); como: (Ecuación 5)

$$R = - (Fs/A) (dX/dt) \quad (5)$$

Donde R es la velocidad de secado y A es el área de la superficie donde tiene lugar el secado. Al representar R frente a t se obtiene una curva similar a la que se muestra en la Figura 11

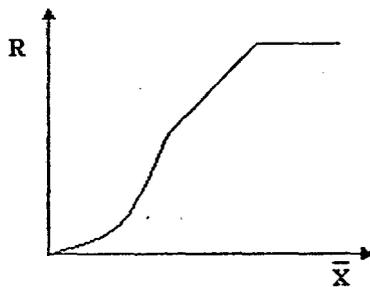


Figura N° 11: Velocidad de secado en función de la humedad media

2.3.7.1 Periodo de velocidad constante

Generalmente se pueden apreciar dos partes notorias de la curva de régimen de secado: un período de régimen constante y uno de caída de régimen, aunque teóricamente existen o se pueden apreciar tres etapas del proceso o períodos de secado.

Etapa A-B: Es una etapa de calentamiento (o enfriamiento) inicial del sólido normalmente de poca duración en la cual la evaporación no es significativa por su intensidad ni por su cantidad. En esta etapa el sólido se calienta desde la temperatura ambiente hasta que se alcance el equilibrio entre el enfriamiento por evaporación y la absorción de calor de los gases. Este equilibrio se alcanza a la temperatura de bulbo húmedo del gas.

Etapa B-C: Es el llamado primer período de secado o período de velocidad de secado constante; donde se evapora la humedad libre o no ligada del material y predominan las condiciones externas. En este período el sólido tiene un comportamiento no higroscópico. La velocidad de secado se mantiene constante si el gas tiene un estado estacionario y en general depende solo de las propiedades y velocidad del mismo. Si durante el proceso, el gas se enfría, la velocidad de secado decrece pero sigue en esta zona dependiendo de factores externos al sólido. Durante este período la temperatura del sólido se mantiene igual a la de bulbo húmedo del gas, ya que se mantiene el equilibrio alcanzado al final de la etapa de calentamiento (Madariaga, 2005).

Después del período preliminar (A-B, A'-B) de iniciación cada curva tiene un segmento horizontal (B-C) que pertenece al primer período real de secado Figura 12. Este período que puede no existir si el contenido inicial de humedad del sólido es inferior a un cierto valor mínimo, recibe el nombre de período de velocidad constante. Se caracteriza porque la velocidad de secado es independiente del contenido de humedad (Instituto Tecnológico de Zacatepec, 1998).

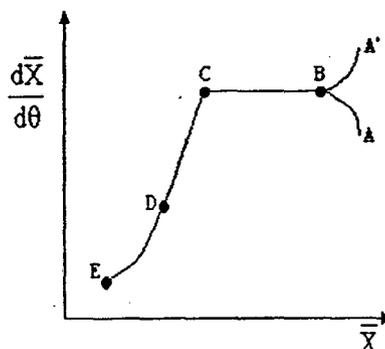


Figura N° 12: Curva de velocidad de secado

2.3.7.2 Contenido crítico de humedad y período de velocidad decreciente

Etapa C-D: Es el segundo período de secado o período de velocidad de secado decreciente; donde se evapora la humedad ligada del material y predominan las condiciones internas o las características internas y externas simultáneamente. En estas condiciones el sólido tiene un comportamiento higroscópico. Durante el período, la temperatura del material sobrepasa la de bulbo húmedo debido a que el descenso de la velocidad de secado rompe el equilibrio térmico que mantiene estable la temperatura y una parte considerable del calor se emplea en un calentamiento del sólido. Ahora la humedad deberá ser extraída del interior del material con el consiguiente incremento de la resistencia a la evaporación.

Este período de velocidad decreciente puede dividirse en dos partes, con diferentes comportamientos de la velocidad de secado, la cual decrece cada vez más al disminuir la humedad del sólido. Esto implica dos modelos de secado diferente en dicha zona.

Un parámetro muy importante a determinar en los materiales a secar es la humedad a la cual se cambia del primero al segundo período, llamada humedad crítica. Esta depende del tipo del material y de la relación de secado en el primer período.

La forma de la curva de secado en el segundo período varía en dependencia de las características del material a secar. Existen curvas típicas de cuerpos capilar-porosos con grandes superficies específicas y de pequeñas superficies específicas así como de cuerpos coloidales (**Madariaga, 2005**).

A medida que disminuye el contenido de humedad, termina el período de secado a velocidad constante y la velocidad de secado disminuye. El punto donde termina el período de velocidad constante, recibe el nombre de punto crítico. Este punto marca el instante en el que al agua líquida sobre la superficie es insuficiente para mantener una película continua que recubra todo el área de secado y como la cinética se calcula con respecto a una área constante la velocidad de secado a partir del punto crítico empieza a descender (C-D y D-E). Figura 12 (**Instituto Tecnológico de Zacatepec, 1998**).

2.3.8. Determinación experimental de las velocidades de secado

En una unidad piloto que reproduzca lo más cerca posible la operación de planta, se miden las pérdidas de peso del material en el tiempo, sin interrumpir la operación se tabulan los valores de humedad en base seca contra el tiempo (X vs tiempo).

Se hace una nueva tabulación de humedad libre vs tiempo: $X - X^*$, donde X^* es la humedad de equilibrio de la curva de sorción en las condiciones de secado constante. Se traza una gráfica de humedad libre vs tiempo, de donde se leen las pendientes a la curva para tener los valores de dX/dt en función del tiempo. Se pueden hallar así las velocidades de secado mediante la expresión:

$$R = -(S/A) (dX/dt) \dots\dots\dots (6)$$

Para R en Kg agua/hm²; S los Kg de sólido seco usados en el ensayo y A el área de la superficie de secado en m².

De esta manera se obtiene una curva como la de la Figura 12. La velocidad de secado para el período de velocidad constante será R_c y el tiempo de secado entre B y C es:

$$t = S/AR_c(X_a - X_c) \dots\dots\dots (7)$$

2.3.9. Transferencia de masa y calor

En la Figura.13 se muestran los dos fenómenos de transporte que caracterizan el secado: transferencia del calor desde los alrededores hacia el alimento, conducción de calor dentro de él y evaporación en la superficie (a veces dentro del material), y transferencia de masa desde el interior hacia la superficie del material seguido del transporte de la humedad desde allí hacia los alrededores.

El flujo de humedad dentro del material se origina por una combinación de distintos mecanismos de transporte:

- Flujo capilar debido a gradientes presión de succión capilar.
- Difusión líquida por gradientes de concentración

- Difusión de vapor causada por gradientes de presiones de vapor.
- Flujo viscoso consecuencia de gradientes totales de presión externos o altas temperaturas

Otros mecanismos como difusiones térmica o superficial y flujo debido a fuerzas gravitatorias tienen menor importancia en el secado de alimentos.

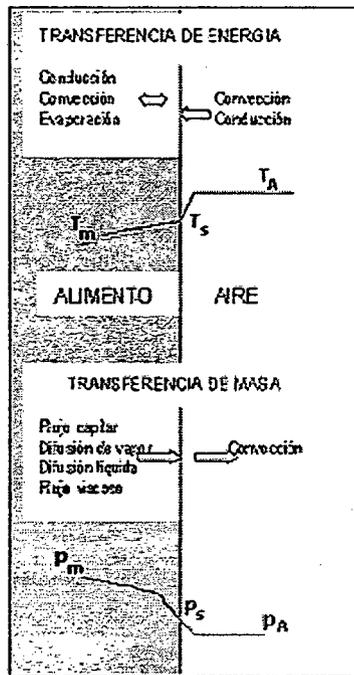


Figura N° 13: Visión esquemática de la transferencia de Masa y Calor en el secado

La transferencia de masa desde el producto hacia los alrededores se hace principalmente por convección causada en gradientes de presión de vapor, la evaporación directa se produce en la superficie cuando se iguala su presión de vapor a la atmosférica como es el caso del secado al vacío y la liofilización

Un elemento fundamental en el proceso de secado es el estudio de la intensidad de la transferencia de masa en el mismo. Para esto es necesario conocer los elementos más útiles de la transferencia de calor y masa que funcionen en los secaderos de contacto directo.

Los procesos de transferencia de masa son importantes ya que la mayoría de los procesos químicos requieren de la purificación inicial de las materias primas o de la

separación final de productos y subproductos. Para esto en general, se utilizan las operaciones de transferencia de masa.

Según **Madariaga (2005)**, esta depende de una serie de factores que van desde condiciones internas a externas.

Las condiciones externas, están definidas por la resistencia a la transferencia de calor y de masa de la capa límite del gas, y en el caso que predominen, el secado no dependerá de las características del sólido sino de las condiciones del gas, y estará controlado por la transferencia de masa y calor entre el gas y la superficie del sólido, empleándose en la evaporación todo el calor que se recibe del gas, la cual se comporta como una superficie libre de agua.

Las condiciones internas, están definidas, por la transferencia de calor y de masa a través del sólido. En el caso que predominen, es decir, que la resistencia a la transferencia de masa a través del material sea muy superior a la de la capa límite del gas, la difusión interna controlará el proceso y lo más importante será las propiedades del sólido.

Cuando se seca un sólido se producen dos procesos fundamentales y simultáneos:

- Transmisión del calor para evaporar el líquido.
- Transferencia de masa en humedad interna y líquido evaporado.

Independientemente del mecanismo de transmisión de calor el cual puede ser por conducción, convección, radiación o una combinación de cualquiera de estos, el calor tiene que pasar primero a la superficie exterior y desde ésta al interior del sólido. Excepto, el secado por electricidad de alta frecuencia, que genera el calor intercambiante, esto conduce a la circulación de calor desde el interior hasta la superficie exterior (**Menon y Mujundar, 1992, Treybal, 1965**). La ley de Fick es el modelo matemático que describe la transferencia molecular de masa, en sistemas o procesos donde puede ocurrir solo difusión o bien difusión más convección.

2.3.9.1. Fundamentos de la transferencia de masa

Según **Cabral (1987)**, la transferencia de masa cambia la composición de soluciones y mezclas mediante métodos que no implican necesariamente reacciones químicas y se caracteriza por transferir una sustancia a través de otra u otras a escala

molecular. Cuando se ponen en contacto dos fases que tienen diferente composición, la sustancia que se difunde abandona un lugar de una región de alta concentración y pasa a un lugar de baja concentración. En esta ecuación la velocidad de transferencia de masa depende de una fuerza impulsora (diferencia de concentración) sobre una resistencia, que indica la dificultad de las moléculas para transferirse en el medio. Esta resistencia se expresa como una constante de proporcionalidad entre la velocidad de transferencia y la diferencia de concentraciones denominado: "Difusividad de masa". Un valor elevado de este parámetro significa que las moléculas se difunden fácilmente en el medio.

2.3.9.2. Clasificación de la transferencia de masa

El mecanismo de transferencia de masa, depende de la dinámica del sistema en que se lleva a cabo. Hay dos modos de transferencia de masa:

Molecular: La masa puede transferirse por medio del movimiento molecular fortuito en los fluidos (movimiento individual de las moléculas), debido a una diferencia de concentraciones. La difusión molecular puede ocurrir en sistemas de fluidos estancados o en fluidos que se están moviendo.

convectiva: La masa puede transferirse debido al movimiento global del fluido. Puede ocurrir que el movimiento se efectúe en régimen laminar o turbulento. El flujo turbulento resulta del movimiento de grandes grupos de moléculas y es influenciado por las características dinámicas del flujo. Tales como densidad, viscosidad, etc.

Usualmente, ambos mecanismos actúan simultáneamente. Sin embargo, uno puede ser cuantitativamente dominante y por lo tanto, para el análisis de un problema en particular, es necesario considerar solo a dicho mecanismo. La transferencia de masa en sólidos porosos, líquidos y gases sigue el mismo principio, descrito por la ley de Fick.

2.3.9.3. Transferencia molecular de masa

Según Cabral (1987), el transporte molecular resulta de la transferencia de moléculas individuales a través de un fluido por medio de los movimientos desordenados de las moléculas debido a su energía interna.

2.4. ANÁLISIS SENSORIAL

2.4.1. Definición

El análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas (seres humanos) que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios, y de muchos otros materiales. No existe ningún otro instrumento que pueda reproducir o reemplazar la respuesta humana; por lo tanto, la evaluación sensorial resulta un factor esencial en cualquier estudio sobre alimentos (Ureña, 1999)

Las sensaciones son las impresiones olfativas y gustativas que se perciben durante la degustación y que tienen relación con la temperatura (como la sensación fresca), el tacto (como la aspereza), dolor (como el picante), se puede definir algunos descriptores tales como:

Textura; esta definida por la uniformidad, densidad, grosor, rugosidad, regularidad, intensidad y direccionabilidad de medidas discretas del tono y de sus relaciones espaciales; El sentido del **tacto** o sentido **táctil** permite percibir cualidades de los objetos y medios como la presión, temperatura, aspereza o suavidad, dureza, etc.

Este sentido se halla en la piel, en la que se encuentran diferentes clases de receptores que se encargan de transformar los distintos tipos de estímulos del exterior en información susceptible de ser interpretada por el cerebro

Sabor; es la impresión que causa un alimento u otra sustancia, y está determinado principalmente por sensaciones químicas como por el olfato (olor) y por el gusto. El sabor de la comida, puede ser alterado con saborizantes naturales o artificiales, que afectan esas sensaciones.

La parte determinada por el gusto está limitado a dulce, amargo, ácido, salado, y otros sabores básicos El **gusto** consiste en registrar el sabor e identificar determinadas sustancias solubles en la saliva por medio de algunas de sus cualidades químicas. Aunque constituye el más débil de los sentidos, está unido al olfato, que completa su función. Esto, porque el olor de los alimentos que ingerimos asciende por la bifurcación aerodigestiva hacia la mucosa olfativa, y así se da el extraño fenómeno, que consiste

en que probamos los alimentos primero por la nariz. Una demostración de esto, es lo que nos pasa cuando tenemos la nariz tapada a causa de un catarro: al comer encontramos todo insípido, sin sabor.

Los índices de dilución de **olor** y de **sabor** son los análisis más utilizados para la determinación del olor y del sabor.

La alteración del gusto y el olfato comienzan alrededor de los 60 años de edad y llega a ser más grave en las personas de 70 años y se ve influida por el estado de salud así como por el uso de determinados medicamentos, que afectan tanto al gusto como al olfato. Se ha observado clínicamente una pérdida o disminución del gusto salado, que explicaría la insipidez de algunas comidas así como la conservación del gusto dulce. No obstante, dichas modificaciones gustativas varían según las personas. De igual modo, el olfato puede quedar modificado, afectando también al sentido del gusto. Estas modificaciones del gusto son responsables, en cierta medida, de la pérdida del placer de comer. Por todo ello parece importante estudiar la posible variación de la percepción de los sabores en los diferentes grupos de población.

En la actualidad, se ha extendido su aplicación profesional y lúdica a todo tipo de bebidas y alimentos; el método pretende ayudarnos a concentrar nuestra atención de tal modo que aquella sensación (reflejo resultante de los órganos sensoriales) que tomamos como objeto de estudio se transforme en percepción (actividad cognitiva elemental).

2.4.2. División del análisis sensorial

Según los objetivos que se persigan, el análisis sensorial puede dividirse en Evaluación Analítica y en Estudios de Consumidores.

2.4.2.1. Evaluación analítica

Proporciona una información precisa sobre las características, la constancia y la estabilidad de un determinado producto de forma objetiva y reproducible, para lo que necesariamente ha de ser realizada por un grupo de individuos debidamente seleccionados y entrenados.

2.4.2.2. Estudios de consumidores

Permiten conocer muchos de los aspectos que condicionan la elección y consumo de un alimento (aceptabilidad, preferencia, contexto, actitud). Este tipo de pruebas ha de ser realizado por personas sin entrenar con un perfil socio-cultural similar al del mercado al que irá destinado el producto.

2.4.3. Disciplinas que influyen en la evaluación sensorial

La evaluación sensorial es multifacético, recurre al estudio y los fundamentos de disciplinas bien establecidas, preponderantemente las siguientes:

Psicología; ciencia que estudia el comportamiento humano, sobre todo en cuanto a la percepción, motivación y cognición.

Fisiología; Atiende a la función de los sistemas sensoriales, particularmente el visual, olfativo, gustativo, cinético y auditivo, y el estudio del papel que los fluidos corporales desempeñan en la percepción salival y gástrica, la química sanguínea, etc.

Química; Ciencia que es útil para conocer la composición del material que induce las respuestas sensoriales. Comprende la química cuantitativa, cualitativa, orgánica, física, bioquímica y fisiología.

Física; sirve para estudiar los aspectos físicos del estímulo y, en algunos casos, la mecánica de la medición.

Estadística; auxilia en la tarea de establecer una cuantificación matemática de datos para determinar la validez y confiabilidad de las respuestas sensoriales y su correlación con medidas fisiológicas, físicas y químicas.

2.4.4. Aplicaciones del análisis sensorial

Tiene diversas aplicaciones dentro de las cuales se mencionan:

2.4.4.1. Control de calidad

El análisis Sensorial se puede aplicar en este rubro para determinar pautas sensoriales de los productos, las cuales deben ser consideradas desde la manufactura, durante la manipulación y almacenamiento de los mismos con el fin de mantener las normas comerciales, así como la aceptación por parte del consumidor.

Determina asimismo el mantenimiento de la constancia y estabilidad del producto, control de procesos, determinación de la vida útil, efecto de las modificaciones introducidas en la formulación de un producto y clasificaciones comerciales.

2.4.4.2. Determinación de normas

Establece los criterios de calidad y referencias a través de las cuales la materia prima, los ingredientes y el producto terminado pueden ser clasificados, calificados y evaluados; por ejemplo, normas para carne fresca, productos lácteos, café, vinos.

2.4.4.3. Desarrollo de nuevos productos

Ayuda a la formulación de nuevos productos, o modificación de los ya existentes, al tratar de mantener las características sensoriales deseadas.

2.4.4.4. Correlación con medidas químicas, físicas o instrumentales

Permite desarrollar cálculos de propiedades sensoriales de manera inmediata y reproducible. Ejemplo: Correlación de los atributos de la apariencia mediante colorímetros, los atributos de la textura con viscosímetros y texturómetros.

2.4.4.5. Percepción humana – olfativa

Sirve, en el nivel del consumidor, para comprender la importancia de las propiedades sensoriales de aceptación – rechazo, así como preferencia y nivel de grado, en relación con los atributos del mismo producto.

2.4.4.6. Percepción humana - discriminativa

Sirve, en el nivel de laboratorio, para determinar por ejemplo; las adiciones y/o extracciones mínimas de ingredientes que son sensorialmente perceptibles y para determinar las interrelaciones de los atributos sensoriales.

2.4.4.7. Percepción humana – fisiología / comportamiento

Sirve, en el nivel analítico, para estudiar las respuestas humanas, la naturaleza física y química del estímulo, y para cuantificar dichas respuestas a fin de dilucidar los mecanismos de la percepción.

2.4.4.8. Otras aplicaciones

Pueden indicarse mediante su uso diagnóstico de patologías, enfermedades y defectos, caracterización de ambientadores, perfumes y productos de higiene personal.

2.5. DISEÑO EXPERIMENTAL DE MEZCLA DE TRES COMPONENTES

Los diseños experimentales para un estudio de mezclas, tiene mucha importancia ya que las propiedades de una mezcla son determinadas por las porciones de sus ingredientes y no por la cantidad total. Además de esto, las porciones de los diversos componentes de una mezcla no son independientes. Estos diseños son aplicados en la ciencia y particularmente en la industria (Cornell, 1990 b, 1990c).

2.5.1. Mezcla de tres componentes

Los modelos de mezclas de tres componentes o mezclas ternarias pueden ser usados de forma análoga para mezclas binarias. El modelo lineal está dado por Ecuación 8

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3. \quad (8)$$

La suma de los porcentajes de los constituyentes es siempre el 100%

Las diferentes composiciones posibles son representadas por los puntos pertenecientes a un triángulo. Figura (14); en donde los vértices corresponden a los componentes puros, los lados a las mezclas binarias, en cuanto a los puntos situados en el interior del triángulo representan las posibles mezclas de tres componentes.

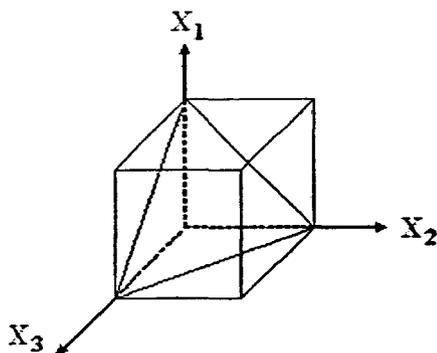


Figura N° 14: Esquema que muestra una mezcla de tres componentes

2.6. SUPERFICIE DE RESPUESTA

El análisis de superficie de respuesta tiene como base el método de planeamiento factorial y consiste en grupos de técnicas usadas para el estudio de las relaciones entre una y otra respuesta medidas analíticamente en un número de

variables de entrada que pasan a ser controladas. Estas técnicas son usadas para dilucidar las siguientes interrogantes (Box et al. 1978):

- Cómo una respuesta es afectada sobre una región de interés dado por un conjunto de variables de entrada.
- Qué conjuntos de variables de entrada resultarán como producto dentro de las especificaciones deseadas.
- Cuál de los valores de las variables de entrada tendrá el menor valor para una respuesta específica y cómo la superficie de respuesta se aproxima a este punto.

En procesos multivariantes, como los bioquímicos, donde la importancia de cada variable debe de ser determinada, y optimizada es una herramienta de trabajo necesaria para el mejor entendimiento del sistema, verificándose individualmente el efecto de cada variable operacional en el rendimiento y productividad (Mendieta, 1999)

Supóngase que la dependencia de una variable respuesta Y sobre los niveles x_1, x_2, \dots, x_k de k variables cuantitativas o factores se puede expresar por el siguiente modelo matemático:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + e; e \sim N(0, s^2).$$

Esta relación funcional en general se llama una superficie de respuesta. Uno de los objetivos más frecuentes en una investigación por experimentación consiste en determinar los valores de las k variables independientes, x_i ; ($i = 1, \dots, k$), las cuales pueden producir un máximo (o mínimo) de $E(Y)$.

Se asumirá que en la mayoría de los casos prácticos, la forma de función f es desconocida y aún cuando en un caso dado f puede ser muy complejo, siempre será posible aproximar la función f satisfactoriamente por un polinomio en x_i ; ($i = 1, \dots, k$); de algún grado adecuado dentro de una región experimental previamente planificada.

A fin de estimar los parámetros de una función polinomial, que puede servir para aproximar la superficie de respuesta f , necesitaremos emplear un diseño de experimento el cual se puede denotar por: $(x_{1u}, x_{2u}, \dots, x_{ku})$; $u = 1, \dots, N$; que constituye una selección de N puntos en una región experimental de interés.

Después de realizar el experimento, utilizando el diseño indicado, se obtendrá la estimación de la función f , que a su vez se puede someter a un análisis para averiguar acerca de las condiciones que se deben imponer sobre las variables $x_1,$

x_2, \dots, x_k ; para que $E(Y)$ alcance un valor óptimo, que podría ser un máximo o un mínimo, según sea el caso bajo estudio (Sinha, 2001).

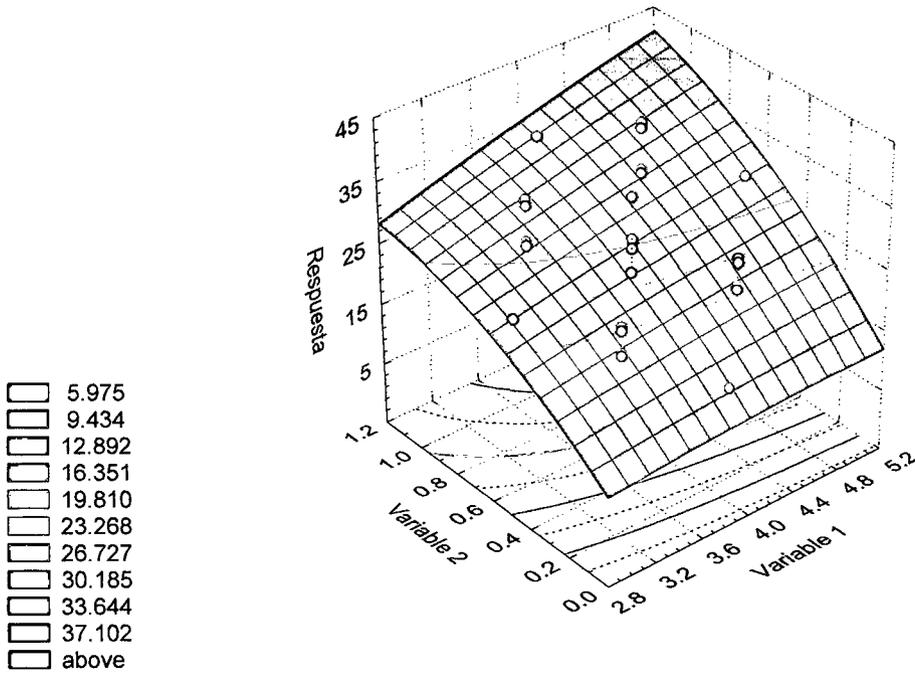


Figura N° 15: Representación gráfica de una superficie de respuesta

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación, se realizó en los laboratorios de Ingeniería y Diseño, Análisis y Composición de Productos Agroindustriales (ANACOMPA), Tecnología de Productos Agroindustriales no Alimentos (TEPANAL), de la Universidad Nacional de San Martín; entre los meses de Julio 2005 a Diciembre del 2006.

3.2. MATERIA PRIMA

Se empleó Piña (*Ananas comosus*) de la variedad cayena lisa, cosechadas en la provincia de Lamas, departamento de San Martín.

3.2.1. Agentes deshidratantes

- Sacarosa
- Etanol
- Agua destilada

3.3. EQUIPOS Y MATERIALES

3.3.1. Equipos

- Digestor Microjeldahl para proteína, marca Selecta, 1100 Watts.
- Mufla Thermolyne 1500 Furnace, Temperatura máxima 1200 o C, 2240 Watts, 240 V. USA.
- Balanza digital Sartorius AG Gottingen, modelo BL600, capacidad 600 g. d = 0.1g. Canadá.
- Destilador microkjeldhal marca Selecta, serie N° 265082
- Extractor Soxhlet
- Equipo de titulación bureta automática
- Refrigeradora electrolux 14 pulgadas
- Anenómetro
- Balanza Analítica marca DENVER – USA Modelo 2 APX 200 serie #A24075040.

X

- Espectrofotómetro 2.100 240 VAC Modelo: Genesys G 335908
- Colorímetro Konica Minolta Triestímulo Modelo CR-400 CIElab.
- Baño maría marca MEMMERT, KARLKOL 0225
- Bomba al vacío de alta precisión –modelo 0211 V45M – 6218 ON
- Kitasato de vidrio capacidad 250 ml.
- Estufa MEMMERT, Modelo 600, tipo V30, Temperatura máxima 220 o C, 1400 Watts y 220 voltios.

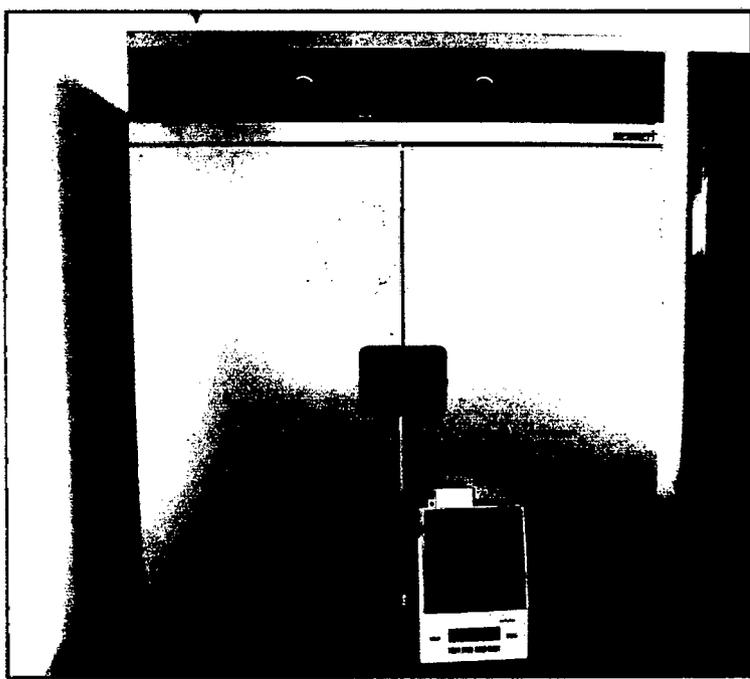


Figura N° 16. Estufa o secador por flujo de aire caliente



Figura N° 17. Espectrofotómetro

3.3.2. Materiales

- Cronómetro digital
- Pie de rey
- Refractómetro de 0-50 °Brix
- Campanas desecadoras de vidrio al vacío
- Canastas de secado
- Vasos de precipitación 100,250, 500 y 1000 ml.
- Placas petri
- Crisoles
- Buretas y microburetas de 25 y 10 ml.
- Embudos
- Probetas de 100, 250, 500,1000
- Pissetas
- Picnómetro
- Cuchillos
- Pinza
- Papel Wodman N° 40
- Pipetas
- Papel absorbente
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Tabla de picar
- Sacador de corazón
- Botellas de vidrio de 10 a 14 cm de diámetro

3.4. REACTIVOS

- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido clorhídrico concentrado
- Ácido cítrico
- Hidróxido de sodio concentrado
- Éter de petróleo
- Sulfato de potasio
- Tartrato de sodio y potasio

- Bicromato de potasio
- Ácido dinitrosalicílico
- Fenoltaleína
- Bisulfito de sodio
- Glucosa



3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

El Experimento comprendió tres fases: La primera fue la deshidratación osmótica de la unidad experimental constituida por rodajas de piña de 1cm de espesor en tiempos de 3 y 6 horas, que luego se drenaron y secaron con papel absorbente, colocados en un recipiente hermético y guardadas en refrigeración durante 12 horas, con la finalidad de que la humedad en las rodajas de piña sea uniforme. Las soluciones osmóticas fueron preparadas en las concentraciones indicadas en el Cuadro 4.

