

300627

26
24



UNIVERSIDAD LA SALLE
Escuela de Química
Incorporada a la U.N.A.M.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

**"ESTUDIO DE LA CALIDAD DE CONSERVACION
DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LA CEBOLLA
(Allium cepa) DESHIDRATADA"**

T E S I S P R O F E S I O N A L
que para obtener el título de:
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
p r e s e n t a :
CLAUDIA VARGAS DEL REAL

Director de Tesis:
MTO. OHANNES BULBULIAN GARABEDIAN

México, D.F.

Junio de 1990



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pág.
INTRODUCCION	7
CAPITULO 1	
<u>OBJETIVOS DEL TRABAJO</u>	9
CAPITULO 2	
<u>GENERALIDADES</u>	
2.1	Cebolla 10
2.1.1.	Características botánicas y varieta- les 10
2.1.2.	Operaciones que se llevan a cabo en el campo agrícola 14
2.1.2.1.	Cultivo 14
2.1.2.2.	Cosecha 14
2.1.2.3.	Curado 15
2.1.3.	Enfermedades de la planta 15
2.1.4.	Composición de la cebolla 16
2.1.4.1.	Componentes no relacionados con el sabor y aroma de la cebolla 16
2.1.4.2.	Componentes responsables del aroma y sabor 23
2.1.5.	Aspectos económicos 29
2.1.5.1.	Canales de comercialización del producto deshidratado 36
2.1.5.2.	Mercado mundial 36
2.1.6.	Usos de la cebolla deshidratada 36
2.1.7.	Condiciones que deben reunir las cebollas destinadas a la elabora- ción de producto deshidratado 37
2.2	Operaciones de una planta proce- sadora para la producción de cebo- lla deshidratada 41

2.2.1.	Almacenamiento de la materia prima	41
2.2.2.	Secado	43
2.2.2.1.	Operaciones preliminares al secado	43
2.2.2.2.	Deshidratación	45
2.2.2.2.1.	Tipos de secadores	45
2.2.3.	Operaciones finales de la planta	48
2.2.3.1.	Clasificación por selección	48
2.2.3.2.	Molienda	48
2.3.	Preservación del producto deshidratado	48
2.3.1.	Formas y materiales de empaque	48
2.3.2.	Almacenamiento del producto terminado	51
2.3.3.	Alteraciones que sufre la cebolla durante la deshidratación, y la cebolla deshidratada, durante el almacenamiento	52

CAPITULO 3

<u>MATERIALES Y METODOS</u>		55
3.1.	Deshidratación	55
3.2.	Almacenamiento	56
3.3.	Determinaciones analíticas	56
3.3.1.	Humedad	57
3.3.2.	Cenizas	59
3.3.3.	Extracto etéreo	59
3.3.4.	Acidez	60
3.3.5.	Color	60
3.3.6.	Pruebas de rehidratación	61
3.3.7.	Pungencia	62
3.3.7.1.	Metodología para la determinación de pungencia	63

CAPITULO 4

<u>RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS</u>		67
4.1.	Resultados	67
4.1.1.	Resultados de la determinación de	67

	pungencia	
4.1.2.	Resultados del resto de las determinaciones	69
4.2.	Discusión de resultados	86
4.2.1.	Determinación de ácido pirúvico como medida de la pungencia	86
4.2.2.	Determinación de humedad	87
4.2.3.	Determinación de cenizas	88
4.2.4.	Determinación de acidez	89
4.2.5.	Determinación de extracto etéreo en cebolla deshidratada	89
4.2.6.	Determinación de color	90
4.2.7.	Pruebas de rehidratación	90
CAPITULO 5		
	<u>CONCLUSIONES</u>	92
APENDICE A:	Curva de calibración de piruvato de sodio	96
APENDICE B:	Norma Oficial Mexicana: "Alimentos para Humanos - Especies y Condimentos - Cebolla Deshidratada". NOM - F - 233 - 1982.	98
BIBLIOGRAFIA		101

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

	Pág.
- Tabla No. 1: Clasificación taxonómica de la cebolla	10
- Figura No. 1: Cebolla (<i>Allium cepa</i>)	11
- Tabla No. 2: Principales variedades de cebolla	13
- Figura No. 2: Reacción que inicia la aparición de los compuestos responsables de el aroma	23
- Tabla No. 3: Contenido de materia seca de algunas variedades de cebolla	18
- Tabla No. 4: Composición proximal de la cebolla (%) y su valor energético	19
- Tabla No. 5: Contenido de minerales en la cebolla	20
- Tabla No. 6: Contenido vitamínico de la cebolla	21
- Tabla No. 7: Contenido de aminoácidos libres en la cebolla	22
- Tabla No. 8: Compuestos azufrados no volátiles mayoritarios en la cebolla	26
- Tabla No. 9 : Compuestos volátiles azufrados y no azufrados en la cebolla	28
- Figura No. 3: Compuestos azufrados extraídos de las cebollas	25
- Figura No. 4: Principales países productores de cebolla	30
- Figura No. 5: Principales estados mexicanos productores de cebolla	31
- Figura No. 6: Algunos distritos productores de cebolla en México	32
- Tabla No. 10: República Mexicana. Superficie, Rendimiento y Producción de cebolla por estados	33

- Tabla No. 11: República Mexicana. Exportaciones de cebolla deshidratada y fresca (a Junio 1989)	34
- Tabla No. 12: República Mexicana. Importaciones de cebolla fresca (a Junio 1989)	35
- Figura No. 7: Eliminación de corona y raíces del bulbo como operación preliminar al secado	39
- Figura No. 8: Operaciones de una planta procesadora para la producción de cebolla deshidratada	40
- Figura No. 9: Permeabilidad al vapor de agua de diferentes polímeros utilizados para el empaque de especias y condimentos	50
- Figura No.10: Diagrama de bloques de las operaciones llevadas a cabo en el laboratorio	66
- Tabla No. 13: Tabla de Humedad para la cebolla fresca y deshidratada. durante el almacenamiento	70
- Figura No.11: Curvas de Humedad para la cebolla fresca y deshidratada	71
- Tabla No. 14: Valores de Acidez de la cebolla fresca y deshidratada, durante el almacenamiento (base húmeda)	72
- Figura No.12: Curvas de Acidez de la cebolla deshidratada, durante el almacenamiento (base húmeda)	74
- Tabla No. 15: Valores de Acidez de la cebolla deshidratada, durante el almacenamiento (base seca)	75
- Figura No.13: Curvas de Acidez de la cebolla deshidratada, durante el almacenamiento (base seca)	77
- Tabla No. 16: Porcentaje de Cenizas para la cebolla fresca y deshidratada, durante el almacenamiento	78

- Figura No.14:	Curvas para la determinación de Cenizas de la cebolla deshidratada, durante su almacenamiento	79
- Tabla No. 17:	Contenido de Extracto etéreo en base seca para cebolla deshidratada pulverizada, durante el almacenamiento	80
- Figura No.15:	Curvas para la determinación de Extracto etéreo de cebolla deshidratada en polvo, durante el almacenamiento	81
- Tabla No. 18:	Color de la cebolla deshidratada, durante su almacenamiento	82
- Figura No.16:	Curvas de color para la cebolla deshidratada, durante su almacenamiento	83
- Tabla No. 19:	Valores para las pruebas de rehidratación de cebolla deshidratada en polvo	84
- Figura No.17:	Curvas de rehidratación de cebolla deshidratada en polvo, durante el almacenamiento	85

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Las molestias que representa la preparación de la cebolla en fresco, derivadas especialmente de su acción lacrimógena, en contraste con la comodidad con que se manipula el producto deshidratado, han impulsado progresivamente la popularidad del consumo de este producto. Tal popularidad de la cebolla deshidratada como ingrediente saborizante de formulaciones comerciales y como condimento en forma de polvo o en combinación con sal, hacen necesario estudiarla desde el punto de vista de conservación de su calidad durante el almacenamiento, con la finalidad de conocer los efectos de dos parámetros importantes durante éste: tiempo y temperatura.

En México, la industria de deshidratación de cebolla constituye una fuente de ingresos económicos de amplio futuro, debido a que este bulbo es fácilmente cultivable en el Bajío mexicano. Sin embargo, hasta la actualidad, no se considera que la cebolla deshidratada mexicana pueda competir contra el producto de exportación. En general, en nuestro país no se le da mucha importancia a la cebolla deshidratada como producto de exportación (se deshidrata para consumo interno), sino más bien a la cebolla mexicana fresca, que en otros países es muy apreciada. De hecho, es nuestra cebolla la que muchas veces da lugar a producto deshidratado de muy buena calidad en otros países.

Cuando se habla de calidad, se habla de sabor, aroma y apariencia, así como de algunas características bioquímicas como el ácido pirúvico presente en una muestra de cebolla como medida de pungencia, de características bromatológicas, como lo es la humedad y de características físicas, como lo es la eficiencia de rehidratación para la incorporación posterior del producto deshidratado en el alimento.

Este trabajo no pretende ser un estudio tecnológico de la deshidratación de la cebolla, puesto que existen numerosos trabajos al respecto, ni una investigación acerca de la posibilidad de la producción de este bien intermedio como fuente de ingresos económicos. Pretende, más bien, conocer los cambios

que sufre la cebolla deshidratada durante su almacenamiento a diferentes temperaturas y tiempos, con la finalidad de que el trabajo sea útil a aquellos exportadores de este producto, para poder lograr las condiciones propicias para un embarque y traslado satisfactorios, de manera que el producto pueda llegar en las mejores condiciones de calidad al país importador.

El primer capítulo de este estudio expone las bases teóricas acerca de la cebolla como materia prima para deshidratación, y de los procesos a que es sometida en la industria para la obtención del producto deshidratado, así como de las características del mismo. Los siguientes capítulos se refieren al desarrollo práctico del trabajo.

Para la realización de este trabajo se recurrió a dos tipos de investigación: bibliográfica y práctica. La primera se basó en diferentes fuentes tales como libros, artículos, tesis y documentos que proporcionaron instituciones estatales y privadas, que sirvieron de algún modo a la elaboración del capítulo de bases teóricas. La investigación experimental se realizó en el Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del IPN, que ayudó proporcionando tanto material, equipo y reactivos, como asesoría externa.

CAPITULO 1
OBJETIVOS DEL TRABAJO

CAPITULO 1 - OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.1. OBJETIVO GENERAL

Conocer la calidad de la cebolla (*Allium cepa*) deshidratada, durante su almacenamiento, mediante técnicas analíticas sencillas que permitan evaluar los parámetros de estabilidad y conservación de este producto.

1.2. Objetivos específicos

- * Comparar los cambios físicos y químicos del producto deshidratado cuando éste es sometido a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.
- * En base a los resultados obtenidos, determinar qué condiciones son las más adecuadas para almacenar la cebolla deshidratada, con una mínima alteración en sus características físicas y químicas de calidad.

CAPITULO 2

GENERALIDADES

CAPITULO 2 - GENERALIDADES

2.1. CEBOLLA

2.1.1. Características botánicas y varietales

El género *Allium* comprende más de seiscientas especies diferentes encontradas en Norteamérica, Europa, Africa del Norte y Asia. Son plantas herbáceas que contienen variadas estructuras terrestres: rizomas, raíces de almacenamiento y bulbos.

