

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e
Ingeniería de Alimentos



ESTUDIO DE LA OSMODESHIDRATACION DE
ZANAHORIA (Daucus carota).

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

JAIME EDUARDO BASILIO ATENCIO

PROMOCION 1993 - II : UNASINOS FORJADORES DE NUEVAS
TECNICAS Y ESTRATEGIAS PARA EL
DESARROLLO DEL PERU.

TINGO MARIA — PERU

1,997



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

"AÑO DE LA REFORESTACION: CIENTO MILLONES DE ARBOLES"

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el Viernes 02 de Mayo de 1997, a horas 7.00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en Tingo María, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bachiller en Ciencias Industrias Alimentarias: **JAIME EDUARDO BASILIO ATENCIO**, con el título:

"ESTUDIO DE LA OSMODESHIDRATAACION DE ZANAHORIA (*Daucus carota*)"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, la declaran aprobada con el Calificativo de **BUENO**, en consecuencia el Bachiller **JAIME EDUARDO BASILIO ATENCIO**, queda apto para recibir el Título de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22 de la Ley Orgánica de la Universidad Peruana 23733; con los artículos 43º y 45º del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; con los artículos 95º y 96º del Reglamento General de la UNAS.

Tingo María, 05 de Mayo de 1997.


Ing. **GUILLERMO DE LA CRUZ**
Presidente




Ing. **GUNTER DAZA RENGIFO**
Vocal


Ing. **PEDRO VEJARANO JARA**
Vocal


Ing. **ALIPIO ORTEGA RODRIGUEZ**
Patrocinador

DEDICATORIA

A mis padres:

Ignacio y Gilberta, con
profundo amor y gratitud.

A mis hermanos:

Ketty, Juan, Rosa y
Carmen

A mis sobrinos:

Milton, Jessica, Jasmin,
Manuel, Ignacio, Erasmo,
Yajaira.

A Isabel con mucho amor

A la memoria de mi tío

Erasmo

AGRADECIMIENTO

- Al Ing° Alipio Ortega Rodríguez, patrocinador del presente trabajo de investigación.
- Al Ing° Eduardo Cáceres Almenara, jefe del laboratorio de Análisis de Alimentos, por las facilidades brindadas.
- Al Ing° Guillermo de la Cruz Carranza y a todos los docentes que han contribuido en mi formación profesional y al desarrollo del presente trabajo.
- Al Ing° Luis Condezo Hoyos, por la bibliografía proporcionada.
- A Carlos Salazar, técnico del laboratorio de Química, por las facilidades brindadas.
- Al Ing° Tulio Jurado Baquerizo, por los consejos y apoyo desinteresado durante la redacción.
- A todos mis colegas y amigos, que de una u otra manera han contribuido en la realización de la presente tesis.

INDICE GENERAL

	<u>Pag</u>
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
A. De la materia prima.....	3
1. Clasificación taxonómica.....	3
2. Descripción botánica.....	3
3. Composición físico química de la zanahoria.....	4
B. Vitamina A.....	5
C. Carotenoides.....	6
1. Propiedades químicas	7
2. Propiedades nutricionales.....	7
3. Mecanismos de degradación de carotenoides.....	8
D. Factores que afectan la degradación de carotenoides durante el almacenamiento de alimentos.....	9
1. Oxígeno.....	9
2. Contenido de humedad-Actividad de agua.....	10
3. Luz.....	11
4. Temperatura.....	11
5. Antioxidantes	11
6. Sulfitos.....	12
7. Otros factores.....	12
E. Antioxidantes.....	13
F. Actividad de agua de los alimentos.....	14
G. Isoterma de humedad.....	15
H. Alimentos de humedad intermedia.....	17
I. Preparación de la materia prima.....	18
1. Lavado.....	19
2. Clasificación.....	19
3. Pelado.....	19
J. Blanqueado.....	19
1. Objetivos del blanqueado.....	20
a. Inactivación enzimática.....	20
b. Otros objetivos del blanqueado.....	21
2. Efecto del blanqueado sobre los alimentos.....	21
a. Nutrientes.....	21
b. Color y aroma.....	21
c. Textura.....	22
K. Deshidratación por ósmosis.....	23

	<u>Pag</u>
L. Deshidratación en jarabes.....	26
1. Concentración del jarabe.....	27
2. Efecto de la temperatura.....	27
3. Efecto del tratamiento de la fruta.....	27
M. La ósmosis como proceso de difusión.....	28
1. Factores que afectan la difusividad.....	28
2. Modelos teóricos-experimentales para el cálculo del coeficiente de difusión en sólidos.....	30
N. Procesos complementarios a la deshidratación por ósmosis.....	33
III. MATERIALES Y METODOS.	
A. Lugar de ejecución.....	34
B. Materiales y equipos.....	34
1. Materia prima.....	34
2. Insumos.....	34
3. Reactivos.....	34
4. Equipos.....	35
5. Materiales de vidrio.....	36
C. Métodos de Análisis.....	36
1. Análisis químico.....	36
a. Análisis químico proximal.....	36
b. Determinación de vitamina "C".....	37
c. Determinación de componentes minerales.....	37
d. Determinación de la actividad peroxidásica..	37
e. Determinación de azúcares reductores.....	37
f. Determinación de contenido de carotenoides totales.....	37
g. Determinación de provitamina "A" (β caroteno).....	38
2. Análisis fisicoquímico y físico.....	38
a. Determinación de pH, sólidos solubles y acidez titulable.....	38
b. Determinación de medidas biométricas.....	38
3. Análisis microbiológico.....	38
D. Metodología experimental.....	38
1. Caracterización de la materia prima.....	40
2. Determinación de parámetros para la obtención de zanahoria osmodeshidratada.....	40

	<u>Pag</u>
a. Pruebas preliminares.....	42
1) Blanqueado.....	43
2) Adición de BHT (antioxidante).....	43
3) Sulfitado.....	44
4) Deshidratación por ósmosis.....	44
b. Pruebas definitivas.....	45
1) Determinación del espesor adecuado.....	45
2) Blanqueado.....	45
3) Sulfitado.....	46
4) Deshidratación ósmótica.....	47
5) Secado por aire caliente.....	48
c. obtención del producto final.....	48
d. Caracterización del producto final.....	48
1) Análisis.....	48
2) Análisis sensorial.....	49
3) Determinación de la isoterma de sorción y A_w	49
a) Obtención de la isoterma.....	49
b) Ajuste a los modelos matemáticos y obtención de A_w	50
e. Evaluación durante el almacenamiento.....	51
1) Análisis.....	51
2) Evaluación organoléptica.....	51
f. Determinación de la difusividad efectiva....	51
1) Lavado.....	52
2) Blanqueado.....	52
3) Simulación del sólido Semi-infinito.....	52
4) Inmersión en jarabe.....	52
5) Determinación de la difusividad efectiva.	53
IV. RESULTADOS Y DISCUCIONES.....	56
A. Caracterización químico, fisicoquímico y físico de la materia prima.....	56
B. Adecuación del método espectrofotométrico de determinación del contenido de carotenoides totales en zanahoria osmodeshidratada.....	58
1. Determinación del solvente y la longitud de onda de máxima absorbancia.....	58
2. Determinación del tiempo de Lixiviación.....	59

C. Determinación de parámetros para la obtención de zanahoria osmodeshidratada.....	59
1. Pruebas preliminares.....	59
a. Blanqueado.....	59
b. Adición de antioxidante (B.H.T).....	62
c. Sulfitado.....	65
d. Proceso osmótico.....	65
2. Pruebas definitivas.....	67
a. Determinación del espesor adecuado.....	67
b. Blanqueado.....	69
c. Sulfitado.....	72
d. Deshidratación osmótica.....	75
e. Secado por aire caliente.....	88
f. Obtención del producto final.....	90
1) Flujograma de operaciones.....	90
2) Definición del flujograma.....	90
3) Balance de materia.....	94
g. Caracterización del producto terminado.....	95
1) Caracterización químico, fisicoquímico, del producto terminado.....	95
2) Pruebas de aceptación y preferencia de la zanahoria osmodeshidratada.....	96
3) Determinación de la isoterma de sorción-Actividad de agua.....	99
h. Evaluación en almacenamiento.....	102
1) Análisis.....	102
2) Evaluación organoléptica.....	105
i. Determinación de la difusividad efectiva....	106
V. CONCLUSIONES.....	110
VI. RECOMENDACIONES.....	112
VII. RESUMEN.....	113
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	115
IX. ANEXOS.....	120

I. INTRODUCCION

El Perú tiene una población con deficiencias nutricionales, teniendo sin embargo, un potencial agrícola que muchas veces no es bien aprovechado. Entre estos se encuentra la zanahoria que posee buenas cualidades curativas y nutricionales debido a su elevado contenido de carotenos (pro vitamina A), que evita la ceguera nocturna, protege las mucosas del cuerpo protegiéndonos contra infecciones, y efecto anticancerígeno.

Además contiene fósforo, y hierro que sirve para el tratamiento de la anemia, por estas razones crece la necesidad de mejorar las cualidades organolépticas de la zanahoria sin deteriorar las cualidades nutritivas y de esa forma incrementar su consumo especialmente en la población infantil.

En el presente trabajo de investigación, se realizó el estudio para la deshidratación por ósmosis de la zanahoria debido a que incorpora al producto mejores cualidades organolépticas, evita el deterioro nutricional, y es estable en el almacenamiento. Buscando mejorar las condiciones del proceso de transformación para obtener un producto cuya calidad organoléptica y nutricional sea aceptable.

Así mismo se determinó la difusividad efectiva, que es descrito por la segunda ley de difusión de Fick, para un mejor entendimiento de la movilidad del azúcar invertido a través de la zanahoria.

Los aspectos antes mencionados obligó a establecer los siguientes objetivos materia de la presente investigación:

- Caracterizar la materia prima.
- Determinar los parámetros tecnológicos adecuados para su deshidratación por ósmosis hasta contenido de humedad intermedia.
- Determinar la difusividad efectiva (D_e) a la temperatura y concentración de procesamiento.
- Caracterizar el producto, y evaluar durante el almacenamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

A. De la materia prima.

1. Clasificación taxonómica.

TISCORNIA (39), menciona que la zanahoria tiene la siguiente clasificación botánica:

Familia	: Umbelíferas
Genero	: <i>Daucus</i> .
Especie	: <u><i>Daucus carota</i></u>
Nombre común	: Zanahoria.

2. Descripción botánica.

TISCORNIA (39), menciona que es una planta originaria del medio día europeo, binual, se desarrolla en la primavera del año siguiente a la siembra alcanza de 1 a 1,5 m de altura y está constituida por umbelas de florecillas blancas, que se convierten es semillas apareadas y soldadas por su cara plana, convexas por su lado libre con costillas provistas de agujones encorvados. Las especies de raíz blanca son forrajeras y las rojas y a veces amarillas las hortelanas. Se conoce muchas variedades rojas, amarillas y blancas, originadas en la especie silvestre. Siempre se aprovecha la raíz como producto hortense.

En nuestro país esta hortaliza se cultiva intensamente, en nuestra región central se siembra en todos los meses del año.

ZEVALLLOS (43), menciona que en el país se cultivan las variedades Chantenay, Nantes y emperador. La más utilizada es la variedad Chantenay.

3. Composición físico química de la zanahoria.

En el cuadro 1 se aprecia la composición química de la zanahoria en donde se observa que además de su riqueza en caroteno, posee también tiamina, ácido ascórbico y minerales en apreciables cantidades.

Cuadro 1 : Composición química de la zanahoria (100 grs. de porción comestible).

COMPOSICIÓN	Zanahoria
COMPONENTES MAYORES	
Valor energético (cal)	41.00
Humedad gr	89.00
Proteína gr	0.60
Grasa gr	0.50
Carbohidratos gr	9.20
Fibra gr	1.20
Cenizas gr	0.70
MINERALES	
Calcio mg	33.00
Fierro mg	0.50
Fósforo mg	16.00
VITAMINAS	
Carotenos mg	10.00
Tiamina mg	0.04
Rivoflavina mg	0.04
Niacina mg	0.18
Acido ascórbico mg	17.40

Fuente : La composición de los alimentos peruanos 5ta edición. Ministerio de salud - Instituto nacional de nutrición. 1986.

SABEU (34), menciona que la zanahoria suministra considerable mucina una sustancia que sirve como

ungüento y lubricante para las membranas mucosas.

Por su riqueza en fósforo es excelente como vigorizante para una mente cansada, y como restauradora de los nervios.

SIMS et. al (38), menciona que las zanahorias tiene un alto contenido de β -caroteno, tiene pectinesterease (PE) activo, y que otro investigador Mossiot et al (1987) reporta que las zanahorias frescas contiene 1% de pectina

B. Vitamina A

BADUI (1), menciona las vitaminas A y E son las más propensas al deterioro oxidativo. La adición de antioxidantes como BHA, BHT, galatos, vitamina E, etc., estabilizan las preparaciones comerciales de vitamina A.

La vitamina A, se encuentra fundamentalmente en el reino animal y puede presentarse en las formas de alcohol o retinol de aldehído o retinal y de ácido, ácido retinoico, o esterificada con algunos ácidos grasos. En los vegetales no existe como tal, pero si como sus precursores llamado provitaminas, principalmente el β -caroteno y algunos que se indican en el cuadro 2. La conversión del β -caroteno en vitamina A sucede primero por una reacción de oxidación que lo transforma en retinal, éste, a su vez, por efecto de una reducción se vuelve retinol que, finalmente, es almacenado en el hígado como palmitato.

Cuadro 2: Actividad de provitamina A de algunos carotenoides.

	ug correspondiente a 1 UI de vitamina A
β -Caroteno	0,6
β -Apo-8'-carotenal	0,83
Criptoxantina	1,05
α -Caroteno	1,13
τ -Caroteno	1,43

Fuente: Badui (1)

C. Carotenoides.

POTTER (31), menciona que los carotenoides son pigmentos solubles en grasa y fluctúan en color, desde el amarillo pasando por el anaranjado hasta el rojo. Carotenoides importantes se encuentran en los carotenos anaranjados de las zanahorias, de maíz de albaricoque, de los duraznos y melocotones, de los frutos cítricos y calabazas.

De mayor importancia para algunos carotenoides es su relación con la vitamina A. Una molécula de Beta-caroteno de color naranja se convierte en 2 moléculas de vitamina A incolora, en el cuerpo de un animal. También otros carotenos como Alfa-caroteno, Gama-caroteno y criptosantina son también proveedores de vitamina A, pero debido a pequeñas diferencias en su estructura química una molécula de cada uno de estos produce solamente una molécula de vitamina A.

POTTER (31), menciona que durante el tratamiento de los alimentos, los carotenoides son bastante resistente al calor, a los cambios de pH y son permeables al agua por

ser grasas solubles. Sin embargo son muy sensibles a la oxidación que produce la pérdida de color y destrucción de la actividad de la vitamina A.

SIMS (38), menciona que la demanda de β -caroteno ha sido aumentada en gran medida debido a la reportada actividad contra el cáncer.

OZHOGINA (29), menciona que el β -caroteno exhibe afinidad por el oxígeno y radicales libres. Posiblemente en atención a esto se debe el efecto anticancer del β -caroteno.

1. Propiedades químicas.

BELITZ (2), menciona que los carotenoides son muy sensibles al oxígeno y a la luz y que en ausencia de estos factores, son estables hasta temperaturas elevadas.

La degradación de los carotenoides se acelera por los radicales libres que se forman por oxidación lipídica, siendo el de mayor interés el fenómeno de co-oxidación por determinadas lipoxigenasas, que dan origen a compuestos incoloros.

2. Propiedades nutricionales.

En el cuadro 3, se muestra la actividad provitamina A de algunos carotenoides comunes en alimentos vegetales

Cuadro 3: Actividad provitamina A de algunos carotenoides comunes en alimentos vegetales.

Nombre Común	Actividad Provitamina A (%)
β -caroteno	100
α -caroteno	50-54
θ -caroteno	inactivo
δ -caroteno	inactivo
τ -caroteno	42-50
β -zeacaroteno	20-40
β -criptoxantina	50-60
Licopeno	inactivo
zeaxantina	inactivo
Violaxantina	inactivo

Fuente : Curso Latinoamericano de Carotenoides en Alimentos. UNICAMP. Brasil (1993).

3. Mecanismo de degradación de carotenoides.

FELLOWS (12), reporta que los carotenos, es liposoluble, y su estabilidad frente a los siguientes agentes:

Calor: moderada a baja ; Luz: Baja ; Oxígeno: Baja ; Cambios de pH: Baja.

Según RODRIGUEZ-AMAYA (33), el discernimiento del mecanismo y factores que influyen en la descomposición de carotenoides ha sido derivado de sistemas modelos más fácilmente controlados. Sin embargo, la extrapolación de los componentes múltiples de los alimentos no esta avanzado.

FENNEMA (13), menciona que la destrucción de las provitaminas A en los alimentos manipulados y

almacenados ocurre por diferentes caminos, según las condiciones de la reacción. Si hay oxígeno, se producen pérdidas considerables de carotenoides, estimulados por la luz, enzimas y por cooxidación con hidroperóxidos; en tanto que en ausencia, son posibles transformaciones térmicas de isomerización trans-cis, variando las pérdidas entre 5 y 40%, según la temperatura, tiempo y naturaleza de los carotenoides. La isomerización trans-cis es de interés porque los isómeros cis tienen baja intensidad de color y porque pierden su potencial biológico como Provitamina A.

Según RODRIGUEZ-AMAYA (33), la información sobre la isomerización durante el almacenamiento es escasa.

D. Factores que afectan la degradación de carotenoides durante el almacenamiento de alimentos.

1. Oxígeno.

BADUI (1) y RAMAKRISHNAN y FRANCIS citado por RODRIGUEZ-AMAYA (33), mencionan que la pérdida de carotenoides se debe fundamentalmente a reacciones de oxidación, por acción del oxígeno o enzimas como la lipoxigenasa, y sucede generalmente durante el secado de frutas y hortalizas.

Asimismo GOLDMAN et al. (17), determinó que la presencia de oxígeno en los espacios libres de un sistema alimenticio modelo empacado, influye en la

degradación del β -caroteno.

CHARLEY (8), menciona que el cambio de color se puede evitar suprimiendo el contacto del oxígeno con el substrato. Cubrir la fruta con el azúcar o con un jarabe mantiene al oxígeno atmosférico separado de la superficie. Sin embargo, aún existe el problema del oxígeno intracelular. El azúcar también reduce la concentración del oxígeno disuelto en el jarabe o en el agua al rededor de la fruta

2. Contenido de humedad - Actividad de agua.

CHOU y BREENE (10), observaron que la humedad absorbida extiende el período de inducción y reduce con ello la tasa de decoloración oxidativa.

GOLDMAN et. al (17), determinaron que la retención del 50% de β -caroteno almacenado a actividad de agua de 0,84 , 0,32 y bajo condiciones secas fue de 42, 35 y 25 días a 35°C. La influencia protectora de la actividad de agua (0,37 - 1,00), fue también demostrado a elevadas temperaturas (65°C).

ARYA et. al citado por RODRIGUEZ-AMAYA (33), determinaron que los carotenoides en zanahorias son relativamente más estables a A_w de 0,32 - 0,57; encontrando la máxima estabilidad a 0,43 de A_w ; para valores superiores e inferiores a este nivel, la tasa de destrucción de carotenoides se incrementa.

3. Luz.

PESEK y WARTHESEN citado por RODRIGUEZ-AMAYA (33), estudiaron la cinética de fotodegradación de carotenoides en jugos de tomate y zanahoria, conteniendo 3 $\mu\text{g/g}$ de α -caroteno, 8,2 $\mu\text{g/g}$ de β -caroteno, 62,9 $\mu\text{g/g}$ de licopeno y pequeña cantidad de otros carotenoides; los cuales fueron sometidos a 230 ft-c de luz a 40°C. Después de 4 días de exposición a la luz, solamente 25% de la cantidad inicial de α , β -caroteno se conservó, mientras que el 75% de licopeno permaneció inalterable. Finalmente las reacciones de degradación se ajustaron a un Modelo cinético de primer orden.

4. Temperatura.

CHOU y BREENE (10), demostraron que en sistemas modelo de celulosa a 5, 20 y 35°C la destrucción del β -caroteno se incrementa con la temperatura de almacenamiento. Los valores de k (tasa de degradación días⁻¹) fueron 2,87 x 10⁻², 10,5 x 10⁻² y 21 x 10⁻² respectivamente.

5. Antioxidantes.

Según RODRIGUEZ-AMAYA (33), la adición de antioxidantes es generalmente el medio más práctico de prolongar la vida útil. La eficiencia depende del antioxidante usado, su concentración y el sistema.

CHOU y BREENE (10), encontraron que en sistemas de

celulosa, el butil hidroxitolueno (BHT) en 50 ppm disminuye la tasa de degradación del β -caroteno.

6. Sulfitos.

Según RODRIGUEZ-AMAYA (33), el efecto de Sulfitos (SO_2 , SO_3^- , HSO_3^-) no está bien definido. Algunos investigadores han reportado la acción beneficiosa de los sulfitos en sistemas modelo y alimentos, otros no encontraron una disminución significativa de la tasa de destrucción de carotenoides en muestras tratadas con sulfito.

BALOCH et al. citado por RODRIGUEZ-AMAYA (33), encontraron un marcado efecto sobre la estabilidad de carotenoides en muestras de zanahorias blanqueadas y no blanqueadas durante la deshidratación y almacenamiento a 37°C.

7. Otros factores.

RODRIGUEZ-AMAYA (33), determinó que en zanahoria liofilizadas que han sufrido un tratamiento previo de blanqueado, la pérdida de pigmento es mucho mayor que en zanahorias liofilizadas no blanqueadas; debido a la degradación o expulsión de sustancias solubles en agua tales como el ácido ascórbico, aminoácidos y otros compuestos polifenólicos que estabilizan a los carotenoides. Sin embargo el blanqueado ejerce algunas veces un efecto protector, generalmente debido a la inactivación de la peroxidasa y lipoxigenasa.

E. Antioxidantes.

BADUI (1), menciona que entre todos los antioxidantes, el BHA y el BHT, ambos liposolubles, son los más empleados. Las principales consideraciones que se deben tomar en cuenta al seleccionar un antioxidante son las siguientes:

Potencia, Solubilidad, Adición fuera de tiempo, pH del alimento y Temperatura del proceso.

El BHA y BHT son lipofilos que se usan en alimentos que contiene agua, y son estables a pH alcalino.

Cada antioxidante tiene una temperatura a la que se volatiliza, lo cual es preciso tomar muy en cuenta. La figura 1 muestra la volatilidad de algunos de estos compuestos bajo diferentes condiciones de presión y de temperatura.

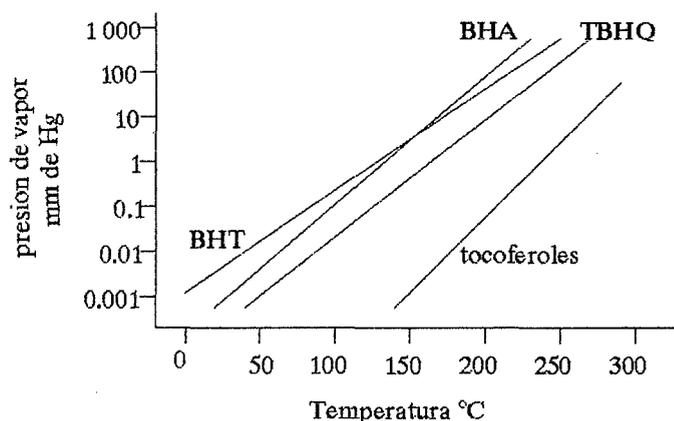


Figura 1: Volatilidad de diversos antioxidantes en función de la temperatura

BADUI (1), menciona que, además de los antioxidantes, se puede usar algunos secuestradores de metales con el mismo fin. Entre los agentes químicos más empleados se encuentran algunos ácidos (y ciertas sales). tales como fosfórico. cítrico, tartárico y ascórbico.

F. Actividad de agua de los alimentos.

FELLOWS (12), menciona que el contenido en agua de los alimentos, puede expresarse, bien sobre peso húmedo ó sobre peso seco:

$$m = \frac{\text{masa de agua}}{\text{masa de muestra}} * 100 \quad \text{ó} \quad M = \frac{\text{masa de agua}}{\text{masa de sólidos}}$$

En los cálculos de procesos, el contenido de agua suele expresarse en función del residuo seco, mientras que las tablas de composición se representan generalmente en función de su peso húmedo.

FELLOWS (12), menciona que el contenido en agua de un alimento determinado no es, por si mismo, suficiente para preveer su estabilidad. Así mientras algunos alimentos resultan inestables a pesar de su bajo contenido en agua (por ejemplo: el aceite de cacahuete supera el 0,6%), otros, con el contenido de agua elevado son muy estables (por ejemplo: el almidón de patata, que contiene 20% de agua es muy estable). Es el agua disponible para la actividad bioquímica, enzimática o microbiana la que determina en realidad la vida útil de un producto, y esta se expresa por el concepto "Actividad de agua" (Aw).

CHARLEY (8), menciona que la A_w se define como la relación de la presión de vapor del agua en una solución (P_s) a la presión de vapor del agua pura (P_w): $A_w = P_s/P_w$

La disminución de la humedad en los tejidos mediante la deshidratación o el congelamiento, el uso del azúcar en altas concentraciones como en las mermeladas y jaleas y el uso de una solución concentrada de sal como la salmuera son efectivos, debido principalmente a que disminuyen la actividad de agua lo suficiente de tal forma que ya no pueda sostener el crecimiento de los microorganismos que causan la descomposición del alimento.

CHEFTEL y CHEFTEL (9), refiere que el sistema más fácil para tener una medida de la mayor o menor "disponibilidad" del agua en los diversos alimentos es la actividad de agua (A_w).