Cuadro 04: Concentraciones de las soluciones osmóticas

ENSAYO Nº	Agua (%)	Etanol (%)	Sacarosa (%)
1	100	0	0
2	0	100	0
3	0	0	100
4	84	16	0
5	50	0	50
6	34	16	50
7	76	24	0
8	60	0	40
9	36	24	40
10	33	33	33

La segunda fase; el secado con aire caliente, donde una vez acondicionadas las rodajas de piña, éstas fueron pesadas y colocadas en canastillas de malla metálica y

llevada al secador donde el aire pasó tangencialmente sobre la superficie. El secado se llevó a cabo a tres temperaturas: 40° C, 50° C y 60° C.

La tercera fase; consistió en el análisis sensorial de las muestras secas con la finalidad de estudiar la influencia de los agentes osmodeshidratantes y las condiciones de secado en los atributos sensoriales.

Para analizar el efecto de las soluciones osmóticas durante el secado se utilizó un diseño experimental de mezcla de tres componentes de acuerdo con el cuadro N° 04

Este mismo diseño experimental fue utilizado para los dos tiempos de deshidratación osmótica (3 y 6 horas) y para las tres temperaturas (40, 50 y 60°C) de secado.

El programa Statistica 5.0 Copyright© StatSoft, Inc (1995) se usó para el análisis del diseño experimental y para establecer las superficies de respuestas con un nivel de significancia de 95%.



3.6. DESCRIPCIÓN DEL FLUJO DE SECADO DE LA PIÑA

Las operaciones de procesamiento de secado se observan en el siguiente diagrama de flujo (Figura 18):

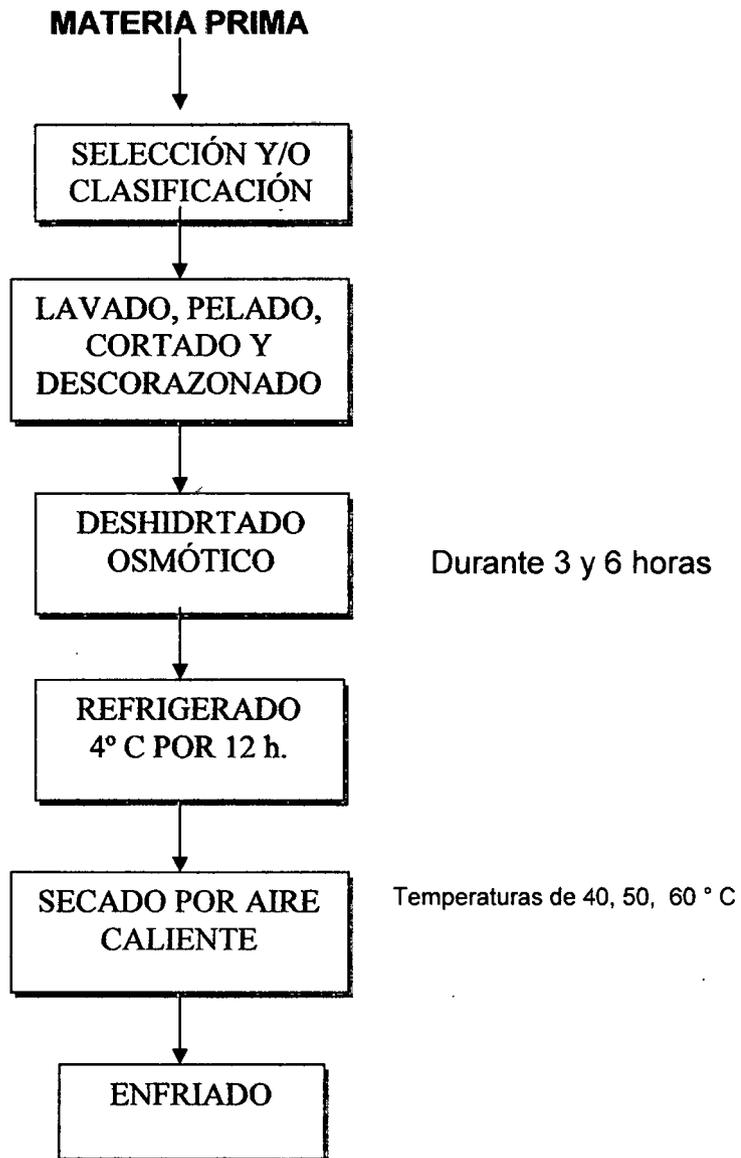


Figura N° 18. Diagrama de flujo del proceso de secado de piña

3.6.1. Obtención de la materia prima

La piña (*Ananas comosus*) se adquirió de los cultivos de la provincia de Lamas departamento de San Martín, teniendo en cuenta que se encuentre en óptimas condiciones para poder realizar los experimentos. Es decir la piña en estado fresco, de tamaño uniforme y maduro.

3.6.2. Selección y/o Clasificación

En el laboratorio se procedió a seleccionar las piñas que tuviesen similitud en cuanto a tamaño y que presenten el estado de madurez uniforme. Asimismo se pesó la

materia prima para poder evaluar posteriormente su comportamiento durante las siguientes operaciones.

3.6.3. Lavado, pelado, cortado y descorazonado

Se realizó un lavado previo a las piñas con la finalidad de eliminar microorganismos causantes de deterioro, luego se procedió al pelado de la fruta para continuar con el corte de las rodajas de 1 cm de espesor que se obtuvo de la parte central de la piña, asimismo se hizo el descorazonado, quedando en óptimas condiciones para el siguiente paso.

3.6.4. Deshidratado osmótico

El deshidratado osmótico se realizó con soluciones de los agentes osmóticos (sacarosa, agua, etanol) siguiendo las concentraciones según el cuadro Nro. 04 en dos tiempos de 3 y 6 horas y por triplicado, luego se drenó con papel absorbente.

3.6.5. Refrigeración

Se realizó con la finalidad de establecer el equilibrio de la humedad en la piña por espacio de 12 horas.

3.6.6. Secado

El secado fue realizado en el secador y/o estufa del laboratorio de Ingeniería y Diseño, evaluando en forma continua la pérdida de peso; a intervalos establecidos y teniendo en cuenta las temperaturas establecidas de 40 ° C, 50 ° C y 60 ° C. Se tuvo mucho cuidado al colocar las mallas en la estufa con la finalidad de que la velocidad de aire sea uniforme para todas las muestras y se efectúe un secado adecuado. Los pesos de las rodajas secas fluctuaron entre 6 a 12 g.

3.6.7. Enfriado

Una vez llegado al peso establecido por ensayos preliminares realizados, se retiraron las canastas del secador y se colocaron en las campanas de secado, finalmente en esta operación hay que tener cuidado pues el producto puede ganar humedad del medio ambiente.

3.7. MÉTODOS DE CONTROL

3.7.1. Controles en la materia prima

Los controles que se realizaron a la materia prima es decir, rodajas de piña fresca fueron: análisis físico y análisis químico proximal.

3.7.1.1. Análisis físico

Utilizando pie de rey, se midió el espesor de las rodajas de piña, el diámetro interno y externo; en cada ensayo las rodajas de piña fueron pesadas previamente, obteniéndose un peso promedio.

3.7.1.2. Análisis químico proximal

El análisis químico proximal de las rodajas de piña se realizó según los métodos recomendados por la **AOAC (1990)**, los cuales se determinaron por medio de muestras en triplicado, estos fueron.

3.7.1.2.1. Humedad

Fue determinada por el método de estufa a presión atmosférica a 105 °C hasta peso constante durante 24 horas (**AOAC, 1990**).

3.7.1.2.2. pH

Se determinó utilizando un potenciómetro digital por inmersión directa del electrodo en la muestra.

3.7.1.2.3. Sólidos solubles

Se determinó con un refractómetro manual, expresado en °Brix.

3.7.1.2.4. Acidez titulable

La acidez se determinó por triplicado, para esto, se tomaron 10 ml del jugo de la fruta, se le agregó unas gotas de fenolftaleína, se homogeniza y se titula con una base valorada de hidróxido de sodio 0.1N hasta que la fenolftaleína vire. El porcentaje de acidez se expresará como porcentaje de ácido cítrico calculándose mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = \frac{N \times V \times 0.064 \times 100}{V} \quad (9)$$

3.7.1.2.5. Proteína total

Se utilizó el equipo microkjeldhal (AOAC, 1990) el porcentaje de nitrógeno se multiplicó por el factor 6.25.

3.7.1.2.6. Grasa total

Fue determinada por extracción con éter de petróleo como solvente; mediante el método Soxhlet (AOAC, 1990).

3.7.1.2.7. Ceniza total

Se determinó por calcinación de la muestra en mufla, a 550 ° C, durante cuatro horas (AOAC, 1990).

3.7.1.2.8. Fibra total

Se determinó por hidrólisis ácida y alcalina (AOAC, 1990).

3.7.1.2.9. Carbohidratos totales

Se obtuvo por diferencia, restándose de 100 la sumatoria de porcentajes de humedad, proteína, grasa, ceniza y fibra.

3.7.1.2.10. Vitamina C

Se determinó por titulación visual con 2,6 Diclorofenol Indofenol (AOAC, 1990)

3.7.2. Controles durante el proceso

En el proceso se realizaron dos tipos de controles, durante la deshidratación osmótica y el secado que viene a ser el producto final obtenido.

3.7.2.1. Control durante el proceso de deshidratación osmótica

Durante el proceso de deshidratación osmótica se controló el peso, se determinó el % de azúcares totales y el % de etanol con el que iniciaba el proceso de secado.

3.7.2.2. Controles en el proceso de secado

estable en el secador siendo de 1.00 m/s; la humedad de la muestra expresada como pérdida de peso, a intervalos de tiempo moderado.

3.7.3. Control del producto final

Los controles realizados para el producto terminado fueron: Análisis químico proximal, Análisis sensorial, curvas de cinética de secado y curvas de velocidad de secado.

3.7.3.1. Controles fisicoquímicos de la piña seca

Los controles que se realizaron a las rodajas de piña seca, fueron los mismos que se hicieron a las rodajas de piña fresca.

3.7.4. Análisis sensorial

El análisis sensorial consistió en la selección de las muestras secas de mayor preferencia con la finalidad de obtener las rodajas de mejor condición de secado, para ello se utilizó el Diseño de Bloques completamente al Azar (DBCA); teniendo como bloques a los jueces semientrenados, que evaluaron los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia general, mediante la prueba de afectividad con escala hedónica de siete puntos. Estos resultados se analizaron mediante el análisis de varianza (ANVA) a un nivel de significancia de 0.05% y las diferencias significativas mediante la prueba de TUCKEY al mismo nivel de significancia.

3.7.5. Determinación del contenido de azúcares

Se determinó el contenido de azúcares luego de la deshidratación osmótica por el método del DNS, recomendado por Rangama (1979); que se basa en que el ácido 3,5-dinitrosalicílico en medio alcalino reacciona con el grupo reductor de la glucosa, formando un compuesto de color marrón cuya intensidad es proporcional a la cantidad de azúcares presentes.

Para poder determinar la concentración de azúcar presente se tuvo que hacer previamente la preparación de la curva estándar (anexo a4), que consiste en: Tomar alícuotas de glucosa diluida en agua destilada y luego agregar DNS, calentar en baño a ebullición por 5 minutos, enfriar y adicionar Sal de Rochelle, agua destilada y hacer la lectura de absorbancia a 550 nm (utilizar celdas de vidrio óptico) colocar las muestras con una en blanco en el espectrofotómetro; sometiendo luego estas lecturas a un

análisis de regresión lineal, graficando la absorbancia en el eje de las ordenadas y la concentración en el eje de las abscisas.

Luego de la preparación de la curva estándar se procedió a realizar el análisis con las muestras que es como sigue:

- Pesar 5g de muestra, agregar 95 ml de agua destilada, licuar la mezcla, filtrar en bomba al vacío.
- Tomar 50 ml de muestra filtrada, añadir 5 g de ácido cítrico y disolver, luego añadir 50 ml de agua destilada.
- Hidrolizar en baño a ebullición por 10 minutos, enfriar, agregar indicador de fenoltaleína, homogenizar, Añadir NaOH a 1N hasta que vire ha rosado.
- Enrazar hasta 250 ml con agua destilada, extraer 0.5 ml de cada muestra y colocarlos en tubos de ensayo.
- Preparar una muestra en blanco con 0.5 ml de agua destilada en tubo de ensayo.
- Añadir a cada uno de los tubos, 3ml de DNS, colocar en baño maría por 5 minutos.
- Preparar una solución de tartrato de Na y K al 40% (50 ml) y/o (Sal de Rochelle).
- Sacar del baño maría, enfriar, agregar 1ml de Tartrato Na y K a cada tubo, agregar 10 ml de agua destilada, seguidamente realizar la lectura por duplicado en el Espectrofotómetro, colocando la muestra en blanco y la muestra a ser analizada a una absorbancia de 550 nm
- Finalmente todas las lecturas se trabajan con la curva estándar ya establecida.

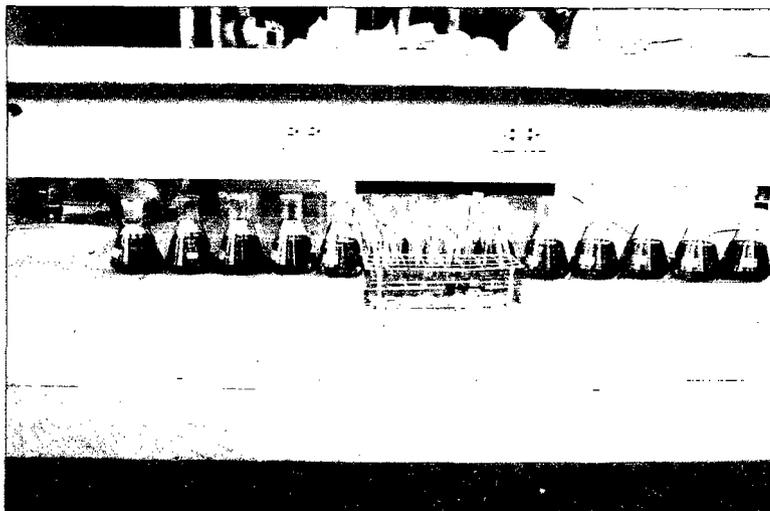


Figura N° 19: Muestras para determinar concentración de azúcares

3.7.6. Determinación del contenido de etanol

Para determinar el contenido de etanol presente en las muestras deshidratadas se utilizó el método del dicromato, que se basa en la oxidación de alcoholes por la presencia de éste, recomendado por **Arthur Caputi, JR., Masao Ueda, and Thomas Brown (1968)**.

Previamente se hizo la preparación de los reactivos, colocando 34g de dicromato de potasio en 325 ml. de ácido sulfúrico al 96%; que luego se enrazó en una fiola de 1000 ml para la preparación de la curva estándar (anexo a4.1) se tomaron alícuotas de cada uno de los reactivos tal como se observa en el Cuadro 5, llevarlos a baño maría a 60° C. por espacio de 25 minutos seguidamente se enciende el espectrofotómetro, seleccionando la longitud de onda a 600nm, se deja estabilizar y luego se coloca la muestra en blanco ajustando el cero de absorbancia utilizando una cubeta con agua destilada. Sometiendo luego estas lecturas a un análisis de regresión lineal, graficando la absorbancia en el eje de las ordenas y la concentración en el eje de las abscisas.

Cuadro N° 05: Determinación del contenido de Etanol

Experimento	K ₂ Cr ₂ O ₇ + H ₂ SO ₄	H ₂ O Destilada	Etanol (%)			
			5	10	15	20
1	12.5ml	86.5ml	1ml			
2	12.5ml	86.5ml		1ml		
3	12.5ml	86.5ml			1ml	
4	12.5ml	86.5ml				1ml

Luego de la preparación de la curva estándar se procedió a realizar el análisis con las muestras que es como sigue

- Pesar 5g de muestra, enrazar hasta 100 ml con agua destilada.
- Licuar y luego filtrar en bomba al vacío.
- Tomar 1 ml de muestra filtrada, agregarle 12.5ml. de la preparación de $K_2Cr_2O_7$ en H_2SO_4 .
- Homogenizar y llevar a baño maría (60°C) por espacio de 25 minutos.
- Enfriar, enrazar en fiola de 100 ml con agua destilada y seguidamente realizar la lectura por duplicado en el Espectrofotómetro, colocando la muestra en blanco y la muestra a ser analizada a una absorbancia de 600 nm
- Finalmente todas las lecturas se trabajan con la curva estándar ya establecida.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El peso bruto de las piñas (*Ananas comosus*), de la variedad Cayena lisa, utilizadas fluctuó entre 3.00 a 4.50 kg.; tiene forma cilíndrica, los ojos son relativamente poco profundos, el corazón es pequeño, en relación con el tamaño de la fruta. Las rodajas pesaron entre 80.8 y 120.5g; el diámetro interno fluctuó entre 2.5 a 3.00 cm, el diámetro externo entre 9.00 y 12.00 cm, y el espesor de 1 cm; con un pH de 4.25, sólidos solubles (Brix) 14.3, Vitamina C ó Ácido Ascórbico 26.85 mg/gr y acidez titulable de 0.73 %.

4.1.1. Análisis químico proximal de las rodajas de piña

El resultado del análisis químico proximal de las rodajas de piña (*Ananas comosus*), se presentan en el cuadro N° 6

Cuadro N° 06. Análisis químico proximal de las rodajas de piña.

COMPONENTES	RODAJAS DE PIÑA	RODAJAS DE PIÑA
	FRESCA (%)	SECA (%)
Humedad	87.67	14.83
Proteína total	0.14	0.76
Grasa total	0.12	0.63
Ceniza total	0.30	1.57
Fibra total	0.39	2.17
Carbohidratos totales	11.38	80.04

Como se puede apreciar en el Cuadro 6 se trata de una fruta con alto contenido de humedad así pues autores como (Collazos, 1993), reporta 89.3 %, (Dull, 1971), entre 81.2-86.2 %; (Hincapié, 1998), 85.10%; valores que no difieren mucho de los obtenidos en este trabajo. Los mismos autores reportan valores para proteína: 0.4%; 0.181% y 0.10%, para cenizas: 0.3%; 0.3-0.42% y 0.5% y para grasa: 0.2%; 0.2% y 0.10%, respectivamente. Para fibra Collazos y Dull reportaron: 0.5% y 0.3-0.61%; de la misma manera para carbohidratos, Collazos e Hincapié reportaron 9.8% y



13.5 %, respectivamente; para vitamina C Collazos e Hincapié reportaron 19.9% y 12%, respectivamente; estos valores comparados con los obtenidos en este trabajo resultan ligeramente inferiores.

Los sólidos solubles (Brix^o) (10.8-17.5), la acidez titulable (0.6-1.62), se encuentran en el rango establecido por (Dull, 1971). Las diferencias encontradas entre los resultados reportados por (Collazos 1993; Dull 1971 e Hincapié 1998) y los obtenidos en el presente trabajo son mínimos. Esta diferencia se debe posiblemente a que han sido cultivadas en diferentes zonas y han tenido diferentes cuidados culturales; otra explicación es que los valores reportados en la bibliografía no son referidos explícitamente a la variedad cayena lisa, materia prima del presente trabajo.

En el mismo Cuadro se observa que las rodajas de piña seca presentan mayor porcentaje de componentes sólidos que las rodajas de piña fresca, esto debido a que en las rodajas de piña fresca existe mayor contenido de humedad, y en las rodajas secas el componente que se evaporó es el agua, los otros componentes como en el caso de proteínas, fibra, cenizas, carbohidratos, se mantendrán ya que estos no se evaporan, a excepción de los aceites volátiles.

4.2. DESHIDRATADO OSMÓTICO

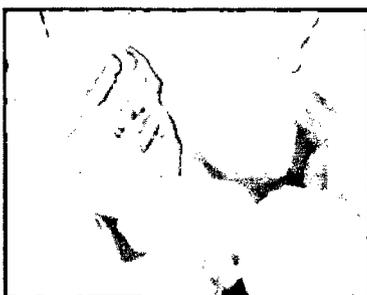


Figura N° 20: Rodajas de piña deshidratada en soluciones osmóticas.

Las rodajas de piña, deshidratadas osmóticamente por 3 y 6 horas en soluciones osmóticas de Agua- Etanol – Sacarosa, con concentraciones que se muestran en el Cuadro N° 4; Se les hicieron los análisis de contenido de humedad* azúcar y Etanol como muestra el Cuadro 7; antes del inicio del secado.

Cuadro N° 07. Contenido de azúcares totales y etanol en las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente durante 3 y 6 horas respectivamente.

Soluciones Agua-Etanol- Sacarosa	% de Humedad	% de Azúcares	% de Etanol
3 Horas			
84-16-0	90.01	4.75	7.38
76-24-0	90.65	5.22	14.42
0-100-0	89.15	9.08	48.18
33-33-33	79.86	9.36	41.62
36-24-40	82.02	9.89	28.02
34-16-50	79.91	11.91	21.22
60-0-40	80.96	12.49	-----
50-0-50	79.44	17.28	-----
0-0-100	75.05	40.04	-----
6 Horas			
84-16-0	91.37	6.24	7.38
76-24-0	91.37	6.06	14.42
0-100-0	90.51	7.95	57.56
33-33-33	76.89	10.08	41.15
36-24-40	79.30	11.08	36.93
34-16-50	75.64	11.41	33.64
60-0-40	76.97	15.06	-----
50-0-50	77.30	41.39	-----
0-0-100	72.52	44.63	-----

Como se puede observar en el Cuadro 7, el contenido de azúcar aumenta con el tiempo de deshidratación osmótica. Esto se debe a la existencia de una gradiente de concentración de azúcar entre la solución y la rodaja de piña. En el deshidratado osmótico el alimento pierde humedad, aumentando la concentración de solutos en la rodaja, según lo explicado por (Desrosier, 1998); lo mismo se puede observar con el contenido de etanol en la rodaja de piña, que aumenta con el tiempo de deshidratación osmótica.

En la Figura 21 se observa que la humedad disminuye a medida que aumenta el contenido de sacarosa en la solución, coincidiendo con lo reportado por (Vélez-Ruiz *et al.* 2000) quienes estudiaron la deshidratación osmótica de rodajas de piña a temperatura ambiente, utilizando muestras de dos espesores diferentes (1 y 2 cm.), una solución de sacarosa de 60% y una relación de fruta: solución de 1:4. Los mismos autores reportaron que después de 400 minutos de proceso, las rodajas de piña perdieron aproximadamente 29 % de agua y ganaron 9 % de azúcar.

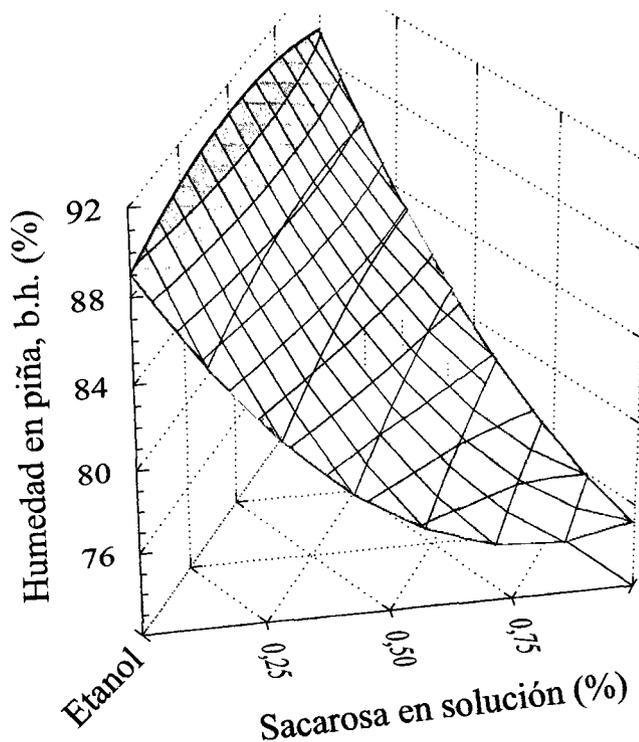


Figura N° 21: Influencia de la concentración de sacarosa y etanol en la humedad de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente durante 3 horas.

En las Figuras 22.A y 22.B se observa que el contenido de etanol en la rodaja de piña aumenta a medida que aumenta la concentración de etanol en la solución, resultado lógico porque aumenta la gradiente de concentración de etanol entre la solución y la rodaja de piña, coincidiendo con lo reportado por **(Zapata y Castro 1999)**; por otro lado, en las mismas figuras se puede notar que el contenido de etanol en la rodaja de piña, para una concentración de etanol en la solución constante; aumenta con el incremento de sacarosa en la solución; como se observa con mayor claridad en la Figura 22.B; esto se podría explicar porque al ser la sacarosa insoluble en etanol, ésta compite por el agua presente en la solución, elevando la concentración de etanol en la solución, aumentando el gradiente de concentración entre la solución y la rodaja de piña. Cuando existe la presencia de los dos osmodeshidratantes (etanol- sacarosa) el flujo difusivo de cada componente es afectado por el otro componente de la mezcla **(Cussler, 1976)**; esto se da cuando son utilizadas soluciones ternarias.

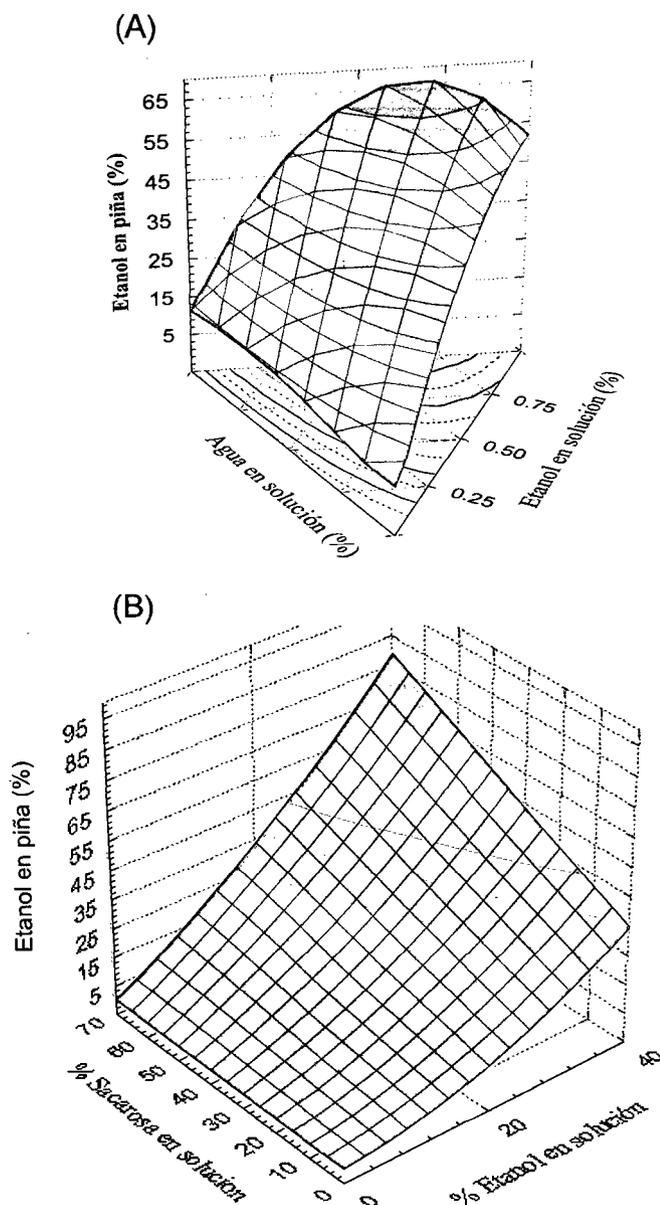


Figura N° 22: Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución en el contenido de etanol en la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 horas.

La Figura 23 nos muestra que conforme aumenta la sacarosa en la solución, el contenido de azúcares totales en la piña también se ve afectado, elevándose paulatinamente. La ganancia de sólidos es afectada significativamente por el aumento de concentración de sacarosa; comportamiento similar fue observado por (Kaymak – Ertekin y Sultanoglu 2000) quienes trabajaron con manzana utilizando soluciones de sacarosa que variaron desde 40 a 66% (p/p) a una temperatura de 30° C.

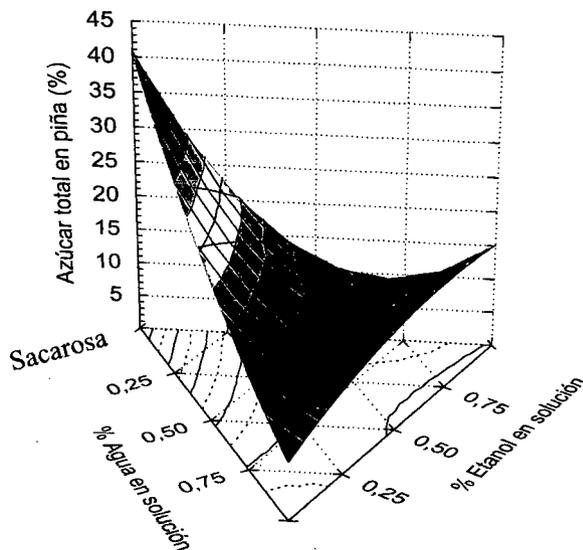


Figura N° 23: Influencia del etanol y la sacarosa en la solución en el contenido de sacarosa en la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 horas.

4.3. SECADO

4.3.1. Cinética de secado

Las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones de sacarosa-etanol y agua-etanol-sacarosa, a 40, 50 y 60° C y con velocidad de aire de 1 m/s, son presentadas en las Figuras 24 - 29.

En la Figura 24 se presentan las cinéticas de secado de piñas deshidratadas osmóticamente durante 3 horas en las diferentes soluciones. En la misma figura se observa que la humedad, de todas las rodajas de piña, disminuye a medida que aumenta el tiempo de secado, resultado esperado y que concuerda con lo reportado por **(Alonso, k.j. Park, 1998)** quienes estudiaron la cinética de secado del cacao donde con el proceso de secado lograron una disminución de la humedad del grano hasta un nivel tal que garantiza la conservación en las debidas condiciones hasta su industrialización.

Las muestras deshidratadas en soluciones de agua- etanol, mostraron un contenido de humedad inicial más alto que las rodajas de piña no tratadas o las deshidtratadas en soluciones de sacarosa, esto porque en el contenido de humedad determinado, además de cuantificar el agua presente, también midió el etanol ganado durante la deshidratación osmótica. En la Figura 24-A se aprecia que cuando la solución contiene 24 % de etanol, la velocidad de secado es menor en comparación

con las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones que contienen 16 y 100 % de etanol; esto posiblemente se deba que a bajas concentraciones de etanol en la solución, el etanol que ingresa a la piña se disuelve en el agua libre de la piña, sin reaccionar con los sólidos insolubles de la piña, a medida que se aumenta la concentración de etanol en la solución osmótica, el etanol reacciona con la estructura sólida de la piña, dificultando la evaporación del agua y del etanol; cuando se trabaja con 100 % de etanol elimina el agua, posesionándose en toda la estructura de la piña, aumentando la velocidad de secado.