La cebolla (*Allium cepa*) es una planta lilácea bienal formada generalmente por una base bulbosa (o bulbo), formada a su vez por estructuras foliares concéntricas, o capas anilladas, que comprenden la "carne" de la planta de la cebolla, llamada fruto. El bulbo tunicado está rodeado de capas protectoras externas, que se secan cuando son expuestas al aire, formando así una cubierta protectora. Las capas carnosas del bulbo son las bases de la hojas foliares tubulares, de color verde oscuro, que se elevan desde el bulbo y se proyectan sobre la superficie del suelo formando la estructura foliar externa. Presenta en su porción inferior numerosas raíces cortas que surgen de una estructura en forma de disco. Las flores son blancas o blanco-verdosas, producidas en forma de racimos en la terminación de un tallo tubular (Fig.No. 1).

Se considera que la cebolla común es originaria de la región de Irán y Paquistán, así como de México.

En la Tabla No. 1, se presenta la clasificación taxonómica de la cebolla:

Tabla No. 1 - Clasificación taxonómica de la cebolla (42)

Nombre común:	cebolla
Familia:	Lilliaceae
Género:	<i>Allium</i>
Especie:	<i>cepa</i>

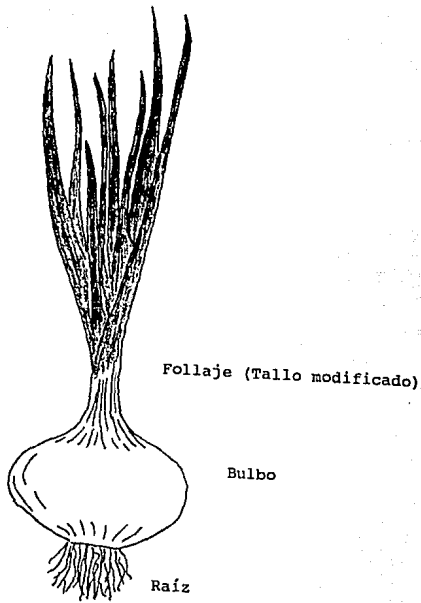


Figura No. 1: Cebolla (*Allium cepa*)

Variedades de cebolla:

Actualmente, se cultivan numerosas variedades de cebolla, y por lo general, se clasifican de acuerdo con el fotoperiodo, como sigue:

Días cortos: Grano 33, Grano Blanca.

Días intermedios: Crystal Wax, Española Dulce Blanca, Burgundy, Criolla Blanca (White Creole), Española Dulce Amarilla.

Días largos: Premier, Imperio, Fiesta, Grondee.

El uso que se le da a la cebolla depende de la variedad. Las variedades para deshidratar necesitan poseer sabor y aroma fuertes, y además deben poseer un alto contenido de sólidos totales con el fin de obtener mayores rendimientos del producto seco.

Sólamente del 3 al 5% de las múltiples variedades de cebolla cultivadas satisfacen estas condiciones. Por ésto, a pesar del cuidado, vigilancia, conocimiento y experiencia que requiere la obtención de variedades híbridas, cada día se presta mayor interés a este apartado en el caso de la cebolla.

La principal ventaja del híbrido la constituye la uniformidad casi completa de sabor, color, tamaño, forma, madurez y rendimiento. Además el mayor vigor del híbrido asegura mejores rendimientos por hectárea.

Las variedades más empleadas para deshidratación son las variedades de bulbo blanco, pues se ha visto que estas cebollas tienen un mayor contenido de sólidos totales que las variedades amarillas y rojas. Algunas de estas variedades son: las variedades hindúes Udaipur, Pusa blanca y Blanca de Bombay, las variedades norteamericanas Ebenezer, White Creole, Southport Globo Blanco, y las variedades europeas Blanca de Portugal y Española Blanca Dulce, así como las variedades Grano y Mako, bases de la industria deshidratadora en Hungría.

Las variedades especiales para deshidratar, actualmente tienen nombres numéricos (por ejemplo: No. 8, No. 10, No. 14) cuando son híbridos de variedades de alto contenido de materia seca y de alto poder odorífico.

TABLA No. 2

CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS PRINCIPALES VARIETADES DE CEBOLLAS

VARIEDAD	CONTENIDO DE MATERIA SECA (1)	SABOR	COLOR	DIAMETRO (cms)	PESO (gr)
Southport de globo blanco	alto	medio a fuerte	blanco	5 - 6.2	71-115
Southport de globo amarillo	alto	medio a fuerte	amarillo	5 - 6.2	68-140
Brigham globo amarillo	medio	medio a fuerte	amarillo	5 - 6.2	71-140
Ohio de globo amarillo	medio	medio a fuerte	amarillo	5 - 6.2	65-108
Southport de rojo	medio	medio a fuerte	rojo	5 - 6.2	71-140
Maravilla blanca	muy alto	muy fuerte	blanco	5 - 6.2	50-100
Ebenezer	alto	muy fuerte	pardo amarillo	5 - 6.2	53-105
Portugal blanca	alto	muy fuerte	blanco	5 - 6.2	50-100
Wethersfield roja	medio	medio a fuerte	rojo	6.2-7.5	108-165
Española blanca	muy bajo	suave	blanco	7.5-8.8	230-370
Española dulce	muy bajo	suave	amarillo	7.5-8.8	230-370
Bermudas	bajo	suave	amarillo	7.5-8.8	145-220
Española temprana	bajo	muy suave	amarillo	6.2-7.5	108-175
Roja de California	bajo	muy suave	rojo	6.2-7.5	100-165
Roja italiana	bajo	muy suave	rojo	6.2-7.5	175-350

(1) El contenido de materia seca varía entre 5.5 y 16.5%

Ref.: 26 Van Arsdell, W.B.; Food Dehydration; Vols. I y II, 1976.

En la Tabla No. 2, se presentan las características de color, tamaño, contenido de sólidos totales, diámetro y peso de algunas variedades de cebollas (26).

2.1.2. OPERACIONES QUE SE LLEVAN A CABO EN EL CAMPO AGRICOLA

2.1.2.1. Cultivo

Generalmente se recomiendan para el cultivo de la cebolla, suelos finos, libres de piedras y bien irrigados, del tipo limo-arenoso, con un pH de 6.0 a 6.8. Las cebollas tienen raíces gruesas y superficiales y por eso requieren niveles particularmente altos de Nitrógeno, Fósforo y Potasio para dar rendimientos óptimos (32,42).

La cebolla se reproduce a través de semillas, y las variedades son cambiantes, ya que constantemente se realizan trabajos de genética en campos experimentales, que permiten tener otras variedades o híbridos. Se pueden encontrar unas 350 variedades, las cuales difieren en sus ciclos vegetativos, sabor y usos (42, 48).

Algunos factores que afectan la maduración del sabor y el desarrollo del bulbo son la temperatura alta, intensidad luminosa, humedad de suelo y presencia de Nitrógeno. Además, cuando las plantas comienzan a madurar, se recomienda dejar secar al suelo, puesto que se ha visto que la irrigación tardía favorece las enfermedades de la hortaliza. La formación del bulbo depende del tiempo que duran los rayos solares, aunque el periodo de día varía enormemente entre variedades (32).

2.1.2.2. Cosecha

Los bulbos maduros sufren pérdidas por almacenamiento menores que aquellos cosechados tempranamente, y éstos últimos, por lo general, no dan bulbos firmes y suaves en el almacenamiento. Por ello, es importante saber cuándo cosechar para obtener un rendimiento óptimo, especialmente cuando las condiciones de crecimiento varían considerablemente de año en año (37).

Mientras las cebollas alcanzan la madurez, las coronas se ablandan justo en el cuello y ésto ocasiona que las hojas se caigan y se resequen (10, 26, 32). Generalmente, la cebolla se cosecha cuando parte de las plantas está en este estado. La cosecha puede llevarse a cabo manual o mecánicamente, dependiendo del tamaño de la cosecha, y aunque la producción se envía al mercado inmediatamente, es necesario un período de secado o "curado".

2.1.2.3. Curado

Este período se requiere sólo cuando las cebollas son removidas del campo con un exceso de humedad superficial (26). Las cebollas pueden permanecer en el campo hasta la humedad superficial desaparece, siempre y cuando las condiciones climáticas lo permitan. Se requiere este período para permitir el desarrollo de la latencia natural (10). El objeto de esta operación es secar las escamas externas y la corona o ápice de la cebolla, para formar una barrera efectiva contra el ataque de microorganismos, mientras que se minimizan las pérdidas de peso del bulbo. Se considera que la cebolla está curada cuando el cuello está rígido, las escamas externas secas, y se ha perdido de un 3 a un 5% del peso original. Las cebollas pueden curarse natural o artificialmente. En algunos países se exponen los bulbos directamente al sol o bien se curan en cajas o se cuelgan en racimos (32). Las técnicas artificiales utilizan aire seco caliente, enfriamiento al vacío, refrigeración o radiación infrarroja. El curado puede facilitarse por la aplicación de agentes desecantes y defoliantes (26, 32).

2.1.3. ENFERMEDADES DE LA PLANTA

Las enfermedades o padecimientos de la cebolla pueden deberse a dos causas que reducen significativamente el rendimiento y la calidad de la hortaliza y que son: factores debidos a procesos biológicos intrínsecos y factores debidos a organismos tales como hongos, bacterias, nemátodos e insectos. Los primeros factores son

germinación, crecimiento de raíces, encogimiento y verdeamiento. Todos ellos se deben a controles deficientes de temperatura, acomodo y aereación durante el almacenamiento (18).

Los padecimientos más comunes debidos a microorganismos son la podredumbre blanda debida a bacterias (Erwinia carotovora), la podredumbre gris (Botrytis spp.: Botrytis allii, squamosa y byssoides), la debida a Fusarium spp., la negra (Aspergillus alliaceus), la azul (Penicillium spp.), la blanca (Sclerotium cepivorum), y las manchas de la cebolla (Colletotrichum circinans). Estos microorganismos atacan diferentes partes del bulbo desde la base hasta el cuello. Algunos producen lesiones en las escamas externas, mientras que otros no son visibles. A menudo las áreas afectadas presentan crecimiento micelial y encogen y se tornan pardas. La expansión de la enfermedad puede prevenirse evitando daños debidos a golpes durante la cosecha y la manipulación. Se emplean aditivos químicos para controlar el daño. Por ejemplo, el diclorán se usa para reducir la proliferación de Botrytis, Rhizopus, Fusarium, Penicillium y Sclerotium (18, 32).

Los daños externos pueden deberse a nemátodos (Dytilenchus dispaci, Trichodorus), pues el tejido muerto del bulbo puede contener nemas latentes que son fuente importante de infestación. Se pueden controlar con cloropicrén y mediante rotación de cultivos (32).

Los principales insectos que atacan a la cebolla son el Thrips tabaci y la Cresa o Magot (Hylemya antiqua), así como la oruga de la ciénaga (Estigmene acrea) y otros gusanos del género Limonius o del género Agrotis (32).