LABUZA (22), citado por MANAYAY (27), menciona que la actividad de agua es un índice de gran utilidad para expresar la susceptibilidad de los alimentos a las diversas causas de deterioro.

G. Isotermas de humedad.

TORRES (41), reporta que la isoterma de humedad de un alimento es la representación gráfica o analítica de los valores de su A_w en función de su contenido de humedad. La complejidad de esta curva es una manifestación directa de los varios mecanismos por los cuales la molécula de agua

interacciona con el resto de las moléculas presentes en el alimento (proteínas, polisacáridos, azúcares sales, vitaminas y otros).

MANAYAY (27), menciona que los valores de humedad de equilibrio del alimento de humedad intermedia, pueden ser ajustados al modelo de isotermas de sorción de Guggenheim, Anderson y de Boer (G.A.B.):

$$Aw/HU = Alf * Aw^2 + Bet * Aw + Gam.$$

Donde :

Aw = Actividad de agua
HU = Humedad de equilibrio en base seca.
Alf, Bet, Gam = parámetros.

CARBONELL (6), menciona que los valores experimentales en el intervalo de Aw comprendido entre 0 y 0,4 se ajustan a la ecuación de B.E.T (Brauner et al., 1938)

$$\frac{Aw}{(1-Aw)W} = \frac{K - 1}{W1 K} Aw + \frac{1}{W1 K}$$

en lo que W es la humedad del producto en equilibrio con Aw, W1 es la humedad correspondiente a la monocapa, y K una constante.

CARBONELL (6), menciona que la ecuación de Gunggenhein, Anderson, y De Bóer, conocida con el acronimo de G.A.B. adopta la forma:

$$\frac{X}{Xm} = \frac{C K Aw}{(1-K Aw)(1 - K Aw + C K Aw)}$$

donde X es el contenido en humedad (% base seca) del producto Xm la humedad correspondiente a la monocapa, Aw

la actividad de agua y C y K son constantes de adsorción.

Para el cálculo de los tres parámetros característicos de la ecuación de G.A.B., esto se ha expresado en forma de la función parabólica:

$$\frac{A_w}{X} = \frac{1}{CKX_m} + \frac{K(C-2)}{CKX_m} A_w + \frac{(K^2-CK^2)}{CKX_m} A_w^2$$

H. Alimentos de humedad intermedia.

TORRES (41), sostiene que los alimentos de humedad intermedia (AHI) pueden ser definidas como productos microbiológicamente estables a temperatura ambiente y de suficiente plasticidad como para que pueda ser consumidos sin necesidad de rehidratación en general posee una actividad de agua entre 0.60 y 0.85 y contiene entre 15 y 30% de humedad.

VIGO et. al (42), citado por MANAYAY (27), reporta que en los últimos años se ha observado un renovado interés por los alimentos conservados por reducción de actividad acuosa (A_w) y adición de algunos casos, de ciertos agentes antimicrobianos específicos.

Estos productos se han dado de llamar alimentos de humedad intermedia (AHI) pues pueden ingerirse sin previa rehidratación y, apesar de ello son estables sin necesidad de refrigeración esterilización. Típicamente la humedad de estos alimentos oscila entre el 20 y 50% y su actividad acuosa entre 0.60 y 0.92.

LABUZA et. al (30), citado por MANAYAY (27), refiere que los alimentos de humedad intermedia con un contenido de 20 a 40% de humedad, se localiza dentro de la isoterma de adsorción, a una Aw superior a 0,5.

TORRES (41), menciona que la formulación de un alimento de humedad intermedia involucra la conjugación de las barreras microbiológicas, la estabilidad microbiológica y la aceptabilidad organoléptica del producto. Las barrera microbiológicas empleadas son el pH del alimento, la temperatura de almacenamiento, el termoprocesado de los ingredientes y del producto final, la concentración de preservantes.

Asimismo, menciona que cuando nos enfrentamos a la labor de formular un alimento es necesario tener muy en claro cual es la vida útil que esperamos del producto y cual es la calidad mínima que el consumidor puede aceptar.

I. Preparación de la materia prima

FELLOWS (12), menciona que la mayor parte de los alimento pueden contener, en el momento de su recolección o sacrificio, diversos contaminantes o componentes no comestibles . Sus características físicas además pueden ser muy diversos por ejemplo: tamaño, forma o color distintos. Para ello resulta imprescindible someter al alimento a una o más operaciones de lavado, limpieza, clasificación, pelado, que los prepare para las operaciones subsiguiente de elaboración.

1. Lavado

El lavado es aquella operación unitaria en la que el alimento se libera de sustancias diversas que lo contaminan, dejando su superficie en condiciones adecuadas para su elaboración posterior.

2. Clasificación

Las cuatro propiedades físicas en la que se basa la clasificación son: el tamaño la forma, el peso y el color.

3. Pelado

El pelado es una operación imprescindible en la elaboración de muchas frutas y verduras en la que para mejorar el aspecto del producto final, se requiere la eliminación del material no comestible.

J. Blanqueado

LEE (23), menciona que los tratamientos convencionales de Blanqueado son: (1) 4-5 min. a 100°C (2) 20-30 min. a 74°C

CARBONELL (6), menciona que las zanahorias se escaldan con vapor de agua a presión atmosférica; los tiempos de tratamiento térmico son de 3 minutos para prismas (10x10x3mm) y discos (25mm Φ x 3mm h) y de 8 minutos para dados (10*10*10mm)

FELLOWS (12), menciona que el blanqueado se aplica antes del procesado para destruir la actividad enzimática de

frutas y verduras. Previa a otras operaciones de conservación (en especial la esterilización por el calor, la deshidratación y la congelación)

La adecuada inactivación de los enzimas requieren un calentamiento rápido hasta una temperatura determinada, el mantenimiento a ésta durante el tiempo necesario y un enfriamiento rápido hasta una temperatura próxima a la del ambiente.

1. Entre los objetivos del blanqueado tenemos:

a. Inactivación enzimática

Según FELLOWS (12), si el alimento no se blanquea se producen, durante su almacenamiento, cambios no deseados sobre su valor nutritivo y características organolépticas. Un blanqueado insuficiente puede provocar un deterioro mayor que cuando esta operación se omite.

FELLOWS (12), menciona que entre los enzimas responsables de pérdida en el valor nutritivo y modificaciones de las características organolépticas de frutas y verduras se encuentran la lipooxigenasa, la polifenoloxidas, la poligalacturonasa, y la clorofilasa. Dos enzimas termo resistentes presentes en la mayor parte de las verduras son la catalasa y la peroxidasa. son importantes, pues se utilizan para determinar la eficacia del blanqueado. La peroxidasa

es más termorresistente de los dos y la ausencia de actividad peroxidasa indicada que otros enzimas menos termorresistentes han sido destruidos.

b. Otros objetivos del blanqueado

El blanqueado reduce el número de microorganismos contaminantes presentes en la superficie de los alimentos, contribuye entonces, al efecto conservador de operaciones sub siguientes, FELLOWS (12)

2. Efecto del blanqueado sobre los alimentos

FELLOWS (12), menciona que, la combinación de tiempo y temperatura utilizada para el blanqueado se establece como compromiso para que reduciendo al mínimo las pérdidas de aroma, asegure la adecuada inactivación de los enzimas, sin reblandecer excesivamente el producto.

a. Nutrientes

Durante el blanqueo se pierden minerales, vitaminas hidrosolubles y otros componentes hidrosolubles. Las pérdidas vitamínicas se deben, en su mayor parte, al efecto del lavado, a la termodestrucción y en menor grado, a la oxidación, FELLOWS (12).

b. Color y aroma.

SIMS et al (38), menciona que el Calentamiento de zanahorias a 93°C es necesario para inactivar la pectinesterease y prevenir la clarificación y baja del color del jugo.

CHARLEY (8), menciona que el β -caroteno en la verdura cruda se localiza en los cromoplastos y en las zanahorias, el pigmento altamente concentrado se deposita como cristales en una variedad de formas por todo el citoplasma de las células. Una breve exposición al agua hirviendo ocasiona que el β -caroteno se disuelva en los lípidos, apareciendo como gotitas cerca de la periferia de la célula. En esta forma un cambio en el estado físico del pigmento explica el cambio inicial del color.

El calentamiento más prolongado, y especialmente el recocimiento, puede dar lugar a un cambio trans-cis, con cierta pérdida en la intensidad de color. Debido a la cantidad de caroteno presente. Las zanahorias cocidas aún se conservan brillantes y con un color atractivo.

c. Textura

CHARLEY (8), menciona que el tejido del centro de las zanahorias es ligeramente duro, mientras que en el cilindro externo tienden a ser esponjosas. Se ha demostrado que los tejidos responden en forma diferente al cocimiento mediante la observación en el microscopio electrónico de barrido de los tejidos del floema y xilema de las zanahorias cocidas en agua hirviendo, al vapor y en una olla de presión.

LEE (23), menciona que la firmeza de la zanahoria a

los tratamientos de blanqueado; Se incrementa cuando la temperatura de blanqueado aumenta de 54,4°C a 76,6°C y disminuye cuando la temperatura de blanqueado aumenta de 76,6°C a 100°C. El sustento de la conclusión del incremento de la firmeza es causado por los efectos de la Pectin Methyl esterase (PME), que es activado por la baja temperatura de blanqueado e inactivado por la alta temperatura de blanqueado.

CARBONELL (7), menciona que aunque el escaldado conduce a un incremento en el contenido inicial en humedad de los nabos también provoca un aumento en la permeabilidad de las paredes celulares del producto, de tal forma que los nabos escaldados se secan más rápidamente que los no escaldados y alcanzan, además humedades residuales inferiores a los de estos últimos.

K. Deshidratación por ósmosis.

Según LERICE et al. (26), la deshidratación osmótica es un proceso de remoción de agua que consiste en colocar alimentos, en una solución hipertónica. Debido a que esta solución tiene alta presión osmótica y baja actividad de agua (A_w), la fuerza de remoción de agua aumenta entre la solución y el alimento, actuando la pared celular como una membrana "semipermeable".

LERICE et al (25), menciona que, como la membrana es sólo parcialmente selectiva, siempre existe una filtración de

soluto desde la solución al alimento y viceversa; siendo la deshidratación por ósmosis por lo tanto un proceso de difusión simultánea de agua y soluto.

BOLIN et al (3), mencionan que uno de los medios más eficientes de energía para remover humedad de piezas de alimentos es por ósmosis. Algunas otras ventajas de la ósmosis directa, en comparación con otros procesos de secado; incluyen la minimización del daño del color y del flavor por efectos del calor y la poca alteración de la fruta por pardeamiento enzimático oxidativo excluyendo el uso de dióxido de azufre, LERICE et. al (25).

En el mismo estudio LERICE et al. (25), observaron que la disminución de peso en frutas osmodeshidratadas se incrementa con la concentración de soluto en la solución osmótica, tiempo de inmersión, temperatura, razón solución/alimento, área superficial específica del alimento y por el uso de sistema bajo presión. La dimensión molecular del monosacárido empleado en la solución osmótica influye en la difusividad, siendo mayor cuando menor es el tamaño molecular BOLIN et al. (3) y CHANDRASEKARAN y KING citado por LERICE et al. (34).

Según BOLIN et al (3), los productos de humedad intermedia son producidos por inmersión de la fruta en una solución de sacarosa de 70°Brix para reducir su peso a un 50%.

SANCHEZ citado por FERNANDEZ (14), indica que para una

adecuada deshidratación por ósmosis, los trozos de fruta blanqueados, deben ser inmersos en una solución azucarada con concentraciones superiores a 50° Brix.

SCHWARTZBERG citado por FERNANDEZ (14), recomienda que para evitar el encogimiento, debido a la ósmosis, se debe realizar un aumento progresivo de la concentración del jarabe, dejando la fruta en la solución azucarada por un tiempo suficiente que permita alcanzar el equilibrio.

POINTG et. al (30), mencionado por FLORES (15), indica que el proceso de ósmosis puede aplicarse a cualquier tipo de tejido animal o vegetal, que puede ser sumergido en soluciones concentradas de azúcar o sal. La transferencia de agua por ósmosis es aplicable a pedazos de fruta, dado que ellos contienen azúcares y otros solutos en soluciones diluidas, y la estructura de su superficie celular actúa como una eficiente membrana semipermeable.

Sumergiendo pedazos de fruta en soluciones concentradas de azúcar, el agua puede ser extraída en más del 50% del peso original de la fruta, POINTG et al. (41).

GARCÍA citado por FLORES (15), menciona que los procesos de difusión para obtener alimentos de humedad intermedia han sido aplicados a carnes de vacuno, cerdo, pollo, cordero, jamón, atún, arvejas, zanahorias, hongos, cebollas, papas, piñas, apio y macarrones.

JAMIENSON y JOBBER (19), menciona que las concentraciones altas de azúcar ejerce un efecto inhibitor en el crecimiento de muchos microorganismos, efecto que se debe casi por completo a la disminución de la actividad acuosa por las altas presiones osmóticas.

ZUMAGARRAMURDI y LUPIN (44), destaca que el equilibrio osmótico se alcanza cuando la presión de ambos lado de la membrana se igualan. Es importante destacar que, la ósmosis, es uno de los medios energéticamente más eficientes de remoción de humedad en un trozo de alimento debido a que el agua no tiene que pasar por un cambio de fase (Bolin et al 1983).

BREAUNDRY y LAMPIN (4), señala que el flujo osmótico es un fenómeno natural causado por el agua al intentar alcanzar un equilibrio (o concentraciones aproximadamente iguales) en ambos lados de la membrana. Termodinámicamente se alcanza el equilibrio cuando se igualan las fugas molares parciales de agua en cada lado de las membranas.

L. Deshidratacion en jarabes.

FLORES (15), menciona que los jarabes son más fáciles para trabajar y volverse a utilizar que los azúcares en forma sólida.

PONTING et al (30) citado por FLORES (15), utilizó jarabes en baños estáticos, agitados mecánicamente, y circulando por bombeo reconcentrando estos mediante un evaporador.

1. Concentración del jarabe.

FRAKAS et al. (16), menciona que la concentración del jarabe osmótico tiene un efecto notable sobre la velocidad de ósmosis, así como los niveles de reducción de peso de la fruta. Se estableció que a una mayor concentración del jarabe usado como medio osmótico, mayor es la velocidad de la ósmosis y mayor la pérdida de peso en manzanas. Se ensayo con jarabes de sacarosa a 50, 60, 70, 75 Brix como medio osmótico

2. Efecto de la temperatura.

PONTING et al. (30), menciona que en los trabajos efectuados en deshidratación osmótica de manzana se observó que la temperatura afecta marcadamente la velocidad de la ósmosis. Adicionalmente se notó que el incremento de la velocidad de la ósmosis tiene quizá un limite en los 49 °C. Sobre esta temperatura se verifica deterioros en el sabor y textura obteniéndose frutas mas pobres.

3. Efecto de tratamiento de la fruta.

QUINTANA (32), menciona que los pre tratamientos que se efectúan en la fruta que luego va a ser puesta en contacto con el medio osmótico, tiene la finalidad principal de ayudar a la ósmosis de forma que el intercambio de materiales entre fruta y medio osmótico se facilite.

KAREL (21), menciona que en tajadas de manzanas se estudio el efecto del escaldado con vapor sobre la

cinética de agua y de aumento de azúcar durante el tratamiento osmótico. Se observó que las muestras escaldadas pierden agua más rápidamente en la fase inicial del tratamiento, sin embargo al final del mismo la diferencia en los niveles de pérdida de agua es pequeño. Respecto al aumento de sólidos, en tajadas de manzana que se escaldaron fue de aproximadamente el doble que en las no escaldadas.

M. La ósmosis como un proceso de difusión.

La difusión tiene lugar continuamente a través de una membrana permeable al agua, en el sentido que las moléculas de agua están en movimiento constante a través de ambas direcciones. Si el movimiento osmótico del agua a través de una membrana se debe a la difusión, este debe representar la diferencia entre el movimiento difusional de las moléculas de agua en una dirección y en la otra.

1. Factores que afectan la difusividad.

Son muchos los factores que afectan la difusividad, algunos como la estructura, son inherentes al producto y por esta razón, difícilmente pueden ser alterados, mientras otros, como la forma y tamaño generalmente pueden ser adecuados al modelo matemático a utilizarse. Otros factores que afectan la difusividad son la concentración, temperatura y viscosidad de la solución, estos últimos íntimamente relacionados; mientras que otros como la agitación y adición de solutos pueden ser tratados independientemente.

Así SCHWARTZBERG Y YUE (37), señala que la observación visual usualmente provee la base para la selección de la geometría para la determinación de la difusividad, pero esta selección puede basarse en una prueba de difusión, donde gráficamente se puede determinar la forma o reconocer si la escogida es la adecuada o no. Pero a pesar de haber escogido una geometría incorrecta, el error final en la difusividad no excedera el 20% de su valor real.

SCHWARTZBERG Y YUE (37), señala que la difusividad en el sólido (D_s), disminuye marcadamente cuando el diámetro de las moléculas del soluto se aproxima al diámetro del poro.

LERICI et al (25), destaca que a medida que el azúcar tiene menor tamaño molecular, va a tener un mayor coeficiente de difusión. Al respecto la fructosa tiene un coeficiente de difusión 32% mas alto que la sacarosa.

FOX (1980), mencionado por FERNANDEZ (14), propuso un método que evalúa la difusividad en función de la temperatura y viscosidad, utiliza la siguiente formula:

$$DT_1 = DT_2 * \frac{T_1}{T_2} * \frac{UT_2}{UT_1}$$

Donde: T es Temperatura absoluta, y U es la viscosidad del medio.

2. Modelos teóricos - experimentales para el cálculo del coeficiente de difusión en sólidos.

JOST (20), considera que un sistema finito es aquel en el que son mesurables los cambios de concentración en la solución, siendo para esto necesario mantener baja la proporción sólido: líquido.

Asimismo, indica que la solución de la ecuación de Fick para la difusión dentro de una placa dentro de un sistema finito lineal con difusividad constante es:

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-D(2n+1)^2 \pi^2 t / 4L^2}}{(2n+1)^2} \dots\dots(1)$$

Donde:

- M_t = Cantidad de soluto en solución después de un tiempo t
- M_∞ = Cantidad de soluto en solución después de un tiempo ∞
- D = Coeficiente de difusión efectivo o aparente (m^2/s)
- L = Semiespesor del sólido (m).
- n = Numero de serie.

TOMASULA y KOZEMPLE (40), utilizaron la ecuación 1 para determinar el coeficiente de difusión de la glucosa, potasio y magnesio en papas con geometría de placas (1 * 1 * 9 cm), asumiendo que :

- La difusividad es constante independiente de la concentración.
- Las tiras de papas se aproximan a un sólido de espesor constante limitado por dos planos paralelos separados una distancia igual a $2L$.

- No hay difusión a través de los extremos de la papa.
- La distribución de solutos en la papa es uniforme.

La cantidad de solutos en solución fue determinada tomando 5ml de agua cada 15 minutos.

De otro lado SCHWARTZBERG Y YUE (37), indica que si se utiliza un alimento de espesor suficiente, con un corte seccional largo, que permanezca constante y recto en el eje X, con sólo una cara expuesta, teniendo sus lados y base cubiertas por un envase o membrana impermeable a la solución. Se puede simular un sólido semi-infinito, donde las concentraciones en la cara no expuesta del sólido no cambia considerablemente durante la prueba de difusión.

Si el estudio es expuesto a un fluido manteniendo a concentración constante (Y); la concentración en el sólido (X) estará dada por:

$$\frac{X - Y/m}{X_0 - Y/m} = \text{erf} \left[\frac{Z}{2 (Dt)^{1/2}} \right] \dots (2)$$

Donde:

X₀ = la concentración inicial uniforme en el sólido,

m = (Y/X)_∞ es la proporción de la distribución en el equilibrio,

t = es el tiempo, y

Z = Es la distancia medida desde la superficie expuesta;

X = Es la concentración a una distancia Z.

La ecuación está sujeta a la siguientes condiciones iniciales y límites (ver figura 2):

$$X = X_0 \quad \text{en} \quad 0 < Z \leq \infty \quad t = 0$$

$$X = Y \quad \text{en} \quad Z = 0 \quad t > 0$$

$$x = X_0 \quad \text{en} \quad Z = L \quad 0 < t \leq \infty$$

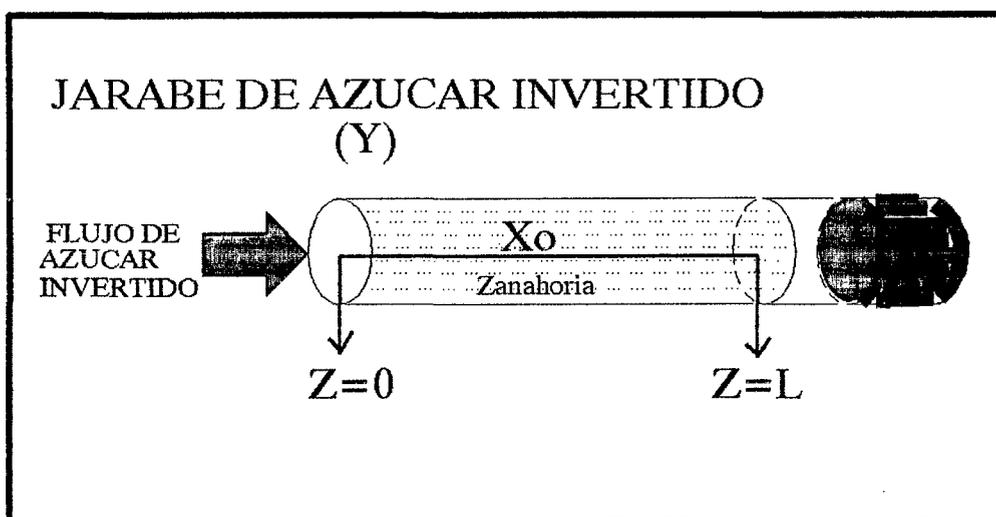


Figura 2: Sistema de estudio

Asimismo, asumiendo que:

- La transferencia de solutos es debida únicamente a la difusión.
- La difusividad es constante durante el proceso.
- La difusión es unidireccional y la contradifusión de agua es despreciable.
- No hay reacciones químicas en el sistema.
- La distribución inicial de solutos en el sólido es uniforme.
- La concentración del medio permanece constante en la superficie expuesta del sólido.

Esta ecuación fue utilizada por Geurts et al. (1974, 1980) citados por SCHWARTZBERG Y YUE (37), para determinar la difusividad del cloruro de sodio durante el salado de queso gounda.

N. Procesos complementarios a la deshidratación por ósmosis.

FLORES (15), refiere que una vez que el agua ha sido removida en más del 50%, mediante el proceso de osmosis, la fruta si se desea, puede ser sometida a los siguientes procesamientos adicionales:

- Secado al vacío.
- Secado por aire caliente.

III. MATERIALES Y METODOS.

A. Lugar de ejecución.

El presente trabajo de investigación se realizó en la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María - Huánuco - Perú, en los Laboratorios de: Análisis de alimentos, Química, Microbiología de los Alimentos, Control de calidad, Análisis sensorial y Nutrición animal. En los meses de Octubre a Diciembre de 1995 y de Enero a Agosto de 1996.

B. Materiales y equipos.

1. Materia prima.

En el presente trabajo se utilizó como materia prima la zanahoria (Daucus carota) variedad Royal Chantenay, procedente del pueblo la Esperanza, Huánuco- Perú.

2. Insumos.

- Azúcar blanca Industrial.
- Bisulfito de sodio grado usp .
- BHT (butil hidroxil tolueno) USP

3. Reactivos.

- Bicarbonato de sodio comercial
- Acido cítrico comercial.
- Eter de petróleo.
- Etanol Absoluto.
- Metanol absoluto.

- Hexano grado reactivo.
- Cloruro de Litio.
- Cloruro de Magnesio.
- Ioduro de potasio.
- Cloruro de sodio.
- Cloruro de potasio.
- Nitrato de potasio.
- Acido ascorbico grado reactivo.
- 2,6 diclorofenolindofenol
- 2,4 dinitrofenol
- Otros (Todo lo necesario para el análisis proximal, fisicoquímico, microbiológico. etc).

4. Equipos.

- Secador con circulación de aire caliente, con bandejas.
- Mufla, marca Labor.
- Estufa Bacteriológica con termostato para temperatura regulable de 0 a 300 °C, marca Lab-line Instruments Inc. Melrose Park, Ill.
- Balanza analítica, marca OHAUS, sensibilidad 0,0001 mg. EE.UU.
- Balanza analítica, marca Sartorius, sensibilidad 0,1 gr. EE.UU.
- Balanza comercial capacidad máxima de 10 Kg marca OHAUS
- Refractómetro de mesa, con rango de lectura de 0 a 80% de sólidos solubles, Carl Zeis.
- Potenciómetro, marca Orión, modelo 301, rango de pH

0-14.

- Espectrofotómetro Molecular Espectronic 20, marca Bausch & Lomb, rango de longitud de onda de 340 - 960 nm.
- Fotocolorímetro LAVIBOND.
- Estabilizador de corriente de 600 W.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
- Microcomputador PC AT DX2 marca AMI, EE.UU.
- Baño María con termo regulador, marca Labor.
- Cocina de kerosene marca surge de dos hornillas.
- Agitador mecánico marca labor.
- Sellador eléctrica de empaques de plástico.

5. Materiales de vidrio.

- Termómetros (0-150°C)
- Campanas de desecación.
- Buretas y microburetas
- Vasos de precipitado, erlenmeyer, pipetas, probetas, lunas de reloj y otros.

C. Métodos de análisis.

1. Análisis químico.

a. Análisis químico proximal.

Los Análisis de humedad, proteínas, carbohidratos, grasa, fibra y cenizas se efectuó de acuerdo a los métodos citado por HART y FISHER (18).

b. Determinación de vitamina C.

La determinación cuantitativa de vitamina C se efectuó por el método espectrofotométrico de absorción molecular. Propuesto por el Departamento de Agricultura de Canadá, el cual se describe en el anexo I.

c. Determinación de componentes minerales.