En la Figura 24-B se aprecia que la humedad inicial es inversamente proporcional al incremento de la concentración de sacarosa en la solución, asimismo se observa que las humedades iniciales de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones de agua-sacarosa son más bajas que las rodajas de piña no tratadas y deshidratadas osmóticamente en soluciones agua-etanol y agua-etanol-sacarosa; esto debido a que la sacarosa es un buen agente osmodeshidratante (Bohuon *et al.* 1998; Jayaraman *et al.* 1990; Kaymak – Ertekin y Sultanoglu 2000).

En la Figura 24-C se observa el efecto combinado de la sacarosa y el etanol: la velocidad de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones ternarias es mayor que las deshidratadas osmóticamente con soluciones de agua-sacarosa y la humedad inicial es menor que las deshidratadas en soluciones de agua etanol, ya que la sacarosa disminuye la humedad y la presencia del etanol aumenta la velocidad de secado.

Si se comparan las rodajas osmóticamente deshidratadas con la rodaja sin tratamiento (secado al natural) se encuentra que la rodaja deshidratada osmóticamente en solución acuosa de 24% de etanol tiene mayor contenido de humedad y menor velocidad de secado, esto significa que desde el punto de vista de la cinética de secado no es recomendable este tratamiento. Por otro lado, las rodajas de piña que tuvieron menor humedad inicial y mayor velocidad de secado, en comparación con la rodaja sin tratamiento osmótico, fueron las rodajas deshidratadas en soluciones de agua-etanol-sacarosa de 36-24-40 %.

Para poder apreciar con mayor claridad el comportamiento de los osmodeshidratantes, se evaluaron las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente a las 8,50 horas de iniciado el proceso de secado tal como se observa en la Figura 25, la

misma que nos muestra cómo afectan las concentraciones de las soluciones deshidratantes en la humedad de la rodaja de piña secada durante el lapso mencionado. Se observa que la humedad aumenta con el incremento de etanol en la solución hasta llegar a un máximo después del cual, ésta disminuye con el aumento de etanol en la solución. En la misma figura se observa que la humedad disminuye con el aumento de sacarosa.

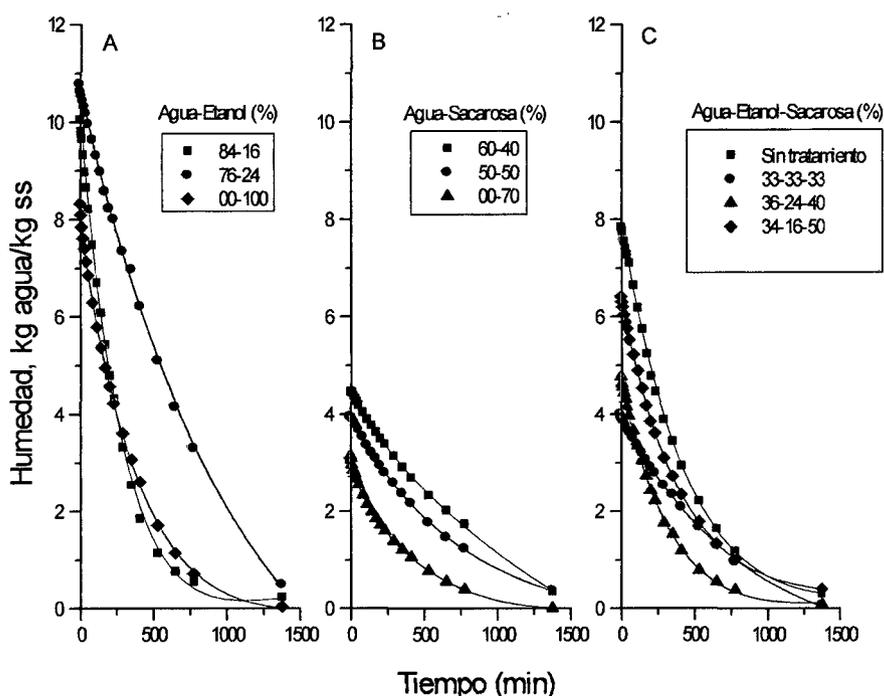


Figura N° 24: Cinética de secado a 40° C 3 horas de deshidratación osmótica.

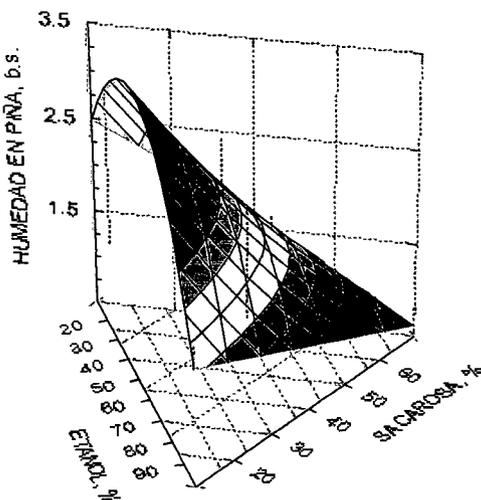


Figura N° 25: Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 y 6 horas y secada 8,5 horas.

En la Figura 26 se presentan las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente, en las diferentes soluciones, durante 6 horas; en ellas se aprecia que las cinéticas de secado tienen comportamiento similar a las de la Figura 24 en donde las humedades iniciales de las rodajas deshidratadas en soluciones de agua-etanol son altas; observando asimismo, que la rodaja que ha sido deshidratada con el 100% de etanol, presenta la humedad inicial mas alta sin embargo también presenta mayor velocidad de secado. Las rodajas de piñas deshidratadas osmóticamente durante 6 horas en soluciones de agua-sacarosa y agua-etanol-sacarosa presentaron humedades iniciales menores que las deshidratadas durante 3 horas, en las mismas soluciones, comportamiento similar fue observado por (Kaymak – Ertekin y Sultanoglu 2000).

En la Figura 27 se puede apreciar que la humedad disminuye con el aumento de sacarosa, tendiendo a hacerse constante a medida que se aumenta. La humedad, igual que en la Figura 25, aumenta inicialmente con el incremento de etanol en la solución, llega a un máximo y después disminuye, con el aumento de etanol en la solución.

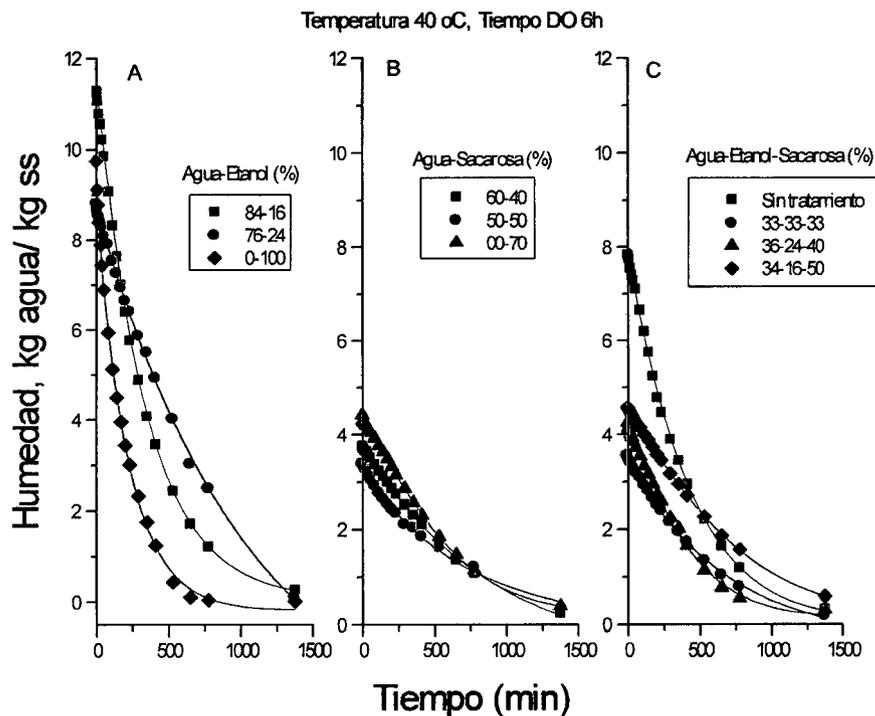


Figura N° 26: Cinética de secado a 40° C y 6 horas de deshidratación osmótica.

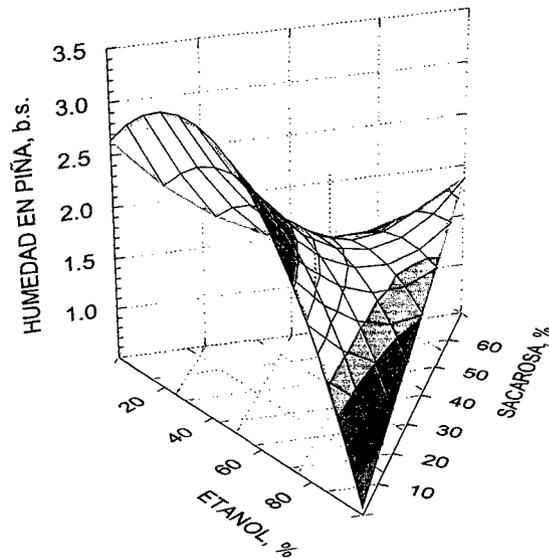


Figura N° 27: Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 6 horas y secada 8,5 horas.

En la Figura 28 se muestran las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en las diferentes soluciones acuosas durante 3 horas y secadas a 50 °C; aquí se observa que el comportamiento de la humedad inicial es similar a las figuras anteriores, es decir que para las muestras deshidratadas en soluciones de Agua- Etanol empiezan con humedades altas, con menor humedad inicial las muestras deshidratadas en soluciones de Agua-Sacarosa y con humedad inicial intermedia las muestras que fueron deshidratadas osmóticamente con soluciones de Agua-Etanol-Sacarosa.

La Figura 28-A muestra la cinética de secado de las rodajas de piña deshidratadas en soluciones de agua-etanol, en donde se aprecia que la velocidad de secado aumenta y, para un determinado tiempo, la humedad disminuye con el incremento de etanol en la solución. Este comportamiento diferente al observado cuando se secó a 40 °C indica que a 50 °C la difusión de agua-etanol en la piña, posiblemente, fue incrementada permitiendo que la salida de las moléculas de agua - etanol sea más rápida. Las cinéticas de secado para rodajas de piña deshidratadas

osmóticamente en soluciones acuosas de sacarosa y ternarias (agua-etanol-sacarosa) (Figuras 28-B y 28-C) tienen similar comportamiento a las secadas a 40 °C.

En la Figura 29 está graficada la humedad de la piña secada 8.30 horas y deshidratada en las diferentes soluciones osmóticas; en esta se puede apreciar que la humedad disminuye con el aumento de la concentración de los osmodeshidratantes. El aumento de etanol en la solución hace que disminuya significativamente la humedad, tendiendo a valores constantes.

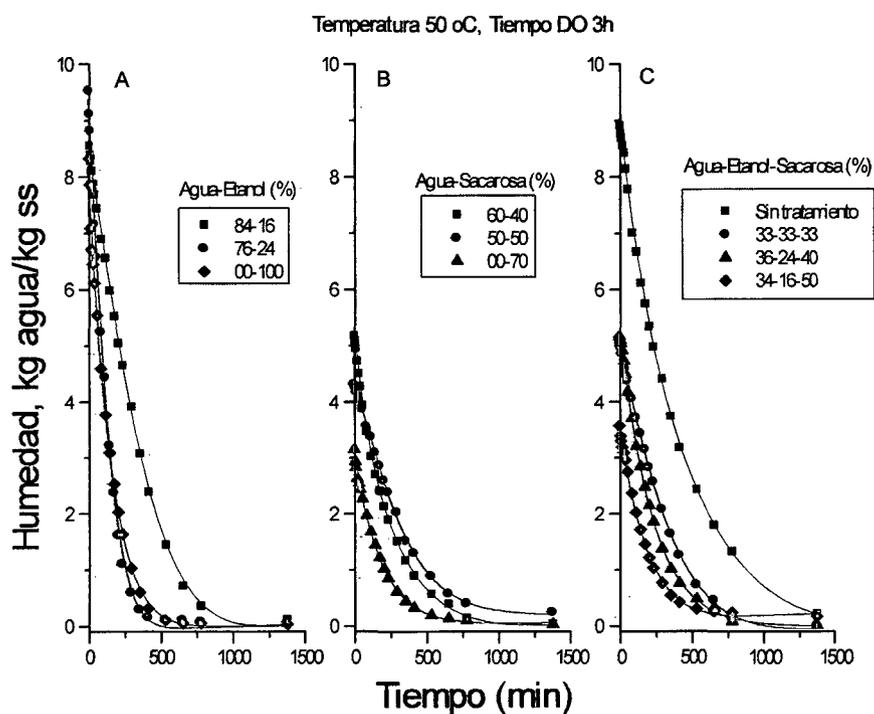


Figura N° 28: Cinética de secado a 50° C y 3 horas de deshidratación osmótica.

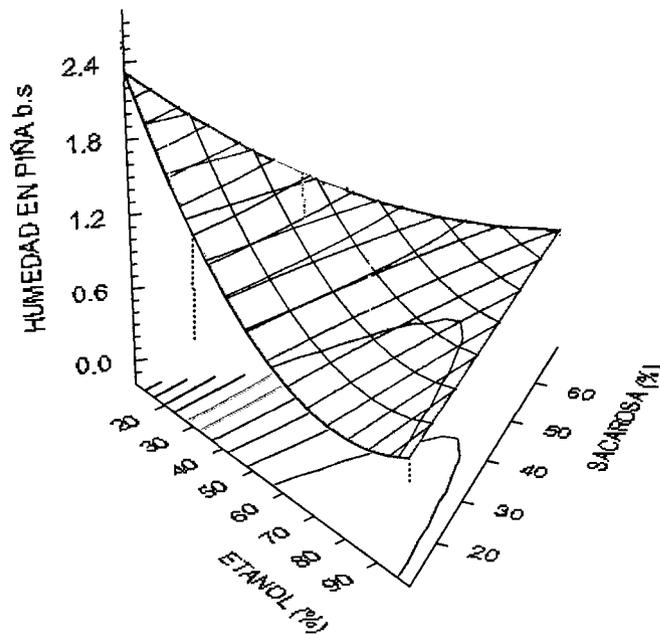


Figura No. 29: Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 horas y secada 8,5 horas.

Las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en las diferentes soluciones durante 6 horas y secadas a 50 °C son presentadas en la Figura 30; en ella se puede apreciar que las humedades iniciales de las rodajas de piña deshidratadas con soluciones de agua-etanol son más elevadas en comparación con las rodajas de piña deshidratadas en las mismas soluciones durante 3 horas. Las curvas de cinética de secado presentan comportamiento similar a las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente durante 3 horas (Figura 28). La humedad de las rodajas de piña secada durante 8.3 horas a 50 °C se muestra en la Figura 31; la misma que tiene comportamiento similar al de la Figura 29.

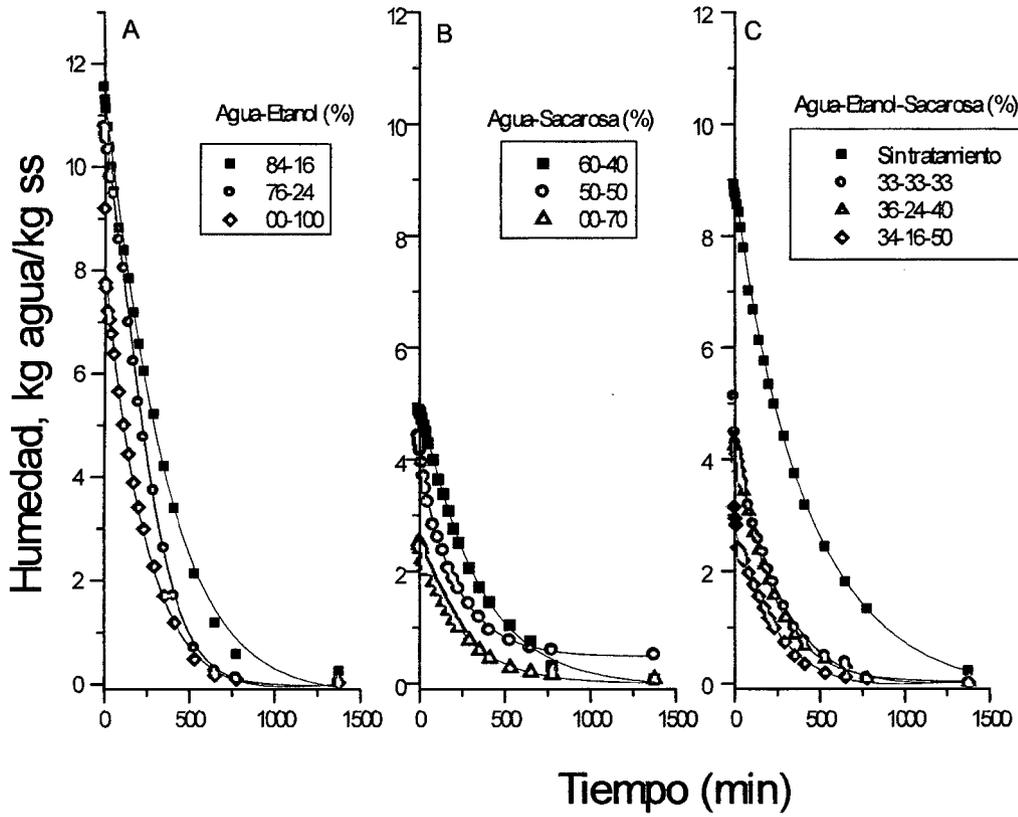


Figura N° 30: Cinética de secado a 50° C y 6 horas de deshidratación osmótica.

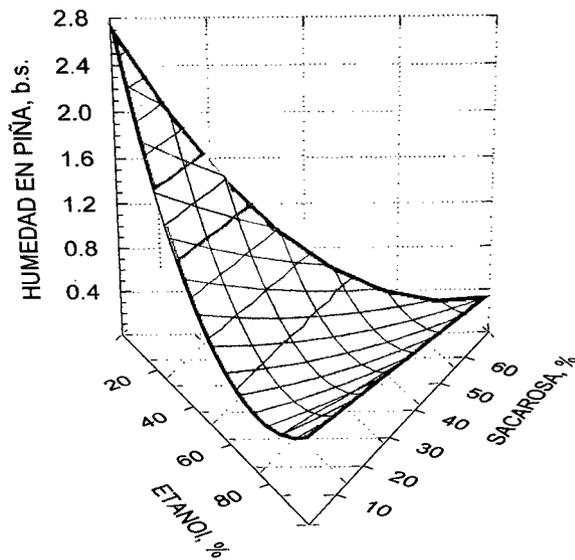


Figura N° 31: Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 6 horas y secada 8,5 horas.

La Figura 32 muestra las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas en las diferentes soluciones osmóticas durante 3 horas y secadas a 60 °C. En la figura se observa que las humedades iniciales son similares a las presentadas anteriormente.

La Figura 32-A muestra las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones de agua etanol; se observa que a medida que se incrementa el etanol en la solución, la humedad de equilibrio es más alta, esto porque posiblemente a 60° C, y el elevado contenido de etanol en la rodaja de piña provoca el secado mas rápido en la superficie, endureciéndose no permitiendo que se elimine toda el agua existente, estabilizándose a humedades altas.

Las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas en soluciones de agua-sacarosa se muestran en la Figura 32-B; en ella se puede observar que las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones de diferentes concentraciones de sacarosa se superponen, indicando que a 60 °C y en el rango de concentraciones estudiado, la concentración de sacarosa no influyó en la cinética; el mismo comportamiento se observa en la Figura 32-C para las rodajas de piña deshidratadas en soluciones de agua-sacarosa –etanol.

Las humedades de las rodajas de piña deshidratadas en las diferentes soluciones osmóticas durante 3 horas y secadas a 60 °C en tiempo de 8.3 horas son graficadas en función de la concentración de sacarosa y etanol en la solución osmótica y presentadas en la Figura 33; en esta figura se confirma lo mencionado anteriormente notándose que la humedad disminuye con el incremento de etanol, llega a un mínimo a partir del cual empieza a aumentar con el aumento de etanol en la solución. Las concentraciones de sacarosa presentan menor influencia en el rango estudiado.

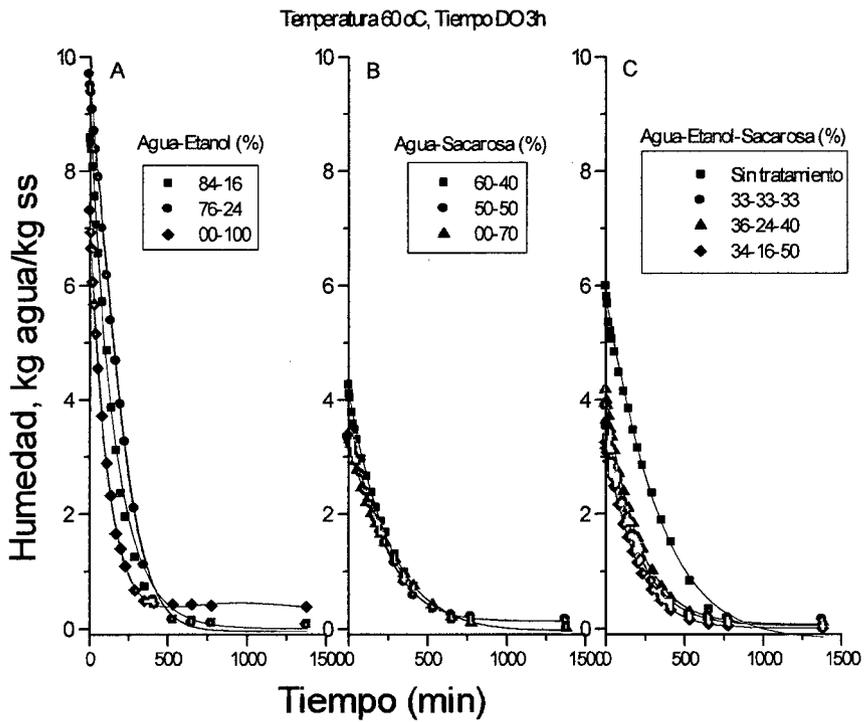


Figura N° 32: Cinética de secado a 60° C y 3 horas de deshidratación osmótica.

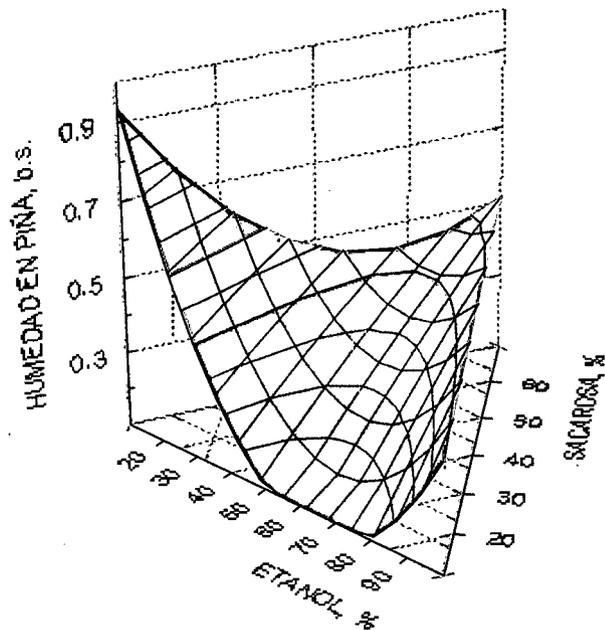


Figura N° 33: Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 3 horas y secada 8,5 horas.

La Figura 34 presenta las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas en las diferentes soluciones osmóticas durante 6 horas y secadas a 60 °C.

Las humedades iniciales de las rodajas deshidratadas durante 6 horas en soluciones osmóticas de agua-etanol se muestran en la Figura 34-A siendo éstas más altas que las que fueron deshidratadas con las mismas soluciones durante 3 horas, indicando que hubo mayor incorporación del etanol en las rodajas de piña, asimismo se observó que las cinéticas tuvieron un comportamiento similar a las cinéticas de las rodajas de piña deshidratadas durante 3 horas (Figura 32-A); la Figura 34-B muestra las cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas en soluciones de agua-sacarosa, notándose que a mayor concentración de sacarosa en la solución, las velocidades de secado fueron mayores; comportamiento similar se observa en las rodajas de piña deshidratadas en soluciones de agua-etanol-sacarosa y se muestran en la Figura 34-C.

Asimismo, en la Figura 35, que grafica las humedades en función de la concentración de sacarosa y etanol a las 8:30 horas de iniciado el secado, se aprecia la influencia de los osmodeshidratante, donde se observa que a mayor contenido de etanol en la solución e incremento de la temperatura existe endurecimiento en la superficie haciendo que el contenido de humedad se vea relativamente afectado.

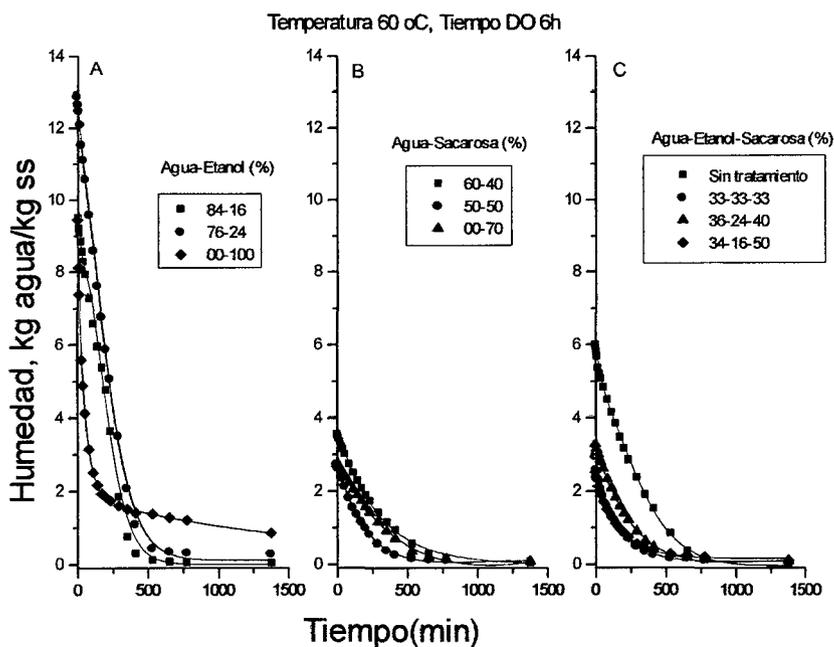


Figura N° 34: Cinética de secado a 60° C y 6 horas de deshidratación osmótica.

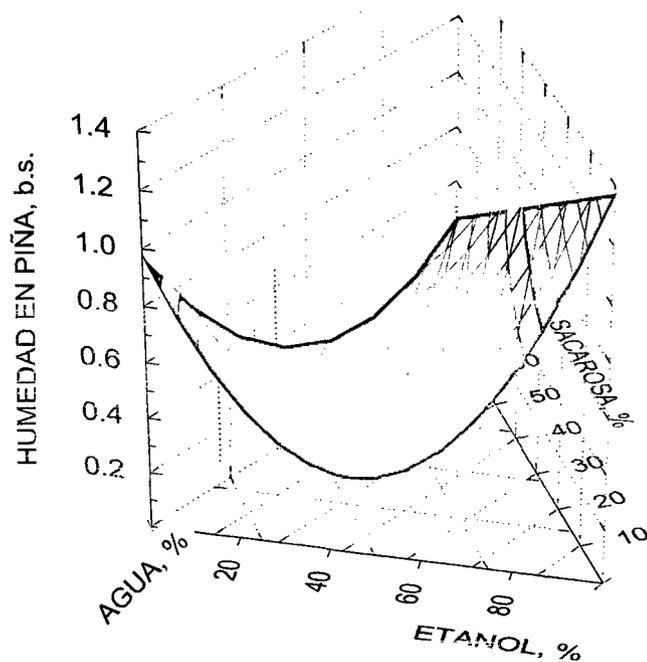


Figura Nº 35: Influencia de la concentración de etanol y sacarosa en la solución, en la humedad de la rodaja de piña deshidratada osmóticamente durante 6 horas y secada 8,5 horas.

4.3.2. Efecto de la temperatura

En las Figuras 36 - 38, se observa la influencia de la temperatura (40,50 y 60 °C) en las cinéticas de secado; velocidad de aire, 1 m/s.

La Figura 36 muestra el efecto de la temperatura en la cinética de secado de rodajas de piña deshidratada osmóticamente en soluciones de agua – etanol. Esta indica que a mayor concentración de etanol en la solución y mayor temperatura, aumenta la velocidad de secado, sin embargo también se puede observar que la humedad de equilibrio es más alta, esto probablemente se manifiesta por el elevado contenido de etanol en la solución haciendo que la superficie de las muestras se encostren y no se logre eliminar toda el agua existente, estabilizándose a humedades altas; también se puede observar en la misma figura que cuando se trabaja con temperaturas de 40 °C y concentraciones menores de etanol en la solución la velocidad de secado es mas baja en relación a los otros tratamientos. Las rodajas de piña secadas a 50 °C tuvieron un mejor comportamiento: mostrando altas velocidades de secado y bajas humedades de equilibrio.