2.1.4. COMPOSICION DE LA CEBOLLA

2.1.4.1. Componentes no relacionados con el sabor y aroma de la cebolla

Existe en la cebolla un 88% de agua y un 12% de materia seca; sin embargo, esta relación varía dependiendo de la variedad de la cebolla (7). En la Tabla No. 3 se muestra la variación del

contenido de materia seca dependiendo de la variedad de la cebolla (21). Las cebollas destinadas a deshidratación por lo general deben contener de un 15 a un 20% de materia seca (3, 18, 26).

Generalmente, se considera que el valor de los miembros del género *Allium* estriba no en sus fuentes de nutrientes, sino en los ingredientes o componentes saborizantes (32). Sin embargo, se muestra en la Tabla No. 4, la composición proximal de la cebolla y de sus productos (11, 32, 44).

Esta composición proximal varía considerablemente de variedad en variedad, y puede afectarse por las condiciones de cultivo, tiempo de cosecha y por el almacenamiento (41).

La Tabla No. 5 muestra la composición de elementos traza (minerales) contenidos en la cebolla, y la No. 6 por su parte, muestra el contenido de vitaminas de el bulbo.

El valor nutricional de la cebolla no es muy alto, pues se encuentra en el trigésimo primer sitio de los vegetales y frutas comunes de acuerdo con las concentraciones de los diez minerales y vitaminas mayoritarios (32).

La Tabla No. 7 muestra el contenido de aminoácidos libres en la cebolla.

Los carbohidratos, por su parte, son la porción mayoritaria del peso seco de la cebolla e incluyen azúcares libres (mono y disacáridos como: fructosa, glucosa y sacarosa), trisacáridos (glucofructanos) y un grupo de especies de mayor peso molecular: los fructanos (polímeros de fructosa) y sustancias pécticas. No hay diferencias entre variedades rojas, amarillas y blancas, por lo que se considera que los azúcares en realidad no determinan la calidad de la cebolla (32).

TABLA No. 3

CONTENIDO DE MATERIA SECA EN ALGUNAS
VARIETADES DE CEBOLLA

CEBOLLA	%
1. ESPAÑOLA	5.5
2. ITALIANA ROJA	8.82
3. CALIFORNIA TEMPRANA	9.68
4. GLOBO BLANCA	10.78
5. PORTUGUESA BLANCA	11.24
6. MARAVILLA BLANCA (CREOLE)	16.50

Ref.: (21) Raschieri, Pistono T.; Deseccación de los Productos Vegetales; España, 1958.

TABLA No. 4

COMPOSICION PROXIMAL DE LA CEBOLLA (%) Y SU
VALOR ENERGETICO (Kcal/100 g.)

		Referencia Bibliográfica
Porción comestible (%)	86	11
Valor energético (Cal/100grs)	40 38	11 32
Humedad (%)	89.1 84.4	32 44
Peso seco (%)	11.8-19.4	44
Proteína (%)	1.5 1.2	11 32
Grasa (%)	0.1 0.2	32 11
Carbohidratos (%)	8.7 9.0	32 11
Cenizas (%)	0.6	32
Aceite esencial (% en peso)	0.005	44

Ref.: 44 Villalobos Cruz Manuel; Obtención de Aceite Esencial de Cebolla a Nivel Planta Piloto; Tesis ENCB, IPN.

11 Hernández y Chavez; Valor Nutritivo de los Alimentos; Instituto Nacional de la Nutrición.

32 Fenwick y Hanley; The Genus Allium, Parts I & II; CRC.

TABLA No. 5

CONTENIDO DE MINERALES EN LA CEBOLLA
(mg./100 grs)

CEBOLLA	Ca	P	K	Na	Mg	Fe	Zn	S	Cl	Mn
FRESCA Ref.: 32 Ref.: 11	31 32	30 41	140	10	8	0.3 1.2	0.1	51	20	4
HERVIDA Ref.: 32	24	29	110	7	5	0.3		24	5	1
FRITA Ref.: 32	61	59	270	20	15	0.06	0.1	24	5	1
DESHIDRATADA Ref.: 32	166	273	1383	88		2.9		88	38	7

Ref.: 11 Hernández y Chávez; Valor Nutritivo de los Alimentos; Instituto Nacional de la Nutrición; México, 1971.

32 Fenwick y Hanley; The Genus Allium, Parts I and II; CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition; Vol. 22, Issue 4.

TABLA No. 6

CONTENIDO VITAMINICO DE LA CEBOLLA
(mg./ 100 g.)

	Tiamina	Ribo- flavina	Acido nicotínico	Acido ascórbico	Piri- doxina
Cebolla fresca Ref.: 11 Ref.: 32	0.04 0.03	0.03 0.05	0.3 0.2	12.0 10.0	0.1
Cebolla cocinada Ref.: 32	0.02	0.04	0.1	6.0	0.06
Cebolla deshidratada Ref.: 32	0.25	0.18	1.4	35.0	

Ref.: 11 Hernández y Chávez; Valor Nutritivo de los Alimentos; Instituto Nacional de la Nutrición; México, 1971.

32 Fenwick y Henley; The Genus Allium, Parts I and II; CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition; Vol 22, Issue 4.

TABLA No. 7

CONTENIDO DE AMINOACIDOS LIBRES EN LA CEBOLLA

AMINOACIDOS	CONTENIDO (mg./ 100 g. de cebolla fresca)	
	A	B
Lisina	4.2 - 18.8	10.5
Histidina	1.1 - 8.12	11.6
Arginina	18.0 - 68.1	144.2
Acido aspártico	2.8 - 16.4	13.1
Asparagina y Glutamina	18.6 - 24.5	391.0
Treonina		154.0
Serina		16.6
Acido glutámico	7.4 - 43.1	34.6
Prolina	< 0.8	2.8
Glicina	1.1 - 2.2	-
Alanina	1.9 - 3.8	6.1
Valina	1.7 - 7.6	6.5
Metionina	< 1.1	0.5
Isoleucina	1.87	2.5
Leucina	1.8 - 15.9	7.9
Fenil-alanina	2.4 - 10.6	8.9
Tirosina	2.6 - 6.5	16.2
Triptofano	0.8 - 3.6	

Valores obtenidos de:

- A - Schupan, W. and Schwerdtfeger, E., Arginin als Stickstoffreserve bei der Kuchenawiebel (*Allium cepa* L.), *Ernahrungs umshau*, 18, 288, 1971.
- B - Mattikkala, E.J. and Virtanen, A.I., On the Quantitative Determination of the Aminoacids and Gamma- glutamylpeptides of Onions, *Acta. Chem. Scand.*, 21, 2891, 1967.

Ref.: 28 Block, Eric; *The Chemistry of Garlic and Onion*; Sci. Am., Vol.252 (3), 1985.

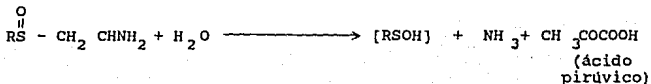
2.1.4.2. Componentes responsables del aroma y sabor

Los bulbos intactos de cebolla, no poseen características distintivas de olor y de sabor, ni tienen propiedades lacrimógenas. Sin embargo, al cortar un bulbo, se liberan moléculas orgánicas de bajo peso molecular, que incorporan átomos de azufre en formas de enlace raramente encontradas en la naturaleza. Las moléculas son altamente reactivas: cambian espontáneamente, transformándose en otros compuestos orgánicos azufrados, que intervienen en posteriores transformaciones. Además, las moléculas desarrollan algunos efectos biológicos como lo es el efecto lacrimógeno. Algunos extractos de la cebolla actúan además como antibacterianos y antifúngicos, y otros como antitrombóticos (28).

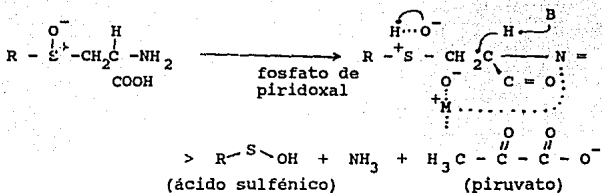
Actualmente, se admite que el desarrollo del típico aroma de la cebolla es el resultado de una hidrólisis enzimática de un sustrato o precursor aromático existente en el vegetal (30).

Se ha demostrado que los compuestos responsables de la secreción lacrimógena, del sabor y del aroma característicos de la cebolla, son S-alquil derivados del sulfóxido de cisteína y que los radicales alquilo pueden ser metilo, propilo o propenilo (31, 40). Otro tipo de precursores son los péptidos de γ - glutamilo. Todas estas transformaciones están catalizadas por enzimas del tipo de la alliinasa (32, 41).

Fig. No. 2- Reacción que inicia la aparición de los compuestos responsables del aroma (28):



o bien,

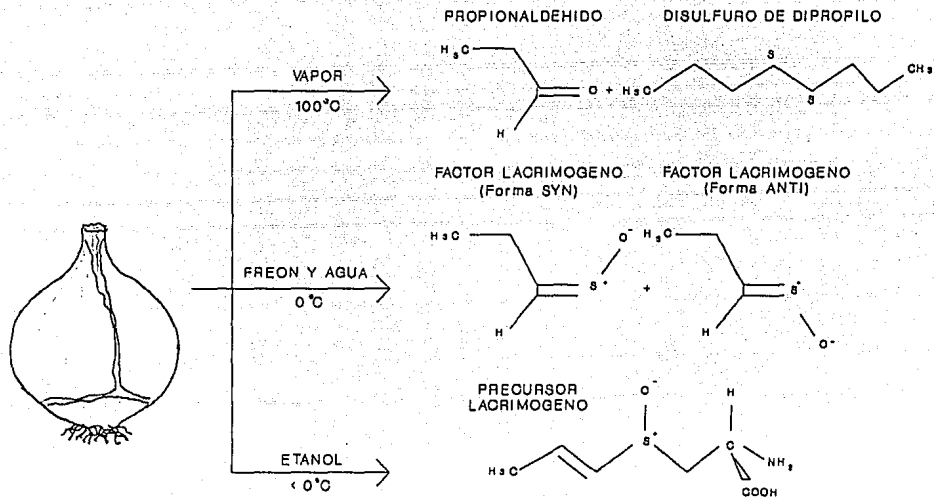


Los productos iniciales inestables, RSOH (ácidos sulfénicos), pueden seguir reaccionando después en diversas formas para formar compuestos azufrados odoríferos que imparten la característica de pungencia (40).

Los análisis cromatográficos han evidenciado la presencia de catorce componentes en el aroma: sulfuro de hidrógeno, n-propil, mercaptano, etanol, n-propanol, isopropanol, bisulfuro de metilo, bisulfuro de metilo-propilo, trisulfuro de n-propilo, acetaldehído, propanol, acetona y metil- etil cetona (30, 31, 32).

Los compuestos sulfurados extraídos de las cebollas (Fig. No. 3, (28)), dependen de las condiciones de extracción. La destilación con vapor produce propionaldehído y dipropil sulfuro. El solvente freón (mezclado con agua a 0°C) produce un factor lacrimógeno, identificado como C₂H₅CH=SO (tiopropional), que tiene dos formas: syn y anti. El alcohol etílico puro a temperaturas menores de 0°C, produce el precursor lacrimógeno, que es un isómero estructural de la allina, enzima presente en la cebolla. Otra enzima, la allinasa, convierte este precursor en el factor lacrimógeno (28, 41).