Los análisis de Ca, Mg y Fe se realizó por el método espectrofotométrico de absorción atómica citado por SANDOVAL (35), y la determinación de fósforo se realizó por el método de absorción molecular el cual se describe en el anexo II

d. Determinación de la actividad peroxidásica.

La actividad peroxidásica de la muestras sometida a blanqueado se evaluó por el método citado por LEES(24).

e. Determinación de azúcares reductores.

El análisis de azúcares reductores, se efectuó por el método espectrofotométrico, el cual se detalla en el anexo III.

f. Determinación del contenido de carotenoides totales.

El análisis de carotenoides totales se realizó por el método espectrofotométrico citado por RODRIGUEZ-AMAYA (33) y la metodología utilizada por CONDEZO (11), el cual se describe en el anexo IV.

g. Determinación de provitamina "A" (β caroteno)

La determinación de provitamina "A" se realizó por el método AOAC, N° 43,014 (AOAC 1984) y los cálculos por el método AOAC N°39.017, el cual se describe en el anexo IV.

2. Análisis fisicoquímico y físicos .

a. Determinación de pH, sólidos solubles y acidez titulable.

Los análisis de pH, sólidos solubles y acidez titulable se realizó de acuerdo a los métodos citados por HART y FISHER (18).

b. Determinación de las medidas biométricas.

Se evaluó el peso y las dimensiones geométricas de la zanahoria fresca, y osmodeshidratada empleando para ello balanza y vernier respectivamente.

3. Análisis microbiológico.

Los métodos utilizados para el análisis microbiológico fue de recuento estándar en placa para microorganismos aerobios viables, mohos y levaduras, y número más probable para coliformes.

D. Metodología experimental.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se utilizó el esquema del trabajo de investigación que se muestra en la figura 3.

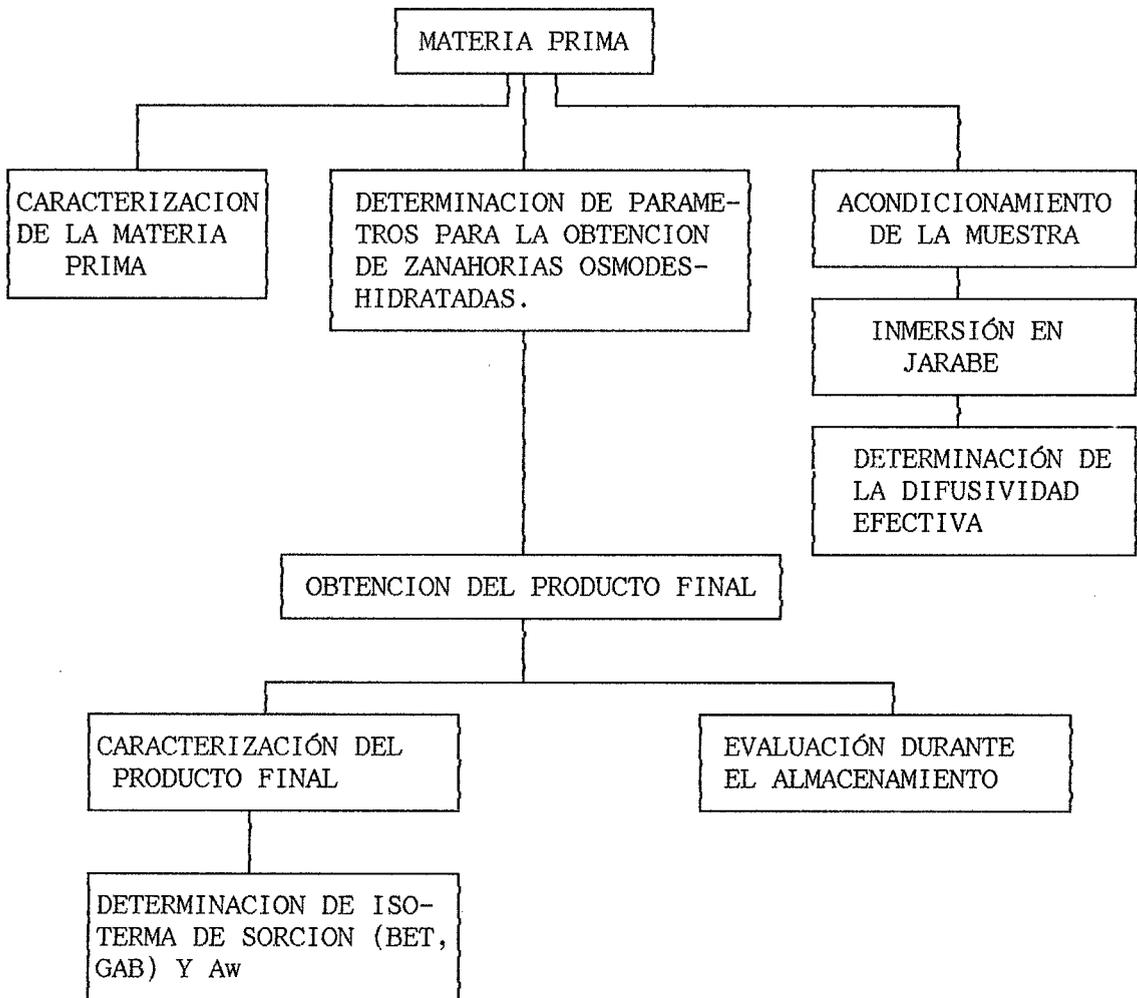


Figura 3: Esquema del trabajo de investigación

1. Caracterización de la materia prima.

Se realizó los análisis físico químicos, químico proximal, vitamina C, carotenos totales, provitamina A (β caroteno), así mismo se determinó las dimensiones biométricas.

2. Determinación de parámetros para la obtención de zanahoria osmodeshidratada.

Para determinar el procesamiento de osmodeshidratación de zanahoria se tomo como base el flujo de operaciones mostrado en la figura 4, el cuál se describe a continuación.

- **Selección y clasificación.**- Se realiza en base a la forma, tamaño y aspecto general.

- **Lavado.**- Se realiza manualmente por el método de inmersión directa con agua corriente.

- **Pelado.**- Considerando lo mencionado por CARBONELL (6), se realiza el pelado manual, raspando la superficie de la zanahoria con cuchillo de acero inoxidable.

- **Cortado en rodajas.**- Para el cortado se toma como base el espesor usado para la deshidratación de zanahoria por CARBONELL et al. (6), que es de 3mm.

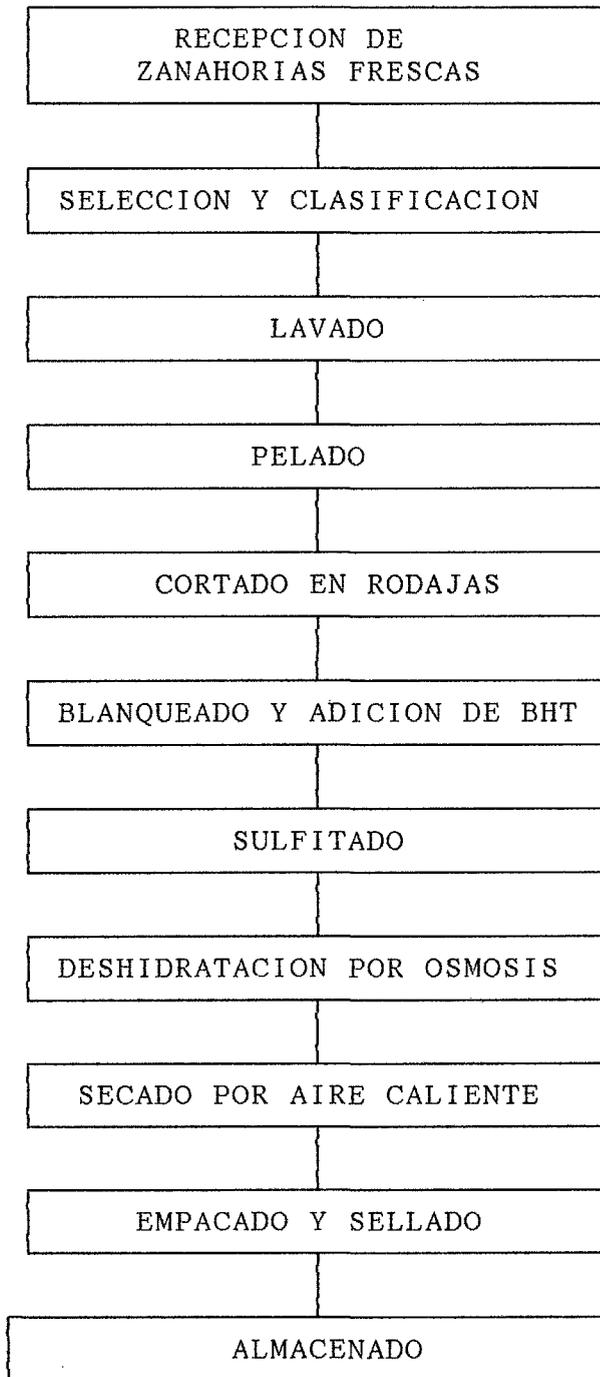


Figura 4 : Flujo de operaciones preliminares para la obtención de zanahoria osmodeshidratada

- **Blanqueado y adición de BHT.**- El blanqueado se realiza para la inactivación enzimática y facilitar el proceso osmótico, y la adición de BHT para proteger la degradación de carotenos, RODRIGUEZ-AMAYA (33), CHOU Y BREENE (10).

- **Sulfitado.**- Esta operación se realiza con la finalidad de proteger el pardeamiento no enzimático y enzimático residual, y su acción antimicrobiana. BADUI (1).

- **Deshidratación por ósmosis.**- Se realiza por inmersión de la zanahoria en jarabe de azúcar invertido, con la finalidad de que la zanahoria pierda humedad y adquiera la concentración necesaria de azúcar.

- **Secado por aire caliente.**- Se realiza hasta obtener la humedad adecuada para su conservación, y el producto no sea pegajoso al tacto.

- **Empacado y sellado.**- El producto después de enfriar a temperatura ambiente se empaca con la finalidad de evitar que se hidrate con la humedad del ambiente.

- **Almacenado.**- Se almacena por el período de 60 días a temperatura ambiente.

a. Pruebas preliminares.

Con la finalidad de obtener parámetros aproximados y descartar las operaciones innecesarias se realiza las

pruebas preliminares, manteniendo la relación zanahoria jarabe 1:3 y espesor de las rodajas aproximadamente 3 mm, se estudia las siguientes operaciones.

1) Blanqueado

El blanqueado se realizó por inmersión en agua en ebullición, relación zanahoria/agua 1:10, se enfrió rápidamente con agua para evitar su sobrecoimiento.

Para la prueba cualitativa de la peroxidasa, se ensayó los tiempos de: 0,5 ; 1 ; 1,5 ; 2 y 2,5 minutos.

Luego con la finalidad de ver la influencia del blanqueado en la velocidad de osmodeshidratación como menciona QUINTANA (32), se realizó el blanqueado a 0, 2, 3, 4 minutos, deshidratándose osmóticamente con jarabe de 54°brix de concentración inicial, durante 5 horas, evaluándose la variación de los °Brix del jarabe.

2) Adición de BHT (antioxidante)

Para determinar el modo de adicionar el antioxidante, se realizó las siguientes pruebas:

- Diluir el antioxidante con alcohol etílico y combinarlo con el agua de blanqueado, luego hervir para eliminar el alcohol.
- Mezclar el antioxidante directamente con el agua de blanqueado.

Luego debido a que el antioxidante BHT tiene influencia en la protección de carotenos lo mismo que la humedad mencionado por GOLMAN (17) y AYRA et al. citado por RODRIGEZ y AMAYA (33), se blanqueo por 3 min, se ensayó la adición de BHT a 700 ppm y 0 pmm en el agua de blanqueado, se deshidrató con jarabe de 60° Brix durante 5 Horas, y se secó por aire caliente a 60°C hasta diferentes niveles de Humedad. Teniéndose los siguientes tratamientos:

Sin BHT	[15 % H.B.H	aproximadamente (T1)
		20 % H B.H	aproximadamente (T2)
		25 % H.B.H	aproximadamente (T3)
700 ppm BHT	[15 % H.B.H	aproximadamente (T4)
		20 % H B.H	aproximadamente (T5)
		25 % H.B.H	aproximadamente (T6)

Se evaluó la degradación de carotenoides totales después de 15 días de almacenamiento.

3) Sulfitado.

Se realizó por inmersión en solución de bisulfito de sodio por 10 minutos recomendado por CARBONELL (6), a concentraciones de 0% (testigo); 0,2% ; 0,4% ;0,5% ; 0,6% ; 0,8%, se deshidrata con jarabe de 60°Brix renovando cada hora durante 5 horas, y secado por aire caliente a 65°C hasta 20% de H.B.H. aproximadamente. Se evaluó color y sabor, con la finalidad de eliminar tratamientos muy extremos.

4) Deshidratación por ósmosis.

Para la deshidratación osmótica se utiliza jarabe de

azúcar invertido como agente osmótico, se ensaya la concentraciones iniciales de 40° Brix, 50° Brix, 60 °Brix y 70 °Brix, osmodeshidratando a temperatura ambiente por 5 horas sin renovación de jarabe. Se evalúa la variación de los grados Brix del jarabe (como medida de transferencia de masa), variación de peso de la zanahoria y humedad después de la osmodeshidratación.

b. Pruebas definitivas.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos se procede a realizar las pruebas definitivas, estudiándose las siguientes operaciones:

1) Determinación del espesor adecuado.

Se realizó los tratamientos de 2, 3 y 4 mm de espesor, osmodeshidratando con renovación de jarabe cada media hora a 60 °Brix por 7 horas, y secado luego por aire caliente.

Se evaluó la variación de humedad, y evaluación sensorial por el método de test de ordenamiento, usando la ficha mostrada en el anexo V y para el análisis estadístico el diseño bloque completo al azar.

2) Blanqueado.

A temperatura de ebullición (97°C aprox.) se realizó los siguientes tratamientos:

To=0min(testigo) ; T1=2min. ; T2=3min. ; T3=4min.

Después de osmodeshidratar se evaluó organolépticamente por el test de perfil de características, usando la ficha mostrada en el anexo VI, y el análisis estadístico se realizó con el diseño bloque completo al azar.

3) Sulfitado

El sulfitado se realizó antes del proceso osmótico por inmersión en solución de bisulfito de sodio por 10 minutos. Primero se realizó en tres partes los siguientes tratamientos:

Tratamiento	%Sulfitado	T°Secado por aire 1,5 horas	
1° parte {	T1	0,0	60°C
	T2	0,0	65°C
	T3	0,0	70°C
2° parte {	T4	0,2	70°C
	T5	0,2	80°C
3° parte {	T6	0,3	80°C
	T7	0,4	80°C

Se evaluó con el fotocolorímetro la variación de color después de 7 días de almacenamiento, tomando como base la zanahoria secada a temperatura de 50°C.

Luego se realizó los tratamientos: To=0%(Testigo) ; T1=0,2% ; T2=0,3% ; T3=0,4% de bisulfito de sodio, osmodeshidratando a 60°Brix y secando a 65°C, se realizó la evaluación sensorial por el test de perfil de características después de 11 días de

almacenamiento, usándose la ficha mostrada en el anexo VII y para el análisis estadístico el diseño bloque completo al azar.

4) Deshidratación osmótica.

Se estudió las variables de concentración del Jarabe y Temperatura de proceso considerándose 49°C como la temperatura máxima, encima de esta temperatura ocurren reacciones de obscurecimiento y pérdida de sabores PONTING et al. (30), realizándose los siguientes tratamientos.

T° ambiente { 40° Brix (T1)
 { 50° Brix (T2)
 { 60° Brix (T3)
 { 70° Brix (T4)

T° 30°C { 40° Brix (T5)
 { 50° Brix (T6)
 { 60° Brix (T7)
 { 70° Brix (T8)

T° 49°C { 40° Brix (T9)
 { 50° Brix (T10)
 { 60° Brix (T11)
 { 70° Brix (T12)

Cada media hora de proceso se cambia el jarabe con uno nuevo o reconcentrado de los mismos grados brix, la temperatura fué mantenida con baño maría termoregulable, la relación pulpa jarabe fue de 1:3 en peso.

Se evaluó la pérdida de peso, variación de los grados brix de la zanahoria y del jarabe.

5) Secado por aire caliente.

La finalidad de estudiar esta operación complementaria a la deshidratación por ósmosis es la de determinar el tiempo necesario para que se llegue a la humedad que se desea.

Las zanahorias osmodeshidratadas se colocaron uniformemente en mallas con la finalidad de crear mayor superficie de contacto, luego introducidos en el interior del secador con flujo de aire caliente, manteniendo constante la velocidad de aire.

Se estudió las temperaturas de 50, 65, 70, 80 °C, evaluándose la pérdida de peso cada 10 minutos, que relacionado con la humedad inicial se calculó la variación de la humedad en base seca.

c. Obtención del producto final.

Para la obtención de la zanahoria osmodeshidratada, se tomó en cuenta los resultados preliminares y finales. Se determinó el rendimiento mediante el balance de materia.

d. Caracterización del producto final

1) Análisis.

Se realizó los análisis químico, químico proximal, fisicoquímico y físico de la zanahoria osmodeshidratada.

2) Análisis sensorial.

Se realizó dos evaluaciones, la primera para aceptación organoléptica a 1 mes de almacenamiento, y la segunda para determinar en que medida se mejora la aceptación de la zanahoria osmodeshidratada frente a la zanahoria fresca el cual se realizó al segundo mes de almacenamiento, usándose para ambas evaluaciones la escala hedónica facial para niños, con las fichas del anexo VIII y IX respectivamente. Ambas evaluaciones se realizó con niños de la Escuela Ricardo Palma del 4° grado de primaria.

3) Determinación de la isoterma de sorción y Aw.

a) Obtención de la Isoterma.

Se determinó, por el método gravimétrico estático de soluciones de sales saturadas citado por SARAVACOS et al. (36).

Las muestra fueron previamente sumergidas en solución al 1% de sorbato de potasio y desecadas en un ambiente conteniendo ácido Sulfúrico concentrado, hasta niveles de humedad en base seca de 16,28% en promedio. Luego fueron colocadas por duplicado en envases de polietileno adaptados y selladas en la boca con cinta aislante, cada una conteniendo soluciones de sales saturadas de la tabla 4, con diferentes humedades relativas.

Las evaluaciones del peso se realizó durante 15 días, con intervalos de 5 días cada una; considerando que sólo es de interés el equilibrio higroscópico.

Relacionando la pérdida o ganancia de peso con la humedad inicial se calculó la humedad de equilibrio en base seca.

Cuadro 4: Actividad de agua en soluciones saturadas de sales a 25°C.

Soluciones saturadas	Actividad de agua (Aw)
Cloruro de litio	0,1130
Cloruro de Magnesio	0,3307
Yoduro de Potasio	0,6886
Cloruro de Potasio	0,8434
Nitrato de Potasio	0,9358
Agua destilada	1,0000

Fuente : Labuza et al. (1986,1976)

b) Ajuste a los modelos matemáticos y obtención de Aw.

Los resultados obtenidos, de humedad de equilibrio en base seca a diferentes contenidos de H.R, fueron ajustados a los modelos B.E.T y G.A.B., por las ecuaciones mencionadas por MANAYAY (27) y CARBONELL (6), realizando las transformaciones a ecuación lineal y parabólica por el software qpro, y las

regresiones y análisis estadísticos por el software Statgraphics ver. 6.1.

Con las ecuaciones obtenidas y la humedad del producto se determinó la A_w del producto.

e. Evaluación durante el almacenamiento.

1) Análisis.

Se realizó los análisis de Azúcares reductores, Vitamina "C", °brix, pH, acidez titulable, carotenos totales y Humedad, con intervalos de 5 días durante 1 mes, y a los 2 meses para verificar la tendencia. La evaluación microbiológica de microorganismos aerobios viables (N.M.A.V), mohos, levaduras y coliformes, se realizó al mes de almacenamiento.

2) Evaluación organoléptica

Se evaluó el efecto del tiempo de almacenamiento en las cualidades organolépticas por el test de comparación con la ficha de evaluación mostrada en el anexo X, se usa para ello una muestra de zanahoria osmodeshidratada de 2 días (Testigo), comparada con la muestra almacenada (1mes).

f. Determinación de la difusividad efectiva

Con los parámetros de temperatura y concentración de jarabe adecuados se procedió a determinar la difusividad efectiva.

1. Lavado.

La zanahoria entera es lavada por inmersión y agitación en agua limpia, con la finalidad de eliminar las impurezas residuales.

2. Blanqueado.

Se corta forma cilíndrica con un sacabocado de aproximadamente 12 mm de diámetro, luego se blanquea por 3 minutos a temperatura de ebullición.

3. Simulación de un sólido semi - infinito.

Con la finalidad de obtener trozos de zanahoria de forma cilíndrica de 7cm de largo * 9,2mm de diámetro, se procede a incrustar uniforme y continuamente en la zanahoria un tubo de vidrio (9cm * 9,2 mm de Φ).

Para el acondicionamiento de las muestras y durante las pruebas de difusión se empleó jarabes de azúcar invertido con 0,5% de bisulfito de sodio como agente preservante.

4. Inmersión en jarabe.

Los trozos de zanahorias contenidos en los tubos fueron inicialmente sumergidos en una solución de 7° Brix por 24 horas, se aumenta la concentración del jarabe a 10° Brix, luego del cual se sumergen sucesivamente en jarabes aumentando 10°Brix por día hasta que la **gradiente de concentración** entre la

zanahoria y el jarabe donde se realiza la prueba de difusión sea 10° Brix.

Uno de los extremos del tubo es sellado con un tapón de jebe de tal manera que la difusión sea por un sólo lado.

La muestra así dispuesta es sumergida en envase de plásticos con tapa hermética conteniendo el jarabe.

Transcurrido las 30 horas, se procede a extraer la muestra del jarabe, y seguidamente con el empleo de una vageta se saca el trozo de zanahoria del tubo. Este trozo es cortados en tajadas de 2mm de espesor, y a cada una de ellas se les mide el contenido de sólidos solubles mediante el refractómetro.

5. Determinación de la difusividad efectiva.

Para la determinación de la difusividad efectiva se utilizó la ecuación propuesta por SCHWARTZBERG Y YUE (37), y SCHWARTZBERG citado por FERNANDEZ (18).

$$\frac{X - Y/m}{X_o - Y/m} = \operatorname{erf} \left[\frac{Z}{2 (Dt)^{1/2}} \right] \dots \dots (2)$$

La metodología empleada en la determinación de la difusividad a partir de la mencionada ecuación consiste en:

a. Gráficar la concentración de sólidos solubles en la zanahoria (X) en función de la distancia (Z), debiendo ser prácticamente lineal para los primeros puntos; de esta manera, el intercepto en X cuando $Z=0$, será igual a Y/m .

b. El valor encontrado Y/m alcanzará un error menor al 1% cuando la ecuación que fije los valores experimentales de concentración en función de la distancia, para los primeros puntos, sea lineal; esto se cumple cuando:

$$(X - Y/m)/(X_0 - Y/m) < 0,175.$$

Si $(X - Y/m)/(X_0 - Y/m) > 0,175$ para los primeros puntos de la gráfica, se deberá fijar mediante una ligera curva los puntos experimentales y extrapolar en $Z = 0$ para obtener Y/m .

c. Conocida la concentración inicial en la zanahoria (X_0) y habiéndose obtenido Y/m ; para los diferentes valores encontrados de concentración y distancia, se determinan los valores de $(X - Y/m)/(X_0 - Y/m)$.

d. Mediante la tabla de función del error que se muestra en el anexo XI para cada valor de $(X - Y/m)/(X_0 - Y/m)$ se halla su argumento X_i .

e. Los valores de X_i son corregidos (X_{tr}) mediante la ecuación:

$$X_{tr} = X_i + \frac{[(X - Y/m)/(X_0 - Y/m) - \text{Erf}(x_i)]}{(2/\pi^{1/2}) \exp(-X_i^2)} \dots(3)$$

f. La difusividad en cada punto será calculada mediante la ecuación:

$$D_s = [Z^2 / (4.X_{tr}^2.t)] \dots\dots\dots(4)$$

g. Para calcular la difusividad en el sólido (D_s), se promedia las difusividades encontradas para cada punto descartando aquellos valores que se alejen de la tendencia general, de acuerdo a lo recomendado por SCHAWARTZBERG. citado por FERNANDEZ (14).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

A. Caracterización químico, fisicoquímico y físico de la materia prima.

En los cuadros 5 y 6 se muestran los resultados de los análisis químico proximal, biométrico y fisicoquímico de la zanahoria, empleada en el estudio.

Cuadro 5: Resultado del análisis proximal y químico de zanahoria, en base a 100 gramos de parte comestible.

COMPONENTES MAYORES	gr
Humedad	88,8952
Proteína	0,5437
Carbohidratos por diferencia	8,4961
Grasa	0,2331
Fibra	1,1975
Ceniza	0,6344
MINERALES :	mg
Fierro	1,1345
Calcio	30,0300
Fósforo	21,1657
Magnesio	10,3781
VITAMINAS :	mg
Acido ascórbico	5,4980
Carotenoides totales	13,0800
Carotenos (β -Caroteno)	11,9640

Cuadro 6: Resultado de los análisis biometricos y fisicoquímicos de la zanahoria.

Características Físicas y Fisicoquímicas	Promedio	CV%
Longitud de la zanahoria (cm)	12,30	6,870
Longitud de la circunferencia menor(cm)	9,42	5,410
Longitud de la circunferencia mayor(cm)	14,32	5,180
Peso (gr)	120,98	11,180
Contenido de sólidos solubles (a 26°C)	7,58	1,095
pH (a 26°C)	6,30	1,296

En cuanto a los componentes mayores, del análisis químico proximal de la zanahoria (Cuadro 5), estos difieren ligeramente de los citados en el cuadro 1, el contenido de ácido ascórbico con referencia a este cuadro es bastante diferente, sin embargo el valor obtenido esta muy próximo al obtenidos por otros autores INCAP-ICNND (5mg), Instituto de Nutrición de Caracas (5mg), BADUI (1) 8mg.