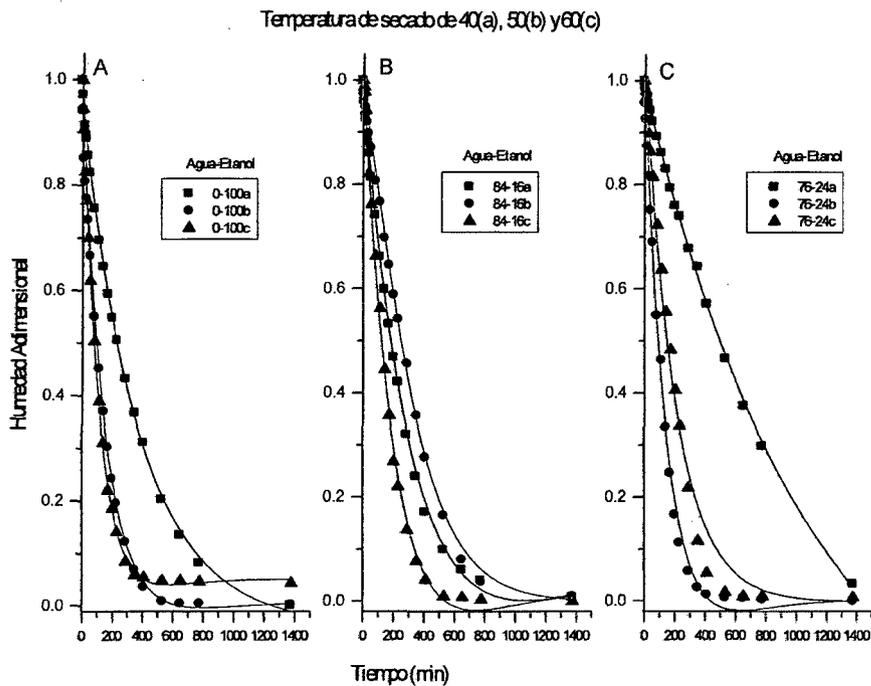


Figura N° 36: Efecto de las temperaturas (40, 50 y 60° C) en la cinética de secado de rodajas de piña deshidratada osmóticamente en soluciones de Agua – Etanol.

La Figura 37 presenta el efecto de la temperatura en la cinética de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones de agua-sacarosa, en donde se aprecia que cuando se trabaja con temperatura de 40 °C las velocidades de secado, para todos los tratamientos, son menores que a las otras temperaturas. Con las temperaturas de 50 y 60 °C se observa que las velocidades de secado aumentan considerablemente obteniéndose por tanto humedades menores y disminución en el tiempo de secado; resultados similares reportaron (**Sankat et al. 1996**) quienes trabajaron con rodajas de banana al natural y deshidratada osmóticamente en soluciones de sacarosa y observaron que la temperatura influyó en las cinéticas de secado, disminuyendo el tiempo de secado; así también (**Uddin et al. 1990**), quienes trabajaron con piña al natural y deshidratada osmóticamente en soluciones de sacarosa y también observaron ese comportamiento con respecto a la temperatura, lo que indica que ese comportamiento es una tendencia en las frutas, siendo por tanto, observado en muchos otros trabajos.

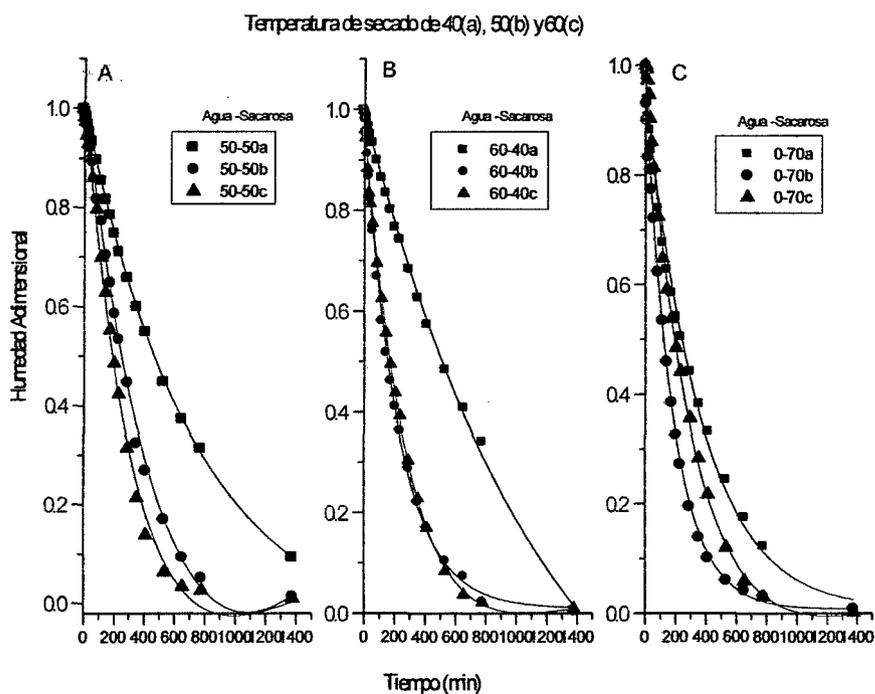


Figura N° 37: Efecto de la temperatura (40, 50 y 60° C) en la cinética de secado de rodajas de piña deshidratada osmóticamente en soluciones de agua – sacarosa.

La Figura 38 presenta el efecto de la temperatura en la cinética de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones de agua-etanol-sacarosa; en la Figura 38-B se observa que cuando existe un tercio de cada uno de los osmodeshidratantes, la velocidad de secado es baja para la temperatura de 40 °C; teniendo mejor comportamiento las rodajas que fueron secadas a 60 °C y similar las secadas a 50 °C. Mientras que en la Figura 38-C se observa que la velocidad de secado es mayor para las temperaturas de 50 y 60 °C y en menor grado la temperatura de 40 °C aquí si se ve que hay influencia de la temperatura en las cinéticas de secado.

Este comportamiento muestra cómo actúa cada uno de los osmodeshidratantes frente a la temperatura, ya que a medida que se incrementa la sacarosa en la solución, la humedad disminuye considerablemente, así también al incrementar el etanol en la solución la velocidad de secado aumenta verificándose el efecto combinado del etanol-sacarosa.

La temperatura es un factor muy importante en los procesos de secado y actúa de manera muy efectiva favoreciendo la quiebra de resistencia a los procesos de transferencia de masa. (Bain y Mcbean 1969) trabajaron con ciruela seca, y

observaron cambios en la fina estructura superficial de la cáscara, cuando la temperatura aumentó de 49 a 63°C.

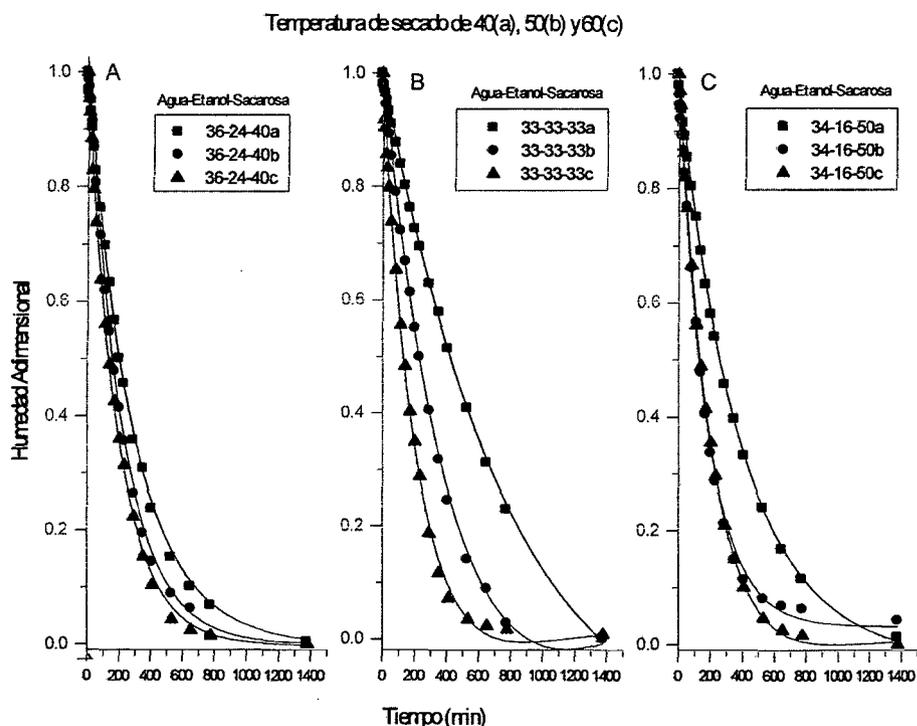


Figura N° 38: Efecto de la temperatura (40, 50 y 60° C) en la cinética de secado de rodajas de piña deshidratada osmóticamente, en soluciones de agua-etanol-sacarosa.

4.3.3. Velocidad de secado

En las Figuras 39 - 44 están graficadas las velocidades de secado de las rodajas de piña deshidratadas en soluciones osmóticas versus sus humedades libres medias respectivas, a diferentes temperaturas (40, 50 y 60° C); las velocidades de secado fueron obtenidas mediante la fórmula:

$$R = -(S/A) (dX/dt).$$

Las Figuras 39 y 40 muestran las velocidades de secado de las rodajas de piña deshidratadas en las diferentes soluciones osmóticas durante 3 horas y 6 horas, respectivamente y secadas a 40 °C. En ellas puede notarse que las rodajas de piña no presentan el periodo de velocidad constante, sino solo el periodo de velocidad decreciente. Asimismo, se puede apreciar que a medida que aumenta el contenido de etanol en la solución y en la rodaja de piña, la velocidad de secado también se incrementa. (39-A y 40-A). Por otro lado se puede observar que a medida que se incrementa la concentración de sacarosa en la solución y el contenido de ésta en la

piña la velocidad de secado disminuye (39-B y 40-B). Las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente en soluciones de agua-etanol-sacarosa, muestran velocidades de secado intermedias.

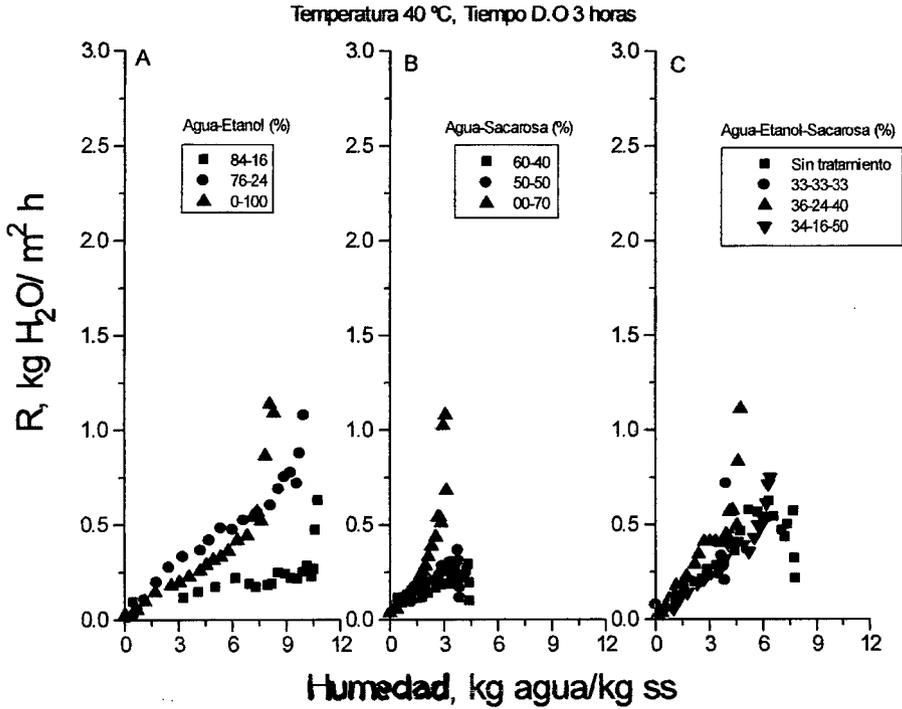


Figura N° 39: Velocidad de secado a 40° C y 3 horas de deshidratación osmótica.

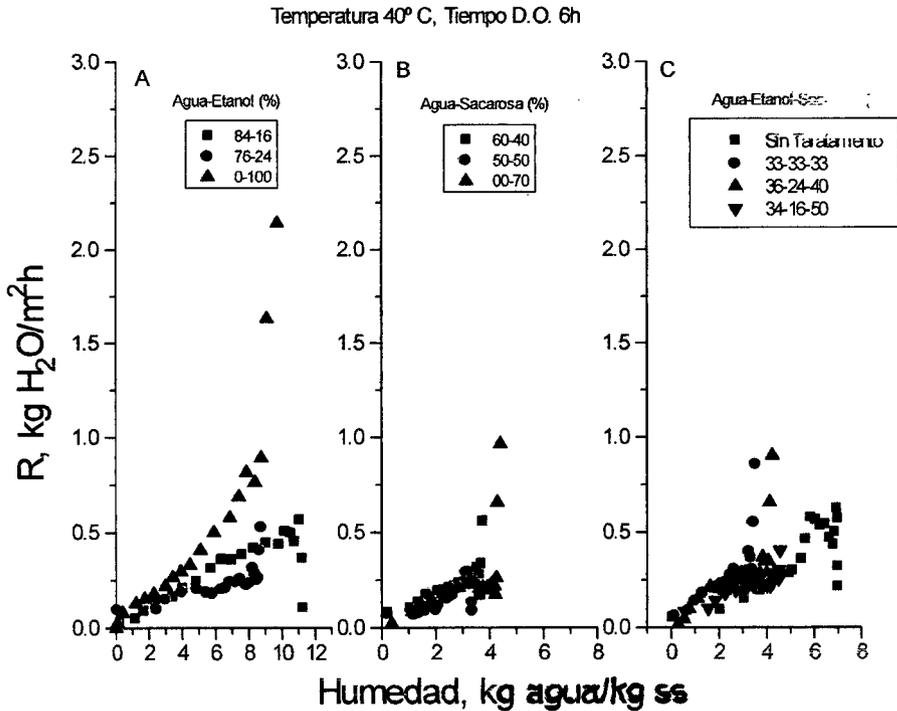


Figura N° 40: Velocidad de secado a 40 °C y 6 horas de deshidratación osmótica.

Las Figuras 41 y 42 muestran las velocidades de secado de las rodajas de piña deshidratadas en las diferentes soluciones osmóticas durante 3 horas y 6 horas, respectivamente y secadas a 50 °C. Las velocidades de secado presentan comportamiento similar a las secadas a 40 °C, sin embargo con valores mayores.

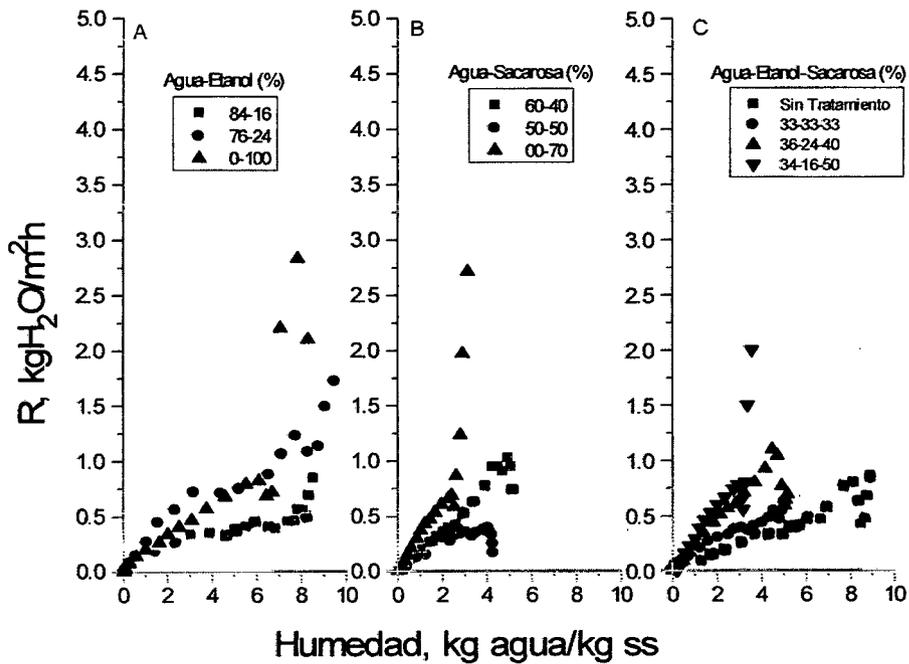


Figura N° 41: Velocidad de secado a 50° C y 3 horas de deshidratación osmótica.

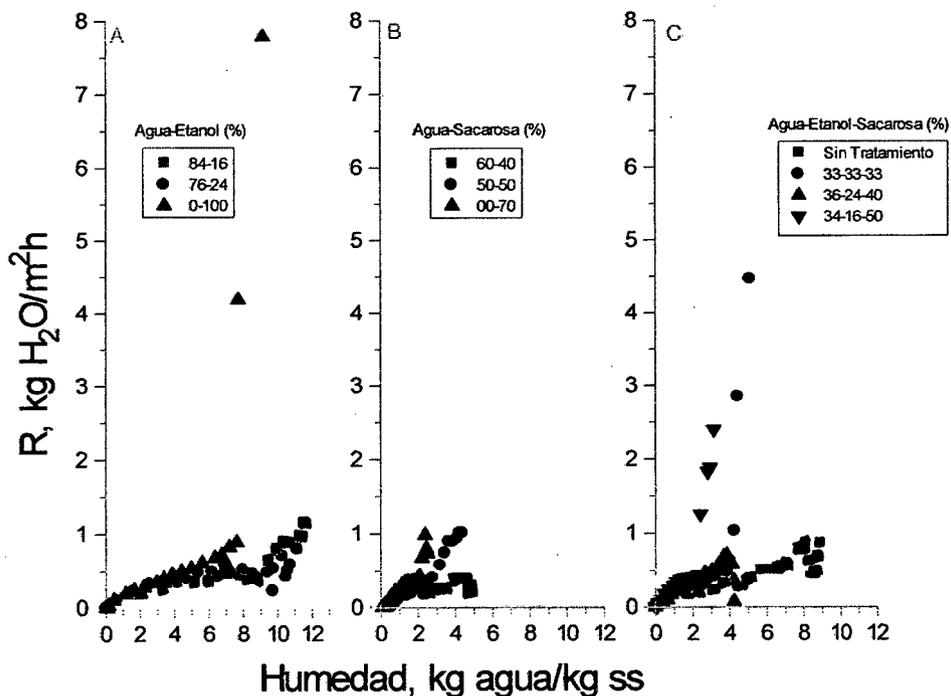


Figura N° 42: Velocidad de secado a 50° C y 6 horas de deshidratación osmótica.

Las Figuras 43 y 44 muestran las velocidades de secado de las rodajas de piña deshidratadas en las diferentes soluciones osmóticas durante 3 horas y 6 horas, respectivamente y secadas a 60 °C. Las velocidades de secado presentan comportamiento similar a las secadas a 40 °C y 50 °C; sin embargo con valores mayores.

En todas las figuras de velocidad de secado se verifica que a medida que aumenta la temperatura, la velocidad de secado aumenta y por tanto el tiempo de secado disminuye. Este comportamiento fue observado por (Sankat *et al.* 1996) quienes trabajaron con rodajas de banana y por (Simal *et al.* 1997) quienes trabajaron con cubos de manzana y reportaron que a mayor temperatura e incremento de velocidad, el tiempo de secado disminuye.

Otros estudios realizados por (Kowalski y Lenart 2001) en manzanas encontraron resultados similares sobre la influencia de la temperatura; comportamiento reportado también por (Uddin M.S 1990) para piña.

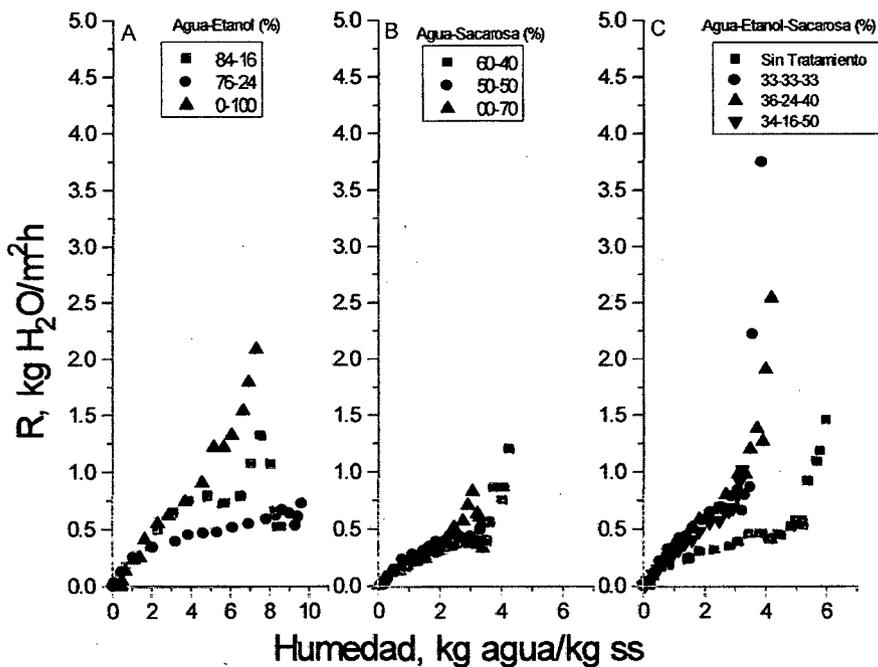


Figura N° 43: Velocidad de secado a 60° C y 3 horas de deshidratación osmótica.

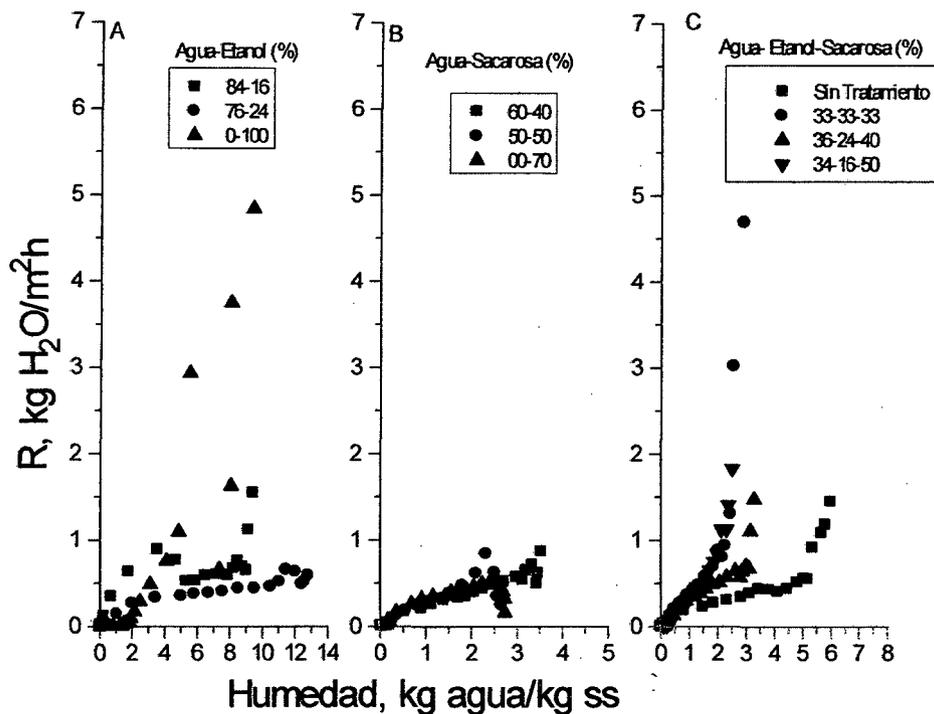


Figura N° 44: Velocidad de secado a 60° C y 6 horas de deshidratación osmótica.

4.4. ANÁLISIS SENSORIAL

Luego de haber realizado las cinéticas de secado con las temperaturas de 40, 50 y 60° C, y antes de llevar a cabo el análisis sensorial de las muestras se descartaron las que fueron secadas a 40° C porque su apariencia en cuanto a color y textura se vio afectada, mostrando oscurecimiento y flacidez debido, probablemente, a que la temperatura de secado fue muy baja, dando lugar a los procesos enzimáticos y a la actuación de microorganismos; así también se descartaron las muestras que fueron deshidratadas a 6 horas porque este mayor tiempo tuvo poca influencia en las cinéticas y velocidades de secado; asimismo se descartaron las muestras deshidratadas con 100% de etanol y 100 % de sacarosa.

4.4.1 ANÁLISIS DE VARIANZA

Para elegir el mejor tratamiento de secado se realizó el Análisis Sensorial según el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), para este análisis se contó con la participación de 12 panelistas semientrenados, los que a través de una

ficha evaluaron los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia general, de las rodajas de piña seca de los 16 tratamientos realizados en el secador del laboratorio; mediante la prueba de afectividad con escala hedónica de siete puntos. Estos resultados se analizaron mediante el análisis de varianza (ANVA) a un nivel de significancia de 5% y las diferencias significativas mediante la prueba de TUCKEY al mismo nivel de significancia, encontrando los resultados presentados en el cuadro 8.

Como se puede notar en el Cuadro 8, en cuanto a las características de color y textura no hay diferencia significativa entre los panelistas, pero sí en los tratamientos; mientras que para las características de olor, sabor y aspecto general existe diferencia significativa en ambos casos, por lo cual se realizó la prueba de Tuckey al 5% de probabilidad; para establecer cuál de las rodajas de piña seca es la mejor.

En el Cuadro 9 se presentan los resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo OLOR.

- Para el atributo olor se encontró que el secado a temperatura de 50° C, y concentraciones de agua-etanol-sacarosa (60-0-40) de las soluciones deshidratantes son las que muestran mayor aceptabilidad según el Cuadro 8, con respecto a los resultados de las demás muestras.
- En segundo lugar de preferencia se encuentra la muestra de piña seca a 60° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (84-16-0).
- En menor grado de preferencia se encuentran las rodajas de piña secas a 60° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50).

Cuadro N° 08.ANVA para las características de olor, color, sabor, textura y apariencia general de los tratamientos de secado de las rodajas de piña.

Atributos	Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Calculada	F $\alpha=0.05$	Nivel de Significancia
OLOR	Jueces	11	16.0575	1.4597	5.94	1.79	*
	Tratamientos	15	100.2866	6.6857	27.22	1.67	***
	Error Experimental	165	40.5259	0.2456			
	Total	191	156.87				
COLOR	Jueces	11	21.042	1.913	1.725	1.79	N.S.
	Tratamientos	15	86.5	5.767	5.2	1.67	**
	Error Experimental	165	183.125	1.09			
	Total	191	290.667				
SABOR	Jueces	11	22.729	20.663	2.1362	1.79	*
	Tratamientos	15	97.146	6.4764	6.6953	1.67	**
	Error Experimental	165	159.604	0.9673			
	Total	191	279.479				
TEXTURA	Jueces	11	13.479	1.2254	1.3447	1.79	N.S.
	Tratamientos	15	60.145	4.4003	4.8289	1.67	**
	Error Experimental	165	150.355	0.91124			
	Total	191	223.979				
ASPECTO GENERAL	Jueces	11	28.542	2.595	2.1362	1.79	*
	Tratamientos	15	89	5.933	6.6953	1.67	**
	Error Experimental	165	158.123	0.958			
	Total	191	275.665				

Cuadro N° 9. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo OLOR.

Características	Temperatura °C	Concentraciones			Tratamientos	Promedios Ordenados	Significancia
		Agua	Etanol	Sacarosa			
OLOR	50	60	0	40	J	1.250	**
	60	84	16	0	A	1.167	**
	60	50	0	50	B	1.083	*
	50	76	24	0	F	1.083	*
	50	50	0	50	E	0.917	*
	60	60	0	40	G	0.750	
	50	100	0	0	O	0.750	
	60	36	24	40	I	0.667	
	50	34	16	50	P	0.667	
	60	76	24	0	C	0.583	
	60	33	33	33	H	0.500	
	50	36	24	40	L	0.500	
	60	34	16	50	N	0.417	
	50	33	33	33	K	0.333	
	60	100	0	0	M	0.250	
50	84	16	0	D	0.167		

- El Cuadro 10 presenta el análisis de varianza para el color; aquí no se muestra diferencia significativa entre los resultados dados por los 12 jueces; pero sí se muestra diferencia altamente significativa entre los 16 tratamientos de rodajas de piña secada a diferentes temperaturas.
- De la prueba de tukey se observa que hay gran aceptabilidad entre los resultados dados para la piña seca a 50° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (60-0-40) como se observa en el Cuadro 10; con respecto a los resultados de las demás muestras.
- En orden de aceptabilidad se dan los resultados de la muestra de piña seca a 50° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (100-0-0).
- Los peores tratamientos fueron rodajas de piña seca a 50° C de temperatura y deshidratadas con soluciones de (33-33-33); así como las rodajas de piña seca a 60° C de temperatura y deshidratada con soluciones de (100-0-0), ya que se obtuvo promedios negativos.

Cuadro Nº 10. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo COLOR.

Características	Temperatura °C	Concentraciones			Tratamientos	Promedios Ordenados	Significancia
		Agua	Etanol	Sacarosa			
COLOR	50	60	0	40	J	2.083	***
	50	100	0	0	O	1.833	**
	60	50	0	50	B	1.250	**
	50	50	0	50	E	1.250	**
	50	34	16	50	P	1.167	*
	50	84	16	0	D	0.667	
	50	76	24	0	F	0.667	
	60	76	24	0	C	0.500	
	50	36	24	40	L	0.500	
	60	84	16	0	A	0.417	
	60	60	0	40	G	0.333	
	60	36	24	40	I	0.333	
	60	33	33	33	H	0.250	
	60	34	16	50	N	0.083	
	50	33	33	33	K	-0.166	
	60	100	0	0	M	-0.500	

- El Cuadro 11 muestra el análisis de varianza para el **sabor**, en donde se aprecia que hay diferencia significativa entre los resultados dados por los 12 jueces; y confirma la diferencia altamente significativa que hay entre los 16 tratamientos de secado que se le dieron a las rodajas de piña.
- De la prueba de tukey observamos que hay aceptación significativa entre los resultados dados para la piña seca a 50° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50), con respecto a los resultados de las demás muestras.
- En orden de preferencia se dan los resultados de la muestra de piña seca a 60° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50).
- En menor grado de aceptabilidad se dan los resultados de piña seca a 50° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (34-16-50), con respecto a las demás muestras.

Cuadro N° 11. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo SABOR.

Características	Temperatura °C	Concentraciones			Tratamientos	Promedios Ordenados	Significancia
		Agua	Etanol	Sacarosa			
SABOR	50	50	0	50	E	2.500	***
	60	50	0	50	B	2.000	***
	50	34	16	50	P	1.917	**
	50	60	0	40	J	1.833	**
	60	36	24	40	I	1.667	*
	60	60	0	40	G	1.333	
	50	100	0	0	O	1.250	
	60	84	16	0	A	1.250	
	50	84	16	0	D	0.916	
	60	33	33	33	H	0.916	
	50	76	24	0	F	0.833	
	60	34	16	50	N	0.583	
	50	36	24	40	L	0.500	
	60	76	24	0	C	0.167	
	50	33	33	33	K	0.083	
	60	100	0	0	M	0.083	

- El Cuadro 12 presenta los resultados de varianza del atributo **textura**, donde se observa que hay preferencia significativa entre los resultados dados para la piña seca a 60° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50), con respecto a los resultados de las demás.