Las Tablas No. 8 y No. 9 muestran, respectivamente, los compuestos no volátiles tanto azufrados como no azufrados mayoritarios encontrados en la cebolla (32, 41, 44).



COMPUESTOS AZUFRADOS EXTRAIDOS DE LAS CEBOLLAS

TABLA No. 8

COMPUESTOS AZUFRADOS NO VOLATILES MAYORITARIOS EN LA CEBOLLA

COMPUESTO	CONTENIDO (µg./ g de cebolla fresca) Ref.: 32, 41
L - Cisteína	3.6
L - Valina	59.2
L - Serina	178.0
L - Metionina	4.2
L - Sulfoóxido de metionina	
S - metil - L - cisteína	15.8
S - propil - L - cisteína	
Trans - S - (1-propenil) - L - cisteína	7.8
S - carboximetil - L - cisteína	
S - (2-carboxietil) - L - cisteína	
S - (2- carboxi-isopropil) - L - cisteína	
PRECURSOR	
a) Alqu(en)il sulfoóxidos de cisteína	
Sulfoóxido de (+) -S-metil -L-cisteína	347.0
Sulfoóxido de (+) -S-propil -L-cisteína	50.0
Sulfoóxido de (+) -S- (2-propenil) -L- cisteína	
Sulfoóxido de trans (+) -S- (1-propenil) -L- cisteína	1927.0
b) Péptidos de γ- glutamilo	
γ- glutamil valina	
γ- glutamil isoleucina	
γ- glutamil leucina	
γ- glutamil metionina	127.0
γ- glutamil -S- metilcisteína	190.0
Sulfoóxido de γ- glutamil -S- metil- cisteína	
Glutation	
S- (2- carboxipropil) glutation	523.0

TABLA No. 9

COMPUESTOS VOLATILES AZUFRADOS Y NO AZUFRADOS
ENCONTRADOS EN LA CEBOLLA

a) NO AZUFRADOS

COMPUESTO	% DEL TOTAL DE COMPONENTES VOLATILES
Alcohol metílico	-
Alcohol etílico	-
Alcohol propílico	-
Alcohol isopropílico	-
Alcohol isoamílico	-
Alcohol isobutílico	-
Alcohol -2- feniletílico	-
Acetaldehído	-
Formaldehído	-
Propanal	-
n- butanal	-
2- metilbutanal	-
2- metilpentanal	-
2- metil -2- butenal	-
2- metil -2- pentenal	-
4- hexanal	-
Acetona	-
2- butanona	-
Metil etil cetona	-
Propeno	-
Acido acético	-
Acetato de etilo	-
Acido pirúvico	-
Dióxido de carbono	-
Amoníaco	-
Dimetilfurano	-

b) AZUFRADOS

Dióxido de azufre	-
Sulfuro de hidrógeno	-
Propanotiol	-
Etanotiol	-
Dialil sulfuro	0
Dipropil sulfuro	-
Dimetil disulfuro	2
Metil propil disulfuro	4
Metil cis -1- propenil disulfuro	-
Metil trans -1- propenil disulfuro	-
Alil metil disulfuro	1
Dipropil disulfuro	85
Cis -1- propenil propil disulfuro	-
Trans -1- propenil propil disulfuro	-
Alil propil disulfuro	6
Dialil disulfuro	1
Dimetil trisulfuro	-

TABLA No. 9 (Continuación)

Metil propil trisulfuro	-
Dipropil trisulfuro	-
Metil -1- propil trisulfuro	-
Metil -1- propenil trisulfuro	-
Propil trisulfuro	-
1- propenil propil trisulfuro	-
Tiosulfinato de dimetilo	-
Tiosulfinato de dipropilo	-
Tiosulfinato de dipropenilo	-
Tiosulfinato de metilpropilo	-
Tiosulfinato de propilmetilo	-
2,4- dimetil tiofeno	-
3,4- dimetil tiofeno	-
Tiopropanal -S- oxido	-
Acido -1- propenilsulfénico	-

Ref.: 41 Whitaker, John R.; Development of Flavor, Odor, and Pungency in Onion and Garlic; Adv. Food Res., 22, 1973.

2.1.5. ASPECTOS ECONOMICOS

Prácticamente, el único mercado existente para la industria de la deshidratación de hortalizas provenientes de países en vías de desarrollo, lo constituye el mercado de exportación; estos países exportan a mercados mundiales muy fuertes: el Reino Unido, la RFA, Holanda y los Estados Unidos (12).

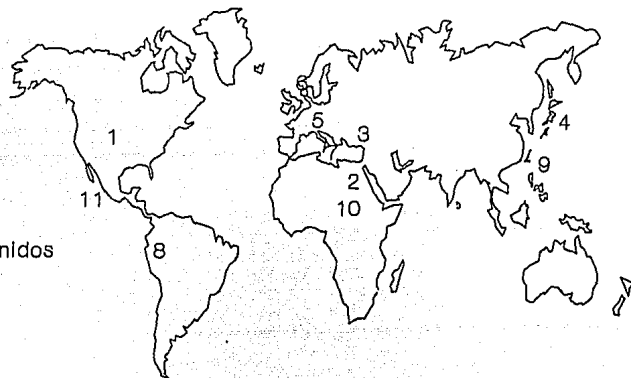
Debe hacerse notar que los mercados de exportación pueden ser una fuente importante de rédito para los países en vías de desarrollo, puesto que muy pocos tienen una demanda interna substancial para este tipo de productos. Existe un comercio internacional considerable en cuanto a vegetales deshidratados. El Reino Unido, Alemania Federal, Holanda y los Estados Unidos constituyen casi dos terceras partes de los países importadores de vegetales deshidratados provenientes de diversos países.

La ventaja que se tiene de las cebollas sobre otras hortalizas como materia prima para deshidratar, es que las primeras pueden cultivarse en muchos países subdesarrollados y además su demanda en los países importadores es elevada (12).

Por otro lado, la deshidratación es un útil medio de preservación de productos agrícolas perecederos y de obtención de un más amplio mercado para productos que únicamente están disponibles en una cierta época del año, y que pueden también tener propiedades de almacenamiento limitadas.

El mayor país productor de cebolla es Estados Unidos; el principal exportador es Egipto. A estos países siguen Turquía, Japón, Hungría, Holanda, Italia y Perú. A estos países pertenece aproximadamente el 60% de la producción comercial de cebolla (3, 26). Algunos países que son considerables productores de cebolla son: Taiwán, Sudán y México, siendo en este país el principal estado productor, Chihuahua, seguido de Guanajuato, Morelos, Jalisco, Michoacán, Puebla, Zacatecas y Tamaulipas (19, 35). Las Figuras No. 4 y 5 muestran los principales países, y los principales estados mexicanos productores de cebolla, respectivamente.

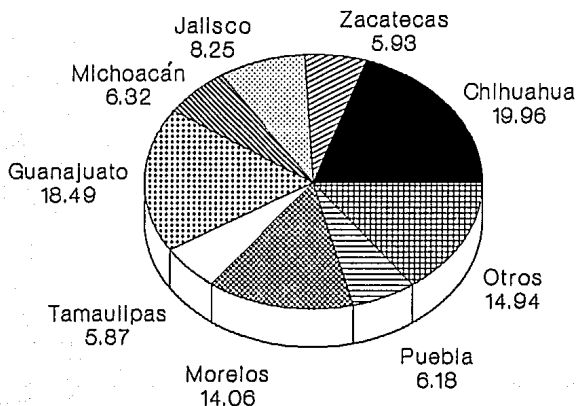
PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES DE CEBOLLA



1. Estados Unidos
2. Egipto
3. Turquía
4. Japón
5. Hungría
6. Holanda
7. Italia
8. Perú
9. Taiwán
10. Sudán
11. México

FIGURA No. 4

PRINCIPALES ESTADOS MEXICANOS PRODUCTORES DE CEBOLLA



Porcentaje de Producción de Temporada

FIGURA No. 6

DISTRITOS PRODUCTORES DE CEBOLLA EN MEXICO.
 PERIODOS DE SIEMBRA (EN MESES);
 VEGETATIVOS Y DE RECOLECCION

DISTRITO / MESES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
Alto Río Lerma, Gto.		■				■												
Ixmiquilpan, Hgo.			■					■										
Tula, Hgo.										■		■						■
Ciénega de Chapala, Mich.								■			■		■					
Morelia, Mich.		■				■												
Tarécuaro, Mich.								■			■		■					
Acuña-Falcón, Coah.									■		■		■					■
Tlaltenango, Zac.		■		■		■			1			2						3
Valsequillo, Pue.		■						■										

- (1) Siembra de Almacigos
 (2) Transplante
 (3) Recolección

La primera zona sombreada representa el período de siembra de la hortaliza; la zona blanca representa el período vegetativo y la segunda zona sombreada, el período de recolección.

TABLA No.10

REPUBLICA MEXICANA
 SUPERFICIE, RENDIMIENTO Y PRODUCCION DE CEBOLLA POR ESTADOS
 TEMPORADA 1983 - 1984

ESTADOS	SUPERFICIE (hectáreas)	RENDIMIENTO (tons./Ha)	PRODUCCION (toneladas)
Baja California Norte	1,981	13.958	27,650
Sonora	900	16.750	15,075
Sinaloa	237	20.751	4,918
Chihuahua	2,630	40.871	107,490
Durango	163	19.098	3,113
Coahuila	84	16.190	1,360
Nuevo León	5	10.000	50
Tamaulipas	1,936	16.345	31,644
Zacatecas	1,466	21.797	31,954
Aguascalientes	76	17.632	1,340
San Luis Potosí	155	15.703	2,434
Jalisco	2,405	18.469	44,418
Michoacán	1,176	28.954	34,050
Edo. de México	1,117	14.349	16,028
Querétaro	180	20,317	3,657
Guanajuato	7,634	13.040	99,550
Puebla	2,254	14.781	33,317
Tlaxcala	60	14.117	847
Morelos	2,292	25.484	75,636
Guerrero	50	16.440	822
Yucatán	25	11.533	2,575
Chiapas	25	10.080	252
TOTAL	27,731	19.412	538,300

Ref.: 35 Programa-Siembra-Exportación de Cebolla para la temporada 1983-1984, DGEA.

TABLA No.11

REPUBLICA MEXICANA
 EXPORTACIONES DE CEBOLLA FRESCA Y DESHIDRATADA
 (Al mes de Junio de 1989)

A) CEBOLLA FRESCA

VALOR COMERCIAL (U.S. Dlls.)	VOLUMEN (Kgs)	PRECIO MEDIO/Kg. (U.S. Dlls.)
82,468.0	185,738	0.44

* Países a donde México exporta: 1.- El Salvador
 2.- Cuba

* Empresas que la exportan: IFF
 (International Flavors and Fragrances
 UNOP
 (Unión Nacional de Organismos de
 Producción)

B) CEBOLLA DESHIDRATADA

VALOR COMERCIAL (U.S. Dlls.)	VOLUMEN (Kgs)	PRECIO MEDIO/Kg. (U.S. Dlls.)
67,397	35,550	1.70

* Países a donde se exporta: 1.- Cuba

* Empresas que la exportan: Deshidratadora La Cascada, S. A.