El contenido de provitamina A (β -caroteno) difiere ligeramente con respecto al cuadro 1, pero es muy próximo al obtenido por BUREAU (5), quien reporta 3,789mg de α -caroteno y 7,602mg de β -caroteno, haciendo un total de 11,39mg/100gr de Provitamina A.

La variaciones se deben a la diferencia en cuanto a tipo de suelo, variedad, condiciones climatológicas, etc, como

lo mencionado por RODRIGUEZ-AMAYA (33) y época de cosecha BUREAU (5).

El coeficiente de variabilidad de los análisis físico son ligeramente altos. El coeficiente de variabilidad de los sólidos solubles, contenido de carotenoides totales, y pH son bajos, con lo que se garantiza la homogeneidad de las muestras empleadas en el proceso osmótico, STEEL y TORRIE y MONTGOMERY citados por CONDEZO (11).

Así mismo se puede observar que el contenido de provitamina A (11,964mg/100gr), con respecto al contenido de carotenoides totales, representa el 91,465% lo que concuerda con RODRIGUEZ-AMAYA (33), quien dice que en las zanahorias el contenido de α y β caroteno conforma del 80-90% del total de carotenos, y α , β y τ carotenos conforman 94-97%, el resto lo conforman carotenoides con menos actividad provitaminica.

B. Adecuación del método espectrofotométrico para la determinación del contenido de carotenoides totales en zanahoria osmodeshidratada.

1. Determinación del solvente y la longitud de onda de máxima absorbancia.

En el cuadro 44, del anexo IV, se muestran los espectros de absorción del extracto de carotenoides de zanahoria en estado fresco en metanol, etanol, eter, cetona/hexano 1/9, hexano, en la cual se observa que el

mejor solvente es el metanol, así mismo se nota que con este solvente el extracto queda incoloro, lo que indica la extracción total de carotenoides como lo manifestado por RODRIGUEZ-AMAYA (33), del mismo cuadro se observa que la longitud de máxima absorbancia se encuentra de 445 a 455nm, eligiéndose como mejor longitud de onda a 450 nm, lo que concuerda con los análisis realizados por MUDAHART (28) que utilizo 449nm y la extinción molar de $A_{1\%}^{1\text{cm}} = 2500$.

2. Determinación del tiempo de Lixiviación.

Utilizando como solvente metanol y 450 nm, el tiempo para que el residuo del alimento quede descolorido fué de 2 horas para la zanahoria fresca y 6 horas para la zanahoria osmodeshidratada, el incremento de tiempo para la zanahoria osmodeshidratada es debido a la reducción de la velocidad de difusión de los carotenoides a través de la muestra, por presencia de azúcares en los espacios intercelulares, como lo encontrado por BOLIN et al. (3)

C. Determinación de parámetros para la obtención de zanahoria osmodeshidratada

1. Pruebas preliminares

a. Blanqueado:

Los resultados de la prueba de la actividad peroxidásica se muestra en el cuadro 7

Cuadro 7: Evaluación cualitativa de la presencia de peroxidasa.

Tiempo (minutos)	Actividad peroxidásica	Textura
0,5	+++	Duro
1,0	+	Duro
1,5	+	Duro
2,0	-	Buena
2,5	-	Buena

+++ Elevada actividad enzimática
+ Actividad enzimática
- No existe actividad enzimática

En el cuadro 7, se observa que es necesario un tratamiento a ebullición por 2 minutos para inactivar la peroxidasa en las muestras de zanahoria manteniendo buena la textura por encima de 2 minutos. Este valor es diferente a lo usado por CARBONELL (6), debido a las diferencias en las dimensiones y la composición química de las muestras, lo que implica diferencias de valor de difusividad térmica y por ende en la velocidad de inactivación enzimática, como lo manifestado por LUNA et al. citado por CONDEZO (11).

El incremento del peso y la humedad por efecto del blanqueado se muestra en el cuadro 8, y la variación de sólidos solubles en el jarabe (como forma de medida de la velocidad de transferencia de masa) se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 8. Incremento de peso y humedad, de la zanahoria blanqueada a ebullición a diferentes niveles de tiempo.

Tiempo(min) blanqueado	Winicial	Wfinal	Humedad final(*)
0	100gr	100,00gr	89,1891%
2	100gr	101,90gr	90,3419%
3	100gr	102,10gr	90,8800%
4	100gr	102,25gr	91,2200%
5	100gr	102,26gr	91.2300%

(*) Promedio de 3 repeticiones.

Cuadro 9: Efecto del tiempo de blanqueado en la variación de los grado brix del Jarabe en la deshidratación osmótica de zanahorias, por 5 horas de inmersión en jarabe.

Tiempo(min) blanqueado	°Brix inicial	°Brix final	Δ °Brix (*)
0	57,5	44,0	-13,5
2	57,5	43,0	-14,5
3	57,5	41,9	-15,6
4	57,5	41,0	-16,5

(*) Promedio de 3 repeticiones

En el cuadro 9, se puede observar una variación mayor de los grados brix cuando el tiempo de blanqueado es alto, esto se debe al efecto favorable que tiene el blanqueado sobre la deshidratación osmótica, favoreciendo la pérdida de agua en la fase inicial y facilitando el ingreso de sólidos, como lo encontrado por KAREL (21), asimismo QUINTANA (32) menciona que los pretratamientos tienen la finalidad de facilitar la ósmosis.

De los cuadros 8 y 9 podemos decir que el blanqueo conduce a un incremento en el contenido inicial de la humedad, pero también provoca un aumento de permeabilidad de las paredes celulares del producto facilitando la deshidratación.

De estos tratamientos podemos afirmar que la deshidratación osmótica no sólo depende de la gradiente de concentración sino también del coeficiente de difusión entre el producto y la solución en contacto.

b. Adición de antioxidante (B.H.T)

El mejor tratamiento es de adicionar el BHT al agua de blanqueo, siendo 80°C la temperatura necesaria para solubilizar el antioxidante, y 1000pmm como concentración máxima en el agua por encima de la cual no es posible disolver, así mismo la temperatura de blanqueado no afecta al antioxidante por que es inferior a 100°C.

Efecto del antioxidante

La evaluación del efecto del antioxidante (BHT) y la humedad, en la degradación de carotenos totales después de 15 días de almacenamiento se muestra en el cuadro 10, la representación gráfica del porcentaje de retención de carotenos se muestra en la figura 5.

En el cuadro 10, se puede observar el efecto protector del BHT sobre los carotenos, este efecto protector es más notorio cuanto la humedad es alta lo cual se puede apreciar en la figura 5.

Del gráfico podemos observar, que el efecto protector del BHT a una humedad baja (15% en base humedad) es casi nula, esto se debe a que la baja humedad por ende la A_w juega un papel importante en la protección de los carotenoides de zanahorias como lo encontrado por ARYA et al. citado por RODRIGUEZ-AMAYA (33), lo que es diferente al obtenido por GOLMAN et al. (17) en sistemas modelos de deshidratación de alimentos que ha obtenido mejores resultados cuando la A_w aumenta de 0 a 0,84, por lo tanto el efecto de protección del agua depende de la composición del alimento.

Se puede concluir, que si se desea eliminar la utilización del BHT, el secado deberá ser hasta una humedad próxima a 15% dependiendo de las barrera microbiológicas, aceptabilidad organoléptica y la vida útil que esperamos del producto.

Cuadro 10. Efecto del BHT y humedad en la degradación de carotenos totales, expresado en mg de carotenos totales por 100 gr de parte comestible.

EVALUACION	Sin BTH			700 ppm		
	Humedad 15,2%	base 20,5%	humedad 25,2%	Humedad 15,5%	base 20%	humedad 25,1%
(*)0 días	18,69	17,70	16,70	19,00	17,90	16,95
(*)15 días	17,38	13,76	11,63	17,70	16,26	14,24
(*)de per- dida	1,31	3,94	5,07	1,30	1,64	2,71
%pérdida de carotenos	7,02	22,29	30,33	6,85	9,16	15,96
%retención de carotenos	92,98	77,71	69,67	93,15	90,84	84,04

(*) mg carotenos totales/100 gr

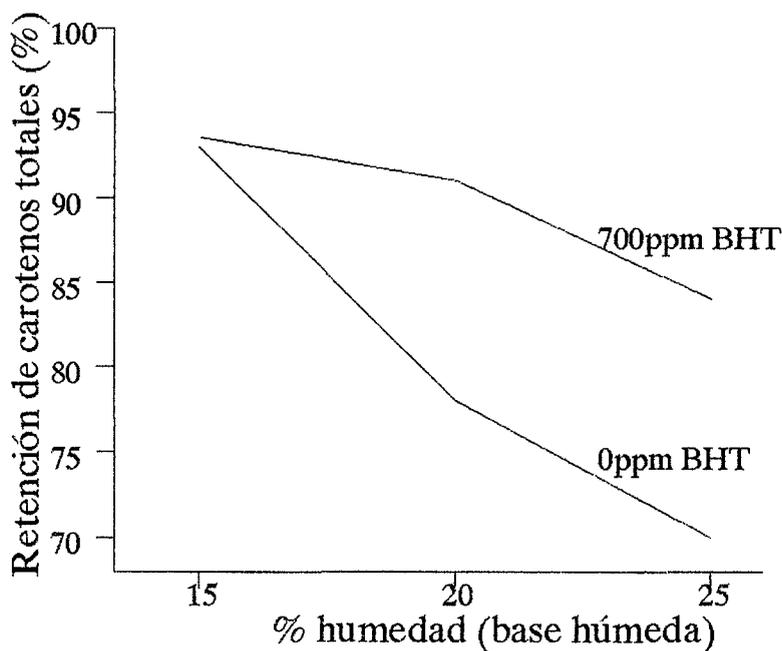


Figura 5: Efecto del BHT y humedad, en la decolorización de carotenoides de la zanahoria osmodeshidratada.

c. Sulfitado

- En las muestras no blanqueadas y sulfatadas por encima de 0,5% se observa protección de la decoloración, debido al efecto del sulfitado en la estabilidad de carotenos de la zanahoria como lo encontrado por BALOCH et al. citado por CONDEZO (11). Por encima de 20 días de almacenamiento se noto la formación de coloraciones oscuras para las muestras no blanqueadas y sulfatadas.

- Las muestras blanqueadas y sulfatadas a diferentes niveles, no presentan decoloración percibible al mes de almacenamiento. El efecto protector del blanqueado se debe a la inactivación de la peroxidasa y lipoxigenasa RODRIGUEZ-AMAYA (33).

- En Las muestras blanqueadas y no blanqueadas sulfatadas con soluciones mayores a 0,4% de bisulfito de sodio el sabor a sulfito es claramente percibido.

De estos tratamientos podemos decir que el blanqueado es necesario y la concentración de la solución para el sulfitado si fuera necesario debe ser inferior a 0,5% de solución de bisulfito de sodio, por razones organolépticas.

d. Proceso osmótico

Los resultado de la evaluación del efecto de la concentración inicial de jarabe, en la variación de °Brix se muestran en el cuadro 11, y el efecto en la

variación de peso y la humedad final de la zanahoria se muestra en el cuadro 12.

Cuadro 11: Variación de sólidos solubles del jarabe después de 5 horas de proceso osmótico.

°Brix inicial	°Brix final(*)	Δ ° Brix
40	29,6	-10,4
50	37,4	-12,6
60	45,5	-14,5
70	53,2	-16,8

(*)Promedio de 3 repeticiones.

Cuadro 12: Variación del peso y humedad de zanahoria después de 5 horas de proceso osmótico, a diferentes niveles de °Brix de jarabe.

°Brix inicial jarabe	Peso(gr) inicial	Peso(gr) final(*)	Δ %Peso	%Humedad(*) final(b.h)
40	100	101.3	+ 1,30	60,52
50	100	80.6	-19,40	52,09
60	100	65.5	-34,50	45,52
70	100	57.8	-42,20	37,16

(*) Promedio de 3 repeticiones

En el cuadro 11, vemos mayor disminución de °Brix cuando la concentración inicial del jarabe es alta. Debido a que a concentraciones altas la deshidratación es más efectiva como lo encontrado por FARKAS et al. (16).

En el cuadro 12, podemos observar que a 40°brix el peso aumenta en 1,3%, debido a que en la osmodeshidratación no sólo sale agua del alimento sino también ingresa azúcar, siendo en este caso mayor el ingreso de azúcar. Esto se debe a que a bajas concentraciones, la deshidratación es más lenta y se incrementa el ingreso de sólidos.

Así mismo, podemos ver que en el tratamiento de 40°Brix la humedad final es alta, requiriéndose por lo tanto más tiempo en el deshidratador por aire caliente para llegar a humedad intermedia, siendo esto perjudicial tanto nutritiva como económicamente.

2. Pruebas definitivas.

a. Determinación del espesor adecuado.

El efecto que tiene el espesor del rodajado en la velocidad de deshidratación, expresados como función de la disminución de la humedad de la zanahoria se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 13: Variación de la humedad a diferentes espesores de rodajas.

Espesor (mm)	%h. (b.h.) Inicial	%h. (b.h.) ósmosis	%h. (b.h.) aire (65°C)
2	90,8	28,2	12,34
3	90,8	35,3	15,30
4	90,8	37,5	19,10

Del cuadro 13, podemos observar que el espesor tiene influencia en la deshidratación osmótica y por aire caliente esto se debe a la variación de la relación Area/peso.

Cuando la superficie aumenta por una unidad de masa o volumen, aumenta el área de difusión y por lo tanto la transferencia de masa, como lo manifestado por LERICE et al. (26)

El resultado de la evaluación organoléptica por 12 panelistas y su transformación por la tabla de Fisher y Yates se muestra en el anexo XII en los cuadros 46 y 47 respectivamente, el análisis de varianza y prueba de Tukey se muestra en el cuadro 14 y 15 respectivamente.

En el cuadro 14, observamos que existe diferencia significativa para los tratamientos, debido a la influencia del espesor en la forma del producto terminado, dando un aspecto ondular, este ondulamiento se debe a la diferencia en la parte central con la perimétrica de las rodajas de zanahoria CHARLEY (8), haciendo que la parte central se encoja más que la perimétrica.

De la prueba de tukey mostrada en el cuadro 15, podemos ver que el mejor tratamiento es de 3 mm y 4 mm siendo estos dos estadísticamente iguales, el tratamiento de 2 mm ocupa el ultimo lugar siendo este estadísticamente igual al de 4 mm.

Cuadro 14 : Análisis de varianza de la evaluación organoléptica de zanahoria osmodeshidratada cortada a diferentes espesores.

ATRIBUTO	FV	GL	S.C	Fc	Pr>F	Signifi	
						5%	1%
	Panelistas	11	0,000	0,00	1,0000	NS	NS
FORMA	Tratam.	2	5,1779	4,68	0,0202	*	NS
	Error	22	12,1621				
	TOTAL	35	17,3400				

Cuadro 15: Ordenamiento de las medias según la prueba de tukey, para zanahoria osmodeshidratada de diferentes espesores.

ATRIBUTO	TRAT	PROM.	PANEL	VARIABILIDAD	
FORMA	3mm	0,425	12	A	
	4mm	0,071	12	A	B
	2mm	-0,479	12	B	

b. Blanqueado

El resultado de la evaluación organoléptica por 15 panelistas para la operación de blanqueado se muestra en el anexo XIII. El análisis de varianza y la prueba de tukey se muestra en los cuadros 16 y 17 respectivamente.

Cuadro 16. Análisis de variancia de los tratamientos de blanqueado.

ATRIBUTO	FV	GL	S.C	Fc	Pr>F	Signifi	
						5%	1%
COLOR	Panelistas	14	10,500	1,03	0,4437	NS	NS
	Tratam.	3	13,933	6,38	0,0012	*	**
	Error	42	30,566				
	TOTAL	59	55,000				
TEXTURA	Panelistas	14	6,900	0,67	0,7854	NS	NS
	Tratam	3	14,800	6,75	0,0008	*	**
	Error	42	30,700				
	TOTAL	59	52,400				
AP.GRAL.	Panelistas	14	6,500	0,56	0,8834	NS	NS
	Tratam.	3	27,400	10,93	0,0001	*	**
	Error	42	35,100				
	TOTAL	59	69,000				

Cuadro 17. Ordenamiento de las medias según la prueba de tukey para la operación del blanqueado.

ATRIBUTO	TRAT	PROM.	PANEL	VARIABILIDAD		
COLOR	T3	3,067	15	A		
	T1	2,600	15	A		
	T2	2,600	15	A		
	To	1,733	15	B		
TEXTURA	T3	3,133	15	A		
	T2	2,400	15	A B		
	T1	2,333	15	A B		
	To	1,733	15	B		
AP.GRAL	T3	3,400	15	A		
	T2	2,733	15	A B		
	T1	2,333	15	B C		
	To	1,533	15	C		

To = 0min ; T1 = 2min ; T2 = 3min ; T3 = 4min

De los resultados del cuadro 16, podemos afirmar que para los bloques no existe diferencia significativa lo que indica la homogeneidad de las evaluaciones por parte de los panelistas. En lo que respecta a los tratamientos para los tres atributos existe diferencia altamente significativa para los diferentes tiempos de blanqueado.

De los resultados de la prueba de Tukey, cuadro 17, tenemos que para el atributo color las muestras blanqueadas a diferentes niveles de tiempo son estadísticamente iguales, pero difieren del tratamiento sin blanquear (To), esto se debe a que los carotenos son relativamente estables al calor siendo mucho más inestables a la pérdida por co-oxidación por determinadas lipoxigenasas BELITZ (2).

En cuanto a la textura los tratamientos blanqueados son estadísticamente iguales y el tratamiento sin blanquear (To) ocupa el último lugar el cual es estadísticamente igual a los tratamientos T1 y T2

En lo que respecta a la apariencia general los mejores tratamientos son el T3 y T2 que son estadísticamente iguales. Siendo To el peor tratamiento.

En general podemos decir que los mejores tratamientos en lo que respecta al color, textura y apariencia general son T2 y T3 que son estadísticamente iguales.

c. Sulfitado

Los resultados del efecto del sulfitado en el pardeamiento evaluado con el fotocolorímetro se muestra en el cuadro 18, tomando como base la lectura: Azul = 0,0 ; Amarillo = 1,8 ; Rojo = 30,2, con un CV%=4.2%.

Cuadro 18: Efecto del sulfitado en la protección del pardeamiento durante el secado de la zanahoria a diferentes temperaturas.

Tratamiento	% sulfitado	T°Secado	Observación (*)	
1parte {	T1	0,0	60°C	Igual
	T2	0,0	65°C	Igual
	T3	0,0	70°C	Diferente
2parte {	T4	0,2	70°C	Igual
	T5	0,2	80°C	Diferente
3parte {	T6	0,3	80°C	Diferente
	T7	0,4	80°C	Igual

(*) Cuando la lectura esta dentro del rango de la base, es igual y cuando esta fuera de este rango es diferente

Del cuadro 18 podemos observar que para el secado a temperatura inferior a 70°C, no es necesario el sulfitado, para secar a una temperatura de 70°C es necesario sulfitar a 0,2% y para secar a 80°C es necesario sulfitar a 0,4%, pero si el proceso de secado es por más de 2 horas también se nota cambio de color.

La evaluación organoléptica por 12 panelistas para el efecto del sulfitado se muestra en el anexo XIV, el análisis de varianza y prueba de Tukey se muestra en los cuadros 19 y 20 respectivamente.

Cuadro 19: Análisis de variancia de los tratamientos de sulfitado.

ATRIBUTO	FV	GL	S.C	Fc	Pr>F	Signifi	
						5%	1%
COLOR	Panelistas	11	5,729	0,70	0,7284	NS	NS
	Tratam.	3	0,729	0,33	0,8057	NS	NS
	Error	33	24,521				
	TOTAL	47	30,979				
SABOR	Panelistas	11	6,562	1,73	0,1088	NS	NS
	Tratam	3	9,396	9,10	0,0002	*	**
	Error	33	11,35				
	TOTAL	47	27,31				
AP.GRAL.	Panelistas	11	3,66	0,52	0,8788	NS	NS
	Tratam.	3	1,67	0,86	0,4718	NS	NS
	Error	33	21,33				
	TOTAL	47	26,66				

Cuadro 20: Ordenamiento de las medias según la prueba de tukey, en la operación de sulfitado

ATRIBUTO	TRAT	PROM.	PANEL	VARIABILIDAD
COLOR	T1	2,833	12	A
	To	2,667	12	A
	T2	2,583	12	A
	T3	2,500	12	A
SABOR	To	3,167	12	A
	T1	3,167	12	A
	T2	2,833	12	A
	T3	2,083	12	B
AP.GRAL	To	2,917	12	A
	T1	2,750	12	A
	T3	2,583	12	A
	T2	2,417	12	A

To = 0% ; T1 = 0.2% ; T2 = 0,3% ; T3 = 0,4%

Según el cuadro 19, se puede afirmar que para los tres atributos, en los bloques no hay diferencia significativa lo que indica la homogeneidad de la evaluación por parte de los panelistas, para los tratamientos tenemos que, para los atributos de color y la apariencia general la significación de la variabilidad estadística no existe, en lo que respecta al sabor para los tratamientos existe una diferencia altamente significativa.

Para confirmar estos resultados ejecutamos la prueba de tukey, la cual se reporta en el cuadro 20, donde apreciamos que estadísticamente para los atributos de color y apariencia general todos los tratamientos son iguales.

En cuanto se refiere al sabor los tratamientos T_0 , T_1 , T_2 no difieren estadísticamente siendo mejor por el promedio el tratamiento testigo (T_0), pero el tratamiento T_3 es diferente a los demás teniendo el calificativo de regular.

En forma general podemos afirmar de que el sulfitado no influye en el color ni en la apariencia general de la zanahoria osmodeshidratada y en cuanto al sabor se demuestra una preferencia notoria por los panelistas cuando se disminuye significativamente la concentración del sulfitado. Es decir, estadísticamente la preferencia por el sabor es menor cuando la

concentración de la solución de sulfitado es al 0,4% de bisulfito de sodio.

d. Deshidratación osmótica.

Los resultados de la variación de peso durante la osmodeshidratación renovando cada media hora el jarabe, con una relación 1:3 pulpa jarabe, para los diferentes tratamientos se muestran en los cuadros 21, 22 y 23, la representación gráfica de estos resultados se muestran en las figuras del 6, 7 y 8.

Cuadro 21: Efecto de la concentración del jarabe en la variación de peso de la zanahoria, durante la deshidratación osmótica a temperatura ambiente.

Tiempo (min)	Peso del producto (gr) *			
	40°brix(T1)	50°Brix(T2)	60°Brix(T3)	70°brix(T4)
00	100,00	100,00	100,00	100,00
30	95,90	88,85	86,12	85,09
60	95,30	83,72	76,58	74,09
90	95,76	80,64	72,00	65,97
120	96,30	78,58	67,88	62,62
150	97,15	78,58	66,96	59,75
180	97,84	78,84	66,74	58,80
210	98,53	79,10	66,51	58,32
240	99,91	79,87	66,51	58,32
270	101,29	80,64	66,51	58,23
300	102,56	81,48	66,92	58,72
330	103,91	82,71	67,39	59,56
360	105,13	83,39	68,03	60,13
390	106,05	84,72	68,41	60,68
420	106,50	85,61	68,95	61,32

* Promedio de 3 repeticiones

Cuadro 22: Efecto de la concentración de jarabe en la variación de peso de la zanahoria, durante la deshidratación osmótica a temperatura de 30°C.

Tiempo (min)	Peso del producto (gr) *			
	40°brix(T5)	50°Brix(T6)	60°Brix(T7)	70°brix(T8)
00	100,00	100,00	100,00	100,00
30	95,50	88,30	86,50	85,00
60	94,68	83,10	75,83	72,90
90	95,30	80,50	70,60	64,35
120	95,72	78,50	67,00	61,60
150	96,50	78,00	66,20	58,32
180	97,28	78,90	65,70	56,86
210	98,30	79,40	65,45	56,59
240	99,40	80,10	65,48	56,52
270	101,70	80,95	65,83	56,50
300	102,85	81,82	66,20	56,68
330	104,10	83,45	66,63	57,33
360	105,40	84,03	67,23	58,03
390	106,40	85,68	67,72	58,45
420	106,90	86,50	68,02	59,64

Cuadro 23: Efecto de la concentración de jarabe en la variación de peso de la zanahoria, durante la deshidratación osmótica a temperatura de 49°C.