- Del mismo modo se muestra aceptabilidad para las rodajas de piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (60-0-40) (J).
- Asimismo en orden de presencia se muestra los resultados de piña seca a 50° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (100-0-0) (O) con respecto a las otras muestras.
- Lo mismo ocurre con los resultados de la muestra de piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (34-16-50) (P); para los resultados de piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50) (E) se observa preferencia con respecto a los resultados de las muestra ya mencionadas.
- Si tomamos en cuenta el promedio para este atributo Textura el de mayor significancia es el (B), es decir; piña seca a temperatura de 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50); siguiéndole así mismo el (J), piña seca a 50° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (60-0-40).
- El peor de los tratamientos en cuanto a este atributo se refiere fue la rodaja de piña seca a 60° C y deshidratada con soluciones de (100-0-0), que se obtuvo promedio negativo.

Cuadro N° 12. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo TEXTURA.

Características	Temperatura °C	Concentraciones			Tratamientos	Promedios Ordenados	Significancia
		Agua	Etanol	Sacarosa			
TEXTURA	60	50	0	50	B	1.750	**
	50	60	0	40	J	1.750	**
	50	100	0	0	O	1.750	**
	50	34	16	50	P	1.666	*
	50	50	0	50	E	1.583	*
	50	76	24	0	F	1.166	
	60	36	24	40	I	1.000	
	60	84	16	0	A	0.916	
	60	33	33	33	H	0.833	
	50	36	24	40	L	0.833	
	60	60	0	40	G	0.750	
	60	76	24	0	C	0.583	
	50	84	16	0	D	0.583	
	60	34	16	50	N	0.583	
	50	33	33	33	K	0.166	
60	100	0	0	M	-0.083		

- En el Cuadro 13 se muestra el análisis de varianza para el atributo, **apariencia general**, en donde hay diferencia significativa entre los resultados dados por los 12 jueces; y confirma la diferencia altamente significativa que hay entre los 16 tratamientos a los que fueron sometidas las rodajas de piña secadas a diferentes temperaturas.
- De la prueba de tukey se observa que hay preferencia significativa entre los resultados dados para la piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50) (E) con respecto a los resultados de las demás muestras.
- En orden de aceptación se dan los resultados de la muestra de piña seca a 50° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (60-0-40) (J)
- En menor grado de preferencia se dan los resultados de piña seca a 50° C de temperatura y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (100-0-0) (O) con respecto a las demás muestras.
- Lo mismo ocurre con los resultados de la muestra de piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (34-16-50) (P) con respecto a las demás.
- Para los resultados de las rodajas de piña seca a 60° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50) (B), así como los resultados de piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (76-24-0) (F), se observa una leve preferencia con respecto a los resultados de la muestra de piña seca a 60° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (100-0-0) (M).
- Si tomamos en cuenta el promedio para este atributo de apariencia general el de mayor aceptabilidad es el (E), es decir, piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50); siguiéndole así mismo el (J), piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (60-0-40), el (O), piña seca a 50° C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (100-0-0) y (P), piña seca a 50 °C y deshidratada con soluciones de agua-etanol-sacarosa (34-16-50).
- Siendo el peor de los tratamientos para este atributo la rodaja de piña seca a 60° C de temperatura y deshidratada con soluciones de (100-0-0), teniendo asimismo promedio negativo.

Cuadro N° 13. Resultados ordenados en forma descendente de acuerdo a los promedios obtenidos en el análisis sensorial del atributo APARIENCIA GENERAL

Características	Temperatura	Concentraciones			Tratamientos	Promedios Ordenados	Significancia
	°C	Agua	Etanol	Sacarosa			
APARIENCIA GENERAL	50	50	0	50	E	2.250	***
	50	60	0	40	J	2.000	***
	50	100	0	0	O	1.917	**
	50	34	16	50	P	1.750	**
	60	50	0	50	B	1.500	*
	50	76	24	0	F	1.500	
	60	60	0	40	G	1.170	
	50	84	16	0	D	0.833	
	60	36	24	40	I	0.833	
	60	33	33	33	H	0.750	
	50	36	24	40	L	0.667	
	60	84	16	0	A	0.583	
	60	76	24	0	C	0.500	
	50	33	33	33	K	0.250	
	60	34	16	50	N	0.250	
	60	100	0	0	M	-0.083	



Figura N° 45: Fotografía de las rodajas de piña (*Ananas comosus*) al término del proceso de secado.

4.4.2. SUPERFICIES DE RESPUESTA PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL

4.4.2.1. COLOR

La Figura 46 muestra la representación grafica de las superficie de respuesta para el atributo color; en la Figura 46-A se observa que a medida que se reduce la concentración de etanol en la solución y la temperatura es intermedia, el color se intensifica en las rodajas de piña, contrariamente si aumentamos la temperatura y la concentración de etanol el color se deteriora. En la Figura 46-B se observa que se obtiene mejor coloración en las rodajas de piña, cuando la temperatura y las concentraciones de sacarosa son intermedias. La Figura 46-C confirma lo anterior, ya

concentraciones de sacarosa son intermedias. La Figura 46-C confirma lo anterior, ya que se observa que a mayor concentración de sacarosa y menor concentración de etanol se obtienen mejores resultados en cuanto al color, de las rodajas de piña deshidratadas en las diferentes soluciones osmóticas y secadas a temperaturas de 50 y 60 °C obtenidas según el análisis sensorial.

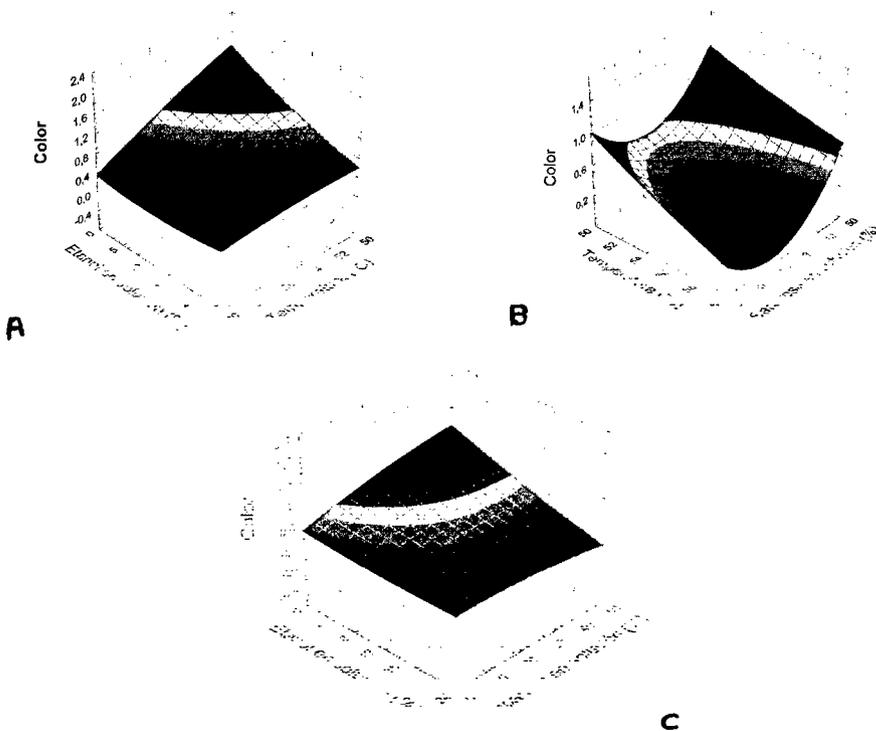


Figura N° 46: Influencia de la concentración de sacarosa y etanol en la solución osmótica y la temperatura de secado sobre el atributo color.

4.4.2.2. SABOR

La Figura 47 muestran la representación grafica de las superficie de respuesta para el atributo sabor, En la Figura 47-A se puede apreciar el efecto de la temperatura y el etanol con respecto al atributo sabor notándose que a medida que se incrementa la temperatura y la concentración de etanol el sabor en las rodajas de piña estudiadas es menos agradable; la Figura 47-B muestra que el atributo sabor es mas aceptable, cuando la concentración de sacarosa aumenta y la temperatura se mantiene relativamente constante; La Figura 47-C muestra que el sabor se intensifica en las rodajas de piña, a medida que se incrementa la concentración de sacarosa y la concentración de etanol se reduce.

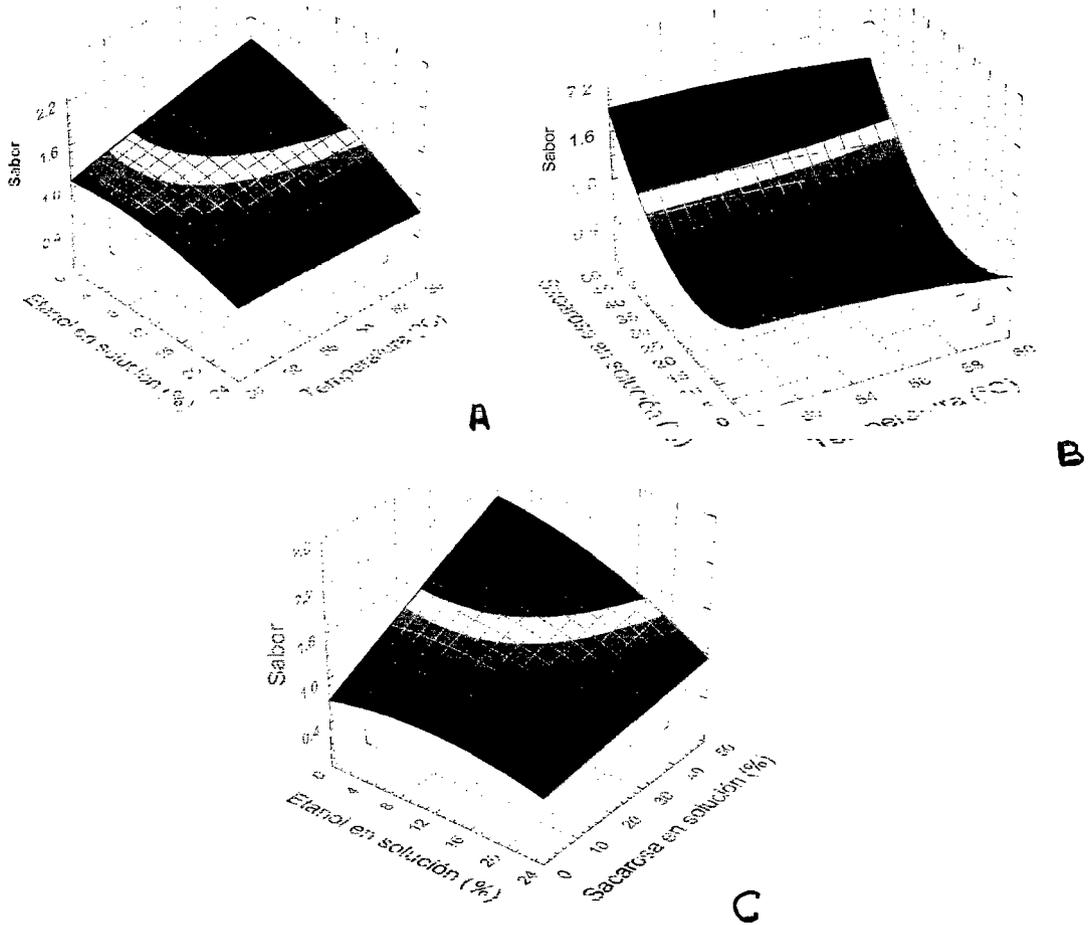


Figura N° 47: Influencia de la concentración de sacarosa y etanol en la solución osmótica y la temperatura de secado sobre el atributo sabor.

4.4.2.3. APARIENCIA GENERAL

La Figura 48 muestran la representación grafica de la superficie de respuesta para el atributo apariencia general de las rodajas de piña, Aquí se observa que el punto más alto de preferencia en cuanto a este atributo se refiere, es cuando la temperatura se encuentra a 50 °C y el etanol tiene concentraciones por debajo de 16 % tal como se observa en la Figura 48-A; asimismo en la Figura 48-B se muestra que para este atributo apariencia general el incremento de sacarosa a menor temperatura da mejores resultados, finalmente en la Figura 48-C se aprecia que los peores resultados se dan cuando la concentración de etanol se incrementa y la concentración de sacarosa disminuye; confirmando de esta manera los resultados dados en el análisis sensorial.

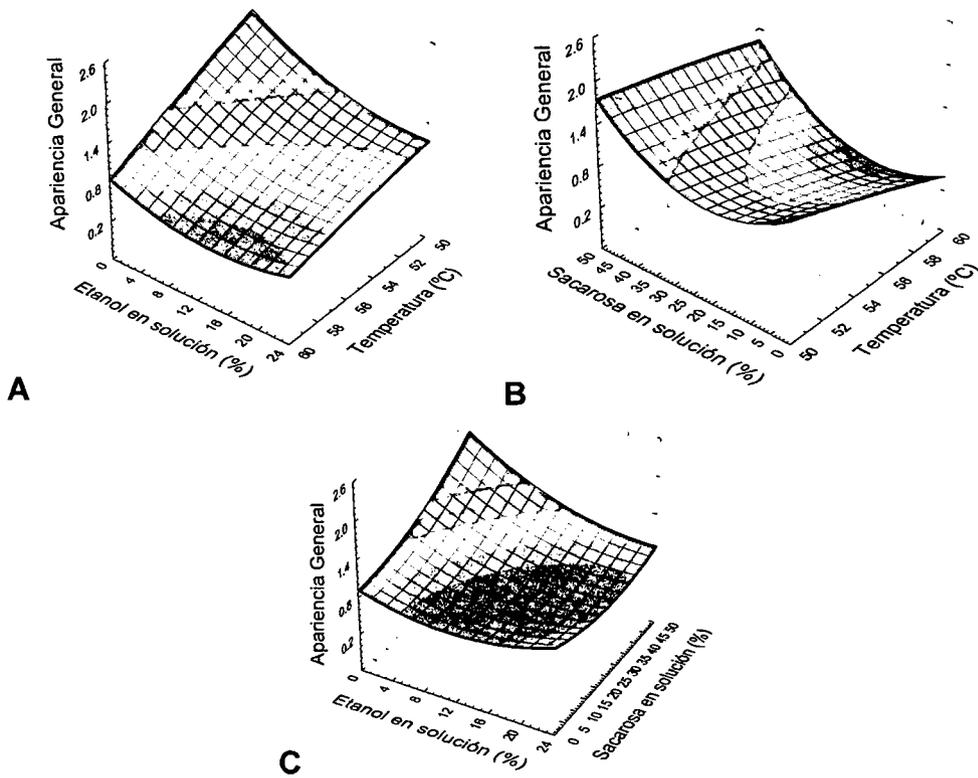


Figura N° 48: Influencia de la concentración de sacarosa y etanol en la solución osmótica y la temperatura de secado sobre el atributo apariencia general.

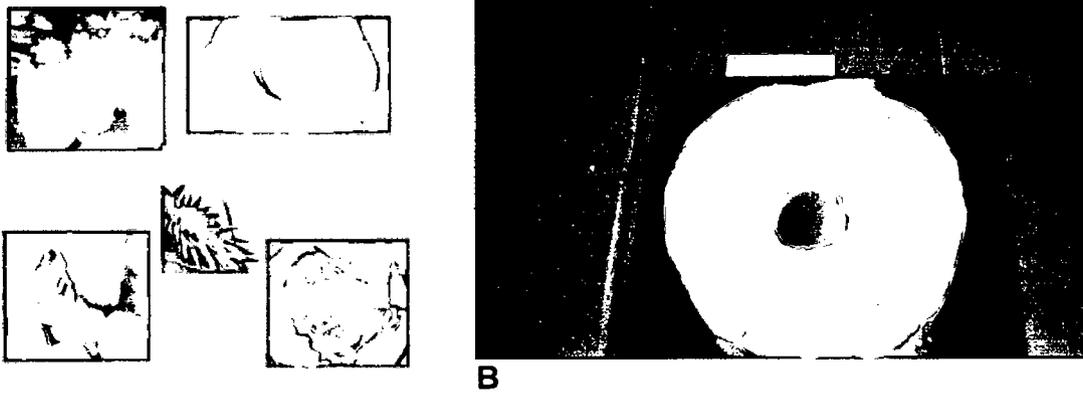


Figura N° 49: (A) Fotografía piña fresca (B) Fotografía piña deshidratada

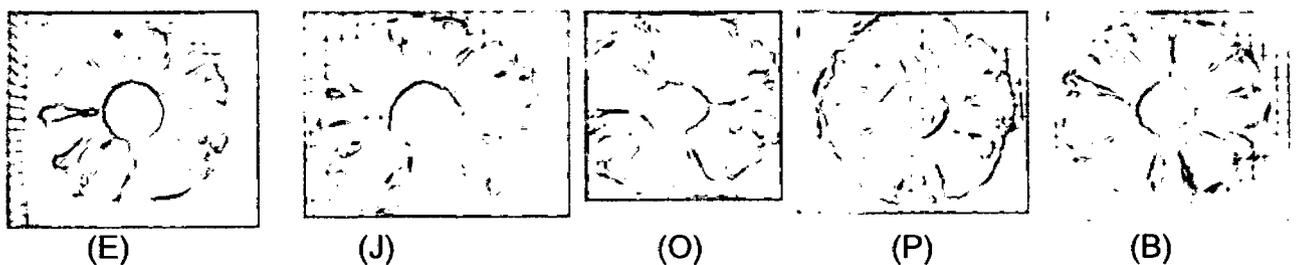


Figura N° 50: Fotografía de las 5 mejores muestras de las rodajas de piña seca, según los resultados del análisis sensorial.

4.5. CONTENIDO DE HUMEDAD EN PIÑA SECA

Las rodajas de piña secas previamente deshidratadas en las diferentes soluciones osmóticas presentan menor contenido de humedad que las frescas, entendiéndose que durante la desecación de la fruta fresca, su contenido en agua se reduce, lo que da lugar a la concentración de los nutrientes. Similar comportamiento es reportado por (Rossello, 1997) quien manifiesta que el porcentaje de humedad para un fruto seco se encuentra entre los 15 a 18 %, por tanto la humedad de las rodajas de piña que muestra este trabajo se encuentran entre 14 a 17 % es decir que se encuentra dentro de los límites y que, si difieren es por que también depende del tipo de fruto así como de las condiciones en que se realiza el secado.

Otros autores como (Murillo, 1993) manifiestan que los frutos secos proporcionan vitaminas del complejo B, fósforo, hierro, cobre, potasio y proteínas (entre tres y diez gramos), lo que equivale a comer algunos de los nutrientes que se obtienen de los animales. Esa es la razón de que sea uno de los alimentos básicos en las dietas vegetarianas, a pesar de que sus proteínas no son de la calidad de las de origen animal, ya que no contienen todos los aminoácidos que necesita el organismo para producir sus propias proteínas si se comen crudos, los frutos secos, además, proporcionan una buena cantidad de vitamina E.

4.6. CONTENIDO DE ÁCIDO ASCORBICO EN LAS RODAJAS DE PIÑA SECA

El Cuadro14 muestra el contenido de ácido ascórbico presente en las rodajas de piña que fueron deshidratadas osmóticamente y secadas; las mismas que tuvieron mayor aceptación según el análisis sensorial, tal como se observa la vitamina no se ha desnaturalizado; se mantiene constante, a excepción de los aceites volátiles que no se pueden determinar por no contar con equipos apropiados para evaluar la pérdida de los mismos por efectos de calor.

Por lo general durante los proceso de deshidratación osmótica y secado se presentan pérdidas de ácido ascórbico, esto por la alta sensibilidad oxidativa de la vitamina; sin embargo para este caso en particular los análisis permitieron observar que las pérdidas fueron mínimas.

Otras investigaciones reportan datos tales como (Vinci *et al* 1995) quienes midieron el nivel de ácido ascórbico en 13 frutas diferentes, siendo 11 de las frutas exóticas y 2 frutas cítricas (limón y naranja), con el propósito de comparación. Los resultados mostraron que las frutas tropicales contienen un alto nivel de ácido ascórbico, variando de 20 a 90 mg/100 g.

Cuadro N° 14: Contenido de ácido ascórbico presente en las rodajas de piña.

COMPONENTES (Agua-etanol-sacarosa)	D.O 3 h. Mg/100g.	Seca a T de 50 °C Mg/100g.
Vitamina C (60-0-40)	25.0927	82.524
Vitamina C (50-0-50)	25.845	98.048
Vitamina C (34-16-50)	24.222	97.991

Elaboración propia

V. CONCLUSIONES



En base a los resultados experimentales mostrados en el presente trabajo, se concluye que:

1. La deshidratación osmótica influyó en la humedad de inicio de secado de las rodajas de piña deshidratadas con soluciones de agua-etanol, mostrando humedades más altas, con soluciones de agua-sacarosa las humedades más bajas, y con soluciones de agua-etanol-sacarosa, humedades intermedias.
2. La humedad disminuye considerablemente a medida que se incrementa la temperatura y el tiempo de secado.
3. Los tratamientos osmóticos que inducen a cambios marcados, son aquellos en que la concentración de la solución osmótica es mayor.
4. Las cinéticas de secado permiten observar que a medida que se incrementan las cantidades de sacarosa en la solución, menores tiempos son requeridos para alcanzar una determinada humedad en la rodaja de piña.
5. Se observa también en las cinéticas de secado el efecto combinado de la sacarosa y el etanol, ya que a medida que se incrementa la concentración de sacarosa en la solución, la humedad disminuye, mientras que cuando se aumenta la concentración del etanol, se obtienen resultados favorables en cuanto a la velocidad de secado.
6. Las pérdidas de ácido ascórbico en las rodajas de piña deshidratadas con soluciones de agua-etanol-sacarosa (60-0-40) %, (50-0-50) % y (34-16-50) % y secadas a 50 °C fueron mínimas; ya que según los análisis la concentración fue de 82.524; 98.048 y 97.991 mg/100g respectivamente
7. Los mejores resultados de cinética de secado se obtuvieron a 50 °C.
8. Las muestras de mejor aceptación, determinadas a través del análisis sensorial, fueron las rodajas de piña deshidratadas con soluciones de agua-etanol-sacarosa (50-0-50), (60-0-40), (34-16-50), sin tratamiento osmótico, secadas a 50 °C y (50-0-50) secada a 60 °C.
9. Las rodajas de piña deshidratadas en soluciones osmóticas y secadas a 40 °C no tuvieron aceptación, ya que presentaron oscurecimiento y humedad en la superficie.



10. Las rodajas de piña deshidratadas con soluciones osmóticas (33-33-33) %, (34-16-50) % y las rodajas sin tratamiento osmótico secadas a 60 °C fueron las de menor preferencia, debido a que presentaron endurecimiento en la superficie.
11. Las humedades finales obtenidas en las rodajas de piña seca fueron de 14 a 17 %; contenido que se halla dentro de lo establecido por las Normas Técnicas Peruanas (ITINTEC), para frutas secas como las pasas e higos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios complementarios de post cosecha, como de almacenamiento tanto de la piña fresca, como de la piña seca, para determinar la mejor forma de mantener la vida útil de esta fruta.
2. Realizar estudios que evalúen la deshidratación osmótica, con otras concentraciones diferentes a las utilizadas en el presente trabajo, puesto que esto dará una mejor elección para un proceso posterior.
3. Para trabajos futuros puede utilizarse otros agentes osmóticos, concentraciones y temperaturas diferentes para verificar cuál es el que ofrece mejores condiciones de deshidratado osmótico.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. A.O.A.C. 1990. "Official methods of the Association of Official Analytical Chemists" Arlington, V.A.
2. ASPECTOS TECNICOS SOBRE CUARENTA Y CINCO CULTIVOS AGRICOLAS DE COSTA RICA 1991. Dirección general de investigación y extensión agrícola. ministerio de agricultura y ganadería. san José de Costa Rica; se encuentra en. www.mag.go.cr/biblioteca_virtual/ciencia_tec/Piña.pdf.
3. ARTHUR CAPUTI, JR., MASAO UEDA, AND THOMAS BROWN. 1968. Presented at the Annual Meeting of the American Society of Enologists, Cle Elton, Coronado, California, June 20-22.
4. BAIN, J. M. & McBEAN, D. M. 1969. The development of the cuticular wax layer in prune plums and the changes occurring in it during drying. *Australian journal of Biological Science*, 22, 101-110.
5. BALLENA CH. 1994. "Métodos Estadísticos para la investigación" Ediciones UNSM -FIC Tarapoto -Perú
6. BARBOSA-CANOVAS G., VEGA-MERCADO, H. 2000. "Deshidratación de alimentos" Editorial Acribia., Zaragoza - España.
7. BENICIO DE BARROS NETO, LEDA SPACINO SCARMINIO, ROY EDWARD BRUNS. 1995. "Planejamento e optimizacao de experimentos" Editora de Unicamp Brasil.
8. BERISTAIN, C.I.; AZUARA, CORTES, R. and GARCIA, H.S.1990. Mass Transfer during Osmotic Dehydration of Pineapple Rings; *International Journal of Food Science and Technology*; vol 5 ; pp. 576-582;

- 
9. BISWAL, R.N., BOZORGMEHR, K, TOMPKINS, F. D. & LIU, X. 1991. Osmotic Concentration of Green Beans Prior to Freezing; **Journal of Food Science**; vol 56, pp. 1008-1012.
 10. BISWAL, R. N. and LE MAGUER, M. 1989. Mass Transfer in plant Materials in contact with Aqueous Solutions of Ethanol and Sodium Chloride. Equilibrium Data; **Journal of Food Process Engineering**; vol 16, pp 159- 176.
 11. BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S. 1978. "Statistics for experimenters: introductions to design, data analysis and model building. New York, Wiley y Sons.
 12. BOHUON, P.; COLLIGNAN, A.; RIOS, G.M.; RAOULT-WACK, A.L. 1998. "Soaking Process in Ternary Liquids: Experimental Study of Mass Transport Under Natural and Forced Convection", *Journal of Food Engineering*, 37, 451-469.
 13. BRACK EGG, 2003. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST). Se encuentra en www.fao.org/inpho/content/compnd/text/ch33s/AE614s01.htm - 92k
 14. CABRAL NESTOR. 1987. Fundamentos de transferencia de momentos de masa y calor se encuentra en www.monografias.com/trabajos10/semi/semi..shtml.
 15. CAMARGO, R. 1984. Tecnología de productos agropecuarios. São Paulo, Ed. Nobel, 309p.
 16. CISNEROS, E. 1985. "Cultivos Tropicales adaptados a la selva Peruana." 1ª Edición. Lima – Perú.

17. COLLAZOS, C. 1993. "La Composición de los Alimentos de mayor consumo en el Perú" Ministerio de Salud Pública y asistencia Social, Instituto de Nutrición, 6ta Edic. Lima – Perú.
18. COLLIGNAN, A.; RAOULT-WACK, A. L. 1998. Dewatering and Salting of Cod by Inmersion in Concentrated Sugar/Salt Solutions. *Lebensm,-Wiss, u,-Technol*, v. 27, p. 259-264.
19. CONSUMER,ES.EROSKI2005;ww.nsumer.es/nutrición/alimentos/frutas/yderivados/2001/10/29/35432.php- 63k
20. CONTRERAS, V. 1995. Aspectos teóricos de las operaciones de secado y sus aplicaciones en productos sólidos. Se encuentra en www.monografias.com/trabajos15/operacion-secado/operacion-secado.shtml.
21. CORNELL, JOHN A.1990. How to apply response surface methodology. Milwaukee, WI.
22. COVECA; 2002. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST). Se encuentra en www.fao.org/inpho/content/compnd/text/ch33s/AE614s01.htm - 92k
23. CUSSLER, E. L.; STRUMILLO. 1976-1986. Multicomponent Diffusion. New York: Elsevier Scientific Publishing Company,. 76 p.
24. CONWAY, J.; CASTAIGNE, F.; PICARD, G.; VOVAN, X. 1983. Mass transfer considerations in the osmotic dehydration of apples. *Canadian Institute Food Science Technol. Journal*, v. 16, n. 1, p. 025-029.
25. DESROSIER, N. 1998. Conservación de los alimentos. Edit. Acribia-Zaragoza. España.

26. DULL, 1971. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST); Se encuentra en www.fao.org/inpho/content/compend/text/ch33s/AE614s01.htm - 92k
27. FAO. 2004. "Procesamiento de frutas y hortalizas mediante métodos artesanales y de pequeña escala. Chile.
28. FITO, P. and CHIRALT, A. BARAT, J.M.1998. Deshidratación Osmótica de alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. SPUPV-98.4001
29. GÓMEZ, *Eddie R.*; CORZO, *Otoniel*. 2001. Deshidratación osmótica óptima del melón cortado en forma cilíndrica, III Congreso de Creación Intelectual de la Unimet.
30. GEANKOPLIS, CH. 1998. "Procesos de transporte y operaciones : Unitarias". Compañía Editorial Continental S.A. CECSA., México.
31. GENINA SOTO, 2002. Deshidratación Osmótica alternativa para conservación de frutas tropicales, 2001. y tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Cinvestav. p.22.
32. GERLA, P. E.; RUBIOLO, A. C. 1996. Determinación de los coeficientes de difusión de ácido láctico y NaCl mediante optimización del modelo ternario del proceso de salado de queso. Análisis del I Congreso Ibero-Americano de Ingeniería de Alimentos. Valencia-España, Tomo I, p. 332-344.
33. HEPTON, 2003. Se encuentra en www.monografias.com/trabajos16/labranza-suelos /shtml - 77k.
34. HINCAPIÉ, U. GERARDO. 1998. Manejo Post Cosecha de la Piña; Programa Post Cosecha, Convenio SENA – REINO UNIDO. Pag.160.

35. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ZAPATEPEC. 1999. "Frutas"
<http://www.imiq.org/leon99/memorias/trabajos/jt4/jt4.5.htm>. México
36. ISLAM, M. N.; FLINK, J. N. 1982. Dehydration of potato, II, Osmotic concentration and its effect on air drying behaviour. **Journal of Food Technology**, v. 17, p. 387-403.
37. JAYARAMAN K.S. y DAS GUPTA D. K. 1992. Deshydratation of fruit and vegetables recent developments in principles and techniques. **Drying Technol.** 10(1): 1-50.
38. KAYMAK-ERTEKIN, F. & SULTANOGLU, M. 2000. Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. **Journal of engineering**, 46, 243-250.
39. KITINOJA, L. 1992. Consultancy for aicare/ USAID on food processing in the Quadhai, Chad, Central Africa. Se encuentra en www.agromail.net/agro/t22.html-90k.
40. KOWALSKA, H. & LENART, A. 2001. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. **Journal of Food Engineering**, 49, 137-140.
41. LOMBARDI, A. M. and ZARITSKY, N. E. 1997. Simultaneous Diffusion of Citric Acid and Ascorbic Acid in Prepeeled Potatoes. **Journal of Food Process Engineering**, v. 19, p. 27- 48.
42. LERICI, C. R., PINNAVAIA, G., DALLA ROSA, M. & BARTOLUCCI, L. 1985. Osmotic dehydration of fruit: influence of osmotic agents on drying behaviour and product quality; **Journal of food Science**; vol. 50, pp. 1217 – 1226.
43. MADARIAGA; MENON Y MUJANDAR; TREYBAL. 2005. Centro Universitario "José Martí" Cuba se encuentra www.monografias.com/trabajos15/operacion-secado/operacion-secado.shtml - 72k - 8.

44. MARTÍNEZ, VICENT, 2005. Bromelina, una enzima muy útil. El Mundo de las Plantas, Se encuentra en: <http://botanical-online.com>
45. MEDINA-VIVANCO, M.; SOBRAL, J. P. and HUBINGER, M. 1998. Mass transfer during dewatering and salting of tilapia for different volume ratios of brine and fillets. **Proceeding of 11th International Symposium Drying**, Greece, and v. A, p. 852-859,
46. MEDINA-VIVANCO, M.; SOBRAL, J. P. and HUBINGER, M. 2002. Osmotic dehydration of tilapia fillets in limited volume of ternary solutions. **Chemical Engineering Journal**, v. 86, p. 199-205.
47. MINAG-DGIA. 2005. Direcciones regionales y sub regionales del Ministerio de agricultura.
48. MINAG-OIA. 2005. Direcciones regionales y sub regionales del Ministerio de agricultura.
49. MARCOTTE, M. and LE MAGUER, M. 1991. Repartition of Water in Plant Tissues Subjected to Osmotic Processes. **Journal of Food Process Engineering**. vol 13 , pp. 297 – 320.
50. MENDIETA, O. (1999) "Purificacao de lipase de Geotrichum Sp. por resina cromatografica de interacao hidrofobica. Modelagen, simulacao e validacao de parámetros, Campinas, Brasil.
51. MURILLO G. OLGA. 1993. Tecnologías de alimentos Dirección de mercado y agroindustrias, dirección de producción se encuentra en [www. Mercanet. Cnp.go.cr/Desarrollo_Agroindustria/documentos pdf/piña_ ftp.pdf](http://www.Mercanet.Cnp.go.cr/Desarrollo_Agroindustria/documentos/pdf/piña_ftp.pdf).
52. MULET, A. 2000. Drying of carrots. I. Drying models. **Drying technology**, v. 7, p. 537-557,

53. OCON TOJO 1980; Problemas de ingeniería Química, Tomo II; Impreso en España Graficas Halar S1, Andrés de la cuerda Madrid.
54. PY, López, J, Little, E; Rombold, J; 1987. The plant. Book. Portable Dictionary of the Higher plants.. Cambridge University Press. USA 707 pp. Se encuentra en www.sica.gov.ec/agronegocios/est_peni/DATOS/COMPONENTE3/cacao.htm - 23k
55. PY; Mata, M; Pastor, R; 2001. Preparación de terrenos para cultivos de frutas tropicales. Se encuentra en www.mercanet.cnp.go.cr/Desarrollo_Agroid/documentospdf/Piña_FTP.pdf -
56. PRADO M. E.T; L.FT, ALONSO, K.J. PARK. 2000. "Shrinkage of dates (*Phoenix dactylifera L.*) During Drying. *Drying Technology*. V.18 (n. 1-2, p.295 - 310).
57. PROVEEDORES DE TAIWÁN se encuentra en [w.w.w. turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=145&fdname=FOOD+MANUFACTURING&pagename=Planta+de+pr...](http://www.turnkey.taiwantrade.com.tw/showpage.asp?subid=145&fdname=FOOD+MANUFACTURING&pagename=Planta+de+pr...) - 65k
58. RANGANNA, S. 1979. Manual of analysis of fruit and vegetables products. New delhi: Mc-Graw Hill Publishing Caompany,. 634p.
59. RAOULT-WACK, A. L.; GUILBERT, S.; Le MAGUER, M; RIOS, G.;1991 Simultaneous water and solute transport in shrinking media- part 1. Application to dewatering and impregnation soaking process analysis (osmotic dehydration); *Drying Technolog*, v. 9, n°3, pp 589-612.
60. RAOULT-WACK, A. L. 1994. Recents Advances in the Osmotic Dehydration of Foods; **Trends in food Science and Technology**; vol. 5, pp 255-260.

61. RAMÍREZ, Oscar; CORZO, Otoniel. 2001. Predicción del coeficiente de difusión del agua en la deshidratación osmótica del mamey, III Congreso de Creación Intelectual de la Unimet, Se encuentra en:
<http://medusa.unimet.edu.ve/academic/iiicongreso/areavii.htm>
62. SANCHEZ Y CARAVEO, 1996. Se encuentra en www.monografias.com/trabajos16/labranza-suelos/shtml - 77k.
63. SANKAT, C. K; CASTAIGNE, F. & MAHARAJ, R 1996. The air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated banana slices. **International Journal of Food Science and Technology**, 31, 123-135.
64. SARH; 1994. Instituto Tecnológico de Veracruz (<http://www.itver.edu.mx>); se encuentra en www.fao.org/inpho/content/compnd/text/ch33s/AE614s01.htm - 92k
65. SARH; 2004. Servicio de Tecnologías de Ingeniería Agrícola y Alimentaria (AGST). Operaciones post cosecha de la piña. Se encuentra en www.fao.org/inpho/content/compnd/text/ch33s/AE614s01.htm - 92k
66. SARSAVADIA P.N., R. L. SAWHNEY, D.R. PANGAVHANE, S.P.SINGH. 1999. Drying behaviour of brined onion slices". **Journal of Food Engineering** 40, n.219-226.
67. SERENO, A. M.; MOREIRA, R. & MARTINEZ, E. 2001. Mass transfer coefficients during osmotic dehydration of apple in single and combined aqueous solutions of sugar and salt. **Journal of Food Engineering**, 47, 43-49.
68. SIMAL, S.; DEYA, E.; FRAU, M. & ROSSELLO, C. 1997. Simple modeling of air drying curves of fresh and osmotically pre- dehydrated apple cubes. **Journal of Food Engineering**, 33, 139-150,

69. SINHA, S. P. 2001. "Curso introductorio de Diseño y análisis de superficie de respuesta" (<http://ssinha.virtualave.net/supresp.htm>)
70. T.C.A. 1997. Tratado de Cooperación Amazónica. "Cultivo de frutas nativas amazónicas". Secretaría Protempore Lima -Perú.
71. TEXEIRA, M.; TOBINAGA, S. A 1998. Diffusion model for describing water transport in round squid mantle during drying with a moisture-dependent effective diffusivity. **Journal of Food Engineering**, v. 36, p. 169-181.
72. UDDIN, M. S. & HAWLANDER, M. N. A. 1990. Evaluation of drying characteristics of pineapple in the production of pineapple powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, 14, 375-391.
73. UREÑA P.; D' Arrigo H; Girón M 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos UNLM- Lima- Perú.
74. UZMAN, D.; SAHBAZ, F. 2000. Drying kinetics of hydrated and gelatinised corn starches in the presence of sucrose and sodium chloride. **Journal of Food Science**, v. 65, n.1, p. 115- 122.
75. VELEZ RUIZ, J.F. KOSEGATEN-CONDE, C. and LOPEZ -MALO A., 2000 "Study of the osmotic dehydration of pineapple rings. 12th international Drying Symposium, 4 pages".
76. VINCI, G.; BOTRE, F.; MELE, G. & RUGGIERI, G. 1995. Ascorbic acid in exotic fruits; a liquid chromatographic investigation **Food Chemistry** 53, 211-214
77. VIVANCO PEZANTES DAVID. 1999. "Influencia de las condiciones de Operación en la Cinética de Secado de la Uva variedad Mioscatel Romano". Universidad Nacional del Callao. Se encuentra en <http://www.unac.edu.pe/investigacion/catalogo98/Vivanco>.

78. WELTI, J.; PALOU, E.; LOPEZ-MALO and BALSEIRA, A. 1995. Osmotic Concentration Drying of Mango Slices; *Drying Technology*, vol 13 (1&2), pp. 405 -416.
79. WIKIPEDIA LA ENCICLOPEDIA LIBRE 2004. Se encuentra en es. wikipedia.org/wiki/Fruto_seco - 24k.
80. Zakhia N, P. Bohuon and A. Collignan (1995). "Modelling of Fish Drying using a Combination of Surface Response Methodology and Diffusional Models" *Drying Technology* V.13 (n 8-9, p. 2083-2096)
81. ZAPATA, JOSÉ y CASTRO, GILBERTO. 1999. Cinética de la deshidratación osmótica de piña con alcohol etílico como osmodeshidratante. *Revista Facultad de Ingeniería*, URL:
<http://jaibana.udea.edu.co/grupos/revista/nro018/articulos.html>.

VIII. ANEXOS

Anexo 01

Cuadro a1. Ficha de encuesta para determinar la preferencia de los panelistas a las rodajas de piña luego de los diferentes tratamientos de secado.

Ante Usted; hay 6 muestras marcadas en clave, Evalúe cada una, colocando una X según la escala que crea conveniente para el olor, color, sabor, textura y apariencia general respectivamente:

PRODUCTO: ...PIÑA SECA..... **FECHA:**..... **HORA:**.....

PANELISTA:.....

Código: 841

Escala	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

Código: 505

Escala	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

Código: 762

Escala	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

Código: 148

Escala	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

Código: 350

Escala	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

Código: 267

Escala	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA
Me gusta muchísimo				
Me gusta mucho				
Me gusta ligeramente				
Ni me gusta ni me disgusta				
Me disgusta ligeramente				
Me disgusta mucho				
Me disgusta muchísimo				

EVALUACIÓN DEL GRADO DE SATISFACCIÓN

Marque con una X en el lugar que indique su opinión acerca de cada muestra.

Escala \ Código	841	505	762	148	350	267
Me gusta muchísimo						
Me gusta mucho						
Me gusta ligeramente						
Ni me gusta ni me disgusta						
Me disgusta ligeramente						
Me disgusta mucho						
Me disgusta muchísimo						

COMENTARIOS Y/O SUGERENCIAS:

.....
.....
.....

Cuadro a1.2. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo olor de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones.

JUECES	O L O R																TOTAL
	841	505	762	148	350	267	604	333	362	406	344	263	106	341	601	143	
1	1	3	0	0	1	1	2	1	1	1	0	0	-2	1	1	1	12
2	2	2	-1	1	2	2	0	0	1	0	1	1	0	-1	0	0	10
3	1	1	2	-1	0	2	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	8
4	1	-1	2	1	2	2	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	14
5	1	0	1	1	1	0	1	-1	-1	2	-1	1	0	0	1	2	8
6	1	-1	-1	-2	-2	-2	1	0	0	1	0	2	-1	1	1	0	-2
7	1	1	1	0	1	1	1	0	2	3	1	1	0	1	0	0	14
8	1	2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	0	1	1	12
9	1	2	1	1	0	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	15
10	2	1	1	-1	2	2	1	1	1	0	1	0	1	2	1	1	16
11	1	1	1	0	1	1	1	0	1	2	1	0	1	0	1	1	13
12	1	2	0	1	2	1	-1	2	1	2	-1	0	1	0	1	1	13
TOTAL	14	13	7	2	11	13	9	6	8	15	4	6	3	5	9	8	133
X	1.167	1.083	0.583	0.167	0.917	1.083	0.750	0.500	0.667	1.250	0.333	0.500	0.250	0.417	0.750	0.667	11.083

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

SUMA DE CUAD. TOTALES : $1^2+3^2+\dots+1^2+1^2 = 249.00$
 FACTOR DE CORRECCIÓN : $133^2 / (16 \cdot 12) = 92.13$
 SUMA DE CUAD. DE BLOQUES: $12^2/16 + 10^2/16 + \dots + 22^2/16 = 108.1875$
 $108.1875 - 92.13 = 16.0575$

SUMA DE CUAD. TRATAMIENTOS: $14^2/12 + 13^2/12 + \dots + 8^2/12 = 192.4166$
 $192.4166 - 92.13 = 100.2866$

ERROR EXPERIMENTAL: $249.00 - (92.130 + 16.0575 + 100.2866) = 40.5259$

ANVA PARA EL DBCA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft	Sig.
Jueces	11	16.0575	1.4597	5.94	1.79	*
Prueba sensoriales (Olor)	15	100.2866	6.6857	27.22	1.67	**
Error experimental	165	40.5259	0.2456			
Total	191	156.87				

- Cálculo de la diferencia mínima significativa, por medio de la Prueba de Tukey.

Cálculo: $W (AES) = 0.1431 \cdot 4.85 = 0.694$

$Sp = 0.1431$

$P = 16 \cdot n_v = 165$

→ $q_\alpha = 4.85$

PROMEDIOS ORDENADOS
J = 1.25
A = 1.167
B = 1.083
F = 1.083
E = 0.917
G = 0.75
O = 0.75
I = 0.667
P = 0.667
C = 0.583
H = 0.5
L = 0.5
N = 0.417
K = 0.333

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
F Vs E	0.166	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs G	0.333	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs O	0.333	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs I	0.416	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs P	0.416	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs C	0.5	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs H	0.583	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs L	0.583	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs N	0.666	0.694	NO SIGNIFICATIVO
F Vs K	0.75	0.694	SIGNIFICATIVO
F Vs M	0.833	0.694	SIGNIFICATIVO
F Vs D	0.916	0.694	SIGNIFICATIVO
E Vs G	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs O	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs I	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs P	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs C	0.334	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs H	0.417	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs L	0.417	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs N	0.5	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs K	0.584	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs M	0.667	0.694	NO SIGNIFICATIVO
E Vs D	0.75	0.694	SIGNIFICATIVO
G Vs O	0	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs I	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs P	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs C	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs H	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs L	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs N	0.333	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs K	0.417	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs M	0.5	0.694	NO SIGNIFICATIVO
G Vs D	0.583	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs I	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs P	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs C	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs H	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs L	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs N	0.333	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs K	0.417	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs M	0.5	0.694	NO SIGNIFICATIVO
O Vs D	0.583	0.694	NO SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
I Vs P	0	0.694	NO SIGNIFICATIVO
I Vs C	0.084	0.694	NO SIGNIFICATIVO
I Vs H	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
I Vs L	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
I Vs N	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
I Vs K	0.334	0.694	NO SIGNIFICATIVO
I Vs M	0.417	0.694	NO SIGNIFICATIVO
I Vs D	0.5	0.694	NO SIGNIFICATIVO
P Vs C	0.084	0.694	NO SIGNIFICATIVO
P Vs H	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
P Vs L	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
P Vs N	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
P Vs K	0.334	0.694	NO SIGNIFICATIVO
P Vs M	0.417	0.694	NO SIGNIFICATIVO
P Vs D	0.5	0.694	NO SIGNIFICATIVO
C Vs H	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
C Vs L	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
C Vs N	0.166	0.694	NO SIGNIFICATIVO
C Vs K	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
C Vs M	0.333	0.694	NO SIGNIFICATIVO
C Vs D	0.416	0.694	NO SIGNIFICATIVO
H Vs L	0	0.694	NO SIGNIFICATIVO
H Vs N	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
H Vs K	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
H Vs M	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
H Vs D	0.333	0.694	NO SIGNIFICATIVO
L Vs N	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
L Vs K	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
L Vs M	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
L Vs D	0.333	0.694	NO SIGNIFICATIVO
N Vs K	0.084	0.694	NO SIGNIFICATIVO
N Vs M	0.167	0.694	NO SIGNIFICATIVO
N Vs D	0.25	0.694	NO SIGNIFICATIVO
K Vs M	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO
K Vs D	0.166	0.694	NO SIGNIFICATIVO
M Vs D	0.083	0.694	NO SIGNIFICATIVO

Cuadro a1.3. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo **Color** de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones.

JUECES	C O L O R																TOTAL
	841	505	762	148	350	267	604	333	362	406	344	263	106	341	601	143	
1	2	3	1	0	0	-1	1	1	1	2	-1	1	-1	0	2	1	12
2	1	1	0	1	2	2	1	-1	0	2	0	1	0	-1	2	1	12
3	-2	-1	0	-1	3	2	-2	-1	-2	2	0	-1	0	0	2	0	-1
4	-2	1	2	2	3	3	1	1	2	2	1	1	1	0	2	1	21
5	-1	-1	2	3	0	-1	1	0	1	2	-1	1	-1	0	1	3	9
6	2	2	-1	-1	-2	-2	0	1	0	3	-1	1	-1	1	1	1	4
7	1	2	-1	0	1	0	1	0	1	3	-1	0	-1	-1	2	1	8
8	0	2	0	1	2	1	1	1	0	2	1	0	-1	0	1	2	13
9	2	2	-1	1	1	0	1	0	-1	2	1	1	-2	0	3	1	11
10	-1	2	2	1	2	2	-1	-1	-1	1	-1	1	0	1	2	1	10
11	1	0	1	1	2	2	1	1	1	2	1	-1	-1	1	2	1	15
12	2	2	1	0	1	0	-1	1	2	2	-1	1	1	0	2	1	14
TOTAL	5	15	6	8	15	8	4	3	4	25	-2	6	-6	1	22	14	128
X	0.417	1.250	0.500	0.667	1.250	0.667	0.333	0.250	0.333	2.083	-0.167	0.500	-0.500	0.083	1.833	1.167	10.667
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q

SUMA DE CUAD. TOTALES : $2^2+3^2+\dots+2^2+1^2 = 376.00$

FACTOR DE CORRECCIÓN : $128^2 / (16*12) = 85.333$

SUMA DE CUAD. DE BLOQUES: $12^2/16 + 15^2/16 + \dots + 14^2/16 = 106.375$
 $106.375 - 85.333 = 21.042$

SUMA DE CUAD. TRATAMIENTOS: $5^2/12 + 15^2/12 + \dots + 1^2/12 = 171.833$
 $171.833 - 85.333 = 86.500$

ERROR EXPERIMENTAL: $376.00 - (85.333 + 21.042 + 86.500) = 183.125$

ANVA PARA EL DBCA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft	Sig.
Jueces	11	21.042	1.913	1.725	1.79	N.S
Prueba sensoriales (Color)	15	86.5	5.767	5.2	1.67	**
Error experimental	165	183.125	1.109			
Total	191	290.667				

- **Cálculo de la diferencia mínima significativa, por medio de la Prueba de Tukey.**

$S_p = 0.304$ $P = 16$ $n_v = 165$ \longrightarrow $q_\alpha = 4.85$

PROMEDIOS ORDENADOS	
J = 2.083	L = 0.5
O = 1.833	A = 0.417
B = 1.25	G = 0.333
E = 1.25	I = 0.333
P = 1.167	H = 0.25
D = 0.667	N = 0.083
F = 0.667	K = -0.166
C = 0.5	M = -0.5

$W (AES) = 0.304 * 4.85 = 1.474$

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
J Vs O	0.25	1.474	NO SIGNIFICATIVO
J Vs B	0.833	1.474	NO SIGNIFICATIVO
J Vs E	0.833	1.474	NO SIGNIFICATIVO
J Vs P	0.916	1.474	NO SIGNIFICATIVO
J Vs D	1.416	1.474	NO SIGNIFICATIVO
J Vs F	1.416	1.474	NO SIGNIFICATIVO
J Vs G	1.583	1.474	SIGNIFICATIVO
J Vs L	1.583	1.474	SIGNIFICATIVO
J Vs A	1.666	1.474	SIGNIFICATIVO
J Vs G	1.75	1.474	SIGNIFICATIVO
J Vs I	1.75	1.474	SIGNIFICATIVO
J Vs H	1.833	1.474	SIGNIFICATIVO
J Vs N	2.00	1.474	SIGNIFICATIVO
J Vs K	2.249	1.474	SIGNIFICATIVO
J Vs M	2.583	1.474	SIGNIFICATIVO
O Vs B	0.583	1.474	NO SIGNIFICATIVO
O Vs E	0.583	1.474	NO SIGNIFICATIVO
O Vs P	0.666	1.474	NO SIGNIFICATIVO
O Vs D	1.166	1.474	NO SIGNIFICATIVO
O Vs F	1.166	1.474	NO SIGNIFICATIVO
O Vs C	1.333	1.474	NO SIGNIFICATIVO
O Vs L	1.333	1.474	NO SIGNIFICATIVO
O Vs A	1.416	1.474	NO SIGNIFICATIVO
O Vs G	1.5	1.474	SIGNIFICATIVO
O Vs I	1.5	1.474	SIGNIFICATIVO
O Vs H	1.583	1.474	SIGNIFICATIVO
O Vs N	1.75	1.474	SIGNIFICATIVO
O Vs K	1.999	1.474	SIGNIFICATIVO
O Vs M	2.333	1.474	SIGNIFICATIVO
B Vs E	0	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs P	0.083	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs D	0.583	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs F	0.583	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs C	0.75	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs L	0.75	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs A	0.833	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs G	0.917	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs I	0.917	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs H	1	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs N	1.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs K	1.416	1.474	NO SIGNIFICATIVO
B Vs M	1.75	1.474	SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
E Vs P	0.083	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs D	0.583	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs F	0.583	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs C	0.75	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs L	0.75	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs A	0.833	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs G	0.917	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs I	0.917	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs H	1	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs N	1.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs K	1.416	1.474	NO SIGNIFICATIVO
E Vs M	6.25	1.474	SIGNIFICATIVO
P Vs D	0.5	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs F	0.5	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs C	0.667	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs L	0.667	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs A	0.75	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs G	0.834	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs I	0.834	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs H	0.917	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs N	-1.084	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs K	1.333	1.474	NO SIGNIFICATIVO
P Vs M	1.667	1.474	SIGNIFICATIVO
D Vs F	0	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs C	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs L	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs A	0.25	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs G	0.334	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs I	0.334	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs H	0.417	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs N	0.584	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs K	0.833	1.474	NO SIGNIFICATIVO
D Vs M	1.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs C	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs L	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs A	0.25	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs G	0.334	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs I	0.334	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs H	0.417	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs N	0.584	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs K	0.833	1.474	NO SIGNIFICATIVO
F Vs M	1.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
C Vs L	0	1.474	NO SIGNIFICATIVO
C Vs A	0.083	1.474	NO SIGNIFICATIVO
C Vs G	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
C Vs I	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
C Vs H	0.25	1.474	NO SIGNIFICATIVO
C Vs N	0.417	1.474	NO SIGNIFICATIVO
C Vs K	0.666	1.474	NO SIGNIFICATIVO
C Vs M	1	1.474	NO SIGNIFICATIVO
L Vs A	0.083	1.474	NO SIGNIFICATIVO
L Vs G	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
L Vs I	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
L Vs H	0.25	1.474	NO SIGNIFICATIVO
L Vs N	0.417	1.474	NO SIGNIFICATIVO
L Vs K	0.666	1.474	NO SIGNIFICATIVO
L Vs M	1	1.474	NO SIGNIFICATIVO
A Vs G	0.084	1.474	NO SIGNIFICATIVO
A Vs I	0.084	1.474	NO SIGNIFICATIVO
A Vs H	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
A Vs N	0.334	1.474	NO SIGNIFICATIVO
A Vs K	0.583	1.474	NO SIGNIFICATIVO
A Vs M	0.917	1.474	NO SIGNIFICATIVO
G Vs I	0	1.474	NO SIGNIFICATIVO
G Vs H	0.083	1.474	NO SIGNIFICATIVO
G Vs N	0.25	1.474	NO SIGNIFICATIVO
G Vs K	0.499	1.474	NO SIGNIFICATIVO
G Vs M	0.833	1.474	NO SIGNIFICATIVO
I Vs H	0.083	1.474	NO SIGNIFICATIVO
I Vs N	0.25	1.474	NO SIGNIFICATIVO
I Vs K	0.499	1.474	NO SIGNIFICATIVO
I Vs M	0.833	1.474	NO SIGNIFICATIVO
H Vs N	0.167	1.474	NO SIGNIFICATIVO
H Vs K	0.416	1.474	NO SIGNIFICATIVO
H Vs M	0.75	1.474	NO SIGNIFICATIVO
N Vs K	0.249	1.474	NO SIGNIFICATIVO
N Vs M	0.583	1.474	NO SIGNIFICATIVO
K Vs M	0.334	1.474	NO SIGNIFICATIVO

Cuadro a 1.4. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo Sabor de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones.

JUECES	S A B O R																TOTAL
	841	505	762	148	350	267	604	333	362	406	344	263	106	341	601	143	
1	1	3	0	1	2	-1	2	2	1	-1	-1	-1	1	-1	2	12	
2	3	1	-1	-1	3	-1	2	1	2	1	-1	1	-1	-1	2	11	
3	1	2	1	1	3	-1	-1	-1	1	2	-1	-1	0	1	2	9	
4	-1	2	0	1	3	2	1	0	2	2	0	1	1	1	2	20	
5	1	2	2	3	2	1	2	2	1	2	-1	1	0	1	1	23	
6	1	2	-3	-1	2	2	2	2	1	2	0	1	-1	2	2	15	
7	1	2	0	1	2	0	1	1	3	3	1	-1	-1	-1	0	12	
8	1	3	-1	1	3	1	1	1	2	2	1	1	1	0	1	20	
9	2	1	-1	1	2	1	1	1	1	2	-1	2	1	1	2	19	
10	1	2	1	2	3	2	1	-1	1	1	1	2	0	1	2	22	
11	2	2	2	3	2	2	1	2	2	2	1	-1	1	1	1	25	
12	2	2	2	-1	3	2	1	1	2	2	2	1	1	0	1	24	
TOTAL	15	24	2	11	30	10	1	11	20	22	1	6	1	7	15	23	199
X	1.250	2.000	0.167	0.917	2.500	0.833	1	0.917	1.667	1.833	0.083	0.500	0.083	0.583	1.250	1.917	17.500

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

SUMA DE CUAD. TOTALES : $1^2+3^2+\dots+1^2+3^2 = 518.00$

FACTOR DE CORRECCIÓN : $214^2 / (16 \cdot 12) = 238.521$

SUMA DE CUAD. DE BLOQUES: $12^2/16 + 11^2/16 + \dots + 24^2/16 = 261.25$
 $261.25 - 238.521 = 22.729$

SUMA DE CUAD. TRATAMIENTOS: $15^2/12 + 24^2/12 + \dots + 23^2/12 = 335.666$
 $335.666 - 238.521 = 97.146$

ERROR EXPERIMENTAL: $518.00 - (238.521 + 22.729 + 97.146) = 159.604$

ANVA PARA EL DBCA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft	Sig.
Jueces	11	22.729	2.0663	2.1362	1.79	**
Prueba sensoriales (Sabor)	15	97.146	6.4764	6.6953	1.67	**
Error experimental	165	159.604	0.9673			
Total	191	279.479				

- **Cálculo de la diferencia mínima significativa, por medio de la Prueba de Tukey.**

Cálculo:

$S_p = 0.2839$ P = 16 $n_v = 165 \rightarrow q_\alpha = 4.85$ W (AES) = $0.2839 \cdot 4.85 = 1.377$

PROMEDIOS ORDENADOS	
E = 2.50	D = 0.916
B = 2.00	H = 0.916
P = 1.967	F = 0.833
J = 1.833	N = 0.583
I = 1.66	L = 0.50
G = 1.333	C = 0.167
O = 1.25	K = 0.083
A = 1.25	M = 0.083

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
E Vs B	0.5	1.377	NO SIGNIFICATIVO
E Vs P	0.583	1.377	NO SIGNIFICATIVO
E Vs J	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
E Vs I	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
E Vs G	1.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
E Vs O	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
E Vs A	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
E Vs D	1.584	1.377	SIGNIFICATIVO
E Vs H	1.584	1.377	SIGNIFICATIVO
E Vs F	1.667	1.377	SIGNIFICATIVO
E Vs N	1.917	1.377	SIGNIFICATIVO
E Vs L	2	1.377	SIGNIFICATIVO
E Vs C	2.33	1.377	SIGNIFICATIVO
E Vs K	2.417	1.377	SIGNIFICATIVO
E Vs M	2.417	1.377	SIGNIFICATIVO
B Vs P	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs J	0.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs I	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs G	0.67	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs O	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs A	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs D	1.084	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs H	1.084	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs F	1.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs N	1.417	1.377	SIGNIFICATIVO
B Vs L	1.5	1.377	SIGNIFICATIVO
B Vs C	1.833	1.377	SIGNIFICATIVO
B Vs K	1.917	1.377	SIGNIFICATIVO
B Vs M	1.917	1.377	SIGNIFICATIVO
P Vs J	0.084	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs I	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs G	0.584	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs O	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs A	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs D	1.001	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs H	1.001	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs F	1.084	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs N	1.334	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs L	1.417	1.377	SIGNIFICATIVO
P Vs C	1.75	1.377	SIGNIFICATIVO
P Vs K	1.834	1.377	SIGNIFICATIVO
P Vs M	1.834	1.377	SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
J Vs I	0.166	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs G	0.5	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs O	0.583	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs A	0.583	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs D	0.917	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs H	0.917	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs F	1	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs N	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs L	1.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
J Vs C	1.666	1.377	SIGNIFICATIVO
J Vs K	1.75	1.377	SIGNIFICATIVO
J Vs M	1.75	1.377	SIGNIFICATIVO
I Vs G	0.334	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs O	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs A	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs D	0.751	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs H	0.751	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs F	0.834	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs N	1.084	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs L	1.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs C	1.15	1.377	SIGNIFICATIVO
I Vs K	1.584	1.377	SIGNIFICATIVO
I Vs M	1.584	1.377	SIGNIFICATIVO
G Vs O	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs A	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs D	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs H	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs F	0.5	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs N	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs L	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs C	1.166	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs K	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs M	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs A	0	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs D	0.334	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs H	0.334	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs F	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs N	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs L	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs C	1.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs K	1.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
O Vs M	1.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
A Vs D	0.334	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs H	0.334	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs F	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs N	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs L	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs C	1.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs K	1.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs M	1.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs H	0	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs F	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs N	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs L	0.416	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs C	0.749	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs K	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs M	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs F	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs N	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs L	0.416	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs C	0.749	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs K	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs M	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs N	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs L	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs C	0.666	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs K	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs M	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
N Vs L	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
N Vs C	0.416	1.377	NO SIGNIFICATIVO
N Vs K	0.5	1.377	NO SIGNIFICATIVO
N Vs M	0.5	1.377	NO SIGNIFICATIVO
L Vs N	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
L Vs K	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
L Vs M	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
C Vs K	0.084	1.377	NO SIGNIFICATIVO
C Vs M	0.084	1.377	NO SIGNIFICATIVO
K Vs M	0	1.377	NO SIGNIFICATIVO

Cuadro a1.5. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo Textura de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones.