Ref.: 48 Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior (Dirección
 General de Estadística Sectorial e Informática SCFI).

TABLA No. 12

REPUBLICA MEXICANA
IMPORTACIONES DE CEBOLLA FRESCA
(Al mes de Junio de 1990)

- Cebolla fresca:

Valor comercial (U.S. Dlls.)	Volumen (Kg.)	Precio medio/Kg. (U.S. Dlls.)
22 577	226 750	0.099

País de donde se importa: E.U.A.

Ref.: 48 Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior
[Dirección General de Estadística Sectorial e Inoformática
(SCFI)].

En la Fig. No. 6 se muestran algunos distritos productores de cebolla en México, así como sus periodos de siembra, vegetativos y de recolección (19).

Las tablas Nos. 10, 11 y 12, muestran datos de importancia económica, siendo la primera una Tabla de superficie, rendimiento y producción de cebolla por estados de la República Mexicana, durante el periodo 1983- 1984 (35), y las siguientes dos, tablas tanto de importaciones como de exportaciones de cebolla fresca y deshidratada, hasta el mes de Junio de 1989 (48).

2.1.5.1. Canales de comercialización

Los canales de comercialización a nivel nacional para producto deshidratado, siendo éste un bien intermedio, son los siguientes:

- a) Envasadores de especias
- b) Fabricantes de sopas deshidratadas, embutidos, consomé, etc.
- c) Consorcios en el ramo de los productos alimenticios.

La demanda se centra principalmente en instituciones como hospitales, asilos, restaurantes e industria de transformación. Una parte de la producción relativamente pequeña, aunque importante, se distribuye a través de supermercados y almacenes.

2.1.5.2. Mercado mundial

En América, los países con mayor demanda de cebolla deshidratada, son: Brasil, Colombia, Guatemala, Cuba y Belice, así como los Estados Unidos. En Europa, los países con mayor demanda anual son Alemania Federal, Austria (que importan producto proveniente de Bulgaria y de Hungría), Dinamarca y Suecia (que importan producto proveniente de los Estados Unidos) (42).

2.1.6. USOS DE LA CEBOLLA DESHIDRATADA

La cebolla deshidratada se emplea como sustituto de la cebolla fresca en:

- a) La industria de los alimentos, que consume del 85 al 90% del producto. La forma utilizada es el producto en trozos en su presentación normal, o habiéndose sometido a algún tratamiento previo tal como el tostado o la fritura.
- b) El sector de hotelería, restaurantes, cocinas y similares, que consume el porciento restante (42).

Los procesadores de alimentos emplean la cebolla deshidratada como ingrediente saborizante en forma de trozos o pulverizada, en productos como salsa de tomate, salsas de chile, productos cárnicos, aderezos para ensaladas, sopas, encurtidos, embutidos, galletas, bocadillos y botanas, y hasta en comida para perros. Además, la sal de cebolla se usa con o en lugar de sal de mesa para dar sabor a carnes y salsas (3, 26, 30, 42).

2.1.7. CONDICIONES QUE DEBEN REUNIR LAS CEBOLLAS DESTINADAS A LA ELABORACION DE PRODUCTO DESHIDRATADO

Con el fin de obtener un producto de la mayor calidad posible, son necesarios los siguientes requisitos en la cebolla fresca:

- a) Deben tener un alto contenido en sólidos. Las variedades comunes varían de 5 a 20% en sólidos. Las variedades con un contenido de 15 a 20%, son las más deseables para deshidratar. Las diferentes variedades y sus diferencias en el contenido de materia seca, figuran en la Tabla No. 3.
- b) Deben poseer de preferencia un bulbo largo por razones económicas, debido a que se eliminan cuello y raíces en las operaciones preliminares al secado. Estos cortes se ilustran en la Fig. No. 7.
- c) Deben ser altamente pungentes, puesto que el producto deshidratado se emplea principalmente como agente saborizante. Además, durante la deshidratación, la cebolla pierde gran parte de su pungencia o poder odorífico.

- d) El bulbo debe tener carne blanca y preferentemente piel blanca. Las variedades amarillas y rojas, aunque se han comercializado, son menos deseables, debido a que el pigmento (quercitina) que contienen éstas, es extremadamente amargo y el sabor de estas cebollas se considera por lo general, inferior al de las cebollas blancas.

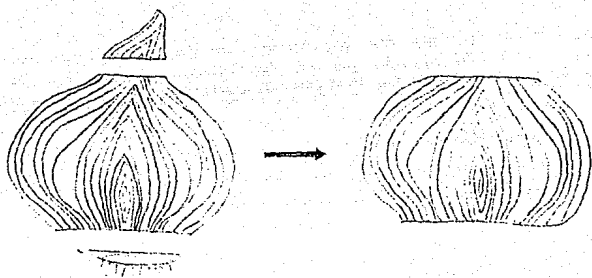
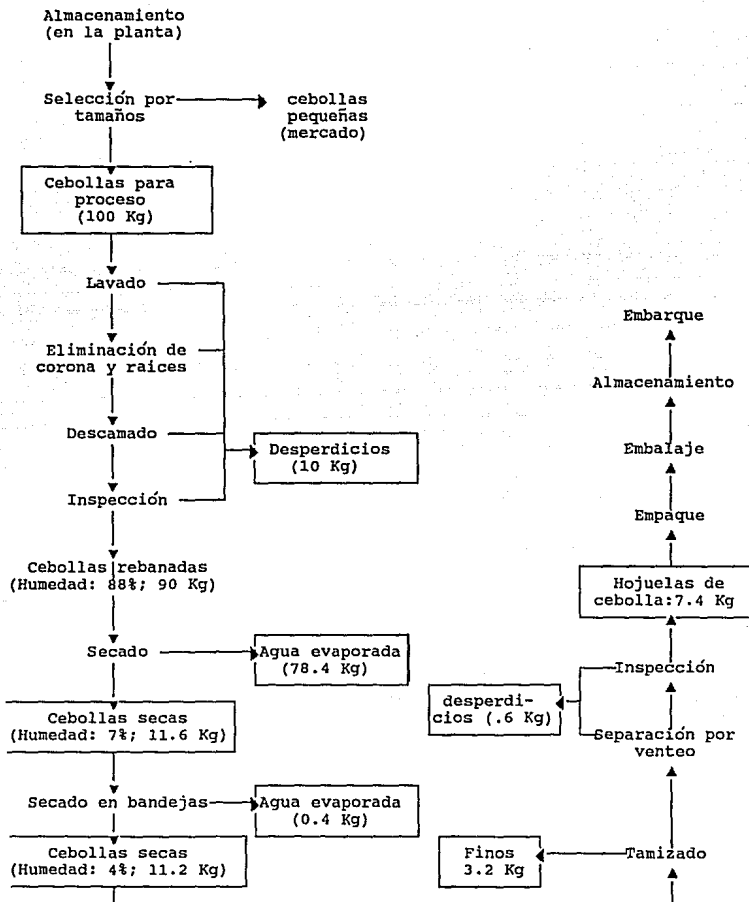


Figura No. 7: Eliminación de corona y raíces del bulbo como operación preliminar al secado.

FIGURA No. 8: OPERACIONES QUE SE LLEVAN A CABO EN UNA PLANTA DESHIDRATADORA DE CEBOLLA



2.2. OPERACIONES DE UNA PLANTA PROCESADORA PARA LA PRODUCCION DE CEBOLLA DESHIDRATADA

Las operaciones que se llevan a cabo en una planta para este propósito se muestran en la Fig. No. 8 (3, 6, 26).

2.2.1. ALMACENAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA

El uso de los diferentes procedimientos en la cosecha mecánica, selección y empaque de las variedades tempranas de cebolla, a menudo causan daños invisibles que inducen a la putrefacción por hongos durante el transporte y el almacenamiento. El propósito del almacenamiento es controlar infecciones y padecimientos, así como las condiciones de transpiración y respiración de las cebollas (17, 18, 23, 37).

La temperatura del almacenamiento es el factor ambiental más importante que afecta la senectud de los vegetales frescos, puesto que regula todos los procesos fisiológicos y bioquímicos asociados (27).

El almacenamiento puede llevarse a cabo en cámaras especiales que deben estar aisladas del área de preparación del producto, para minimizar la contaminación de éste por partículas de tierra, etc. Las condiciones normales del almacenamiento de la cebolla fresca son:

a) Temperatura. Se ha demostrado que el almacenamiento a temperaturas mayores de 30°C, conduce a un porcentaje mayor de unidades sanas al cabo de cuatro meses; sin embargo, pueden emplearse con el mismo fin cámaras frigoríficas que mantienen una temperatura constante que varía según la resistencia de la variedad, de -2 a 1°C (17, 36).

b) Humedad relativa. Las cebollas, por lo general, se almacenan a una humedad relativa constante de 65 a 70%, para ayudar a prevenir el desarrollo de moho y la aparición de raíces.

c) Disposición. Las cebollas, por lo general, se apilan unas sobre otras hasta una altura no mayor de 3.5 m. Las pérdidas de masa pueden ser del 15 al 30% dependiendo del método de almacenamiento del fardo. Estas pérdidas de masa son el resultado combinado de evaporación, germinación, pérdida de tierra adherida, bulbos enfermos y bulbos que han perdido una gran porción de las escamas externas. La presencia de demasiada tierra entre los bulbos dificulta la circulación del aire, que debe renovarse de vez en cuando, y lo mismo ocurre si se almacenan los bulbos en cajones, sin haberseles quitado las escamas secas más desprendidas (14, 17).

d) Ventilación forzada. Se emplea ventilación forzada para enfriar o acondicionar las cebollas, y mantener una temperatura uniforme durante el almacenamiento (9).

e) Inhibición de la germinación. El germen no crecerá mientras el bulbo esté aún latente. Después de 2 ó 3 meses de almacenamiento, dependiendo de la temperatura, se vuelven visibles los primeros indicios de germinación. Este crecimiento no puede ya detenerse bajando la temperatura. Para evitar la germinación, pueden aplicarse aerosoles antigerminantes durante la estación de crecimiento, o pueden irradiarse las cebollas en la etapa temprana de el mismo (17).

En países de clima cálido, el almacenamiento más empleado es el almacenamiento con ventilación, que es más económico que el que se mantiene por refrigeración (18). Existe un tipo de almacenamiento que se conoce comúnmente como almacenamiento de atmósfera controlada, y que consiste en mantener atmósferas artificiales en los almacenes. Este tipo de almacenamiento es costoso, y por ello es más común almacenar con ventilación forzada ayudándose del empleo de pesticidas, o bien, en países cálidos, emplear refrigeración artificial (17, 18).

2.2.2. SECADO

2.2.2.1. Operaciones preliminares al secado

Estas operaciones, que se llevan a cabo de diferentes formas en las industrias deshidratadoras, son principalmente: Selección de la materia prima, lavado, mondado, eliminación de corona y raíces, rebanado o fraccionado y sulfitado.

a) Selección de la materia prima.

La materia prima sale del almacén por medio de una banda transportadora donde se lleva a cabo la selección manual, que consiste en eliminar las cebollas en mal estado (germinadas, enmohecidas, golpeadas), así como las que están fuera de un diámetro de 5 a 16 cm., destinándose estas últimas a la venta en fresco (5, 42).

b) Lavado.