Tiempo (min)	Peso del producto (gr) *			
	40°brix(T9)	50°Brix(T10)	60°Brix(T11)	70°brix(T12)
00	100,00	100,00	100,00	100,00
30	94,78	88,00	86,00	83,20
60	94,20	83,00	75,00	72,20
90	94,80	80,20	69,80	63,30
120	95,30	77,80	65,70	60,20
150	96,20	77,60	65,00	57,10
180	96,70	78,20	64,30	55,70
210	97,70	80,10	64,00	55,50
240	100,20	81,10	64,20	55,30
270	101,90	82,10	64,70	54,60
300	103,00	83,00	65,00	54,80
330	104,50	84,00	65,70	54,70
360	105,60	85,00	66,10	55,30
390	106,90	87,00	66,60	56,20
420	107,20	89,00	67,00	57,60

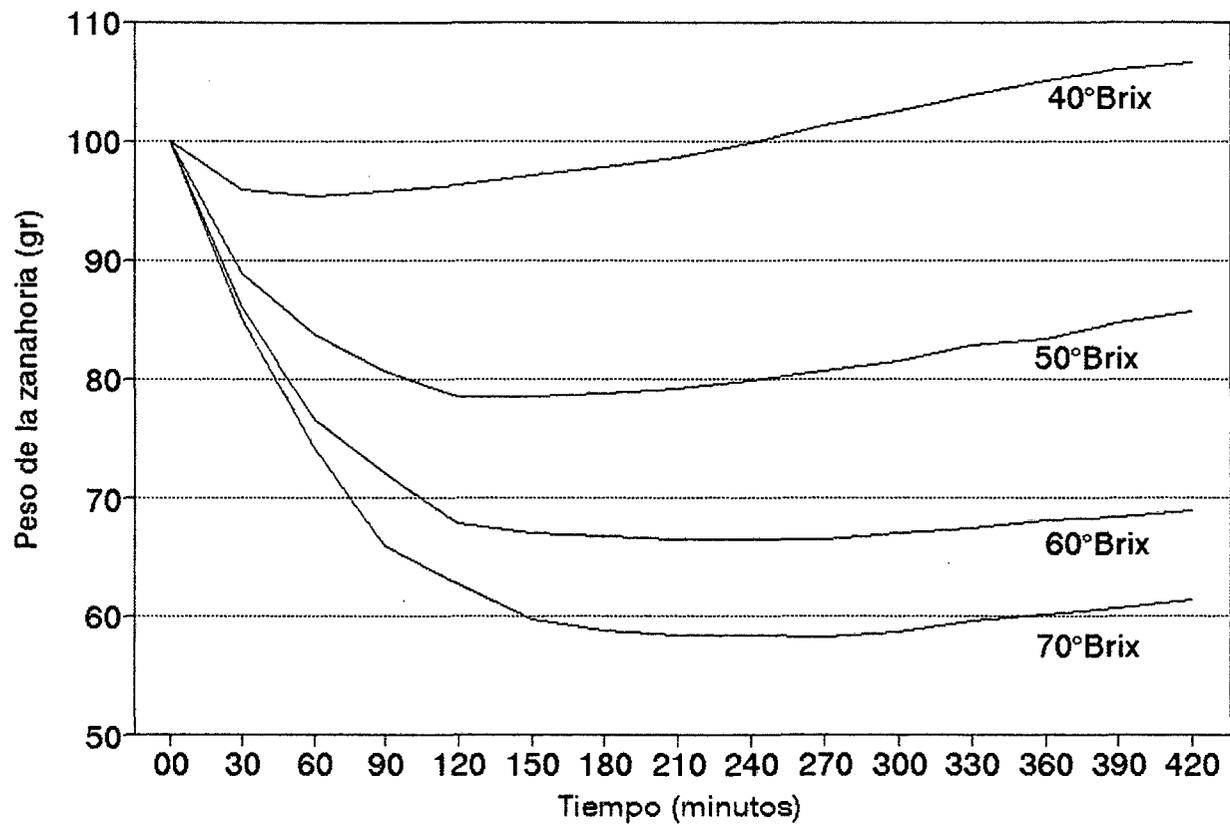


Figura 6: Variación de peso de la zanahoria, durante la osmodeshidratación a diferentes concentraciones de jarabe y a temperatura ambiente (25 °C)

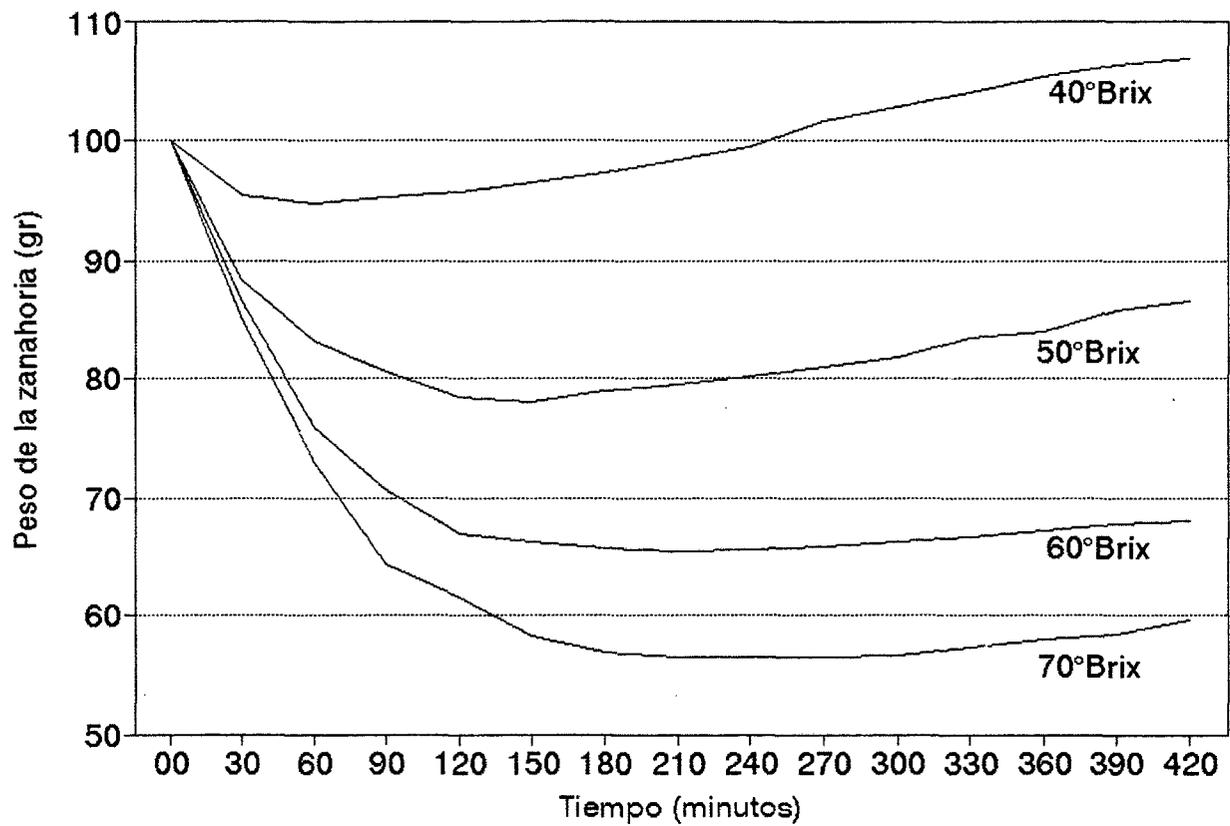


Figura 7: Variación de peso de la zanahoria, durante la osmodeshidratación a diferentes concentraciones de jarabe y temperatura de 30 °C

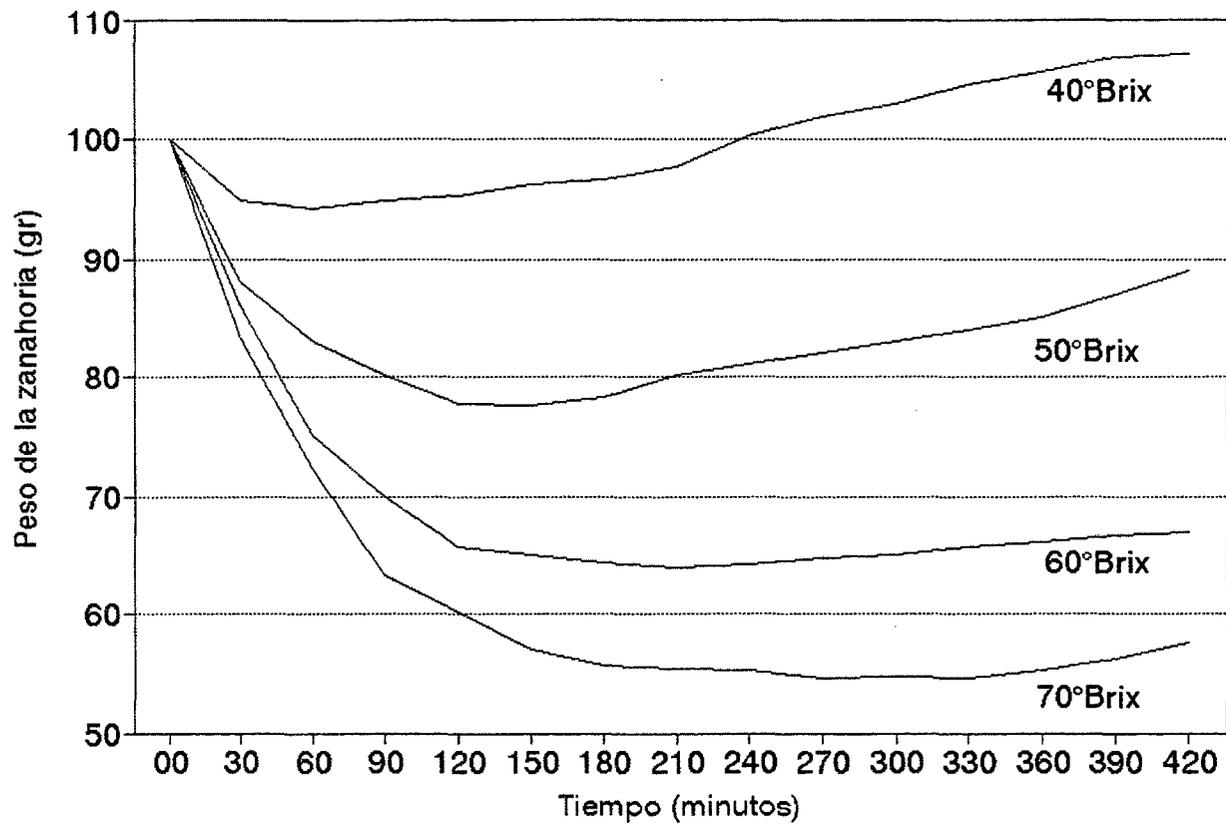


Figura 8: Variación de peso de la zanahoria, durante la osmodeshidratación a diferentes concentraciones de jarabe y temperatura de 49 °C

En los cuadros 21, 22 y 23; se observa un comportamiento similar en cuanto a la variación del peso para todas las temperaturas.

En los gráficos 6, 7 y 8, podemos notar que a 40°Brix el peso disminuye inicialmente y luego aumenta, debido a que, cuando la concentración del jarabe es bajo la velocidad de deshidratación es menor a la incorporación de sólidos.

Cuando la concentración del jarabe aumenta, también aumenta la pérdida de peso, y a medida que transcurre el tiempo el peso comienza a aumentar, debido a que la velocidad de deshidratación va disminuyendo y el ingreso de sólidos transcurre lentamente durante todo el proceso.

De los gráficos podemos afirmar que la diferencia entre la pérdida de peso para los tratamientos de 60 y 70°Brix a 420 minutos no es muy notoria, por lo que se puede usar jarabes dentro de este rango dependiendo de los factores económicos como lo manifestado por HAWKAS y FLINK (1978) citado por FERNANDEZ (14) y la disposición de equipos que nos permita realizar la reconcentración del jarabe BOLIN et al. (3).

La variación de peso para los tratamientos de 60 y 70 °Brix a diferentes temperaturas se muestra en la figura 9. De donde podemos observar la poca influencia que tiene la temperatura de 30° frente a la temperatura ambiente, siendo notable el efecto de la temperatura de 49°C.

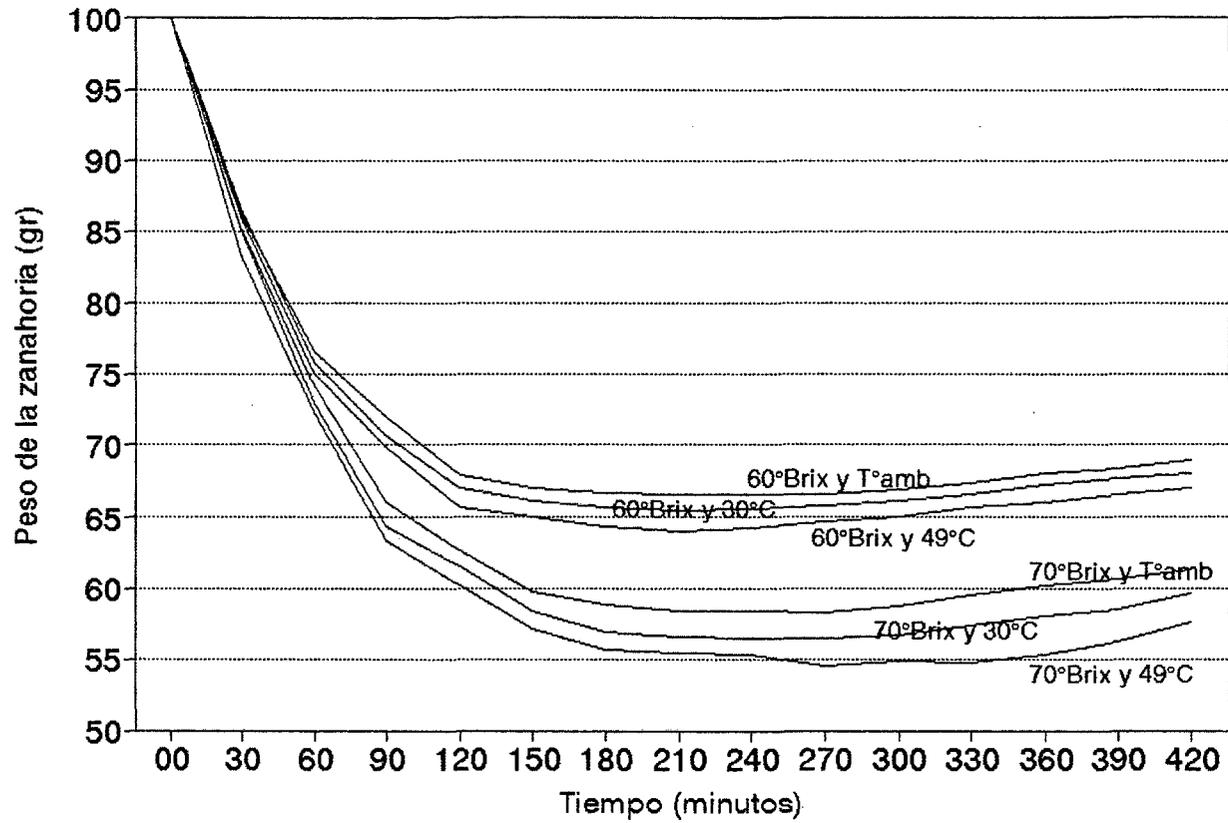


Figura 9: Variación de peso de la zanahoria, durante la osmodeshidratación a diferentes concentraciones y temperaturas de jarabes

La variación de sólidos solubles de la zanahoria durante la osmodeshidratación a diferentes temperaturas se muestra en los cuadros 24, 25 y 26. Para analizar los tratamientos de 60 y 70°Brix se gráfica la variación de grados brix de la zanahoria para estas dos concentraciones a diferentes temperaturas, el cual se muestra en la figura 10, donde se nota que la variación de grados brix de la zanahoria es inicialmente muy alta, y a medida que pasa el tiempo se va estabilizando, este fenómeno es similar al encontrado por QUINTANA (32) en la osmodeshidratación de ciruelas.

Para la concentración de 70°Brix del jarabe, se necesita más tiempo para alcanzar el equilibrio con el jarabe, siendo el incremento inicialmente muy alto para luego disminuir la velocidad de ganancia de sólidos, esto se debería a la formación de costra en la superficie por la alta concentración evitando así la transferencia de masa, pero de todas maneras, la pérdida de peso es mayor y la ganancia de sólidos solubles también.

De los tratamientos podemos notar que podemos hacer variar la concentración entre 60 y 70°Brix de acuerdo a la velocidad de deshidratación que deseamos y podemos elevar la temperatura a 49°C para acelerar el proceso, siendo sin embargo para este caso necesario adicionar 200ppm de bisulfito de sodio al jarabe para evitar el pardeamiento que es notorio a esta temperatura, como lo recomendado por SAPERS citado por CONDEZO (11)

Cuadro 24: Efecto de la concentración del jarabe en la variación de los °Brix de la zanahoria, durante la deshidratación osmótica a temperatura ambiente

Tiempo (min)	°Brix de la Zanahoria			
	40°Brix(T1)	50°Brix(T2)	60°Brix(T3)	70°Brix(T4)
00	4,5	4,5	4,5	4,5
30	16,0	20,5	22,0	25,0
60	21,3	24,8	28,0	32,3
90	24,0	29,0	32,0	37,8
120	26,0	33,0	35,6	42,2
150	28,5	36,5	39,0	47,0
180	30,0	39,5	42,8	50,4
210	31,2	41,2	44,8	53,3
240	32,8	42,8	48,5	56,0
270	34,0	44,3	50,8	59,0
300	35,0	45,5	53,5	60,5
330	35,5	46,3	55,0	61,8
360	35,8	46,5	56,0	63,2
390	36,0	46,6	56,5	64,6
420	36,1	47,3	56,6	65,3

Cuadro 25: Efecto de la concentración del jarabe en la variación de los °Brix de la zanahoria, durante la deshidratación osmótica a temperatura de 30°C.

Tiempo (min)	°Brix de la Zanahoria			
	40°Brix(T5)	50°Brix(T6)	60°Brix(T7)	70°Brix(T8)
00	4,5	4,5	4,5	4,5
30	16,8	21,2	23,0	26,6
60	22,0	26,0	29,6	33,8
90	25,0	30,4	34,2	40,2
120	27,4	35,2	37,4	44,4
150	29,6	38,4	41,8	49,0
180	31,2	40,8	45,2	52,4
210	32,2	42,5	47,2	55,0
240	33,8	44,0	50,4	57,4
270	35,0	45,4	52,4	60,0
300	35,8	46,0	55,0	61,2
330	36,4	46,8	55,8	62,4
360	36,8	47,4	56,6	64,0
390	36,8	47,8	57,2	65,2
420	37,2	48,2	57,8	66,8

Cuadro 26: Efecto de la concentración del jarabe en la variación de los °Brix de la zanahoria, durante la deshidratación osmótica a temperatura de 49°C.

Tiempo (min)	°Brix de la Zanahoria			
	40°Brix(T9)	50°Brix(T10)	60°Brix(T11)	70°Brix(T12)
00	4,5	4,5	4,5	4,5
30	19,0	23,5	24,0	28,0
60	24,5	30,0	34,0	37,0
90	28,8	35,3	40,6	45,5
120	31,5	39,2	45,0	50,0
150	33,0	43,3	50,4	54,2
180	35,0	44,2	53,0	57,0
210	35,8	45,6	54,8	59,0
240	37,0	46,9	56,0	60,5
270	37,8	47,9	57,0	62,4
300	38,2	47,6	57,5	63,4
330	38,8	48,2	58,0	64,2
360	39,0	48,8	58,2	65,5
390	39,3	49,2	58,5	67,0
420	39,3	49,4	59,0	68,2

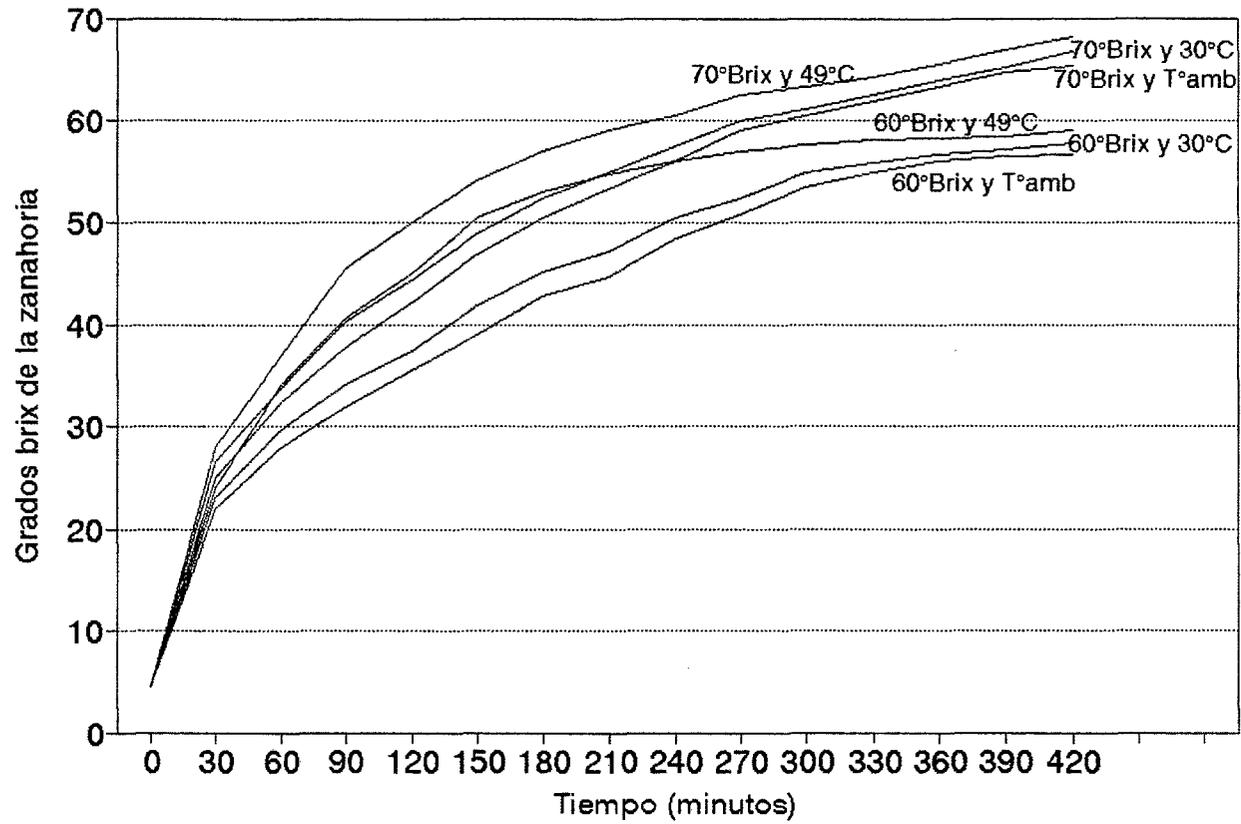


Figura 10: Variación de los grados brix de la zanahoria, durante la osmodeshidratación a diferentes temperaturas y grados brix de jarabes

La variación de los grados brix del jarabe durante el proceso osmótico se muestran en los cuadro 27, 28 y 29; de estos cuadros podemos observar que la dilución sólo es alta en las primeras horas de proceso. por lo que podríamos considerar aumentar el tiempo para cambiar el jarabe cuanto el proceso se encuentra por encima de 3 horas y media para la concentración de 60 y 70 °Brix, a la temperatura ambiente y 30°C (T3, T4, T7, T8), por que los grados de dilución (°dil) es menor a 1°Brix.

Cuadro 27: Variación de los grados brix del jarabe, durante la deshidratación omótica de zanahoria a temperatura ambiente,

Tiempo (min)	°Brix del Jarabe							
	40°Brix(T1)		50°Brix(T2)		60°Brix(T3)		70°Brix(T4)	
	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.
00	40,00	----	50,00	----	60,00	----	70,00	----
30	36,15	3,85	44,15	5,85	53,15	6,85	61,80	8,20
60	38,35	1,65	48,10	1,90	57,10	2,90	66,30	3,70
90	39,20	0,80	48,50	1,50	58,25	1,75	67,25	2,75
120	39,40	0,60	48,65	1,35	58,45	1,55	68,25	1,75
150	39,50	0,50	49,00	1,00	58,90	1,10	68,40	1,60
180	39,55	0,45	49,20	0,80	58,90	1,10	68,90	1,10
210	39,65	0,35	49,50	0,50	59,20	0,80	69,10	0,90
240	39,70	0,30	49,55	0,45	59,20	0,80	69,20	0,80
270	39,70	0,30	49,55	0,45	59,50	0,50	69,30	0,70
300	39,80	0,20	49,70	0,30	59,45	0,55	69,55	0,45
330	39,90	0,10	49,80	0,20	59,60	0,40	69,65	0,35
360	39,90	0,10	49,80	0,20	59,75	0,25	69,60	0,40
390	39,90	0,10	49,90	0,10	59,85	0,15	69,60	0,40
420	39,90	0,10	49,90	0,10	59,90	0,10	69,70	0,30

(*)Promedio de 2 repeticiones.

Cuadro 28: Variación de los grados brix del jarabe, durante la deshidratación omótica de zanahoria a temperatura de 30°C.

Tiempo (min)	°Brix del Jarabe(*)							
	40°Brix(T5)		50°Brix(T6)		60°Brix(T7)		70°Brix(T8)	
	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.
00	40,00	----	50,00	----	60,00	----	70,00	----
30	35,90	4,10	43,95	6,05	52,90	7,10	61,40	8,60
60	38,35	1,65	47,80	2,20	56,90	3,10	66,30	3,70
90	39,10	0,90	48,50	1,50	58,10	1,90	67,10	2,90
120	39,25	0,75	48,60	1,40	58,70	1,30	68,00	2,00
150	39,35	0,65	49,00	1,00	58,70	1,30	68,30	1,70
180	39,55	0,45	49,30	0,70	58,90	1,10	68,90	1,10
210	39,60	0,40	49,50	0,50	59,00	1,00	69,20	0,80
240	39,70	0,30	49,55	0,45	59,10	0,90	69,30	0,70
270	39,70	0,30	49,60	0,40	59,40	0,60	69,40	0,60
300	39,75	0,25	49,75	0,25	59,50	0,50	69,60	0,40
330	39,85	0,15	49,80	0,20	59,70	0,30	69,55	0,45
360	39,85	0,15	49,85	0,15	59,80	0,20	69,55	0,45
390	39,90	0,10	49,90	0,10	59,80	0,20	69,60	0,40
420	39,90	0,10	49,90	0,10	59,90	0,10	69,60	0,40

Cuadro 29: Variación de los grados brix del jarabe, durante la deshidratación osmótica de zanahoria a temperatura de 49°C.