JUECES	T E X T U R A																TOTAL
	841	505	762	148	350	267	604	333	362	406	344	263	106	341	601	143	
1	1	3	-1	0	1	0	2	2	2	1	1	-2	1	2	2	17	
2	0	0	-1	-1	3	2	1	1	1	1	0	1	-1	2	0	10	
3	0	1	2	0	-1	0	1	1	2	-1	0	1	1	2	0	10	
4	0	2	1	2	3	2	0	1	2	1	1	1	0	2	2	22	
5	2	2	2	3	1	1	0	2	-1	1	-1	1	0	0	1	16	
6	1	2	1	-2	2	2	1	0	0	2	-1	1	0	2	2	15	
7	2	3	-1	-1	2	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	12	
8	1	2	1	2	3	2	-1	1	1	2	1	1	1	1	1	21	
9	1	0	2	2	1	2	1	0	0	2	-2	2	-1	1	1	14	
10	1	2	-1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	-2	1	2	12	
11	1	2	1	-1	1	2	2	1	2	2	1	1	-1	1	2	19	
12	1	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	0	2	22	
TOTAL	11	21	7	7	19	14	9	10	12	21	2	10	-1	7	21	20	190
\bar{X}	0.917	1.750	0.583	0.583	1.583	1.167	0.750	0.833	1.00	1.750	0.167	0.833	-0.08	0.583	1.750	1.667	15.83

A B C D E F G H I J K L M N O P Q

SUMA DE CUAD. TOTALES : $1^2+3^2+\dots+2^2+2^2 = 412.00$

FACTOR DE CORRECCIÓN : $190^2 / (16*12) = 188.021$

SUMA DE CUAD. DE BLOQUES: $17^2/16+10^2/16+\dots+22^2/16 = 201.50$
 $201.50 - 188.021 = 13.479$

SUMA DE CUAD. TRATAMIENTOS: $11^2/12+21^2/12+\dots+20^2/12 = 248.166$
 $248.166 - 188.021 = 60.145$

ERROR EXPERIMENTAL: $412.00 - (188.021+13.479+60.145) = 150.145$

ANVA PARA EL DBCA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft	Sig.
Jueces	11	13.479	1.2254	1.3447	1.79	n.s.
Prueba sensoriales (Textura)	15	60.145	4.4003	4.8289	1.67	**
Error experimental	165	150.355	0.91124			
Total	191	223.979				

- Cálculo de la diferencia mínima significativa, por medio de la Prueba de Tukey.

Cálculo:

$Sp = 0.2756$ P = 16 $n_v = 165 \rightarrow q_{\alpha} = 4.85$ $W(AES) = 0.2756 * 4.85 = 1.3367$

PROMEDIOS ORDENADOS	
B = 1.75	H = 0.83
J = 1.75	L = 0.83
O = 1.75	G = 0.75
P = 1.66	C = 0.58
E = 1.58	D = 0.58
F = 1.17	N = 0.58
I = 1.00	K = 0.17
A = 0.92	M = -0.083

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
B Vs J	0	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs O	0	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs P	0.08	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs E	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs F	0.58	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs I	0.75	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs A	0.83	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs H	0.92	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs L	0.92	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs G	1	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs C	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs D	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs N	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
B Vs K	1.58	1.3367	SIGNIFICATIVO
B Vs M	1.833	1.3367	SIGNIFICATIVO
J Vs O	0	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs P	0.08	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs E	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs F	0.58	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs I	0.75	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs A	0.83	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs H	0.92	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs L	0.92	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs G	1	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs C	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs D	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs N	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
J Vs K	1.58	1.3367	SIGNIFICATIVO
J Vs M	1.833	1.3367	SIGNIFICATIVO
O Vs P	0.08	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs E	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs F	0.58	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs I	0.75	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs A	0.83	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs H	0.92	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs L	0.92	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs G	1	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs C	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs D	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs N	1.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
O Vs K	1.58	1.3367	SIGNIFICATIVO
O Vs M	1.833	1.3367	SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AAES (T)	SIGNIFICANCIA
P Vs E	0.09	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs F	0.5	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs I	0.67	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs A	0.75	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs H	0.84	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs L	0.84	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs G	0.92	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs C	1.09	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs D	1.09	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs N	1.09	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
P Vs K	1.5	1.3367	SIGNIFICATIVO
P Vs M	1.75	1.3367	SIGNIFICATIVO
E Vs F	0.41	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs I	0.58	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs A	0.66	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs H	0.75	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs L	0.75	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs G	0.83	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs C	1	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs D	1	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs N	1	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
E Vs K	1.41	1.3367	SIGNIFICATIVO
E Vs M	1.66	1.3367	SIGNIFICATIVO
F Vs I	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs A	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs H	0.34	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs L	0.34	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs G	0.42	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs C	0.59	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs D	0.59	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs N	0.59	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs K	1	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
F Vs M	1.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs A	0.08	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs H	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs L	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs G	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs C	0.42	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs D	0.42	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs N	0.42	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs K	0.83	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
I Vs M	1.08	1.3367	NO SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
A Vs H	0.09	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
A Vs L	0.09	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
A Vs G	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
A Vs C	0.34	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
A Vs D	0.34	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
A Vs N	0.34	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
A Vs K	0.75	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
A Vs M	1	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
H Vs L	0	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
H Vs G	0.08	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
H Vs C	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
H Vs D	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
H Vs N	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
H Vs K	0.66	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
H Vs M	0.91	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
L Vs G	0.08	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
L Vs C	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
L Vs D	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
L Vs N	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
L Vs K	0.66	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
L Vs M	0.91	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
G Vs C	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
G Vs D	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
G Vs N	0.17	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
G Vs K	0.58	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
G Vs M	0.83	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
C Vs D	0	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
C Vs N	0	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
C Vs K	0.41	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
C Vs M	0.66	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
D Vs N	0	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
D Vs K	0.41	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
D Vs M	0.66	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
N Vs K	0.41	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
N Vs M	0.66	1.3367	NO SIGNIFICATIVO
K Vs M	0.25	1.3367	NO SIGNIFICATIVO

Cuadro a1.6. Resultados del análisis sensorial, desarrollo del ANVA y prueba de Tuckey al 5% de probabilidad para promedios del atributo Apariencia General de las rodajas de piña secadas a diferentes condiciones.

JUECES	APARIENCIA GENERAL																TOTAL
	841	505	762	148	350	267	604	333	362	406	344	263	106	341	601	143	
1	1	3	0	0	1	-1	2	1	1	2	-1	0	-1	1	2	2	13
2	1	1	0	-1	3	2	2	1	1	2	1	0	-1	-2	2	1	13
3	-2	-2	-2	-1	3	2	-1	0	1	2	0	0	0	0	2	0	2
4	0	2	1	2	3	2	1	1	3	2	1	2	1	0	2	2	25
5	1	2	2	3	2	2	1	1	-1	2	-1	1	-1	0	3	2	19
6	1	1	-1	-1	2	2	1	2	0	3	-1	1	-1	2	1	1	13
7	1	2	0	0	2	-1	2	-1	2	3	1	0	-1	-1	2	1	12
8	1	2	-1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	19
9	1	2	2	2	3	2	1	1	-2	2	-1	1	0	0	2	3	19
10	0	1	2	2	2	3	1	0	0	1	0	1	1	1	2	2	19
11	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	-1	0	1	2	3	21
12	1	2	2	1	2	2	1	1	3	2	1	2	1	0	2	2	25
TOTAL	7	18	6	10	27	18	14	9	10	24	3	8	-1	3	23	21	200
X	0.583	1.500	0.500	0.833	2.250	1.500	1.17	0.750	0.833	2.000	0.250	0.667	-0.083	0.250	1.917	1.750	16.667

B C D E F G H I J K L M N O P Q

SUMA DE CUAD. TOTALES : $1^2+3^2+\dots+2^2+2^2 = 484.00$

FACTOR DE CORRECCIÓN : $200^2 / (16*12) = 208.333$

SUMA DE CUAD. DE BLOQUES: $13^2/16 + 13^2/16+\dots+25^2/16 = 236.875$
 $236.875 - 208.33 = 28.542$

SUMA DE CUAD. TRATAMIENTOS: $7^2/12 + 18^2/12+\dots+21^2/12 = 297.33$
 $297.33- 208.333 = 89.00$

ERROR EXPERIMENTAL: $484.00 - (208.333+28.542+89.00) = 158.125$

ANVA PARA EL DBCA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Fc	Ft	Sig.
Jueces	11	28.542	2.595	2.1362	1.79	**
Prueba sensoriales (Apariencia General)	15	89	5.933	6.6953	1.67	***
Error experimental	165	158.123	0.958			
Total	191	275.665				

- **Cálculo de la diferencia mínima significativa, por medio de la Prueba de Tukey.**

Cálculo:

$Sp = 0.2825$ $P = 16$ $n_v = 165$ $\rightarrow q_\alpha = 4.85$ $W(AES) = 0.2825 * 4.85 = 1.370$

PROMEDIOS ORDENADOS	
E = 2.25	I = 0.833
J = 2.00	H = 0.75
O = 1.917	L = 0.667
P = 1.75	A = 0.583
B = 1.50	C = 0.50
F = 1.50	K = 0.25
G = 1.17	N = 0.25
D = 0.833	M = -0.083

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
E Vs J	0.25	1.37	NO SIGNIFICATIVO
E Vs O	0.333	1.37	NO SIGNIFICATIVO
E Vs P	0.5	1.37	NO SIGNIFICATIVO
E Vs B	0.75	1.37	NO SIGNIFICATIVO
E Vs F	0.75	1.37	NO SIGNIFICATIVO
E Vs G	1.08	1.37	NO SIGNIFICATIVO
E Vs D	1.417	1.37	SIGNIFICATIVO
E Vs I	1.417	1.37	SIGNIFICATIVO
E Vs H	1.50	1.37	SIGNIFICATIVO
E Vs L	1.583	1.37	SIGNIFICATIVO
E Vs A	1.667	1.37	SIGNIFICATIVO
E Vs C	1.75	1.37	SIGNIFICATIVO
E Vs K	2.00	1.37	SIGNIFICATIVO
E Vs N	2.00	1.37	SIGNIFICATIVO
E Vs M	2.333	1.37	SIGNIFICATIVO
J Vs O	0.083	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs P	0.25	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs B	0.5	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs F	0.5	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs G	0.83	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs D	1.167	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs I	1.167	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs H	1.25	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs L	1.333	1.37	NO SIGNIFICATIVO
J Vs A	1.417	1.37	SIGNIFICATIVO
J Vs C	1.5	1.37	SIGNIFICATIVO
J Vs K	1.75	1.37	SIGNIFICATIVO
J Vs N	1.75	1.37	SIGNIFICATIVO
J Vs M	2.083	1.37	SIGNIFICATIVO
O Vs P	0.167	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs B	0.417	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs F	0.417	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs G	0.747	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs D	1.084	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs I	1.084	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs H	1.167	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs L	1.25	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs A	1.334	1.37	NO SIGNIFICATIVO
O Vs C	1.417	1.37	SIGNIFICATIVO
O Vs K	1.667	1.37	SIGNIFICATIVO
O Vs N	1.667	1.37	SIGNIFICATIVO
O Vs M	2	1.37	SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
P Vs B	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs F	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs G	0.58	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs D	0.917	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs I	0.917	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs H	1	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs L	1.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs A	1.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs C	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
P Vs K	1.5	1.377	SIGNIFICATIVO
P Vs N	1.5	1.377	SIGNIFICATIVO
P Vs M	1.833	1.377	SIGNIFICATIVO
B Vs F	0	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs G	0.33	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs D	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs I	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs H	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs L	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs A	0.917	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs C	1	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs K	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs N	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
B Vs M	1.583	1.377	SIGNIFICATIVO
F Vs G	0.33	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs D	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs I	0.667	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs H	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs L	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs A	0.917	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs C	1	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs K	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs N	1.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
F Vs M	1.583	1.377	SIGNIFICATIVO
G Vs D	0.337	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs I	0.337	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs H	0.42	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs L	0.503	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs A	0.587	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs C	0.67	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs K	0.92	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs N	0.92	1.377	NO SIGNIFICATIVO
G Vs M	1.253	1.377	NO SIGNIFICATIVO

COMPARACION	DIF. ABSOLUTA	AES (T)	SIGNIFICANCIA
D Vs I	0	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs H	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs L	0.166	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs A	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs C	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs K	0.583	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs N	0.583	1.377	NO SIGNIFICATIVO
D Vs M	0.916	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs H	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs L	0.166	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs A	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs C	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs K	0.583	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs N	0.583	1.377	NO SIGNIFICATIVO
I Vs M	0.916	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs L	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs A	0.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs C	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs K	0.5	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs N	0.5	1.377	NO SIGNIFICATIVO
H Vs M	0.833	1.377	NO SIGNIFICATIVO
L Vs A	0.084	1.377	NO SIGNIFICATIVO
L Vs C	0.167	1.377	NO SIGNIFICATIVO
L Vs K	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
L Vs N	0.417	1.377	NO SIGNIFICATIVO
L Vs M	0.75	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs C	0.083	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs K	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs N	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
A Vs M	0.666	1.377	NO SIGNIFICATIVO
C Vs K	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
C Vs N	0.25	1.377	NO SIGNIFICATIVO
C Vs M	0.583	1.377	NO SIGNIFICATIVO
K Vs N	0	1.377	NO SIGNIFICATIVO
K Vs M	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO
N Vs M	0.333	1.377	NO SIGNIFICATIVO

Anexo 02

Cuadro a2. Resultados de la superficie de respuesta para la cinética de secado de las rodajas de piña deshidratadas osmóticamente y secadas a las temperaturas de 40, 50 y 60 °C.

HUM. 40-3 R=0.798					-95. %	+95. %
	Coeff.	Std.Err.	t(6)	P	Cnf.Limt	Cnf.Limt
(A)AGUA_A	2.48254028	1.09689987	2.26323327	0.06426211	0.20147701	5.16655758
(B)ETANOL_B	1.72690423	1.24439496	1.38774608	0.21455548	1.31802055	4.77182901
(C)SACAROSA	0.61775094	1.24439593	0.49642636	0.63725367	2.42717619	3.66267808
AB	5.49104258	6.64337211	0.82654448	0.44011924	10.7647034	21.7467885
AC	0.31285328	4.49304445	0.06963058	0.94675039	10.6812304	11.306937
HUM. 40-6 R= 0.799					-95. %	+95. %
	Coeff.	Std.Err.	t(6)	P	Cnf.Limt	Cnf.Limt
*(A)AGUA_A	2.64093365	0.58300223	4.529886	0.00397564	1.21437858	4.06748872
(B)ETANOL_B	0.56344812	0.66139586	0.85190753	0.42695432	1.05492927	2.1818255
*(C)SACAROSA	1.87463366	0.66139638	2.83435732	0.0297868	0.25625503	3.49301229
AB	5.91246817	3.53095197	1.67446859	0.1450608	2.72746004	14.5523964
AC	3.10794706	2.38805292	1.30145653	0.24083783	8.95130205	2.73540793
HUM. 50-3 R=0.8378					-95. %	+95. %
	Coeff.	Std.Err.	t(6)	P	Cnf.Limt	Cnf.Limt
*(A)AGUA_A	2.28803756	0.54909538	4.1669219	0.00589872	0.94444957	3.63162555
(B)ETANOL_B	0.40832113	0.62292971	0.65548507	0.53646358	1.11593297	1.93257523
(C)SACAROSA	0.37433936	0.6229302	0.60093307	0.56987398	1.14991592	1.89859463
AB	4.31437933	3.32559518	1.29732547	0.24216549	12.4518176	3.82305893
AC	1.59539984	2.24916604	0.70932951	0.5047368	7.09891089	3.90811121
HUM. 50-6 R =0.869					-95. %	+95. %
	Coeff.	Std.Err.	t(6)	P	Cnf.Limt	Cnf.Limt
*(A)AGUA_A	2.75290734	0.30588084	8.99993381	0.00010528	2.00444388	3.5013708
(B)ETANOL_B	0.75373955	0.34701124	2.17208976	0.07285166	0.09536635	1.60284546
(C)SACAROSA	0.33794271	0.3470115	0.97386601	0.36773363	0.51116385	1.18704927
AB	4.15135478	1.85256678	2.24086647	0.06626807	8.68442238	0.38171282
AC	-3.0495197	1.25292769	2.43391516	0.05089082	6.11532332	0.01628392

HUM. 60-3						
R = 0.879						
	Coeff.	Std.Err.	T(6)	P	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
*(A)AGUA_A	0.00938316	0.00087436	10.73151	3.8673E-05	0.00724369	0.01152263
*(B)ETANOL_B	0.00406866	0.00099193	4.1017804	0.00634466	0.00164151	0.00649582
*(C)SACAROSA	0.00516461	0.00099193	5.20663858	0.00200191	0.00273745	0.00759177
	-	-	-	-	-	-
*AB	0.00024195	5.2955E-05	4.56903658	0.00381436	0.00037153	0.00011238
	-9.8395E-	-	-	-	-	-1.0759E-
*AC	05	3.5815E-05	2.74731968	0.03341011	0.00018603	05

HUM. 60-6						
R = 0.7668						
	Coeff.	Std.Err.	T(6)	P	-95.% Cnf.Limt	+95.% Cnf.Limt
*(A)AGUA_A	0.97887112	0.20652251	4.73977932	0.00319216	0.47352875	1.4842135
*(B)ETANOL_B	1.3710762	0.23429264	5.85198141	0.00109916	0.79778275	1.94436965
	-	-	-	-	-	-
(C)SACAROSA	0.46479769	0.23429283	1.98383234	0.09452054	0.10849621	1.03809158
	-	-	-	-	-	-
*AB	3.57281733	1.25080321	2.85641841	0.02893715	6.63342254	0.51221212
	-	-	-	-	-	-
AC	-1.6144987	0.84594305	1.90851938	0.1049231	3.68444677	0.45544937

* = Mayor significancia

Anexo 03

Cuadro a3. Cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas durante 3 y 6 horas en las diferentes soluciones y secadas a temperatura de 40 °C.

Piña sin tratamiento Osmótico

peso placa	Pp+piña	Pp+piña 24 h	Humedad	% Humedad
40.7076	45.7534	41.3303	87.6590432	88.6897605
41.0102	45.0707	41.4276	89.7204778	

Tiempo minutos	pppiña1	Humedad kg. agua/kg. s.s.
0	75	7.83
5	74.7	7.80
10	74.2	7.74
20	72.5	7.54
30	71.2	7.39
40	70.1	7.26
55	68.7	7.09
85	64.9	6.64
115	61	6.18
145	57.2	5.74
175	52.9	5.23
205	49	4.77
235	46.3	4.45
295	41.4	3.88
355	37.7	3.44
415	33.4	2.93
535	27.2	2.20
655	22.3	1.63
780	18.4	1.17
1380	11	0.30

AES (agua-etanol-sacarosa) (84-16-0) 3 y 6 horas D. O.

Tiempo minutos	pppiña1	horas D.O.	pppiña1	Humedad kg agua/kg s.s 6 horas D.O.
0	74.5	10.04	75.4	11.27
5	72.9	9.80	75.2	11.24
10	71.9	9.65	74.1	11.06
20	69.6	9.31	72.3	10.77
30	67.2	8.96	70.9	10.54
40	65.1	8.64	68.8	10.20
55	62.1	8.20	66.6	9.84
85	57.2	7.47	61.8	9.06
115	51.9	6.69	57.2	8.31
145	47.7	6.07	53	7.62
175	43.3	5.42	49.1	6.99
205	39	4.78	45.4	6.39
235	35.8	4.30	41.5	5.75
295	29.1	3.31	36.1	4.87
355	23.8	2.53	31.1	4.06
415	19.2	1.84	27.3	3.44
535	14.4	1.13	21	2.42
655	11.8	0.75	16.6	1.70
780	10.4	0.54	13.5	1.20
1380	8.3	0.23	7.7	0.25

AES (agua-etanol-sacarosa) (50-0-50) 3 y 6 horas D. O.

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3h. D.O.	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3h. D.O.
	79.2	3.95	60.9	3.39
5	79.1	3.94	60.7	3.38
10	78.9	3.93	60.4	3.36
20	78.2	3.89	59.5	3.29
30	77.2	3.82	58.6	3.23
40	76.2	3.76	57.7	3.16
55	75	3.69	56.4	3.07
85	72.6	3.54	54.5	2.93
115	70	3.37	52.4	2.78
145	67.6	3.22	50.8	2.66
175	65.6	3.10	49.2	2.55
205	63.2	2.95	47.7	2.44
235	60.9	2.80	46.5	2.35
295	57.6	2.60	43.1	2.11
355	53.9	2.37	42.1	2.04
415	50.7	2.17	39.7	1.86
535	44.3	1.77	36.3	1.62
655	39.6	1.47	33.2	1.39
780	35.8	1.24	30.7	1.21
1380	21.9	0.37	17.3	0.25

AES (agua-etanol-sacarosa) (76-24-0) 3 y 6 horas D.O.

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3h. D.O.	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6h. D.O.
	67.8	10.79	67	8.81
5	66.9	10.63	66.2	8.70
10	66.4	10.55	65.8	8.64
20	65.8	10.44	65.1	8.54
30	65.1	10.32	64.4	8.43
40	64.3	10.18	63.5	8.30
55	63	9.96	62.1	8.10
85	61.2	9.64	60.8	7.91
115	59.3	9.31	58.3	7.54
145	57.4	8.98	56.4	7.26
175	55.1	8.58	54.2	6.94
205	53.1	8.23	52.2	6.65
235	51.8	8.01	50.6	6.41
295	48	7.35	46.9	5.87
355	45.9	6.98	44.4	5.50
415	41.5	6.22	40.5	4.93
535	35.1	5.10	34.3	4.02
655	29.6	4.15	27.5	3.03
780	24.8	3.31	23.9	2.50
1380	8.6	0.50	7.5	0.10

AES (agua-etanol-sacarosa) (60-0-40) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	ppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3h. D.O.	ppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6h. D.O.
0	52.7	4.45	75.3	3.75
5	52.6	4.44	74.5	3.70
10	52.5	4.43	74.4	3.69
20	52	4.37	73.8	3.65
30	51.4	4.31	73.4	3.63
40	50.8	4.25	72.2	3.55
55	50.1	4.18	71.3	3.50
85	48.7	4.03	69.2	3.36
115	47.3	3.89	67.1	3.23
145	46.1	3.76	65.2	3.11
175	44.8	3.63	63.3	2.99
205	43.4	3.49	61.3	2.86
235	42.4	3.38	59.4	2.74
295	40.1	3.14	55.7	2.51
355	37.8	2.91	52.2	2.29
415	35.7	2.69	49	2.09
535	32.1	2.32	42.2	1.66
655	29.1	2.01	37.2	1.35
780	26.4	1.73	32.8	1.07
1380	13	0.34	19.5	0.23

AES (agua-etanol-sacarosa) (36-24-40) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	ppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h. D.O.	ppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h. D.O.
	67.2	4.77	63.1	4.25
5	65.5	4.63	61.8	4.14
10	64.7	4.56	61.2	4.09
20	63.4	4.45	60.4	4.02
30	61.9	4.32	59.5	3.95
40	60	4.16	58.3	3.85
55	57.8	3.97	56.9	3.73
85	54.3	3.67	54.7	3.55
115	50.7	3.36	52.1	3.33
145	47.1	3.05	50	3.16
175	43.5	2.74	47.5	2.95
205	39.9	2.43	45	2.74
235	37.5	2.22	43.2	2.59
295	32.1	1.76	39.1	2.25
355	29.4	1.53	36.3	2.02
415	25.5	1.19	32	1.66
535	20.8	0.79	25.6	1.13
655	18	0.55	21.3	0.77
780	16.2	0.39	18.6	0.55
1380	12.8	0.10	15.7	0.31

AES (agua-etanol-sacarosa) (33-33-33) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h. D.O.	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h. D.O.
	68	4.00	66.2	3.56
5	67	3.93	65.2	3.49
10	66.8	3.92	64.8	3.47
20	66.1	3.86	64.1	3.42
30	65.4	3.81	63.4	3.37
40	64.4	3.74	62.3	3.30
55	63.2	3.65	61.1	3.21
85	61.4	3.52	59.5	3.10
115	59.4	3.37	57.1	2.94
145	57.4	3.22	55.4	2.82
175	55.3	3.07	53.2	2.67
205	53.3	2.92	51.1	2.52
235	51.6	2.80	49.3	2.40
295	48.1	2.54	45.8	2.16
355	45.5	2.35	42.8	1.95
415	42	2.09	39.7	1.74
535	36.4	1.68	34.1	1.35
655	31.2	1.30	29.6	1.04
780	26.8	0.97	26	0.79
1380	14.6	0.07	17.2	0.19

AES (agua-etanol-sacarosa) (34-16-50) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h. D.O.	pppiña	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h. D.O.
0	51.6	6.42	64.7	4.58
5	50.8	6.31	64.3	4.54
10	50.1	6.21	64	4.52
20	49	6.05	63.4	4.46
30	48	5.90	62.8	4.41
40	47	5.76	62.1	4.35
55	45.4	5.53	61.2	4.27
85	43.3	5.23	59.8	4.15
115	41	4.90	58.1	4.01
145	38.5	4.54	56.7	3.89
175	36	4.18	55	3.74
205	33.8	3.86	53.2	3.58
235	32.1	3.62	51.8	3.46
295	28.6	3.11	48.5	3.18
355	26	2.74	46	2.96
415	23.3	2.35	43.2	2.72
535	19.4	1.79	37.9	2.27
655	16.3	1.34	33.3	1.87
780	14.1	1.03	29.9	1.58
1380	9.8	0.41	18.4	0.59

AES (agua-etanol-sacarosa) (0-100-0) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	Pppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h. D.O.	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h. D.O.
	44.6	8.33	35.8	9.75
5	43.5	8.10	33.7	9.12
10	42.3	7.85	32.6	8.79
20	41.2	7.62	31.3	8.40
30	40.2	7.41	29.6	7.89
40	38.9	7.14	28.1	7.44
55	37.6	6.86	26.3	6.90
85	34.9	6.30	23.1	5.94
115	32.5	5.80	20.4	5.13
145	30.5	5.38	18.3	4.50
175	28.5	4.96	16.5	3.96
205	26.7	4.58	14.8	3.45
235	25	4.23	13.4	3.02
295	22.1	3.62	11.1	2.33
355	19.5	3.08	9.2	1.76
415	17.3	2.62	7.5	1.25
535	13	1.72	4.8	0.44
655	10.3	1.15	3.7	0.11
780	8.2	0.72	3.5	0.05
1380	5	0.05	3.4	0.02

AES (agua-etanol-sacarosa) (0-0-100) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h. D.O.	pppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h. D.O.
	67.4	3.16	56.6	4.42
5	66.4	3.10	55.5	4.31
10	64.3	2.97	55.1	4.27
20	62.7	2.87	54.7	4.23
30	61.4	2.79	54.2	4.19
40	59.6	2.68	53.6	4.13
55	57.6	2.56	52.9	4.06
85	54.1	2.34	51.5	3.93
115	50.9	2.15	49.9	3.77
145	48.4	1.99	48.5	3.64
175	46.2	1.85	46.9	3.49
205	44	1.72	45.2	3.32
235	42.1	1.60	43.4	3.15
295	38.9	1.40	40.4	2.87
355	35.9	1.22	37.3	2.57
415	33.3	1.06	34.5	2.30
535	28.8	0.78	29.8	1.85
655	25.3	0.56	25.8	1.47
780	22.6	0.40	22.4	1.14
1380	16.4	0.01	14.5	0.39

Cuadro a 3.1. Cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas durante 3 y 6 horas en las diferentes soluciones y secadas a temperatura de 50 °C.