El producto seleccionado, generalmente contaminado con tierra, pasa a una lavadora de inmersión, agitación y enjuague con agua limpia por medio de rociadores a presión que se encuentran sobre las bandas (5, 42).

c) Mondado.

La cebolla lavada llega a los cilindros mondadores de abrasión continua, que consisten en tambores con paredes ásperas que eliminan las escamas secas externas, que son desalojadas por un flujo de agua (27). Para este tipo de mondadores es necesario un bulbo uniforme, sin partes aplanadas (5, 42).

d) Eliminación de corona y de raíces.

Se eliminan estas partes por medio de sierras o cuchillas mecánicas o bien, manualmente. Otro procedimiento para eliminar coronas, raíces y escamas, es hacer pasar las cebollas a través de una cámara o cilindro conteniendo una flama de gas, la cual carboniza las raíces, coronas y las vainas o escamas externas (5, 42). Se eliminan manualmente las áreas descoloridas, piel

residual, partes enfermas, daños de insectos, quemaduras de sol y otras anomalías.

e) Rebanado y fraccionado.

Las cebollas se rebanan mediante una rebanadora de cuchillas curvas revolventes en rebanadas de 4 a 6 mm. de espesor (5), con cortes perpendiculares al eje vertical de la cebolla con la finalidad de que se mantengan las rebanadas circulares, en el caso de que se deshidrate la cebolla en forma de rodajas.

El rango de espesor de la rebanada tiene una razón de ser: Si la rebanada o rodaja es muy delgada, el tejido de la cebolla se verá muy afectado, rompiéndose un gran número de células y escapando, en el acto, mayor número de componentes volátiles responsables del sabor y del aroma de la cebolla, por lo que el producto deshidratado será de una inferior calidad. Si por el caso contrario, la rebanada es muy gruesa, el proceso de deshidratación se llevará a cabo en un mayor tiempo y podrán sufrir cambios indeseables las porciones externas, mientras se deseca el interior de la rodaja (8).

Si se desea el producto deshidratado en forma de trozos, la materia prima pasa a las máquinas cortadoras donde el bulbo es fraccionado en cubos de 4 - 6 mm. de lado, por medio de cuchillas que giran a alta velocidad (8).

f) Azufrado o sulfitado.

El bulbo desmenuzado o rebanado pasa a una banda transportadora donde es rociado con una solución de SO_2 , con el fin de preservar sus propiedades organolépticas y disminuir el tiempo de secado hasta un tercio del empleado normalmente (43). Sin embargo, es más común que las cebollas no se sulfiten.

Antes de deshidratarse, las cebollas no deben someterse a escaldado, puesto que al igual que el sulfitado, este tratamiento destruye o inhibe el sistema enzimático de la formación del aroma, impidiéndola. Además, aunque el sulfitado reduzca el tiempo de deshidratación, puede también reducir la intensidad aromática de la cebolla a la tercera parte de la que se tendría de no haber sido sulfitada (1, 4, 16, 27, 30).

2.2.2.2. Deshidratación

La deshidratación o secado es un proceso combinado de transferencia de calor y masa en el cual se reduce la disponibilidad o actividad de agua de un alimento para el crecimiento microbiano y los deterioros de origen fisicoquímico. El proceso se puede basar en la evaporación, sublimación, remoción de agua por disolventes, o en la adición de agentes osmóticos, como sales y azúcares (33).

La antigua técnica de deshidratación de vegetales consistía en el aprovechamiento del calor solar y del viento. Actualmente, el sistema más empleado para la deshidratación, es someter a los vegetales a la acción de una corriente de aire, en la que se controla su temperatura, humedad y velocidad (42).

Los tipos de secado comúnmente empleados en la industria alimenticia son: secado por aire caliente, secado por contacto con una superficie caliente, secado por liofilización y secado por adición de agentes osmóticos (33), pero sin duda, el más empleado de todos ellos es el primero, donde se emplea el aire como medio secador, debido a su abundancia, su conveniencia, y a que puede ser controlado el sobrecalentamiento del alimento. El aire es usado para conducir el calor al alimento y para acarrear el vapor húmedo liberado por éste (32). El alimento deshidratado debe alcanzar una humedad de $4 \pm 1\%$ si se desea una vida de almacenamiento y una retención de la calidad satisfactorias (25).

2.2.2.2.1. Tipos de secadores

Para la deshidratación de hortalizas, los secadores más comúnmente empleados son los siguientes: secador de tambor, secador de banda continua, secadores de cabina o compartimiento, y secadores de túnel. De todos ellos, el más común en la industria deshidratadora de hortalizas es el secador de banda continua.

a) Secadores de cabina.

El equipo consiste en una cámara en la cual pueden ser colocadas charolas con la hortaliza. Si el secador es grande, las

charolas son colocadas en vagonetas para facilitar su manejo; si es pequeño, aquéllas pueden ponerse sobre soportes permanentes dentro del secador. El aire es impelido por un ventilador, pasa por un calentador y después a través de las charolas con el material que se va a secar (23, 26).

Este tipo de secador es comúnmente usado para estudios de laboratorio o en plantas piloto sobre teoría y prácticas de secado de hortalizas y en operaciones comerciales a pequeña escala (26).

b) Secadores de túnel.

Consisten en túneles de 35 a 50 pies (10.7 a 15.5 m.) de longitud con vagonetas en su interior, que contienen las charolas. La dirección del aire puede ser a co-corriente o a contra-corriente con relación al flujo del material. En general, el túnel a contra-corriente utiliza menos calor y da un producto más seco que el túnel a flujo paralelo. En algunos casos, se combinan los dos tipos de túneles en una sola unidad. El material es puesto primero en el túnel paralelo para aprovechar la alta velocidad inicial de secado, y después puede ser puesto en un túnel a contra-corriente para obtener un producto seco (26, 42).

c) Secadores de banda continua.

En este tipo de secado, las cebollas ya rebanadas son despuestas automáticamente en una banda perforada continua de acero inoxidable. Se sopla aire caliente a lo largo del lecho de cebollas, en diferentes sentidos. La temperatura del aire se reduce gradualmente de 82 a 54.5°C mientras el material se mueve a través de las etapas del secador. Cada compartimiento se opera por controles automáticos que mantienen la temperatura, la humedad y la velocidad del aire y de la banda. EL producto abandona el secador con una humedad del 6% en aproximadamente 6 horas.

Las rebanadas parcialmente secas, se terminan de secar en bandejas estacionarias, eliminándose la humedad adicional hasta un 4% (23).

Este proceso representa el equipo más avanzado y mecanizado de deshidratación por medio de aire caliente, y ha logrado desplazar al sistema de túnel en la elaboración de la

mayoría de los productos hortícolas deshidratados (26).

d) Deshidratador por liofilización.

En la liofilización, el agua contenida en el material es removida por sublimación a una temperatura de 50 a 65° C y a una presión por debajo de la relativa al punto triple del agua (0°C y 4.7 mmHg.). A 4 mmHg., un alimento, por lo general, se encuentra abajo del punto triple y es a esta presión o menor, que ha sido diseñado el proceso de deshidratación congelada.

Este sistema permite al vegetal la conservación de sus propiedades nutricionales y organolépticas, además de facilitar su rehidratación. Una de las mayores limitantes es el costo tan elevado de las instalaciones requeridas (33, 42).

e) Deshidratador de lecho fluidizado.

En la fluidización, se sopla aire caliente a través del material que se va a deshidratar, con una fuerza apenas suficiente para suspender las partículas en un movimiento vibratorio suave. Las partículas semisecas migran gradualmente a través del aparato hasta que son descargadas una vez secas. El aire caliente se introduce a través de un plato poroso que soporta la cama de partículas. El aire húmedo escapa por la cabeza del fluidizador. Este proceso es continuo y el tiempo que permanecen las partículas en el secador, puede regularse por la profundidad del lecho y por otros medios (23, 24, 26)

Un secador de lecho fluidizado centrífugo permite el uso de velocidades de aire mayores. La fluidización de partículas en un campo de fuerza centrífuga de diez veces más que la fuerza gravitacional, aumenta considerablemente el rango práctico de flujo másico. El proceso además elimina el problema de pegajosidad entre las partículas y las superficies (23).

2.2.3. OPERACIONES FINALES DE LA PLANTA

Ya deshidratado el producto, se llevan a cabo tres operaciones finales. Estas son: Clasificación, molienda y empaque. Debido a su alto contenido en azúcares, las cebollas secas son muy higroscópicas; consecuentemente, la selección, molienda y empaque, se llevan a cabo en salas especiales, donde el aire se mantiene por debajo de 30% de humedad relativa (3, 26).

2.2.3.1. Clasificación

Para cebollas en forma de hojuelas, es muy común hacer pasar el producto seco entre rodillos colocados sobre una malla vibratoria y a través de una corriente de aire. La malla remueve los finos y la corriente de aire, la vaina o cáscara seca que pudiera haber quedado (3, 26).

Si la cebolla es troceada o granulada, se clasifica en un cernidor o tamiz que separa aquellas partículas que están fuera del calibre especificado en la norma de calidad. (En el Apéndice B de este trabajo pueden encontrarse las normas de calidad dadas por la D.G.N. para la cebolla deshidratada en sus diferentes presentaciones).

2.2.3.2. Molienda

Si se desea obtener cebolla deshidratada en polvo, no es necesario remover las capas externas del bulbo fresco antes del secado. Siempre existirá una cantidad considerable de éstas en el producto seco. Para pulverizar éste, las partículas se pasan a través de un molino de martillo hasta alcanzar el tamaño de malla deseado (26).

2.3. PRESERVACION DE PRODUCTO DESHIDRATADO

2.3.1. FORMAS Y MATERIALES DE EMPAQUE

Todo material para el envase de una especia, debe cumplir con tres requisitos. Estos son:

- a) Máxima impermeabilidad posible a gases, luz y vapor de agua
- b) Resistencia frente a las posibles acciones de las especias molidas que podrían poner en libertad algún componente del material de envase
- c) No formar combinación con algún componente del producto (7).

Para este tipo de productos, se usan tres tipos de empaque: contenedores rígidos, bolsas flexibles y cajas de cartón.

Dependiendo de la presentación y el uso del producto, será el empaque empleado; por ejemplo, si se trata de cebolla que se empleará en forma pulverizada o granulada como condimento, lo apropiado es envasar en frascos de vidrio en los cuales no perderá fácilmente sabor y/o aroma, y de los cuales se sirve fácilmente a través de perforaciones practicadas en tapas de plástico moldeado, insertadas en la boca del contenedor (22).

Hasta hace poco, para usos institucionales y militares, la cebolla deshidratada se empacaba en latas del número 10 selladas herméticamente (26), aunque este material ha sido desplazado ya por los contenedores termoplásticos como los de polietileno duro y blando, de propileno, de cloruro de polivinilo y de poliamida. En la Fig. No. 9 se muestran las diferentes permeabilidades al vapor de agua de diferentes polímeros utilizados para el empaque de especias y condimentos, observándose que los polietilenos de alta y baja densidad son efectivas barreras contra la humedad, además de ser los materiales plásticos transparentes más conocidos, y los de menor precio (7, 22).