Tiempo (min)	°Brix del Jarabe(*)							
	40°Brix(T9)		50°Brix(T10)		60°Brix(T11)		70°Brix(T12)	
	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.	°Brix	°dil.
00	30,00	---	40,00	----	50,00	----	60,00	----
30	35,20	4,80	43,30	6,70	52,60	7,40	60,85	9,15
60	38,30	1,70	47,70	2,30	56,00	4,00	65,90	4,10
90	38,70	1,30	48,30	1,70	57,60	2,40	66,55	3,45
120	39,10	0,90	48,70	1,30	58,40	1,60	68,20	1,80
150	39,40	0,60	48,75	1,25	58,60	1,40	68,50	1,50
180	39,55	0,45	49,30	0,70	59,10	0,90	69,10	0,90
210	39,70	0,30	49,40	0,60	59,30	0,70	69,40	0,60
240	39,70	0,30	49,40	0,60	59,50	0,50	69,55	0,45
270	39,80	0,20	49,50	0,50	59,60	0,40	69,60	0,40
300	39,80	0,20	49,60	0,40	59,75	0,25	69,65	0,35
330	39,85	0,15	49,70	0,30	59,85	0,15	69,65	0,35
360	39,90	0,10	49,80	0,20	59,90	0,10	69,70	0,30
390	39,90	0,10	49,80	0,20	59,91	0,09	69,70	0,30
420	39,90	0,10	49,80	0,20	59,90	0,10	69,70	0,30

e. Secado por aire caliente

La variación de la humedad en base seca en función al tiempo de secado a diferentes temperaturas se muestra en el cuadro 30 y la representación gráfica en la figura 11.

Cuadro 30 : Variación de la humedad en base seca durante el secado de zanahorias osmodeshidratadas, a diferentes temperaturas

Tiempo (min)	Humedad en Base seca(H.B.S)			
	50°C	65°C	70°C	80°C
0	0.5281	0.5281	0.5281	0.5281
5	0.4721	0.4458	0.4255	0.4002
10	0.4255	0.3825	0.3685	0.3122
20	0.3685	0.3241	0.3001	0.2665
30	0.3256	0.2701	0.2544	0.2312
40	0.2794	0.2401	0.2202	0.2004
50	0.2423	0.2085	0.1974	0.1792
60	0.2165	0.1901	0.1746	0.1572
70	0.1905	0.1685	0.1518	0.1405
80	0.1795	0.1523	0.1404	0.1355
90	0.1705	0.1485	0.1385	0.1298

En el cuadro 30, se observa que cuando la temperatura aumenta la velocidad de secado también aumenta, y cuando la humedad decrece velocidad disminuye. Para obtener la humedad mínima que corresponde a los alimentos de humedad intermedia 15% H.B.S TORRES (41), para 50°C necesitamos un tiempo mayor de 90 minutos, para 65°C es necesario aproximadamente 85 minutos, para 70°C aprox. 70 minutos y para 80°C aprox. 60 minutos.

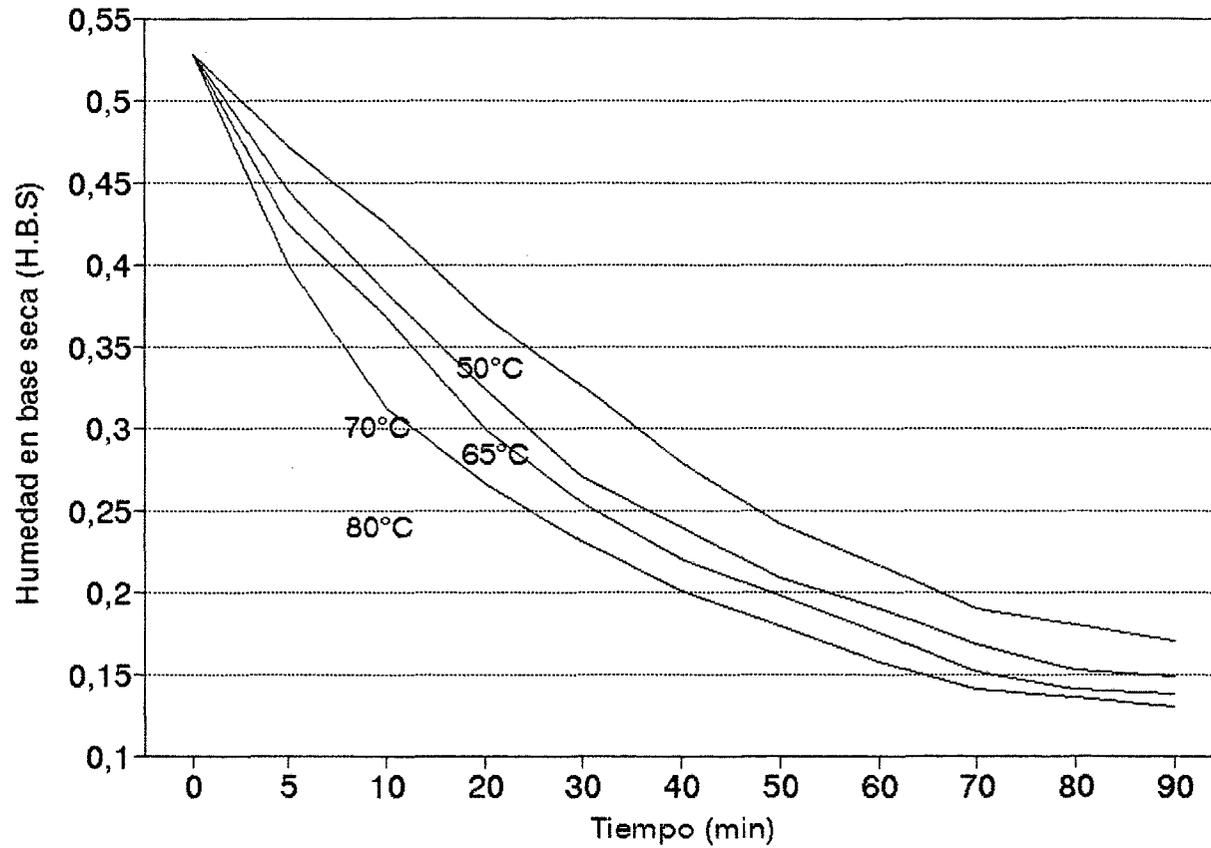


Figura 11: Variación de la humedad de la zanahoria osmodeshidratada, durante el secado por aire caliente a diferentes temperaturas.

En el gráfico 11, podemos observar que si se requiere un secado más rápido es necesario elevar la temperatura de secado.

Para todo el proceso se muestra velocidad decreciente puesto que la pendiente de la curva va cambiando, cuando la humedad de la zanahoria osmodeshidratada llega a aproximadamente a 0,15 la velocidad es más lenta siendo esto más notorio para la temperatura de 80°C. Para 50°C la velocidad es lenta en todo el proceso.

f. Obtención del producto final.

- 1) El flujograma de operaciones y balance de materia usado para obtener la zanahoria osmodeshidratada se muestra en la figura 12 .
- 2) Definición del flujograma para la elaboración de zanahoria osmodeshidratada.

- Recepción de zanahorias.

Se recepcionó zanahorias frescas.

- Selección y clasificación.

Se realizó en base a la forma, tamaño y aspecto general, descartándose las que se encuentran muy secas, y aquellos deterioradas ya sea por golpes o en estado de descomposición.

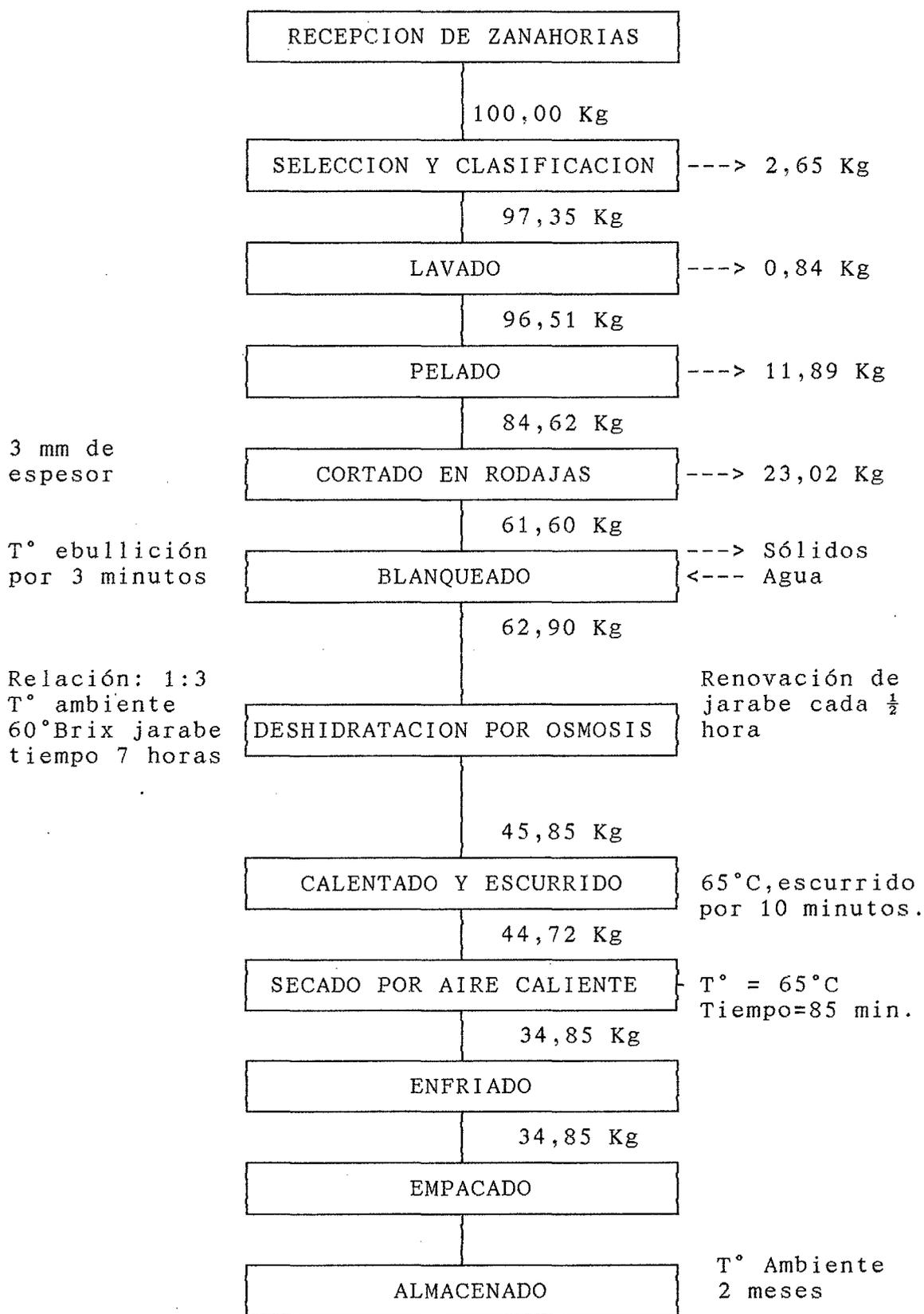


Figura 12 : Flujograma de operaciones y balance de materia para la osmodeshidratación de zanahoria.

- Lavado.

Se realizó manualmente por inmersión directa en agua corriente, con la finalidad de disminuir la carga microbiana y separa las impurezas impregnadas en la superficie de las zanahorias.

- Pelado

Considerando lo mencionado por CARBONELL (6), se realizó el pelado manual, raspando la superficie de la zanahoria con cuchillos de acero inoxidable.

- Cortado en rodajas.

Se realizó con la ayuda de un instrumento diseñado para cortar un espesor uniforme, cortándose en rodajas de aproximadamente (25-35 mm Φ * 3mm h), y eliminándose las partes muy delgadas o muy gruesas de la zanahoria.

- Blanqueado.

El blanqueado se realizó con la finalidad de facilitar el proceso osmótico y la inactivación enzimática causantes del oscurecimiento, para estabilizar el color del producto almacenado.

Se realizó a temperatura de ebullición por 3 minutos, enfriando con agua limpia inmediatamente para evitar el sobrecocimiento.

- Deshidratacion por ósmosis

Con la finalidad de que la zanahoria pierda humedad y adquiera la concentración necesaria de azúcar,

manteniendo la relación zanahoria jarabe de 1:3 y temperatura ambiente, se realizó la deshidratación por ósmosis durante 7 horas, con jarabe de azúcar invertido de 60°Brix cambiando cada media hora por un jarabe nuevo o reconcentrado.

- Calentado y escurrido.

Con la finalidad de eliminar el jarabe de la superficie para evitar que el producto final sea pegajosos, al final del proceso osmótico se calentó a 65°C y se escurrió luego por 10 minutos en mallas metálicas.

- Secado por aire caliente.

Las rodajas de zanahoria osmodeshidratada fueron colocadas uniformemente en mallas metálicas, e introducidos en un secador con flujo de aire caliente a la temperatura de 65°C por el tiempo de 85 minutos.

- Enfriado.

Las zanahorias osmodeshidratadas, fueron retiradas del secador y enfriadas a temperatura ambiente (26°C aproximadamente)

- Empacado.

El producto frío se empaco en sobres de polipropileno y fué sellado térmicamente, con la finalidad de protegerlo de la humedad y evitar el posterior deterioro.

- Almacenado.

Se realizó por el período de 60 días a temperatura ambiente a fin de evaluar la estabilidad del producto.

3) Balance de materia.

El balance de materia en el proceso de osmodeshidratación de zanahoria se muestra en el cuadro 31, en el cual se puede observar un rendimiento global de 34,85%, así mismo se reporta un rendimiento de 71,10% para la deshidratación por ósmosis esto indica la mayor pérdida de agua que la ganancia de sólidos.

Cuadro 31: Balance de materia y determinación de rendimiento en la osmodeshidratación de zanahoria.

OPERACIÓN	MATERIA EN MOVIMIENTO			Rendimiento	
	Ingresa Kg	Sale Kg	Continua Kg	R.O%	R.P%
Pesado	100,00	0,00	100,00	100,00	100,00
Selec.Clasf	100,00	2,65	97,35	97,35	97,35
Lavado	97,35	0,84	96,51	96,51	99,13
Pelado	96,51	11,89	84,62	84,62	87,68
Cort. discos	84,62	23,02	61,60	61,60	72,79
Blanqueado	61,60		62,90	62,90	102,11
	+1,30				
Desh.*ósmosis	62,90	17,05	45,85	45,85	72,89
Cal.y escurr	45,85	1,13	44,72	44,72	97,54
Sec*aire Cal	44,72	9,87	34,85	34,85	77,93
Enfriado	34,85	0,00	34,85	34,85	100,00
Empacado	34,85	0,00	34,85	34,85	100,00

R.O : Rendimiento por operación.

R.P : Rendimiento por proceso.

g. Caracterización del producto terminado.

1) Caracterización químico, fisicoquímico y físico del producto terminado.

En los cuadros 32 y 33, se muestra los resultados de los análisis químico proximal, biométrico y fisicoquímico de la zanahoria osmodeshidratada.

Cuadro 32: Resultado del análisis químico proximal de zanahoria osmodeshidratada, en base a 100 gramos de parte comestible.

COMPONENTES MAYORES	gr
Humedad	14,3000
Proteína	1,2228
Carbohidratos por diferencia	81,5678
Grasa	0,3605
Fibra	1,8720
Ceniza	0,6769
MINERALES :	mg
Fierro	1,6654
Calcio	26,3352
Fósforo	40,8500
Magnesio	11,1224
VITAMINAS :	mg
Acido ascórbico	6,3500
Carotenoides totales	19,3260
Carotenos (β -caroteno)	16,3400

La determinación de medidas biométricas, se realizó a una muestra de 13 unidades tomadas al azar, las dimensiones de cada unidad se muestra en el anexo XV, así mismo sus parámetros estadísticos y sus relaciones importantes. Cuyos resultados complementan el análisis físico y físico químico mostrado en el cuadro 33.

Cuadro 33: Resultado de los análisis biometricos y fisicoquímicos de la zanahoria osmodeshidratada

Características Físicas y Fisicoquímicas	Promedio	CV%
Diámetro (cm)	2,720	13,716
Espesor (cm)	0,228	1,366
Peso (gr)	1,739	27,031
Peso/vol (gr/cm ³)	1,288	1,766
Area total/peso (cm ³ /gr)	7,978	3,043
Contenido de sólidos solubles (a 26°C)	71,560	1,005
pH (a 26°C)	6,250	1,302
% de Acidez titulable en ácido cítrico	0,072	1,410

2) Prueba de aceptación y preferencia de la zanahoria osmodeshidratada.

El resultado de la prueba de aceptación organoléptica evaluada por 50 panelistas se muestra en el cuadro 34.

Cuadro 34 : Resultado de la evaluación organoléptica de aceptación.

Nivel de evaluación	panelistas
Exelente	39
Bueno	9
Medio	0
Pobre	0
Muy pobre	0
Eliminados (*)	2

(*) Eliminados por tener mas de 1 marca en la ficha

Del cuadro 34 se puede determinar los porcentajes de aceptabilidad (P.A):

$$P.A. = \frac{\# \text{ de panelistas que aceptan}}{\# \text{ de panelistas totales}} * 100$$

Para un nivel de excelente tenemos: P.A = 78 %

y para un nivel de bueno tenemos : P.A = 96 %

En el cuadro 34, podemos observar que el porcentaje de aceptabilidad es alto no teniendo rechazo por ninguno de los panelistas, este efecto se debe a que el azúcar mejora el sabor, de igual manera al encontrado por FARKAS Y LAZAR (1969) citados por LERICE (26).

Los resultados de la evaluación de diferencia para la zanahoria osmodeshidratada y fresca, evaluadas por 26

panelistas se detalla en el anexo XVI y el análisis de varianza y prueba de tukey se muestra en los cuadros 35 y 36 respectivamente.

Cuadro 35 : Análisis de varianza de la evaluación organoléptica para la diferencia entre la zanahoria osmodeshidratada y fresca.

FV	GL	S.C	Fc	Pr>F	Signific	
					5%	1%
Panelistas	25	34,307692	1,14	0,3723	NS	NS
Tratamientos	1	73,923076	61,45	0,0001	*	**
Error	25	30,076923				
TOTAL	51	138,307692				

Cuadro 36 : Ordenamiento de las medias según la prueba de tukey para la diferencia entre la zanahoria osmodeshidratada y fresca.

TRATAMIENTO	PROMEDIO	PANEL	VARIABILIDAD
Osmodeshidratado	4,808	26	A
Fresca	2,423	26	B

En el cuadro 35, observamos que no existe diferencia estadística para los bloques, lo que demuestra la homogeneidad de los panelistas que evaluaron el producto, para los tratamientos vemos que existe diferencia altamente significativa por lo que se

realizó la prueba de tukey donde se confirma estos resultados, obteniendo por la media para la zanahoria osmodeshidratada el calificativo de excelente, y para la zanahoria fresca el calificativo de pobre.

Del cuadro 36, podemos afirmar que la osmodeshidratación mejora las cualidades organolépticas de la zanahoria, lo que coincide con el estudio realizado por BOLIN (3), que encontró que la osmodeshidratación mejora el sabor global y la textura del producto.

3) Determinación de la isoterma de sorción - actividad de agua.

En el cuadro 37, se muestra el contenido de humedad de equilibrio en base seca de la zanahoria osmodeshidratada a diferentes actividades de agua (A_w) a 25°C., el mismo que es representada gráficamente en la figura 13.

Los resultados de humedad de equilibrio fueron ajustados a 2 modelos matemáticos de sorción empleando para ello el Software STATGRAPHICS Vers 6.1, los análisis estadísticos de la bondad de ajuste de estos modelos se muestra en los cuadros 38 y 39.

Cuadro 37: Humedad de equilibrio (25°C) de la zanahoria osmodeshidratada.

Actividad de Agua	% Humedad en base seca(Hu) (*)
0,1130	10,5440
0,3307	15,1900
0,6886	30,3540
0,7529	34,9970
0,8434	50,2620
0,9358	80,3780
1,0000	126,7840

(*)Promedio de 3 repeticiones.

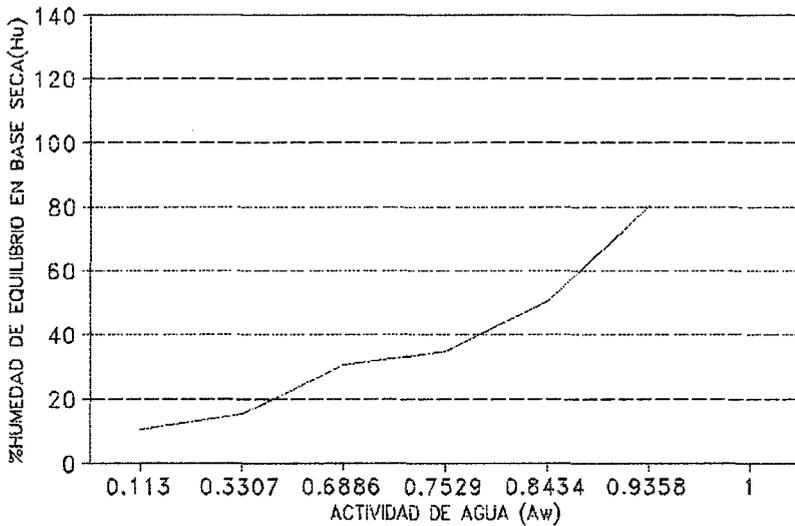


Figura 13: Isotherma de sorción de la zanahoria osmodeshidratada

Cuadro 38 : Análisis de varianza del modelo B.E.T

F.V.	GL	S.C	C.M	Fc	Prob. Level	Signifi.
Modelo	1	147,1135	147,1135	18,1828	0,0130	*
Residual	4	32,3631	8,0908			
TOTAL	5	179,4766				

R-CUADRADO : 81.97%

MODELO : $Y = A + BX$

MODELO B.E.T : $Aw/Hu(1-Aw) = -2,13305 + 16,947 Aw$

Cuadro 39: Análisis de varianza del modelo G.A.B

F.V.	GL	S.C	C.M	Fc	Prob. Level	Signific.
Modelo	2	2,2081	1,1040	579,1480	0,0000	**
Error	4	0,0076	0,0019			
TOTAL	6	2,2157				

R-CUADRADO : 96,6559%

MODELO : $Y = AX^2 + BX + C$

MODELO G.A.B: $Aw/Hu = \alpha Aw^2 + \beta Aw + \gamma$

$Aw/Hu = - 7,951097 Aw^2 + 8,477473 Aw + 0,225074$

Por los resultados de los cuadros 38 y 39, y la bondad de ajuste de los modelos (R-CUADRADO), se establece que el modelo de isoterma de sorción de la zanahoria osmodeshidratada, es el modelo Guggenheim, Anderson y Boer (G.A.B).

Con la ecuación G.A.B obtenida, y la humedad del producto final (14,3% h.b.h ó 16,69% h.b.s), se calculó el valor de la actividad de agua, obteniéndose que la A_w de la zanahoria osmodeshidratada es 0,40.

h. Evaluación en almacenamiento.

1) Análisis.

El análisis microbiológico al mes de almacenamiento se muestra en el cuadro 40, y la evaluación durante 60 días de almacenamiento se muestra en el cuadro 41.

Cuadro 40: Evaluación microbiológica del producto terminado.

ANÁLISIS	Recuento	
Numeración de m.o aerobios viables	< 10	UFC/gr
Numeración de mohos y levaduras	< 10	UFC/gr
Numeración de coliformes	< 3	col/gr

Cuadro 41: Análisis de la zanahoria osmodeshidratada durante el almacenamiento.

ANÁLISIS	2Día	6Día	10Día	15 Día	20Día	25Día	30Día	60día
Azucares								
Reductores %	52,300	52,800	53,300	53,700	54,120	54,850	55,600	58,400
Vitamina C (mg/100gr)	6,350	4,930	4,030	3,870	3,750	3,650	3,550	3,060
Carotenos								
totales (mg/100gr)	19,320	18,550	17,950	17,330	16,870	16,550	16,400	15,520
Grados °Brix	71,500	71,500	71,500	71,600	71,500	72,000	72,300	72,500
Humedad (H.B.H %)	14,300	14,320	14,500	14,580	14,700	14,750	14,800	15,010
pH	6,250	6,200	6,100	6,150	6,100	6,000	6,050	6,050
Acidez titulable								
% acido cítrico	0,072	0,080	0,082	0,080	0,087	0,090	0,088	0,090

Los resultados son promedio de 3 repeticiones.

Los resultados del análisis microbiológico (cuadro 40), no sobrepasan los límites de tolerancia, por lo que la zanahoria osmodeshidratada después de 1 mes de almacenamiento es apta para el consumo humano, pese que no se uso conservante, esto se debe a la baja actividad de agua del producto (0,4) que evita el crecimiento microbiano como lo manifestado por FELLOWS (12).

En el cuadro 41, podemos observar que el contenido de azúcares reductores aumenta, debido a que la inversión de la sacarosa continua lentamente. El contenido de vitamina "C" disminuye de 6,35mg/100gr a 3,55mg/100gr en el primer mes, debido a que la vitamina "C" se degrada incluso a baja actividad de agua como lo manifestado por FENEMA (13), en el segundo mes la degradación es más lenta llegando hasta 3,06mg/100gr, esto se debe a que la degradación de la vitamina "C" sigue un modelo cinético de primer orden, manifestado por MANAYAY (27).

El contenido de carotenos totales disminuye de 19,32mg/100gr a 16,4mg/100gr durante el primer mes y hasta 15,52mg/100gr en el segundo mes, observándose una degradación de comportamiento similar al de la vitamina "C", esto se debe a que la degradación de carotenos es proporcional al contenido como lo manifestado por CONDEZO (10). Sin embargo cabe destacar que la degradación es mucho menor al obtenido a otros niveles de agua (Cuadro 10), y a otros alimentos deshidratados,

manifestado por GOLMAN et al. (17), que obtiene degradación más alta para el mismo período de tiempo.

2) Evaluación organoléptica.