Piña sin tratamiento Osmótico

peso placa	pp+piña 24		Humedad	% Humedad
	pp+piña	h		
44.4242	48.4394	44.8157	90.2495517	90.0977302
43.7674	48.1119	44.2042	89.9459086	

Tiempo min	pppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s
	72	8.90
5	71	8.76
10	70.4	8.68
20	69.4	8.54
30	68.4	8.41
40	66.4	8.13
55	63.8	7.77
85	58.2	7.00
115	55.7	6.66
145	51.7	6.11
175	49	5.74
205	46	5.33
235	43.4	4.97
295	39.3	4.40
355	34.4	3.73
415	30.3	3.17
535	24.9	2.42
655	20.3	1.79
780	16.9	1.32
1380	8.8	0.21

AES (agua-etanol-sacarosa) (84-16-0) 3y 6 horas D. O

Tiempo min	pppiña	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	47.4	8.54	49.8	11.54
5	46.6	8.38	48.8	11.29
10	46.1	8.28	48.1	11.12
20	45.2	8.10	46.7	10.76
30	44	7.86	45.1	10.36
40	43.1	7.68	43.6	9.98
55	41.9	7.43	41.7	9.50
85	39.2	6.89	38.9	8.80
115	37.5	6.55	37.2	8.37
145	34.6	5.97	35	7.82
175	32.4	5.52	32.4	7.16
205	30	5.04	30	6.56
235	28	4.64	27.9	6.03
295	24.4	3.91	24.6	5.20
355	20.2	3.07	20.6	4.19
415	16.8	2.38	17.4	3.38
535	12.1	1.44	12.4	2.12
655	8.5	0.71	8.6	1.17
780	6.7	0.35	6.2	0.56
1380	5.5	0.11	4.9	0.23

AES (agua-etanol-sacarosa) (50-0-50) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	ppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	ppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
	47.1	4.31	24.8	4.42
5	47	4.29	24.2	4.29
10	46.6	4.25	23.6	4.16
20	45.9	4.17	22.6	3.94
30	45.1	4.08	21.5	3.70
40	44.2	3.98	20.5	3.48
55	43.2	3.87	19.4	3.24
85	40.4	3.55	17.5	2.83
115	38.8	3.37	16.5	2.61
145	36.3	3.09	15.4	2.37
175	34.3	2.86	14	2.06
205	32	2.60	13.1	1.86
235	30.1	2.39	12.3	1.69
295	26.9	2.03	11.1	1.43
355	22.4	1.52	10	1.19
415	20.4	1.30	8.9	0.95
535	16.8	0.89	8.1	0.77
655	14	0.58	7.5	0.64
780	12.5	0.41	7.3	0.60
1380	11.1	0.25	6.9	0.51

AES (agua-etanol-sacarosa) (76-24-0) 3 y 6 horas D. O

Tiempo min	ppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	ppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
	38.9	9.53	55.2	10.79
5	37.4	9.12	54.5	10.64
10	36.3	8.82	54	10.53
20	34.5	8.34	53	10.32
30	32.5	7.79	50.6	9.81
40	30.2	7.17	50.4	9.77
55	28	6.58	49	9.47
85	23.1	5.25	44.9	8.59
115	20.1	4.44	42.3	8.04
145	15.6	3.22	37.4	6.99
175	12.5	2.38	33.9	6.24
205	9.7	1.62	30.2	5.45
235	7.8	1.11	27	4.77
295	5.9	0.60	22.2	3.74
355	4.8	0.30	17	2.63
415	4.3	0.16	12.7	1.71
535	4.1	0.11	8	0.71
655	4.1	0.11	5.9	0.26
780	4	0.08	5.3	0.13
1380	3.9	0.06	4.9	0.05

AES (agua-etanol-sacarosa) (60-0-40) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
	60.3	5.17	47	4.87
5	59.4	5.08	46.7	4.83
10	58	4.94	46.5	4.81
20	55.9	4.72	45.7	4.71
30	53.7	4.50	44.7	4.58
40	51.4	4.26	43.8	4.47
55	48.2	3.93	42.2	4.27
85	43.6	3.46	39.8	3.97
115	39.2	3.01	37	3.62
145	36	2.69	34.9	3.36
175	33.2	2.40	32.5	3.06
205	30.6	2.13	29.9	2.74
235	28.2	1.89	27.9	2.49
295	24.4	1.50	24.3	2.04
355	21.1	1.16	21.6	1.70
415	18.5	0.89	19.5	1.44
535	15.2	0.56	16.2	1.02
655	13.6	0.39	13.9	0.74
780	11.1	0.14	10.3	0.29
1380	10.1	0.03	8.4	0.05

AES (agua-etanol-sacarosa) (36-24-40) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
	72.9	5.17	50.4	4.25
5	72.1	5.10	50.3	4.24
10	71.4	5.04	49.6	4.16
20	70	4.92	48.3	4.03
30	67.7	4.73	46.6	3.85
40	65	4.50	45	3.68
55	61.2	4.18	42.6	3.43
85	55.6	3.70	39.1	3.07
115	49.8	3.21	35.4	2.69
145	45.4	2.84	32.5	2.38
175	41.2	2.48	29.9	2.11
205	37.3	2.15	27.3	1.84
235	33.8	1.86	24.8	1.58
295	28.1	1.38	20.8	1.17
355	23.9	1.02	17.9	0.86
415	20.9	0.77	15.9	0.66
535	17.5	0.48	13.7	0.43
655	15.9	0.34	12.9	0.34
780	12.9	0.09	10.5	0.09
1380	12.1	0.02	9.8	0.02

AES (agua-etanol-sacarosa) (33-33-33) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	ppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	ppiña1	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
	56.9	5.13	50.2	5.13
5	56.1	5.05	44.8	4.48
10	55.4	4.97	43.4	4.30
20	54.3	4.85	41.4	4.06
30	53.1	4.73	40.3	3.93
40	51.8	4.59	39.1	3.78
55	49.9	4.38	37.2	3.55
85	46.9	4.06	34.3	3.19
115	43.7	3.71	31.5	2.85
145	41.1	3.43	29.2	2.57
175	38.5	3.15	27.3	2.34
205	35.5	2.83	24.8	2.03
235	33.1	2.57	22.9	1.80
295	28.6	2.08	19.5	1.38
355	24.5	1.64	16.4	1.00
415	21	1.26	14.5	0.77
535	16.1	0.74	12.3	0.50
655	13.6	0.47	11.4	0.39
780	10.7	0.15	9	0.10
1380	9.4	0.01	8.3	0.01

AES (agua-etanol-sacarosa) (34-16-50) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	ppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	ppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
	51.3	3.57	46.6	3.16
5	49.2	3.39	44.2	2.95
10	48.2	3.30	42.8	2.83
20	47	3.19	38.4	2.43
30	46	3.10	37.9	2.39
40	44.4	2.96	37	2.31
55	42.1	2.75	35.8	2.20
85	37.8	2.37	33.3	1.98
115	34	2.03	31	1.77
145	30.5	1.72	28.6	1.56
175	27.6	1.46	26.4	1.36
205	24.9	1.22	24.3	1.17
235	22.9	1.04	22.4	1.00
295	19.9	0.77	19.5	0.74
355	17.4	0.55	16.8	0.50
415	16	0.43	15.1	0.35
535	14.7	0.31	13.3	0.19
655	14.2	0.27	12.5	0.12
780	14	0.25	12.2	0.09
1380	13.2	0.18	11.4	0.02

AES (agua-etanol-sacarosa) (0-100-0) 3 y 6 horas D. O

Tiempo min	Humedad kg.agua/kg.s.s		Humedad kg.agua/kg.s.s	
	pppiña2	3 h D.O	pppiña2	6 h D.O
	43	8.33	55.7	9.21
5	40.9	7.87	47.8	7.77
10	37.3	7.09	47.2	7.66
20	35.6	6.72	44.8	7.22
30	34.4	6.46	43.9	7.05
40	32.8	6.12	42.4	6.78
55	30.2	5.55	40.3	6.39
85	25.8	4.60	36.3	5.66
115	22	3.77	32.8	5.02
145	18.9	3.10	29.7	4.45
175	16.3	2.54	26.7	3.90
205	14	2.04	24.1	3.42
235	12.2	1.65	21.8	3.00
295	9.4	1.04	17.9	2.28
355	7.4	0.61	14.8	1.71
415	6.1	0.32	12	1.20
535	5.1	0.11	8.1	0.49
655	4.9	0.06	6.4	0.17
780	4.9	0.06	6	0.10
1380	4.8	0.04	5.6	0.03

AES (agua-etanol-sacarosa) (0-0-100) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	Humedad kg.agua/kg.s.s		Humedad kg.agua/kg.s.s	
	pppiña2	3 h D.O	pppiña2	6 h D.O
	51.6	3.15	66.7	2.54
5	48.9	2.93	65.5	2.48
10	47.7	2.83	64.2	2.41
20	45.1	2.63	60.7	2.23
30	44.2	2.55	60.1	2.19
40	42.8	2.44	58.8	2.12
55	40.7	2.27	56.9	2.02
85	36.9	1.97	53.1	1.82
115	33.4	1.68	50	1.66
145	30.5	1.45	46.5	1.47
175	27.6	1.22	43.4	1.31
205	25.3	1.03	40.3	1.14
235	23.2	0.86	37.8	1.01
295	20.2	0.62	33.3	0.77
355	18	0.45	29.9	0.59
415	16.5	0.33	27.2	0.45
535	14.9	0.20	24	0.28
655	14.2	0.14	22.6	0.20
780	13.8	0.11	21.9	0.16
1380	12.9	0.04	20.3	0.08

Cuadro a 3.2. Cinéticas de secado de las rodajas de piña deshidratadas durante 3 y 6 horas en las diferentes soluciones y secadas a temperatura de 60 °C.

Piña sin tratamiento

Peso placa	pp+piña	pp+piña 24 h	Humedad	% Humedad
42.5026	54.6557	44.2927	85.2704248	85.3222344
43.2637	55.5029	45.0538	85.3740441	

Tiempo minutos	pppiña1	Humedad kg. agua /kg. s.s.
	104.1	5.99
5	101.2	5.80
10	99.4	5.68
20	94.6	5.35
30	92.3	5.20
40	90.2	5.06
55	86.8	4.83
85	81.6	4.48
115	76.5	4.14
145	72	3.84
175	66.4	3.46
205	61.8	3.15
235	57.3	2.85
295	50	2.36
355	43	1.89
415	37.3	1.51
535	27.3	0.83
655	19.9	0.34
780	16.7	0.12
1380	15.1	0.01

AES (agua-etanol-sacarosa) (84-16-0) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	86.7	8.58	86.8	9.49
5	85.8	8.48	84.4	9.20
10	84.9	8.38	83.3	9.07
20	82.2	8.08	81.4	8.84
30	77.4	7.55	79	8.55
40	72.9	7.05	76.7	8.27
55	68.3	6.55	73.9	7.93
85	60.7	5.71	68.4	7.27
115	53	4.86	62.6	6.57
145	44	3.86	57.4	5.94
175	37.2	3.11	52.7	5.37
205	30.4	2.36	47.6	4.75
235	26.7	1.95	38.3	3.63
295	20.3	1.24	23.6	1.85
355	15.7	0.73	14.5	0.75
415	12.9	0.43	10.7	0.29
535	10.5	0.16	9.1	0.10
655	10.3	0.14	8.8	0.06
780	10	0.10	8.7	0.05
1380	9.8	0.08	8.5	0.03

AES (agua-etanol-sacarosa) (50-0-50) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	72.5	3.36	81.8	2.73
5	71.6	3.31	80.9	2.68
10	71.1	3.28	80.5	2.67
20	69.6	3.19	78.8	2.59
30	68.7	3.13	77.6	2.53
40	67.2	3.04	73.4	2.34
55	65	2.91	68.5	2.12
85	61.6	2.71	61.9	1.82
115	56.4	2.39	55.9	1.55
145	52.6	2.17	51.8	1.36
175	48.5	1.92	47.4	1.16
205	44.9	1.70	43.6	0.99
235	41.6	1.50	40	0.82
295	35.7	1.15	34.5	0.57
355	30.3	0.82	30.2	0.38
415	26.3	0.58	27.6	0.26
535	22.2	0.34	25.4	0.16
655	20.7	0.25	24.7	0.12
780	20.3	0.22	24.3	0.11
1380	19.4	0.17	23.6	0.07

AES (agua-etanol-sacarosa) (76-24-0) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	68.1	9.70	74.8	12.87
5	66.9	9.51	73.6	12.65
10	66.1	9.38	72.7	12.48
20	64.2	9.08	70.6	12.09
30	61.8	8.71	67.6	11.53
40	59.7	8.38	65.3	11.11
55	56.7	7.90	62.4	10.57
85	51	7.01	57.1	9.59
115	45.7	6.18	51.7	8.59
145	40.7	5.39	46.5	7.62
175	36.2	4.69	41.9	6.77
205	31.4	3.93	37.1	5.88
235	27.2	3.27	32.8	5.08
295	19.8	2.11	24.3	3.51
355	13.5	1.12	16.6	2.08
415	9.7	0.52	11.3	1.10
535	7.4	0.16	7.7	0.43
655	7	0.10	7.2	0.34
780	7	0.10	7.1	0.32
1380	6.8	0.07	6.9	0.28

AES (agua-etanol-sacarosa) (60-0-40) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	54.3	4.26	77.8	3.55
5	52.6	4.10	76.7	3.48
10	51.9	4.03	76.1	3.45
20	49.2	3.77	74.5	3.35
30	47.1	3.57	72.3	3.22
40	46.1	3.47	70.9	3.14
55	44.4	3.30	68.5	3.00
85	40.9	2.96	63.8	2.73
115	37.8	2.66	59.7	2.49
145	34.8	2.37	56	2.27
175	32.1	2.11	52.6	2.07
205	29.6	1.87	49.5	1.89
235	27.6	1.68	46.7	1.73
295	23.7	1.30	41.3	1.41
355	20.4	0.98	36.7	1.14
415	17.8	0.73	32.8	0.92
535	14	0.36	26.5	0.55
655	12	0.16	22.1	0.29
780	11.3	0.10	19.9	0.16
1380	10.8	0.05	17.7	0.03

AES (agua-etanol-sacarosa) (36-24-40) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	76.7	4.184	75.3	3.29
5	73.9	3.995	73.2	3.17
10	72.5	3.900	72.2	3.11
20	69.7	3.711	70.4	3.01
30	66.4	3.488	68.1	2.88
40	64.4	3.353	66.8	2.80
55	60.9	3.116	64	2.64
85	54.9	2.711	58.5	2.33
115	50.3	2.400	54.1	2.08
145	46	2.109	49.7	1.83
175	42.1	1.845	45.7	1.60
205	38.2	1.582	42.1	1.40
235	35.4	1.393	38.9	1.22
295	29.9	1.021	33.3	0.90
355	25.7	0.737	28.7	0.63
415	22.7	0.534	25.9	0.47
535	19.1	0.291	22.3	0.27
655	17.9	0.210	20.8	0.18
780	17.3	0.169	20.2	0.15
1380	16.5	0.115	19.1	0.09

AES (agua-etanol-sacarosa) (33-33-33) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	42.8	3.89	51.6	2.93
5	40.1	3.58	47.1	2.58
10	39.6	3.53	45.8	2.48
20	38.1	3.36	43.2	2.29
30	37.3	3.26	42	2.20
40	36.2	3.14	40.1	2.05
55	34.2	2.91	37.8	1.88
85	31.4	2.59	34.2	1.60
115	28.2	2.22	31	1.36
145	25.8	1.95	28.5	1.17
175	23.2	1.65	26	0.98
205	21.4	1.45	24.2	0.84
235	19.4	1.22	22.5	0.71
295	16.1	0.84	19.6	0.49
355	13.8	0.58	17.7	0.35
415	12.3	0.41	16.5	0.26
535	11.1	0.27	15.4	0.17
655	10.7	0.22	15.1	0.15
780	10.5	0.20	14.7	0.12
1380	10.2	0.17	13.8	0.05

AES (agua-etanol-sacarosa) (34-16-50) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	31.3	3.26	39	2.52
5	30.6	3.16	37.6	2.39
10	30	3.08	36.8	2.32
20	28.9	2.93	34.8	2.14
30	28	2.81	33.3	2.00
40	27	2.67	32.1	1.90
55	25.7	2.49	30.3	1.73
85	23.3	2.17	27.8	1.51
115	20.8	1.83	25.5	1.30
145	19.1	1.60	23.5	1.12
175	17.3	1.35	21.8	0.97
205	15.9	1.16	20.6	0.86
235	14.5	0.97	19.3	0.74
295	12.4	0.69	17.3	0.56
355	11	0.50	15.9	0.43
415	9.8	0.33	15.2	0.37
535	8.5	0.16	14.3	0.29
655	8	0.09	13.8	0.24
780	7.8	0.06	13.4	0.21
1380	7.4	0.01	12.3	0.11

AES (agua-etanol-sacarosa) (0-100-0) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	42.1	7.33	31.5	9.45
5	40.1	6.94	27.5	8.12
10	38.7	6.66	25.3	7.39
20	35.7	6.07	27.5	8.12
30	33.7	5.67	19.9	5.60
40	31.1	5.16	17.8	4.90
55	28.1	4.56	15.5	4.14
85	23.9	3.73	12.5	3.15
115	19.7	2.90	10.6	2.52
145	16.8	2.33	9.6	2.18
175	13.5	1.67	8.9	1.95
205	12.2	1.41	8.6	1.85
235	10.6	1.10	8.3	1.75
295	8.5	0.68	7.9	1.62
355	7.6	0.50	7.6	1.52
415	7.4	0.46	7.3	1.42
535	7.2	0.43	7.2	1.39
655	7.2	0.43	6.9	1.29
780	7.1	0.41	6.7	1.22
1380	7	0.39	5.6	0.86

AES (agua-etanol-sacarosa) (0-0-100) 3 y 6 horas D. O

Tiempo minutos	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 3 h D.O	pppiña2	Humedad kg.agua/kg.s.s 6 h D.O
0	61.5	3.41	64.9	2.74
5	61.2	3.38	64.8	2.73
10	60.2	3.31	64.3	2.70
20	59	3.23	63.6	2.66
30	56.9	3.08	62.3	2.59
40	54.9	2.93	61.3	2.53
55	52.7	2.77	59.6	2.43
85	48.4	2.47	56.2	2.24
115	44.8	2.21	53.2	2.06
145	42.1	2.02	50.3	1.90
175	39.6	1.84	47.6	1.74
205	37.1	1.66	44.7	1.57
235	35	1.51	42.4	1.44
295	31	1.22	37.6	1.17
355	27.5	0.97	33.3	0.92
415	24.4	0.75	29.6	0.70
535	19.8	0.42	23.6	0.36
655	16.9	0.21	20.9	0.20
780	15.5	0.11	20	0.15
1380	14.2	0.02	18.8	0.08

Anexo 04

Grafico a4. Curva estándar para los cálculos de la concentración de azúcares totales en las rodajas de piña deshidratada

Curva Estandar		
Alicuotas	glucosa mg/ml	Absorbancia
7	0.56	0.145
9	0.72	0.247
11	0.88	0.375
14.5	1.16	0.553
18	1.44	0.603
22	1.76	0.824

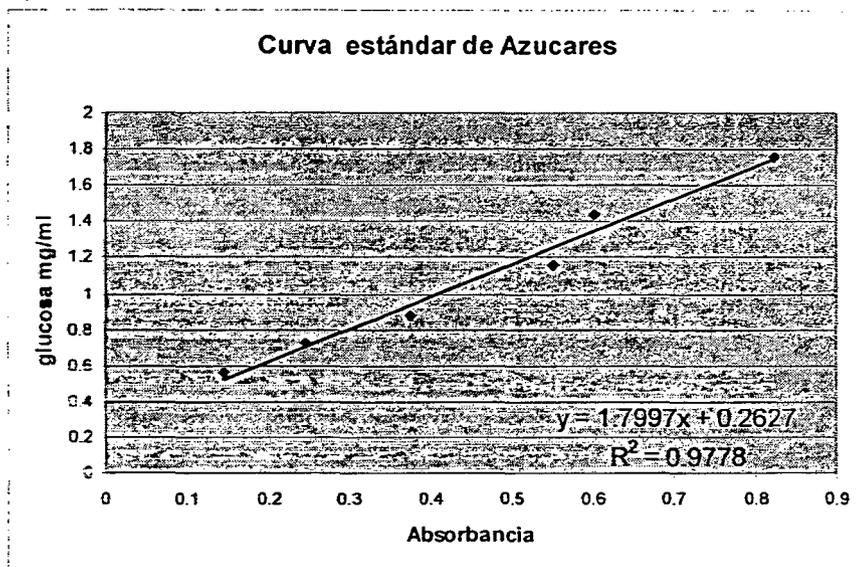
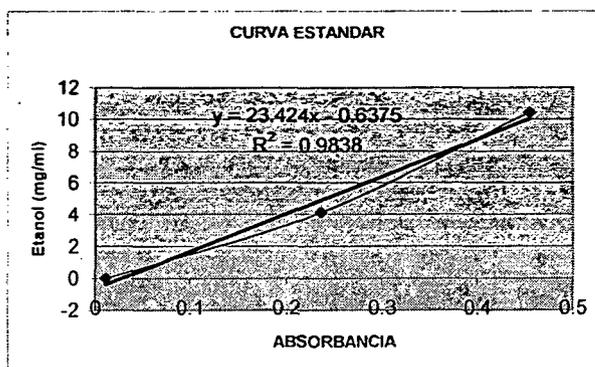


Grafico a4.1 Curva estándar para los cálculos de la concentración de etanol en las rodajas de piña deshidratada

Curva Estandar		
Alicuotas	Absorbancia	Etanol mg/ml
1	0.011	0
1	0.2365	4.1315057
1	0.4555	10.4234541





COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES

NORMA TECNICA PERUANA

PERU
NORMA TECNICA
NACIONAL

FRUTAS DESHIDRATADAS. Uvas Secas o
Pasas.

ITINTEC
209.144
ABRIL, 1980

1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 011.001 FRUTAS. Generalidades

ITINTEC 011.002 FRUTAS. Uvas de mesa.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece los requisitos que deben cumplir las uvas secas o pasas.

3. DEFINICIONES

3.1 Frutas deshidratadas. Son frutas, en un estado apropiado de maduración, que han sido sometidas a un proceso de secado natural o artificial para eliminar así, la mayor parte de su contenido de agua de tal forma de aumentar su tiempo de conservación.

3.2 Uvas secas o pasas. Es el producto elaborado con uvas provenientes de las diferentes variedades de la especie Vitis vinifera L., fitosanitariamente sanas, limpias, convenientemente maduras y libres de cualquier residuo de pesticidas, a las cuales se las ha deshidratado.

3.3 Pedículo. Pequeño tallo leñoso de longitud superior a 3 mm que une la uva a la rama del racimo.

3.4 Uvas secas o pasas, no maduras o subdesarrolladas. Es el producto que tiene poco peso y cuya falta de tejidos con contenido de azúcar indica un desarrollo incompleto; además, están duras, arrugadas y carecen completamente de pulpa.

3.5 Uvas secas o pasas, dañadas. Es el producto afectado por quemaduras de sol, cortes en la piel, daños mecánicos, u otros defectos similares que afectan gravemente el aspecto.

3.6 Uvas secas o pasas, azucaradas. Es el producto con cristales de azúcar en la parte extrema afectando seriamente el aspecto.

4. CLASIFICACION

4.1 Las uvas secas o pasas se clasificarán según su contenido o no de semillas en los siguientes grupos:

4.1.1 Sin semillas. Serán las uvas secas o pasas preparadas con uvas que carecen naturalmente de semillas o éstas han sido totalmente eliminadas.

4.1.2 Con semillas. Serán las uvas secas o pasas preparadas con uvas que contienen semillas y no han sido eliminadas.

4.2 Las uvas secas o pasas, se clasificarán según su color en los siguientes grupos:

4.2.1 Blancas. Cuando provienen de variedades de uvas de color blanco y presentan tal color.

4.2.2 Negras. Cuando provienen de variedades de uvas de color negro y presentan tal color.

5. CONDICIONES GENERALES

5.1 Las uvas empleadas en la elaboración de uvas secas o pasas deberán ser cuidadosamente lavadas, libre de toda sustancia extraña como insecticidas y fungicidas.

5.2 Las uvas empleadas en la elaboración de uvas secas o pasas deberán ser lavadas con agua acidulada a la temperatura de 20°C cuando provengan de plantas rociadas con productos arsenicales.

5.3 Las uvas empleadas en la elaboración de uvas secas o pasas deberán cosecharse a 21° Brix aproximadamente.

5.4 El producto podrá mejorarse eliminando los hongos, empleando una solución alcalina al 1% como máximo y aceite como auxiliar del secado, pero sin que llegue a blanquearlo en dosis máxima de 5 g por cada kilogramo del producto.

5.5 El producto podrá sulfurarse con el objeto de conservar el color y sabor naturales del fruto, prolongar su conservación y retardar la pérdida de las vitaminas A y C.

5.5.1 La sulfuración podrá realizarse con los siguientes productos: solución diluida de bisulfito de sodio, vapores de azufre o dióxido de azufre entre el 1,5 % al 2% en volumen.

5.6 Al producto podrá agregársele aceite de semilla de uva u otros aceites vegetales comestibles que permitan que las uvas secas o pasas no se adhieran entre sí.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos generales.

6.1.1 El contenido de humedad será de 25% como máximo.

6.1.2 No deberá presentar impurezas minerales provenientes de piedras u otros materiales objetables.

6.1.3 No deberá presentar hojas o pedazos de ellas y otros elementos vegetales extraños con excepción de pedicelos, los que se permiten un total de 25 en 500 g de pasas, adheridas a las pasas o no.

6.1.4 La cantidad de pasas provenientes de uvas no maduras o subdesarrolladas será de 4% en peso como máximo.

6.1.5 La cantidad de pasas dañadas será de 5% en peso como máximo.

6.1.6 La cantidad de pasas azucaradas será de 5% en peso como máximo.

6.1.7 La cantidad de semillas en las formas de presentación libre de ellas será de 20 en 500 g.

6.2 La suma de los pesos de las pasas con los defectos anotados en los párrafos 6.1.4., 6.1.5. y 6.1.6 no deberá exceder del 5%.

6.3 Requisitos organolépticos.

6.3.1 Aspecto : Frutas desecadas, enteras, con o sin semillas.

6.3.2 Color : Propio.

6.3.3 Olor : Propio.

6.3.4 Sabor : Propio.

6.4 Requisitos microbiológicos.

6.4.1 El producto estará libre de microorganismos patógenos y de los causantes de la descomposición así como de las sustancias producidas por ellos.

7. INSPECCION Y RECEPCION

7.1 La inspección y recepción de uvas secas o pasas se hará de conformidad con la Norma correspondiente.

8. METODO DE ENSAYO

8.1 Los ensayos se efectúan de conformidad con las Normas correspondientes.

9. ROTULADO ENVASE Y EMBALAJE

9.1 Rotulado. El rotulado deberá cumplir con lo establecido en la Norma Técnica Nacional Obligatoria 209.038 Norma General para el Rotulado de los Alimentos Envasados.

9.1.1 Designación. El producto se designará tal como el ejemplo siguiente: Pasas o uvas secas, blancas sin semillas.

9.2 Envase. Los envases deberán ser de un material tal que protejan al producto del medio ambiente externo así como ser inerte a la acción del producto.

9.2.1 Los recipientes deberán estar tan llenos como sea posible sin perjuicio de la calidad y se ajustarán a la declaración correspondiente del contenido.

9.2.2 El contenido neto deberá declararse en peso en unidades del Sistema Internacional de Unidades.

10. ANTECEDENTES

10.1 CODEX ALIMENTARIUS CAC/RS 67 - 1974. Norma Internacional Recomendada para las uvas pasas. Publicado por la Secretaría del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Roma.

10.2 CHRISTENSEN G. Algunos ejemplos de la aplicación del SECADO POR ATOMIZACION EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS. A/SNIRO - COPENHAGEN.

10.3 HUARCAYA GALVEZ SERAPIO. Consideraciones Generales sobre la Producción de Uvas Secas en el Valle de Ica. Tesis para optar el Título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria.

LOG/sp



COMISION DE REGLAMENTOS TECNICOS Y COMERCIALES

NORMA TECNICA PERUANA

1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 011.001 FRUTAS. Generalidades.

2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece los requisitos que deben cumplir los higos secos.

3. DEFINICIONES

3.1 Frutas deshidratadas. Son frutas, en un estado apropiado de maduración, que han sido sometidas a un proceso de secado natural o artificial para eliminar así, la mayor parte de su contenido de agua de tal forma de aumentar su tiempo de conservación.

3.2 Higos secos. Es el producto elaborado con higos provenientes de la especie Ficus carica l. fitosanitariamente sanos, limpios, convenientemente maduros y libres de cualquier residuo de pesticidas, a los cuales se les ha deshidratado.

3.3 Higos dañados: Son higos que presentan desgarraduras, o están lastimados, partidos, etc.

4. CLASIFICACION

4.1 Los higos secos se clasificarán de acuerdo a su proceso de elaboración en :

4.1.1 Enteros, y,

4.1.2 Partidos.

5. CONDICIONES GENERALES

5.1 Los higos empleados en la elaboración de higos secos se deberán cosechar cuando la desecación ha comenzado en la planta y empiezan a caer naturalmente.

5.1.1 En los casos en que se efectúe la recolección del árbol, los higos deberán ser suaves al tacto, colgar perpendicularmente; al apretarlos se deberán achatar sin romperse.

5.2 A los higos empleados en la elaboración de higos secos se les podrá tratar con salmuera fría, preparada con 1% de sal común y otro tanto de cal hidratada, con el objeto de eliminar la pubescencia de la piel, mejorarla y ablandarla.

5.3 A los higos empleados en la elaboración de higos secos, cuando se trate de variedades cuya piel es de color negro se les podrá azufrar.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos generales

6.1.1 El contenido de humedad será de 25% como máximo.

6.1.2 No deberá presentar impurezas minerales provenientes de piedras u otros materiales objetables.

6.1.3 No deberá presentar microorganismos ni sustancias originadas por ellos.

6.1.4 No deberá presentar hojas o pedazos de ellas y otros elementos vegetales extraños.

6.1.5 La cantidad de higos secos provenientes de higos no maduros o sub desarrollados será de 4% en peso como máximo.

6.1.6 La cantidad de higos secos dañados será de 5% en peso como máximo.

6.1.7 La suma de los pesos de los higos secos con los defectos anotados en los párrafos 6.1.5 y 6.1.6, no deberá exceder del 5%.

6.2 Requisitos organolépticos.

6.2.1 Aspecto. Frutas desecadas, enteras, de consistencia propia, no des menuzados.

6.2.2 Color . Propio.

6.2.3 Olor. Propio.

6.2.4 Sabor . Propio.

6.3 Requisitos microbiológicos.

6.3.1 El producto estará libre de microorganismos patógenos y de los cau santes de la descomposición así como de las sustancias producidas por ellos.

7. INSPECCION Y RECEPCION

7.1 La inspección y recepción de higos secos se hará de conformidad con la Norma correspondiente.

8. METODOS DE ENSAYO

8.1 Los ensayos se efectúan de conformidad con las Normas correspondientes.

9. ROTULADO ENVASE Y EMBALAJE

9.1 Rotulado. El rotulado deberá cumplir con lo establecido en la Norma Técnica Nacional Obligatoria 209.038 Norma General para el Rotulado de los Alimentos Envasados.

9.2 Envase. Los envases deberán ser de un material tal que protejan al producto del medio ambiente externo así como ser inerte a la acción del producto .

9.2.1 Los recipientes deberán estar tan llenos como sea posible sin perjuicio de la calidad y se ajustarán a la declaración correspondiente del contenido.

9.2.2 El contenido neto deberá declararse en peso en Unidades del Sistema Internacional de Unidades.

10. ANTECEDENTES

10.1 CHRISTENSEN G. Algunos ejemplos de la Aplicación del Secado por Atomización en la Industria de Alimentos. A/SNIRO. COPENHAGEN.

10.2 GUALBERTO BERGERET. Conservas Vegetales. Frutas y Hortalizas. Salvat Editores, S.A. Barcelona 1963.

LOG/sp