Por su parte, el polietileno de baja densidad posee una fuerza moderada y una elevada estabilidad al calor, además de que facilita y asegura el transporte, y protege contra la contaminación y contra los daños y degradaciones. El producto envasado en este material ocupa menor espacio y facilita el traslado, reduciendo sus costos (22).

PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Cantidad difundida en g/m² cada 24 hrs.

Humedad relativa: 85%, T = 20°C, Espesor = 40 micras

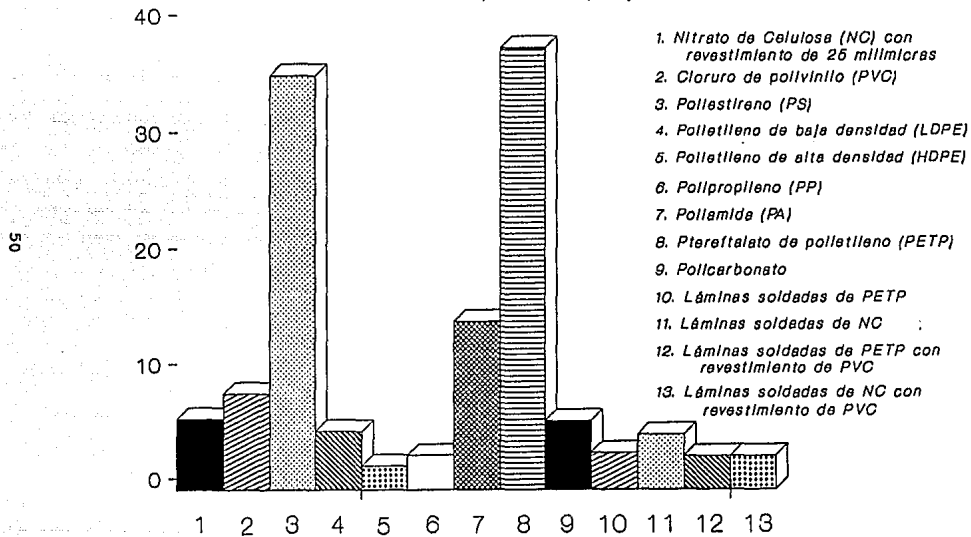


Figura No. 9

En México, el empaque primario más empleado es el polietileno de baja densidad, y se emplean como empaques secundarios para transporte, el denominado papel Kraft de cuatro capas con bolsa interior de polietileno para el caso de producto granulado o pulverizado, y cajas de cartón corrugado sencillo, recubiertas de papel Kraft y también con bolsa interior de polietileno (47).

Muchas veces, la adición de un agente desecante, tal como lo es el óxido de calcio, en paquetes o en forma de pastillas, a las latas o frascos del producto seco, es muy eficaz para disminuir el contenido de humedad del producto, y por lo tanto, para retardar su deterioro (5).

2.3.2. ALMACENAMIENTO

La cebolla deshidratada se conserva tanto mejor cuanto más baja es la temperatura mientras dura su almacenamiento. En cuanto a la humedad relativa, sólo es posible moverse dentro de ciertos límites: si es demasiado alta, pueden producirse fácilmente alteraciones de etiología microbiana; si es demasiado baja, las pérdidas por desecación son mayores.

Los locales, por tanto, deben ser secos, frescos y bien ventilados, procurando que el producto quede preservado de la luz solar y del polvo y no próximo a otros alimentos a los que fácilmente pueda transmístir olores.

La cebolla deshidratada que lleva mucho tiempo en el almacén se distingue de la llegada recientemente, porque ha perdido gradualmente su aroma, y lo exhala débilmente. Como ha perdido su poder bactericida, es más susceptible al ataque de microorganismos, que son luego trasladados a los alimentos a que se incorpora (7).

Se desea una temperatura relativamente baja de almacenamiento debido a que una temperatura más elevada favorece la pérdida de componentes volátiles, y una humedad baja para evitar la aglomeración de las partículas de producto, y la multiplicación de microorganismos, ambos factores que influyen en la calidad del producto.

Las limitaciones de la vida útil de este tipo de productos se establecen principalmente por el crecimiento microbiano, por la actividad enzimática, por reacciones de oscurecimiento no enzimático, y por la pérdida de nutrientes (33).

2.3.3. ALTERACIONES QUE SUFRE LA CEBOLLA DURANTE LA DESHIDRATACION, Y LA CEBOLLA DESHIDRATADA DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Estos cambios o alteraciones que sufre la cebolla durante el procesamiento, y más tarde, durante el almacenamiento, son:

a) Pérdida de la habilidad para la completa rehidratación.

Por lo general, un vegetal sometido a un proceso de deshidratación, pierde su facultad de rehidratarse en un 100% con respecto a la base húmeda original. Se ha dicho que la reducción de la humedad final durante el secado de los vegetales deshidratados por abajo de un 4 a un 6% de humedad, incrementa aún más la dificultad de rehidratación (26).

b) Pérdida de constituyentes volátiles.

Cuando el agua es evaporada de un producto alimenticio, en este caso la cebolla, el vapor desprendido invariablemente acarrea por lo menos trazas de los otros constituyentes volátiles de alimento fresco. Ordinariamente., en la cebolla, así como en el ajo, la consecuencia es una pérdida irreversible de los constituyentes volátiles responsables del sabor y aroma característicos (26).

c) Destrucción de Vitamina C.

Probablemente la C, es la más sensible de todas las vitaminas contenidas en los alimentos. Es hidrosoluble y es rápidamente destruida por el calor y por la oxidación. Las pérdidas de ácido ascórbico durante el proceso varían de 10 a 50%. El empaque tiene la única función de preservar la vitamina que no

fue destruída durante el proceso (33). Sin embargo, en el caso de la cebolla, la pérdida de tal nutriente no puede considerarse como una baja en la calidad del producto deshidratado, debido a su empleo no como nutrimento, sino como ingrediente saborizante (32).

d) Obscurecimiento no enzimático.

La mayoría de los vegetales deshidratados y prácticamente todos los productos de humedad intermedia, son sujetos al obscurecimiento no enzimático. La reacción es consecuencia de la actividad de agua del alimento en sí. Tal reacción aumenta su velocidad proporcionalmente con el contenido de humedad del alimento. Este mecanismo puede controlarse mediante el empleo de empaques flexibles plásticos para los productos sujetos a él (23, 27, 33).

e) Actividad enzimática.

La deshidratación de los productos vegetales para evitar deterioros de origen microbiano, trae como consecuencia la reducción de la actividad enzimática. Las reacciones enzimáticas (entre ellas las llevadas a cabo por enzimas responsables del obscurecimiento enzimático, tales como la polifenoloxidasas y la ascorbinasa) en productos alimenticios cesan cuando la concentración de humedad en el alimento es menor que la monocapa. La causa aparente es la pérdida de movilidad del sustrato, y la función del empaque en este caso es la de impedir el paso del vapor de agua al interior a modo de imposibilitar al máximo esta alteración (23, 33).

f) Actividad microbiana.

La actividad de agua de los alimentos deshidratados determina los límites mínimos de agua disponible para el crecimiento microbiano. La mayoría de las bacterias no crece a un A_w menor de 0.91 y los hongos interrumpen su crecimiento a un A_w menor de 0.80. En general, la A_w mínima para la producción de toxinas es frecuentemente más alta que para el crecimiento del microorganismo toxigénico. Este fenómeno representa un importante factor de seguridad para alimentos deshidratados y de humedad

intermedia. También el empaque debe, por tanto, evitar el paso de vapor de agua al interior (33).

No sólo la humedad presente influye en la actividad microbiana del producto final: también influyen la calidad microbiana de la materia prima, los pretratamientos tales como el pelado y el lavado (no se emplea el escaldado debido a la naturaleza enzimática de la producción del sabor y aroma de la cebolla), el tiempo lag previo a la deshidratación, las condiciones durante el almacenamiento y las condiciones generales de higiene durante el mismo (34).

Con las técnicas modernas de secado, los organismos significativos en cebolla deshidratada son aeróbicos formadores de esporas, puesto que los no formadores de esporas son eliminados efectivamente sin la necesidad de un escaldado. No se presentan *Salmonella*, *Clostridium* ni *Staphylococcus aureus*, y los coliformes que se encuentran no son resultado de la presencia de *E. coli*, sino de especies no dañinas normalmente presentes en el suelo y en el polvo (34).

CAPITULO 3
MATERIALES Y METODOS

CAPITULO 3 - MATERIALES Y METODOS

La materia prima empleada para el desarrollo de este trabajo fue cebolla de una variedad híbrida de bulbo blanco, llamada 11-8, obtenida del Centro Agrícola Experimental del Bajío en Roque, Guanajuato, variedad que por sus características agrícolas y químicas, es muy similar a la variedad White Creole (también conocida como Criolla Blanca), que es una de las variedades más empleadas actualmente para deshidratar, debido a su alto contenido de sólidos totales y a su elevado poder odorífico. Es una variedad blanca, redonda y posee un diámetro promedio de 8 cm.

El trabajo experimental se dividió en tres etapas:

- La deshidratación de la materia prima, que a su vez se subdivide en: operaciones preliminares al secado, secado y operaciones posteriores al secado.
- Almacenamiento del producto deshidratado.
- Análisis físicos y químicos tanto de la materia prima como del producto deshidratado.

3.1 DESHIDRATAACION

Las operaciones preliminares al secado consistieron en:

- a) Selección de la materia prima, eliminando las cebollas en mal estado (germinadas, golpeadas, enmohecidas).
- b) Lavado exhaustivo.
- c) Mondado: Se eliminaron manualmente las coronas y las raíces, así como las escamas secas externas.
- d) Rebanado: Se cortaron las cebollas en un rebanadora para vegetales, en rodajas de 5 mm. de espesor.

La deshidratación se realizó en dos equipos pequeños para laboratorio:

- a) Una tolva estacionaria tipo "bin" que emplea aire caliente con una temperatura de 45° C, a una velocidad de 4 m/s. La tolva tiene capacidad para aproximadamente 2.5 Kg de producto fresco por corrida, el cual se colocó sobre una

malla circular con un diámetro de 38 cm., de manera de acomodar la cebolla en un lecho de aproximadamente 4 cm. de altura. El tiempo de deshidratación para cada corrida fue de unas 4 y media horas.

- b) Un túnel de 4 charolas fijas en donde se hizo circular aire a una velocidad de 2.5 m/s, y a una temperatura de 50 °C, con capacidad para aproximadamente 480 g. de materia prima distribuidos en las cuatro charolas de malla, de unos 30 x 20 cm. cada una. El tiempo de deshidratación por corrida fue de seis horas.

En ambos tipos de secador, el proceso se prolongó hasta lograr una humedad menor del 5%. En promedio, por cada kilogramo de materia prima, se obtuvieron 160.44 g de cebolla deshidratada, siendo el rendimiento de 16.044%.

Durante el proceso de eliminación de corona y raíces, descamado, rebanado y eliminación de partes golpeadas o amarillentas, se pierde aproximadamente el 16% del peso total de las cebollas; es decir, sólo se aprovecha para deshidratar un 84% del peso total de las cebollas en fresco.

El producto ya seco, se pulverizó en una procesador de alimentos de uso doméstico, hasta dar lugar a un producto homogéneo.