El resultado del efecto del almacenamiento en las cualidades organolépticas evaluado por 12 panelistas, se muestra en el anexo XVII y el análisis de varianza en el cuadro 42. Para el análisis se uso una muestra de 2 días de almacenamiento (testigo T), el cual tiene según la escala hedónica 5 puntos (igual al testigo).

Cuadro 42. Análisis de variancia del efecto del almacenamiento en las cualidades organolépticas de la zanahoria osmodeshidratada.

ATRIBUTO	FV	GL	S.C	Fc	Pr>F	Signific	
						5%	1%
COLOR	Panelistas	11	8,1250	1,00	0,5000	N.S	N.S
	Tratam.	1	0,3750	0,51	0,4910	N.S	N.S
	Error	11	8,1250				
	TOTAL	23	16,6250				
TEXTURA	Panelistas	11	7,8333	1,00	0,5000	N.S.	N.S
	Tratam	1	0,1667	0,23	0,6380	N.S	N.S
	Error	11	7,8333				
	TOTAL	23	15,8333				
AP.GRAL.	Panelistas	11	5,8333	1,00	0,5000	N.S	N.S
	Tratam.	1	0,1667	0,31	0,5863	N.S	N.S
	Error	11	5,8333				
	TOTAL	23	11,8333				

De los resultados del cuadro 42, podemos afirmar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos para ninguno de los atributos, por lo que se estaría concluyendo que las cualidades organolépticas de la zanahoria osmodeshidratada permanece igual al testigo después de un mes de almacenamiento.

i. Determinación de la difusividad efectiva

Para la determinación de difusividad efectiva se considero las condiciones de proceso usadas para el producto final, siendo la temperatura ambiente y la concentración del jarabe igual a 60°Brix.

El acondicionamiento se realizó por 6 días manteniendo la relación zanahoria jarabe de 1:10, con la finalidad de que los grados brix no disminuyan notablemente durante el tiempo, iniciándose con una concentración de 7°Brix aumentando a 10°Brix el primer día y luego aumentando 10°Brix cada día hasta llegar a 50°Brix.

Luego se sumergió en jarabe de 60°Brix por 30 horas, después de este tiempo se procedió a medir los grados brix cada 2mm de distancia.

El resultado de las evaluaciones se muestra en el cuadro 43, y la variación de la ganancia de sólidos en función de la distancia se muestra en el gráfico 14.

Cuadro 43: Pruebas de difusión a temperatura ambiente y 60°Brix. (X_o = 49,8 ; Tiempo = 30 horas)

Z (m)	X °brix	Δ de S.S	X-Y/m X _o -Y/m	Erf(Xi)	(Xi)	X _{tr}	D _s x E-09
0,002	59,30	9,50	0,040404	0,0451	0,04	0,035832	7,212
0,004	58,75	8,95	0,095959	0,1013	0,09	0,085229	5,099
0,006	58,30	8,50	0,141414	0,1459	0,13	0,125957	5,253
0,008	57,90	8,10	0,181818	0,1790	0,16	0,162562	5,606
0,010	57,40	7,60	0,232323	0,2227	0,20	0,208876	5,306
0,012	57,10	7,30	0,262626	0,2657	0,24	0,237115	5,929
0,014	56,60	6,80	0,313131	0,3079	0,28	0,285014	5,585
0,016	56,20	6,40	0,353535	0,3593	0,33	0,324303	5,634
0,018	55,90	6,10	0,383838	0,3794	0,35	0,354446	5,970
0,020	55,50	5,70	0,424242	0,4284	0,40	0,395676	5,914
0,022	55,10	5,30	0,464647	0,4662	0,44	0,438329	5,831
0,024	54,80	5,00	0,494949	0,4937	0,47	0,471381	6,001
0,026	54,40	4,60	0,535354	0,5379	0,52	0,517043	5,853
0,028	54,10	4,30	0,565657	0,5633	0,55	0,552826	5,938
0,030	53,80	4,00	0,595959	0,5959	0,59	0,590075	5,983
0,032	53,50	3,70	0,626263	0,6270	0,63	0,629028	5,991
0,034	53,20	3,40	0,656566	0,6566	0,67	0,669952	5,962
0,036	52,90	3,10	0,686869	0,6847	0,71	0,713181	5,898
0,038	52,70	2,90	0,707071	0,7047	0,74	0,743633	6,045
0,040	52,40	2,60	0,737374	0,7361	0,79	0,792107	5,903
0,042	52,20	2,40	0,757576	0,7595	0,83	0,826604	5,976
0,044	52,00	2,20	0,777778	0,7761	0,86	0,863115	6,016
0,046	51,80	2,00	0,797980	0,7969	0,90	0,902151	6,018
0,048	51,60	1,80	0,818182	0,8163	0,94	0,944035	5,984
0,050	51,40	1,60	0,838384	0,8385	0,99	0,989726	5,908
0,052	51,20	1,40	0,858586	0,8586	1,04	1,039963	5,787
0,054	51,00	1,20	0,878788	0,8768	1,09	1,095780	5,622
0,056	50,90	1,10	0,888889	0,8900	1,13	1,126469	5,721
0,058	50,70	0,90	0,909091	0,9076	1,19	1,195445	5,449
0,060	50,60	0,80	0,919192	0,9181	1,23	1,234393	5,469
0,062	50,50	0,70	0,929293	0,9297	1,28	1,278143	5,447
0,064	50,40	0,60	0,939394	0,9400	1,33	1,326850	5,386
0,066	50,20	0,40	0,959596	0,9597	1,45	1,449245	4,801
0,068	50,10	0,30	0,969697	0,9672	1,59	1,617727	4,090
0,070	50,00	0,20	0,979798	0,9804	1,65	1,641880	4,208

Coefficiente de determinación para los primeros 5 puntos experimentales:
 $r^2 = 0,9973478$

Y/m = 59,7

Coefficiente de determinación para los 35 puntos experimentales:
 $r^2 = 0,9624293$

Promedio de Difusividad efectiva: $5,608 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2/\text{s}$

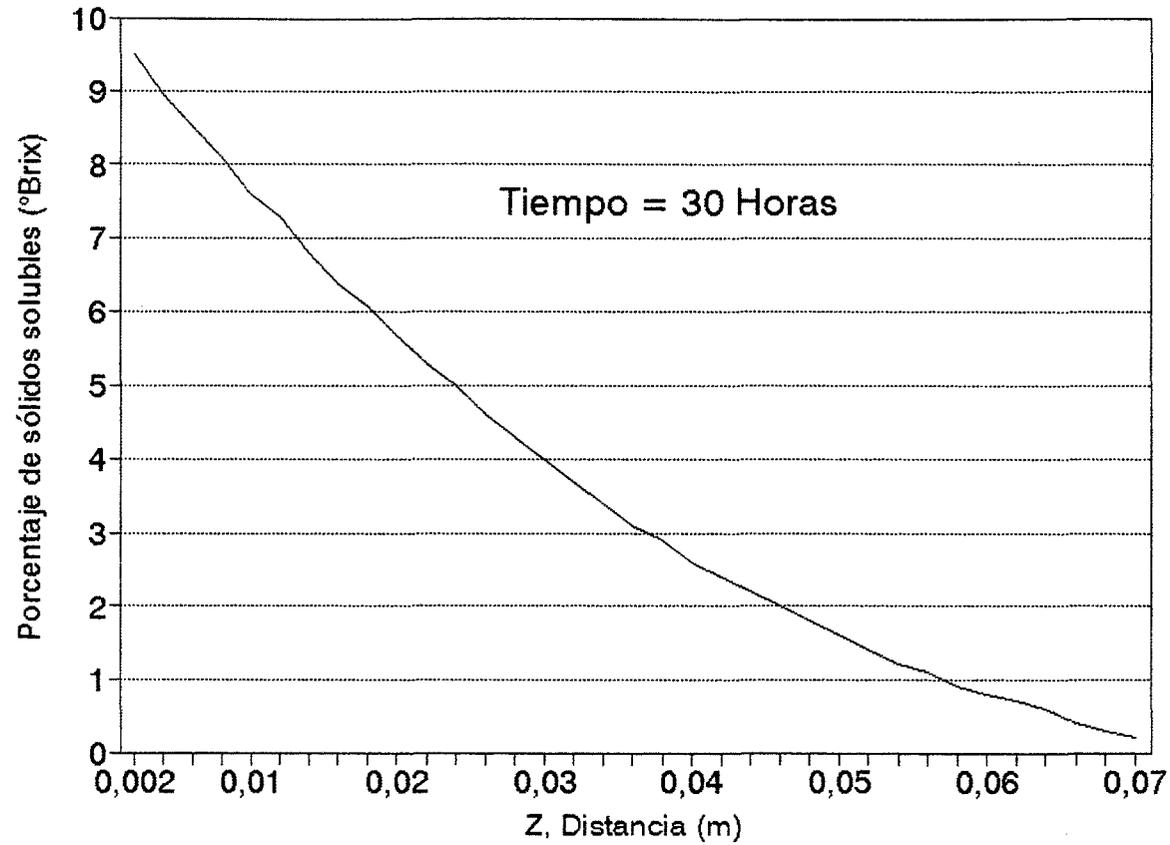


Figura 14: Variación de sólidos solubles de la zanahoria en función a la distancia, a temperatura ambiente y 60 °Brix del jarabe

Del cuadro 43, se obtiene que la difusividad efectiva del azúcar invertido en la zanahoria es de $5,608 \cdot 10^{-9}$ m²/s, el cual es mayor al obtenida por FERNANDEZ (14); para la sacarosa en papaya a temperatura de 35°C que en promedio para las diferentes concentraciones es de $2,89 \cdot 10^{-9}$ m²/s.

El valor más alto de la difusividad efectiva del azúcar invertido en la zanahoria frente a la sacarosa en la papaya, se debe a que el tamaño de las moléculas del jarabe de azúcar invertido es menor por lo tanto hace que la difusividad aumente tal como lo manifestado por BOLIN et al. (3), y CHANDRASEKARON Y KING, citado por LERICE et al. (25), además de ello el blanqueado va influir en aumentar la difusividad puesto que por encima de 50°C tiene lugar la desnaturalización de las membranas celulares, y al quedar libre el contenido celular la difusividad se incrementa como lo manifestado por SCHWARTZBERG mencionado por FERNANDEZ (14)

V. CONCLUSIONES

1. Las características más importantes de la zanahoria, fueron las siguientes:
 - a. La parte comestible presenta 13,08 mg/100gr de carotenoides totales y 11,964mg/100gr de β -caroteno, siendo un buen potencial de provitamina A.
 - b. las dimensiones biométricas presentan variabilidad, por lo tanto es necesaria su selección.

2. Los parámetros adecuados para la obtención de zanahoria osmodeshidratada fueron los siguientes:
 - a. Selección y clasificación.- Materia prima sana de forma y tamaño uniforme.
 - b. Lavado.- Manual, con agua corriente.
 - c. Pelado.- Manual, raspando la superficie con cuchillo de acero inoxidable.
 - d. Cortado en rodajas.- De dimensiones de 25 - 35 mm de diámetro por 3 mm de espesor aproximadamente.
 - e. Blanqueado.- Por inmersión en agua en ebullición por 3 minutos.
 - f. Deshidratación por ósmosis:
Relación zanahoria jarabe 1:3
Temperatura: Ambiente
Concentración del jarabe : 60°Brix, renovado cada 1/2 hora.
Tiempo: 7 horas.
 - g. Calentado y escurrido.- Calentado a 65°C y escurrido por 10 minutos.

h. Secado por aire caliente

Temperatura : aproximadamente 65°C

Tiempo : 85 minutos

i. Enfriado.- A temperatura ambiente (26°C aprox.)

j. Empacado.- En bolsa de polipropileno y sellado térmicamente.

3. La difusividad efectiva del azúcar invertido en la zanahoria es de $5,608 \cdot 10^{-9}$ m²/s, que es mayor que la sacarosa en la papaya, por lo cual la deshidratación osmótica es más rápido.

4. Las características más importantes de la zanahoria osmodeshidratada son las siguientes:

a. La humedad se encuentra dentro del rango para alimentos de humedad intermedia y la Aw (0,4) por debajo de este tipo de alimentos.

b. La isoterma de sorción se ajusta al modelo G.A.B :

$$Aw/Hu = - 7,951097 Aw^2 + 8,477473 Aw + 0,225074$$

$$R^2 = 96,6559\%$$

c. La zanahoria osmodeshidratada tiene mejor aceptabilidad organoléptica que al estado crudo, teniendo un calificativo de excelente por los niños.

d. El producto presenta buena estabilidad en el almacenamiento.

VI. RECOMENDACIONES

- Procesar zanahorias osmodeshidratada e incentivar su consumo tanto en los niños de colegios como en los adultos y ancianos.
- Realizar estudios para optimizar el reconcentrado del jarabe utilizado en la deshidratación osmótica.
- Realizar estudios de la vida en anaquel de la zanahoria osmodeshidratada.

VII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria de La Selva. Tingo María, empleando como materia prima zanahoria (Daucus carota) variedad Royal chantenay, procedente del pueblo la Esperanza-Huánuco. Teniendo como objetivos: caracterizar la materia prima, determinar los parámetros tecnológicos adecuados para la deshidratación por ósmosis utilizando jarabe de azúcar invertido, determinar la difusividad efectiva (D_e), caracterizar y evaluar el producto durante el almacenamiento.

La determinación de parámetros se realizó por bloques para cada operación en función a la protección de carotenoides, evaluación organoléptica, y velocidad de osmodeshidratación. Se evaluó principalmente el blanqueado, adición de BHT, sulfitado, temperatura y concentración del jarabe osmótico, y temperatura de secado por aire caliente.

El flujo adecuado de procesamiento fue el siguiente: recepción de zanahorias ; selección y clasificación ; lavado ; pelado ; cortado en rodajas de 3 mm de espesor ; blanqueado por inmersión en agua a ebullición por 3 minutos ; deshidratación por ósmosis a temperatura ambiente, concentración de jarabe 60°Brix con renovación cada media hora durante 7 horas, relación zanahoria jarabe 1:3 ; calentado a 65°C y escurrido por 10 minutos ; secado por aire caliente a 65°C por 85 minutos ; enfriado a temperatura ambiente y empacado en bolsas de polipropileno.

La zanahoria fresca y osmodeshidratada tienen elevados contenidos de carotenoides 13,08 mg/100gr y 19,33 mg/100gr respectivamente.

El producto obtenido fue de 14,3 % de humedad en base húmeda (16,7% H.B.S). La actividad de agua (A_w) es 0,4 obtenido con la ecuación G.A.B el cual tiene un $R^2=96,6559\%$.

La evaluación organoléptica realizada por la prueba de escala hedónica facial por niños nos determina una buena aceptación en relación a la zanahoria fresca. teniendo del calificativo de excelente y regular respectivamente.

La difusividad efectiva es de $5,608 \cdot 10^{-9}$ m²/s para la concentración del jarabe de 60°Brix y temperatura ambiente.

El comportamiento durante el almacenamiento del producto es estable obteniéndose las mayores variaciones de vitamina "C" y carotenos totales durante los primeros días de almacenamiento.

VIII. BIBLIOGRAFIA.

1. BADUI, D. 1994. Química de los Alimentos. 3^{era} ed. Ed. Alhambra. México. 639 pp.
2. BELITZ, H., GROSCH.W., 1988 Química de los alimentos, Zaragoza, Acribia S.A.
3. BOLIN, H.R., HUXSOLL, C.C., JACKSON, R. y NG, K.C. 1983. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. J. Food Sci. Vol. 48.
4. BEAUNDRY, G.E. y LAMPIN, A.K. 1990. Membrane technology for direct-osmósis concentration of Fruit Juices. Food Technology-Vol 44:121
5. BUREAU Janice L. and BUSHWAY Rodney J. 1986 HPCL Determination of carotenoids in Fruits and Vegetables in the United States. Food Science, Vol 51, No 1
6. CARBONELL, J. V., PINAGA F.; y PEÑA J. L. 1984 Deshidratación de frutas y hortalizas con aire. IV Cinética de adsorción y desorción de agua en zanahoria. Revista Agroquímica y Tecnologías de Alimentos Vol 25 # 1.
7. CARBONELL, F. PIÑAGA, 1985 Deshidratación de frutas y hortalizas con aire. V Ensayo con nabos. Revista Agroquímica y Tecnologías de Alimentos Vol 25 # 2.
8. CHARLEY, H. 1989, Tecnología de alimentos, Limusa 767.p
9. CHEFTEL C., CHEFTEL, H. 1984 Introducción a la Bioquímica y tecnología de los alimentos. Edit Acribia Zaragoza España.
10. CHOU, H. y BREENE, W.M. 1972. Oxidative decoloration of β -carotene in low-moisture model systems. J. Food Sci. Vol. 37.

11. CONDEZO 1995 Predicción Computarizada de la degradación de Carotenos en papaya osmodeshidratada, Tesis UNAS Tingo María - Perú.
12. FELLOWS. P, 1994. "Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas" Ed. Acribia Zaragoza España.
13. FENNEMA, O. R. 1994. Química de los alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 1055 pp.
14. FERNANDEZ, D. A. 1992. Determinación de la Difusividad efectiva de la sacarosa en la papaya (Carica papaya L.) durante su inmersión en soluciones azucaradas. Tesis para optar el Título de Ing. Ind. Aliment. UNA. La Molina. Lima-Perú. 78 pp.
15. FLORES, E. L. 1977. Deshidratación de frutas por ósmosis: Piña. Tesis Ing. Ind. Alimentarias. UNAM. Lima, Perú.
16. FARKAS, P. F. and LAZAR, M. E. 1969. Osmotic dehydration of apple pieces : Effect of temperature and syrup concentration on rates. Food Technology Vol 23.
17. GOLDMAN, M., HOREV, B. y SAGUY, I. 1983. Decolorization of β -carotene in model systems simulating dehydrated foods. Mechanism and Kinetic principles. J. Food Sci. Vol. 48.
18. HART, F. y FISHER, H. J. 1977. Análisis Moderno de los Alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 619 pp.
19. JAMIENSON Y JOBER, 1977. Manejo de los alimentos, México S.E.
20. JOST, W. 1960. Diffusion in solids, liquids, gases. Academic Press. New York United States of America.

21. KAREL M, 1976. Technology and application of new intermediate moisture foods.
22. LABUZA T.P., 1980. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration food Technology 34 (1):36.
23. LEE C. Y, BOURNE M. C. and VAM BUREN J. P. 1979. Effect of blanching treatments on the firmness of carrots. J. Food Sci. Vol. 44.
24. LEES, L. 1982. Análisis de los Alimentos. Métodos Analíticos y Control de Calidad. 2da ed. Ed. Acribia. Zaragoza. España. 288 pp.
25. LERICE, C., PEPE, M. y PINNAVIA, G. 1977. La deshidratación de la fruta mediante ósmosis directa. Instituto di Industrie Agrarie, Université de Bologna.
26. LERICE, C. R., PINNAVAIA, G., DALLA, M. y BARTOLUCCI, L. 1985. Osmotic dehydration of fruit: Influence of osmotic agents on drying behavior and product. quality. J. Food Sci. Vol. 50.
27. MANAYAY S.D., 1992. Simulación de la variación del contenido de vitamina C en almacenaje del confitado de piña (Ananas comosus) de humedad intermedia. Tesis de grado UNAM, Lima Perú.
28. MUDAHART G.S, TOLEDO R.T., FLOROS J.D. 1989 Optimization of carrot dehydration process using response surface methodology. Food Science Vol 54 No 3.
29. OZNOGINA, Olga and KASAIKINA, Olga. 1995. β -Carotene As an interceptor of free radicals 1995, Institute Of Chemical Physics - Russia.

30. PONTING, J., et al 1966. Osmotic dehydration of fruits. Food Technology. # 20.
31. POTTER, 1974. La ciencia de los alimentos Edutex S.A. México.
32. QUINTANA R. 1988. Aplicación del secado osmótico en elaboración de ciruela deshidratada a partir de ciruela japonesa. Tesis Ingeniero en alimentos. Universidad de Chile. Santiago, Chile
33. RODRIGUEZ-AMAYA, A. D. 1993. Curso Latinoamericano de Carotenoides em alimentos. UNICAMP-CAMPINAS. Brasil.
34. SABEU, I. A. 1989. Como vivir sano, Ed. Renuevo, 1^{ra} Ed. Tomo 1, Ciudadela, Buenos Aires Argentina.
35. SANDOVAL, M. 1994. Aplicaciones de la Espectrofotometría de Absorción/Emisión Atómica en Programas de Investigación en Agricultura, Biología y Medicina. UNAS. Tingo María-Perú. 31 pp.
36. SARAVACOS, G. D., TSIOURVAS, D. A. y TSAMI, E. 1986. Effect of temperature on the water adsorption isotherms of sultana raisins. J. Food Sci.
37. SCHWARTZBERG, G. H. y YUE CHAO, R. 1982. Solute Diffusivities in leaching process. Food Technology.
38. SIMS, C.A., BALABAN, and MATTHRWS R.F. 1993 Optimización of carrot juice color and cloud stability. Food science, Vol 58, No 5.
39. TISCORNIA JULIO R. 1974. Hortalizas terrestres. Ed. Albatros, Buenos Aires Argentina.

40. TOMASULA, P. Y KOZEMPEL, F. M. 1989. Diffusion coefficients of glucose, Potassium, and Magnesium in maine russet burbank and maine katahdin potatoes from 45 to 90°C. Journal of Food Science Vol 54:985-989.
41. TORRES 1991. Curso: Conceptos modernos de preservación de alimentos en el mercado Norteamericano, Facultad de industrias Alimentarias, UNAM, Lima Perú.
42. VIGO M. S., CHIRIFE J., ESCORZA O. C., CATANCEP., BERTONI M.H., Y SARRAHI P., 1979 Estudios sobre alimentos tradicionales de humedad intermedia elaborados en Argentina. Determinación de la actividad acuosa, pH, húmedad y sólidos solubles. Revista Agroquímica y tecnológica Alimentaria 21:10.
43. ZEVALLOS 1985, Hortalizas Peruanos, UNAM
44. ZUGARRAMURDI, A. y LUPIN M.H. 1980 A Model to explain observed behavior on fish salting. Journal of Food Science Vol 45: 1305-1311.

ANEXO I

DETERMINACIÓN DE VITAMINA C POR ESPECTROFOTOMETRIA.

Fundamento.

El método se basa en la reducción proporcional determinada espectrofotométricamente del colorante 2-6 diclorofenol-indofenol por efecto de la solución del ácido ascórbico.

Reactivos:

- Colorante: Disolver con agua destilada hirviente 12 mg de 2,6 DFIF, y enrasar a 1000 ml, almacenar en botella de color oscuro y en refrigeración.
- Solución de ácido oxálico al 0.4% : Pesar 4 grs. de este ácido y llevar a volumen de 1000 ml. con agua destilada.
- Solución madre de ácido ascórbico : Diluir 100 mg de ácido ascórbico a 100 ml, con solución de ácido oxálico al 0.4%.
- Estándares de trabajo (ET): Tomar 1, 2, 3, 4 y 5 ml de solución madre de ácido ascórbico y llevar a volumen de 100 ml con una solución de ácido oxálico al 0.4%. Estas soluciones enumeradas del 1 al 5 contendrán 1, 2, 3, 4, y 5 mg. de ácido ascórbico por 100 ml respectivamente.

Preparación de la curva estandar:

Enumerar 4 tubos de prueba de I al IV y agregar lo siguiente:

- I 10 ml. de agua destilada.
- II 1 ml. de ácido oxálico al 0.4%.
- III 1 ml. de estándar de trabajo (ET) N°1 + 9 ml. de agua
- IV 1 ml. del estándar del trabajo (ET) N°1.

Realizar las lecturas correspondientes de la transmitancia (T) a 520 nm para luego transformarlo a absorbancia (Abs) usando:

$$\text{Abs} = \text{Log}(100/T\%)$$

Realizar las lecturas de la siguiente manera:

- Ajustar a 0 la absorbancia usando I.
- Al tubo II añadir 9 ml. del colorante, después de 15 segundos leer, la absorbancia correspondiente será (L1).
- Ajustar a 0 la absorbancia con la solución del tubo III.
- Al tubo IV añadir 9 ml. del colorante después de 15 segundos leer, la absorbancia correspondiente será (L2).

Construir la curva estándar con las concentraciones de ácido ascórbico en la alícuota tomada para la lectura (mg/ml) en la abscisa y en la ordenada la absorbancia, (L1 - L2) para cada estándar de trabajo. Luego regresionar linealmente.

Preparación de la muestra.

- Licuar 50 grs. de muestra fresca con 350 ml. de solución de ácido oxálico al 0.4% por 3 minutos y luego filtrar.
- Determinar L1 como se describió anteriormente.
- En el tubo III colocar 1 ml. del filtrado (muestra) + 9 ml de agua, ajustar a 0 la absorbancia.
- Luego en el tubo IV colocar 1 ml del filtrado (muestra) + 9 ml del colorante y registrar la absorbancia (L2) después de 15 segundos.
- Calcular (L1 - L2) y obtener la concentración de ácido ascórbico a partir de la curva estándar.

Cálculos

Con la ecuación regresionada de la curva estandar, y la lectura de la muestra (L1-L2), obtener la concentración en la muestra, luego considerando la dilución realizada para obtener la muestra calcular el contenido en el alimento.

ANEXO II

DETERMINACION DE FOSFORO POR EL MÉTODO DEL COLOR AMARILLO DEL VANADOMOLIBDOFOSFORICO (MODIFICADO).

Preparación de la solución madre.

Para la preparación de la solución madre se usa de 0,50 gr a 1,00 gr de materia seca, la cual se calcina a 550°C por 8 horas, luego se hierve con 3 ml de ácido nítrico y 3 ml de agua, cuando esta casi seco se enfría y se filtra llevando el volumen a 25 ml, con agua bidestilada.

Reactivos.

Solución A.- Disolver 25 gr. de molibdato de amonio (cristalizado) en 400 ml de agua destilada.

Solución B.- Disolver 1,25 gr. de metavanadato de amonio en 300 ml de agua hirviendo; dejar enfriar y luego añadir 250 ml de HNO₃ concentrado; enfriar nuevamente hasta la temperatura ambiente.

Finalmente la solución A se vierte sobre la solución B y el conjunto resultante se diluye hasta 1 litro.

Bicarbonato de amonio 0,5 molar

Solución patrón de fósforo (50ppm).- Secar la sal KH₂PO₄ (fosfato monopotasio) a 40°C, hasta peso constante. Luego pesar 0,2195 grs. de sal (seca), disolver 400 ml de agua destilada, añadir 25 ml de una solución de H₂SO₄ 7N llevar a un volumen de 1 lt con agua destilada; guardar la solución en un frasco color caramelo y bien tapado.

Procedimiento.

Pipetear 2 ml de la solución madre y poner en las fiolas de

10 ml., añadir 3 ml. de una solución de bicarbonato de amonio, y 5 ml de la solución de metavanadato, homogenizar bien y dejar que desarrolle el color durante 30 minutos.

Paralelamente se debe desarrollar una muestra en blanco, leer usando la longitud de onda de 470 nm.

Preparación de la curva.

A partir de la solución standard de fósforo (50 ppm) tomar alicuota de 0.4 ; 0,8 y 1,2 ml y poner en 3 fiolas de 10 ml.; añadir 5 ml de la solución de metavanadato y 3 ml de bicarbotato de amonio llevar a volumen con agua destilada; homogenizar bien; las fiolas tendrán una concentración de 2, 4 y 6 ppm respectivamente.

Después de 30 minutos leer usando la longitud de onda de 470 nm; con las lecturas obtenidas, se elabora la curva (concentración Vrs. Absorbancia), luego se regresiona linealmente.

Cálculos.

Los cálculos realizados en la presente investigación se detalla a continuación.

Preparación de la solución madre.- La preparación de la solución madre fue la siguiente:

MUESTRA	Peso seco gr (m.s)	ml solución madre	código de la muestra
Zanahoria fresca. (Humedad=88.89% ; m.s=11,11%)	Rep1=1,0082 Rep2=0,9992	25 25	M1 M2
Zanahoria osmodeshidratada. (Humedad=14,3% ; m.s.= 85.7%)	Rep1=0,54808 Rep2=0,59075	25 25	M3 M4

Curva estandard:

[P]ppm	T %	Abs	Parámetros de Regresión
0,0	100,00	0,0000	R cuadrado : 99,08%
0,1	92,00	0,0362	Ecuación despejada :
0,2	84,25	0,0744	$[P]ppm = (Abs+0,00364)/0,021087$
0,4	74,50	0,1278	

Lecturas:

Mue- stra	dilución (FD)	%T	Abs	[P]ppm	[P]mg/ml
M1	1/1	49,00	0,3098	14,86	$14,87 \cdot 10^{-3}$
M2	1/1	47,00	0,3279	15,72	$15,72 \cdot 10^{-3}$
M3	1/1	91,00	0,0409	2,11	$2,11 \cdot 10^{-3}$
M4	1/1	90,50	0,0434	2,22	$2,22 \cdot 10^{-3}$

Cálculos:

- Determinación de la concentración en base seca.

$$[P]mg/100gr \text{ m.s} = \frac{[P]mg/ml * 10ml * ml \text{ sol madre} * 100}{m.s * 2 ml * FD}$$

- Determinación de la concentración en base húmeda.

$$[P] mg/100 gr = ([P]mg/100 gr \text{ de m.s.})(\%m.s/100)$$

Resultados

-Zanahoria fresca

Fósforo en base seca : [P]mg/100 gr m.s = 190,51

Fósforo en base húmeda : [P]mg/100gr = 21,17

-Zanahoria osmodeshidratada:

Fósforo en base seca : [P]mg/100 gr m.s = 47,67

Fósforo en base húmeda : [P]mg/100gr = 40,85

ANEXO III

DETERMINACION CUANTITATIVA AZUCARES REDUCTORES POR ESPECTROFOTOMETRIA.

Fundamento.

Los azucares reductores contienen un grupo aldehido o cetona libre por lo que actúan como agentes reductores frente al reactivo de Ross.

Reactivo de Ross.

Se prepara teniendo en cuenta las siguientes soluciones.

Solución A.- Disolver 7.145 gr de 2,4 dinitrofenol en 230 ml de hidróxido de sodio al 5%, calentar en agua hirviendo hasta que el 2,4 dinitrofenol se disuelva. Luego adicionar 2,5 gr. de fenol, calentar de 2 a 4 minutos mas o menos hasta que la solución tenga trazas de color claro o trasparente.

Solución B.- Disolver 100 gr de tartrato de sodio y potasio en 500 ml de agua destilada aproximadamente.

Luego se procede a mezclar las soluciones A y B, completando a 1,000 ml en una fiola cuidando que el liquido este frío.

Curva patrón.

A partir de la solución patrón (0,11 gr de glucosa en 100 ml de agua), preparar diferentes concentraciones, utilizando 0,1; 0,2 ; 0,3 ; 0,5 ; 1,0 ; 2,0 ml. de solución patrón, completándose a 2 ml, con agua destilada. Las concentraciones preparadas se tratan como una muestra adicionando 6 ml del

reactivo de ross, se calienta por 6 minutos; se enfría y se realiza la lectura en el espectrofotómetro a 620 nm.

Se construye la curva ploteando en la ordenada la absorbancia versus el contenido de glucosa en cada muestra en mg, luego regresionar linealmente.

La curva debe ser inspeccionada cada vez que se hace uso del espectrofotómetro. Se debe chequear el blanco con agua destilada aproximadamente con 8 ml, la lectura del blanco debe ser 100% de trasmitancia.

Procedimiento.

Se puede tomar muestras desde 0,5 hasta 2 gr. muestras secas finamente molidas, se colocan en un erlenmeyer y se agrega 50 ml de agua destilada, luego se agrega 0,5 gr de bisulfito de sodio.

Agitar bien filtrar con papel watman N° 40,41, del filtrado se toma 1 a 2 ml, al cual se agrega 6 ml del reactivo de ross. Se calienta en agua hirviendo por 6 minutos, enfriar con agua de caño que corra por las paredes exteriores del tubo, luego se lee la solución problema en los recipientes de lectura del espectrofotómetro y se realiza la lectura a 620 nm, procurar hacer las lecturas en menor tiempo.

Cálculos.

Reemplazando la lectura de absorbancia de la muestra en la ecuación obtenida de la curva estandar, se obtiene la concentración de glucosa (azúcar reductor) en la alicuota, luego considerando la dilución de la muestra se obtiene la concentración de azúcar reductor en el alimento.

ANEXO IV.

DETERMINACIÓN DE CAROTENOS TOTALES Y β -CAROTENO.

DETERMINACION DE CAROTENOIDES TOTALES

Con los resultados del espectro de absorción, cuadro 44, se elige como solvente metanol y 450 nm de longitud de onda.

Cuadro 44: Espectro de absorción de carotenoides de zanahoria, lixiviado 0,3 gr de muestra en 30 ml de solvente durante 2 horas.

λ (nm)	Absorbancia				
	Etanol	Eter	Metano	cet/hex 1/9	Hexano
385	0,039675	0,019930	0,151864	0,000000	0,001062
390	0,043157	0,022202	0,167349	0,000000	0,002127
395	0,047844	0,026782	0,185059	0,002165	0,004266
400	0,050208	0,031412	0,203537	0,004341	0,006416
405	0,058586	0,034917	0,222854	0,004341	0,008576
410	0,061011	0,038450	0,244977	0,005433	0,010748
415	0,067134	0,043207	0,266319	0,007626	0,011838
420	0,073349	0,048016	0,290890	0,009830	0,012930
425	0,077122	0,051659	0,312508	0,012046	0,014026
430	0,080929	0,055332	0,330629	0,012046	0,015124
435	0,082206	0,060279	0,349556	0,013158	0,016226
440	0,083486	0,064027	0,369363	0,013158	0,017330
445	0,086059	0,065283	0,379623	0,015390	0,018437
450	0,088648	0,067807	0,379623	0,017634	0,019547
455	0,088648	0,070346	0,379623	0,017634	0,019547
460	0,088648	0,065283	0,374462	0,017634	0,019547
465	0,086059	0,064027	0,369363	0,018761	0,018437
470	0,083486	0,062774	0,364324	0,019890	0,017330
475	0,078387	0,060279	0,339987	0,018761	0,017330
480	0,073349	0,059037	0,319213	0,015390	0,016226
485	0,065903	0,049227	0,274353	0,013158	0,016226
490	0,058586	0,038450	0,231933	0,010937	0,015124
495	0,044324	0,029091	0,183418	0,008727	0,011838

Procedimiento.

Lixiviar 0,3 gr de muestra en 30 ml metanol por 2 horas para la zanahoria fresca y 6 horas para la zanahoria osmodeshidratada, luego medir la absorbancia a 450 nm.

Cálculos.

Ley de Lambert-Beer : $A = abc \implies c = A/ab$

Donde:

A = absorbancia ; b = 1,16cm (longitud de celda)

c = concentración ; a = absortividad específica.

$a = A_{1\%}^{1\text{cm}} = 2500$, para carotenoides totales (para la concentración de 1% en una celda de 1 cm)

$\implies c = \frac{A}{2500 * 1,16}$ gr carotenos/100 ml. (Concentración en la alicuota analizada)

Luego considerando la dilución de la muestra en el solvente (0,01 gr/ml de solvente). De la ecuación anterior tendríamos:

$C = \frac{A}{2500 * 1,16 * 0,01}$ gr de carotenos/100 gr de alimento

Ejemplo: Se realiza el análisis de carotenoides totales en la zanahoria, y se obtiene la lectura de Abs.= 0,3796237

$\implies C = \frac{0,3796237}{2500 * 1,16 * 0,01} = 0,01308$

$C = 0,01308$ gr de carotenos/100 gr de zanahoria

DETERMINACION DE β -CAROTENO (Método AOAC, N° 43,014 ; 1984).

Se realiza la extracción con metanol hasta que la muestra quede descolorida (2 horas para la zanahoria fresca y 6 horas para la zanahoria osmodeshidratada), la solución se aplica a una columna de MgO (activado). Luego es leído en espectrofotómetro a 436 nm de longitud de onda, y los resultados son expresados en mg β -Caroteno o UI.

Cálculos

Para los cálculos se considera el método AOAC N°39.017, el cual menciona que si la calibración de longitud de onda del espectrofotómetro es a 436 nm de longitud de onda los cálculos se realiza por la siguiente fórmula:

$$C = \frac{\text{Absorbancia} \times 454 \times 2,2}{196 \times L \times W} \dots\dots(1)$$

Donde:

C = Concentración de β -caroteno(mg/kg ó ppm) de la muestra.

L = Longitud de la celda en cm.

W = gr de la muestra / ml de dilución final analizada.

Pero:

- L =1,16cm
- Para que la expresión se transforme de ppm a porcentaje (gr/100gr)debemos dividir entre 10000,
- Debido a que usamos 0,45 gr de muestra con 45 ml de solvente tendremos que W = 0,01 gr/ml.

Reemplazando estos valores, la ecuación (1) queda:

$$C = \frac{\text{Abs} * 454 * 2,2}{196 * 1,16 * 0,01 * 10000} \text{ gr de } \beta\text{-caroteno/100gr de muestra}$$

$$C = \text{Abs} * 0,0439303 \text{ gr de } \beta\text{-caroteno/100 gr de muestra}..(2)$$

Ejemplo.- Se realiza el análisis de β -caroteno en la zanahoria y se obtiene lectura de Abs = 0,27235 (promedio)

Reemplazando en la ecuación 2 tenemos:

$C = 0,011964 \text{ gr de } \beta\text{-caroteno/100 gr de zanahoria}$

ANEXO V

NOMBRE.....FECHA.....HORA.....

Observe detenidamente la **forma** de las tres muestras, y ordene de acuerdo a la forma de la rodaja de zanahoria osmodeshidratada que más le agrade.

ORDENAMIENTO	CODIGO DE LA MUESTRA
1 ^{er} Lugar	
2 ^{do} Lugar	
3 ^{er} Lugar	

Observaciones.....

ANEXO VI

NOMBRE:.....FECHA.....HORA.....

PRODUCTO: Zanahoria osmodeshidratada.

Califique Ud. el color, textura, apariencia general de acuerdo a la siguiente escala:

- Exelente = 5
- Muy Bueno = 4
- Bueno = 3
- Regular = 2
- Malo = 1

MUESTRA	COLOR	TEXTURA	APAR.GENERAL
429			
135			
243			
318			

OBSERVACIONES.....

ANEXO VII

NOMBRE:.....FECHA.....HORA.....

PRODUCTO: Zanahoria osmodeshidratada.

Califique Ud. el color, sabor, apariencia general de acuerdo a la siguiente escala:

- Exelente = 5
- Muy Bueno = 4
- Bueno = 3
- Regular = 2
- Malo = 1

MUESTRA	COLOR	SABOR	APAR.GENERAL
429			
135			
243			
318			

OBSERVACIONES.....

ANEXO VIII

NOMBRE:

Marque con una X dentro del cuadro, de la figura que mejor describa a su opinion sobre el producto.

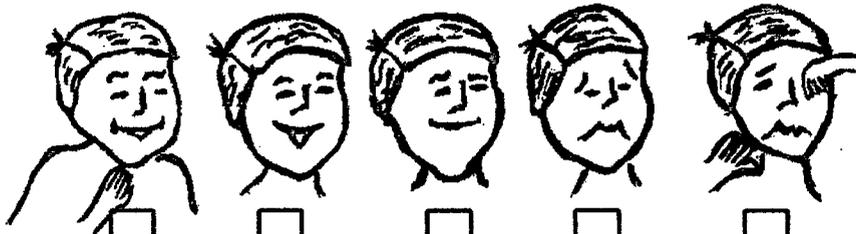
The image shows five cartoon faces in a row, each with a small square box below it. From left to right, the faces represent: 1. A happy face with a wide smile. 2. A neutral face with a slight smile. 3. A face with a neutral expression. 4. A sad face with a frown. 5. A very sad face with a wide-open mouth and furrowed brows. Each face is enclosed in a rectangular frame.

ANEXO IX

CON AZUCAR

NOMBRE:

Marque con una X dentro del cuadro, de la figura que mejor describa a su opinion sobre el producto.

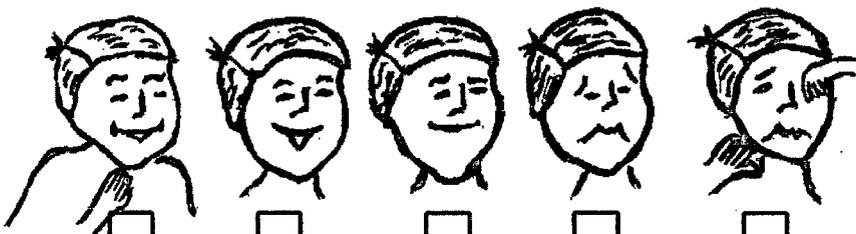


The form contains five cartoon faces of a man with a headband, each with a different expression. From left to right: 1. Happy, smiling with his hand near his chin. 2. Neutral, slight smile. 3. Slightly sad, neutral expression. 4. Sad, downturned mouth. 5. Very sad, slumped posture and downturned mouth. Each face has a small square box below it for marking.

SIN AZUCAR

NOMBRE:

Marque con una X dentro del cuadro, de la figura que mejor describa a su opinion sobre el producto.



The form contains five cartoon faces of a man with a headband, each with a different expression. From left to right: 1. Happy, smiling with his hand near his chin. 2. Neutral, slight smile. 3. Slightly sad, neutral expression. 4. Sad, downturned mouth. 5. Very sad, slumped posture and downturned mouth. Each face has a small square box below it for marking.

ANEXO X

Nombre:.....Fecha:.....Hora:.....

Ud. recibirá una muestra testigo marcado con una "T" y una muestra. Compare la muestra con el testigo y con una X marque la escala que elija para cada atributo (color, sabor y apariencia general).

ESCALA	COLOR	SABOR	AP.GE NERAL
Extremadamente mejor que el testigo			
Mucho mejor que el testigo			
Mejor que el testigo			
Poco mejor que el testigo			
Igual que el testigo			
Poco peor que el testigo			
Peor que el testigo			
Mucho peor que el testigo			
Extremadamente inferior que el testigo			

ANEXO XI

Cuadro 45: Tabla de la función de error erf (x).

ERROR FUNCION, erf (X)

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0,1113	0,0226	0,0338	0,0451	0,0564	0,0676	0,0789	0,0901	0,1013
0,1	0,1125	0,1236	0,1348	0,1459	0,1569	0,1680	0,1790	0,1900	0,2009	0,2118
0,2	0,2227	0,2335	0,2248	0,2550	0,2657	0,2768	0,2869	0,2974	0,3079	0,3183
0,3	0,3286	0,3389	0,3491	0,3593	0,3694	0,3794	0,3893	0,3992	0,4090	0,4187
0,4	0,4284	0,4380	0,4475	0,4569	0,4662	0,4755	0,4847	0,4937	0,5027	0,5117
0,5	0,5202	0,5292	0,5379	0,5465	0,5549	0,5633	0,5716	0,5798	0,5879	0,5959
0,6	0,6039	0,6117	0,6194	0,6270	0,6346	0,6420	0,6494	0,6566	0,6628	0,6700
0,7	0,6778	0,6847	0,6914	0,6981	0,7047	0,7112	0,7175	0,7238	0,7300	0,7361
0,8	0,7421	0,7480	0,7538	0,7595	0,7651	0,7707	0,7761	0,7814	0,7867	0,7918
0,9	0,7969	0,8019	0,8068	0,8116	0,8163	0,8209	0,8254	0,8299	0,8342	0,8385
1,0	0,8427	0,8468	0,8508	0,8548	0,8586	0,8624	0,8661	0,8698	0,8733	0,8768
1,1	0,8802	0,8835	0,8868	0,8900	0,8931	0,8961	0,8991	0,9020	0,9048	0,9076
1,2	0,9108	0,9130	0,9155	0,9181	0,9205	0,9229	0,9252	0,9275	0,9297	0,9319
1,3	0,9340	0,9361	0,9381	0,9400	0,9419	0,9438	0,9456	0,9473	0,9490	0,9507
1,4	0,9523	0,9539	0,9554	0,9569	0,9583	0,9597	0,9611	0,9624	0,9637	0,9649
1,5	0,9661	0,9662	0,9663	0,9665	0,9666	0,9667	0,9668	0,9669	0,9670	0,9672
	1,55	1,6	1,65	1,7	1,75	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2
	0,9716	0,9763	0,9804	0,9838	0,9867	0,9891	0,9923	0,9953	0,9970	0,9981

Fuente: JOST (1960)

ANEXO XII

Cuadro 46: Resultado de la evaluación organoléptica de ordenamiento, para la zanahoria osmodeshidratada de diferentes espesores.

Trata- miento	PANELISTAS												TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2mm	3	2	3	3	3	3	3	1	1	3	3	3	31
3mm	2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	18
4mm	1	3	2	2	2	1	1	3	3	1	2	2	23

1^{er} lugar = 1 puntos
 2^{do} lugar = 2 puntos
 3^{er} lugar = 3 puntos

Cuadro 47: Resultados del cuadro 44, transformados por valores de la tabla de Fisher y Yates.

Panel	Tratamientos			TOTAL
	2mm	3mm	4mm	
1	-0,85	0,00	0,85	0,00
2	0,00	0,85	-0,85	0,00
3	-0,85	0,85	0,00	0,00
4	-0,85	0,85	0,00	0,00
5	-0,85	0,85	0,00	0,00
6	-0,85	0,00	0,85	0,00
7	-0,85	0,00	0,85	0,00
8	0,85	0,00	-0,85	0,00
9	0,85	0,00	-0,85	0,00
10	-0,85	0,00	0,85	0,00
11	-0,85	0,85	0,00	0,00
12	-0,85	0,85	0,00	0,00
TOTAL	-5,95	5,10	0,85	0,00
PROMEDIO	-0,4958	0,425	0,07083	

ANEXO XIII

Cuadro 48: Resultado de la evaluación organoléptica, para el efecto del blanqueado en el color de la zanahoria osmodeshidratada.

Panelistas	Tratamientos			
	0 min	2 min	3 min	4 min
1	1	3	1	2
2	1	2	4	3
3	1	3	2	3
4	1	3	2	4
5	2	3	2	2
6	3	2	2	2
7	1	2	4	3
8	2	3	2	4
9	3	3	4	3
10	2	3	2	3
11	3	1	2	4
12	1	3	2	2
13	1	2	3	4
14	1	2	4	3
15	3	4	3	4

Cuadro 49: Resultado de la evaluación organoléptica, para el efecto del blanqueado en la textura de la zanahoria osmodeshidratada.

panelistas	Tratamientos			
	0 min	2 min	3 min	4 min
1	1	3	1	4
2	1	2	2	3
3	1	2	2	3
4	2	2	4	4
5	2	3	3	3
6	3	2	2	2
7	1	3	4	2
8	1	3	2	5
9	2	2	3	2
10	2	2	2	3
11	3	1	2	4
12	1	3	2	2
13	1	1	2	4
14	3	3	3	3
15	2	3	2	3

Cuadro 50: Resultado de la evaluación organoléptica, para el efecto del blanqueado en la apariencia general de la zanahoria osmodeshidratada.

panelistas	Tratamientos			
	0 min	2 min	3 min	4 min
1	1	4	1	3
2	1	1	4	3
3	1	3	3	3
4	1	2	3	4
5	3	3	3	3
6	1	3	2	3
7	1	2	3	4
8	1	2	2	4
9	2	1	4	3
10	2	2	2	3
11	3	1	2	4
12	1	3	3	2
13	1	2	2	5
14	1	2	4	3
15	3	4	3	4

ANEXO XIV

Cuadro 51: Resultado de la evaluación organoléptica, para el efecto del sulfitado en el color de la zanahoria osmodeshidratada.

panelistas	Tratamientos			
	0%	0,2%	0,3%	0,4%
1	1	2	3	5
2	2	3	2	3
3	3	3	3	3
4	3	2	3	2
5	3	3	4	2
6	3	3	3	4
7	2	3	2	2
8	2	3	2	1
9	3	4	2	2
10	4	2	3	2
11	4	3	2	2
12	2	3	2	2

Cuadro 52: Resultado de la evaluación organoléptica, para el efecto del sulfitado en el sabor de la zanahoria osmodeshidratada.

panelistas	Tratamientos			
	0%	0,2%	0,3%	0,4%
1	4	2	3	2
2	3	3	3	3
3	3	3	3	3
4	4	3	3	3
5	3	3	4	2
6	2	4	3	2
7	3	3	2	2
8	2	3	2	1
9	3	3	3	3
10	4	4	3	2
11	4	3	3	2
12	3	3	2	1

Cuadro 53: Resultado de la evaluación organoléptica, para el efecto del sulfitado en la apariencia general de la zanahoria osmodeshidratada.

panelistas	Tratamientos			
	0%	0,2%	0,3%	0,4%
1	3	2	1	4
2	2	3	2	3
3	3	3	3	3
4	4	1	3	1
5	2	3	3	3
6	3	3	3	3
7	2	3	2	2
8	3	3	2	2
9	3	4	3	2
10	4	2	3	3
11	4	3	2	2
12	2	3	2	3

ANEXO XV

Cuadro 54: Medidas biométricas de 13 muestras de zanahoria osmodeshidratada.

N° muestra	Diámetro cm (*)	Espesor cm (*)	Peso (gr)	Peso/vol (gr/cm ³)	Area/peso (cm ² /gr)	Area/vol (cm ² /gr)
1	2,63	0,232	1,6	1,2695	7,9887	10,1416
2	3,18	0,227	2,3	1,2757	7,8923	10,0684
3	2,45	0,232	1,4	1,2800	8,0103	10,2533
4	2,95	0,228	2,0	1,2834	7,8914	10,1279
5	3,00	0,225	2,1	1,3204	7,7418	10,2222
6	2,55	0,223	1,5	1,3171	8,0004	10,5372
7	3,34	0,231	2,6	1,2846	7,6719	9,8556
8	2,00	0,230	0,9	1,2456	8,5870	10,6957
9	2,93	0,223	2,0	1,3301	7,7689	10,3338
10	2,56	0,226	1,5	1,2895	8,0746	10,4121
11	3,00	0,232	2,1	1,2806	7,7732	9,9540
12	2,20	0,228	1,1	1,2692	8,3441	10,5901
13	2,54	0,227	1,5	1,3041	7,9637	10,3854
Media	2,72	0,228	1,74	1,2884	7,9776	10,2752
std	0,3728	0,0031	0,47	0,0228	0,2428	0,2392
CV%	13,71	1,365	27,03	1,7660	3,0429	2,3277

ANEXO XVI

Cuadro 55: Resultados de la evaluación organoléptica de diferencia, con escala hedónica facial, para la zanahoria osmodeshidratada y fresca

PANELISTA	OSMODESHIDRATADO	FRESCO
1	4	5
2	5	5
3	5	5
4	5	2
5	5	1
6	5	5
7	5	4
8	5	4
9	5	3
10	4	2
11	4	1
12	5	3
13	4	1
14	5	4
15	5	4
16	5	1
17	5	2
18	5	1
19	5	1
20	4	1
21	5	1
22	5	2
23	5	1
24	5	1
25	5	1
26	5	2

ANEXO XVII

Cuadro 56: Resultado de la evaluación organoléptica, de la zanahoria osmodeshidratada almacenada.

Panelista	Color	Sabor	Apar. general
1	4	5	5
2	6	5	6
3	7	7	6
4	7	6	7
5	5	3	4
6	5	4	5
7	6	7	5
8	6	6	6
9	3	4	3
10	5	5	5
11	4	5	5
12	5	5	5