3.2. ALMACENAMIENTO

Ya pulverizado el producto, se empacó en bolsas de polietileno de baja densidad, y estando éstas cerradas, se almacenó a tres diferentes temperaturas: 4, 20 y 35 °C (ésta última en incubadora Hotpack), para determinar cambios en la estabilidad durante su almacenamiento hasta un tiempo de tres o cuatro meses, mediante determinados análisis practicados a éste.

3.3 DETERMINACIONES ANALITICAS

Los análisis realizados a la materia prima fueron los siguientes:

- Humedad
- Cenizas
- Acidez
- Color
- Pungencia

Para el producto deshidratado, los análisis fueron:

- Humedad
- Cenizas
- Extracto etéreo
- Acidez
- Pungencia
- Color
- Pruebas de rehidratación

Todos los reactivos empleados para los análisis de la materia prima y del producto, fueron de grado analítico. Asimismo, todos los análisis se realizaron por duplicado. Las técnicas analíticas empleadas, se describen a continuación.

3.3.1. HUMEDAD

El método de humedad para la materia prima fue el mismo descrito por Roch Abiega (43) para ajo fresco, técnica que se aplica también para el caso de la cebolla. Según la referencia, se someten a una acción de molienda en una licuadora, durante tres minutos, 50 gramos de cebolla fresca y 100 ml. de agua. De la suspensión resultante, se pesan aproximadamente 10 ml. en una charola de aluminio previamente tarada, la cual se introduce a una estufa de vacío a 50° C y 4 pulgadas de Hg (100 mmHg.) de presión absoluta, hasta peso constante (tarda seis horas aproximadamente dentro de la estufa). El contenido de humedad en base húmeda está dado por la siguiente expresión:

$$\% H = \frac{(AC / B) - D}{AC / B} \times 100$$

en donde:

- A = Peso de la alicuota de la suspensión
- B = Peso de la suspensión
- C = Peso de la cebolla fresca
- D = Peso final (peso seco)

La estufa empleada fue una estufa de vacío marca Presición.

El método de humedad para el producto deshidratado fue el que sugiere la ADOGA (American Dehydrated Onion and Garlic Association). Consiste en poner a peso constante charolas pequeñas de aluminio. En ellas, se pesaron por duplicado dos gramos de muestra seca y se introdujeron a la estufa de vacío a 70 °C y a una presión no mayor de 100 mmHg., durante un período mínimo de 6 horas después de las cuales se dejó enfriar y se pesó. La humedad fue calculada mediante la siguiente expresión:

$$\% H = \frac{A - B}{A} \times 100$$

en donde:

- A = Peso original de la muestra
- B = Peso de la muestra seca

La determinación de humedad para la cebolla en fresco se realiza con el fin de conocer la calidad de la cebolla y determinar si es o no una variedad apta para deshidratar. Por ejemplo, mientras más elevado sea su contenido de humedad, menor será el de sólidos totales, y menor será su rendimiento, por lo que no será una variedad adecuada para la deshidratación.

La finalidad de conocer la humedad del producto deshidratado se debe a factores deteriorativos, puesto que a mayor humedad del producto, mayor será la proliferación de microorganismos y se verán favorecidas las reacciones de obscurecimiento no enzimático y enzimático, presentando por todo ello un aspecto desagradable y apelmazado.

3.3.2. CENIZAS

El método de cenizas empleado para ambos casos (cebolla en fresco y deshidratada) fue el sugerido por la AOAC: se pesaron 2 g. de cebolla y se carbonizaron sobre la flama de un mechero; se incineraron las muestras en una mufla a 550 - 570 °C durante una hora, como mínimo. Después de enfriarse en un desecador, se pesaron las muestras. La ecuación para determinar cenizas es la siguiente:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(A + B) - A}{C} \times 100$$

en donde:

A = Peso del crisol

B = Peso de las cenizas

C = Peso de la muestra tomada

El contenido de cenizas de la cebolla deshidratada es un factor de calidad, principalmente. En este caso, el objetivo del análisis es evaluar la calidad del producto de acuerdo a la norma establecida. En el Apéndice B, se pueden encontrar las normas de calidad para cebolla deshidratada, en donde aparecen los valores dados para algunos parámetros como humedad y cenizas (45).

3.3.3. EXTRACTO ETereo

El extracto etéreo para el producto deshidratado se determinó mediante el empleo de un aparato de extracción tipo Soxhlet, empleando como solvente éter de petróleo. En el cartucho del extractor se colocaron 2 g. de muestra seca. El porcentaje de extracto etéreo se calculó de la siguiente manera:

$$\% \text{ E.e.} = \frac{A - B}{C} \times 100$$

en donde: A = Peso del matraz después de la extracción
 B = Peso inicial del matraz
 C = Peso de la muestra tomada

La determinación del extracto etéreo en el producto deshidratado, es una medida de la calidad odorífica, en donde se evalúa la pérdida de constituyentes volátiles responsables del olor y sabor característicos de la cebolla, a lo largo del período de almacenamiento.

3.3.4. ACIDEZ

La acidez se determinó mediante una titulación, empleando como titulante NaOH 0.1 N y como indicador fenolftaleína al 1%. La acidez se expresa en por ciento de ácido cítrico mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ Acido cítrico} = \frac{(\text{ml. titulante}) (N \text{ titulante}) (0.06404)}{\text{peso de la muestra (g)}} \times 100$$

En donde:

N = Normalidad

3.3.5. COLOR

El color se determinó mediante un espectrofotómetro de reflectancia marca Agron, en donde el cero de reflectancia corresponde al filtro de color negro, y el 100% corresponde a un filtro totalmente blanco.

La determinación del color en unidades de reflectancia se realiza a fin de evaluar la variación de éste a lo largo del almacenamiento y conocer, por consiguiente, si han habido reacciones de obscurecimiento, o decoloración debida a la deshidratación.

3.3.6. PRUEBAS DE REHIDRATACION

En esta técnica, se pesaron de 2 a 10 gramos del material seco, los cuales se colocaron en vasos de precipitados de 500 ml. y se añadió un volumen de 150 ml. de agua destilada; cubriendo con un vidrio de reloj, se llevó a ebullición en tres minutos y se dejó hervir durante 5 minutos más. Se filtró en el aparato de Buchner empleando papel Whatman del No. 4, hasta que casi paró el goteo. Después de pesar, la rehidratación se calculó en términos de razón de rehidratación, coeficiente de rehidratación y porcentaje de agua contenida en el material rehidratado, mediante las siguientes expresiones:

* Razón de rehidratación = a : b

en donde: a = Peso de la muestra seca
b = Peso drenado de la muestra rehidratada

* Coeficiente de rehidratación:

$$\text{C.r.} = \frac{A (100 - B)}{(C - D) 100}$$

en donde:

A = Peso drenado del material rehidratado
B = Contenido de humedad de la muestra antes de secar
C = Peso de la muestra seca tomada para rehidratación
D = Contenido de humedad en la muestra seca

* Porcentaje de agua en el material rehidratado:

$$\% \text{ Agua} = \frac{A - E}{A} \times 100$$

en donde: A = Peso drenado del material rehidratado
E = Contenido de materia seca de la muestra tomada

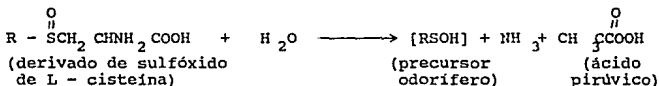
La técnica empleada es la recomendada por la ADOGA.

Las pruebas de rehidratación son procedimientos sencillos para conocer la capacidad de retención de agua por las partículas de producto deshidratado, o bien, la capacidad de rehidratación para su adecuada incorporación en una alimento.

3.3.7. PUNGENCIA

La pungencia se conoce mediante una determinación de ácido pirúvico por la técnica espectrofotométrica dada por Schwimmer y Guadagni, 1962 (38); Schwimmer y Venstrom, 1964 (39); Schwimmer y Weston, 1961 (40).

Este método analítico se basa en la cuantificación del ácido pirúvico producido por la reacción enzimática que libera a los componentes responsables del factor lacrimógeno, olor y sabor característicos de la cebolla. Dicho producto no es responsable de estas características, pero tiene una relación estequiométrica con el factor lacrimógeno de acuerdo a la siguiente reacción:



El método determina grupos carbonilos, que se calculan en base al ácido pirúvico formado, producto primario de la reacción enzimática responsable de la pungencia; puesto que el ácido pirúvico es muy estable, su determinación cuantitativa representa una medida indirecta de la intensidad aromática, más sencilla y rápida que la cromatográfica y más objetiva que la sensorial.

El trabajo experimental de Schwimmer y Guadagni, 1962 (38), ha demostrado que existe una estrecha correlación (0.97) entre el contenido de ácido pirúvico y la intensidad aromática evaluada organolépticamente.

Alrededor del 95% de la máxima cantidad total de ácido pirúvico enzimático es producido durante los primeros seis minutos después de que la cebolla ha sido estrujada. En general, las

cebollas se clasifican en base al contenido de ácido pirúvico enzimático, como sigue [Schwimmer y Weston, 1961 (40)]:

mmol. de ácido pirúvico enzimático	Característica de pungencia
2 - 6	débil
7 - 12	media
13 - 20	fuerte

3.3.7.1. Metodología

Por este método se analizó un lote de cebolla fresca (cebolla variedad 11-8) y la cebolla deshidratada obtenida de las tres condiciones diferentes de almacenamiento.

* Elaboración de la curva de calibración

La curva de calibración se preparó con solución de piruvato de sodio, y el testigo con agua.

Para la obtención de los valores para la curva de calibración, se necesitó saber las concentraciones de las soluciones de piruvato, y por tanto, se partió de una solución con una concentración de:

4 μ moles = 0.044 g de piruvato de sodio en 100 ml de agua destilada

Esta solución se diluyó a su cuarta parte para obtener una concentración de 1 mol/ml., de la cual se tomaron alícuotas de diferentes volúmenes que se aforaron a 10 ml. con agua, sirviendo la concentración de la dilución final para la elaboración de la curva (solución A).

$$\frac{\mu\text{mol}}{\text{ml.}} = \frac{(\text{Vol. de la alícuota en ml.}) (1 \mu\text{mol/mol.})}{10 \text{ ml.}}$$

Los datos obtenidos para la elaboración de la curva de calibración, pueden encontrarse en el Apéndice A, al igual que la curva obtenida usando piruvato de sodio como estándar. En ella se grafican absorbancia contra micromoles de piruvato en la solución

cromogénica final.

La técnica empleada para la elaboración de la curva de calibración fue la siguiente:

1 ml. de solución A + 1 ml. de 2,4-dinitrofenil hidrazina al 0.0125% en HCl 2N
+ 1 ml. de agua

↓

Incubar a 37 °C/ 10 min.

↓

+ 5 ml. de NaOH 0.6 N

↓

Leer la absorbancia a $\lambda = 420$ nm.

* Preparación de las muestras de cebolla:

a) Cebolla fresca:

500 g. de cebolla + 500 ml. de agua

↓
Moler 4 min. en licuadora

↓
Reposar 15 min

↓
Alicuota de 10 g. de sobrenadante

↓
10 ml. de ácido tricloroacético (ATC) al 5%

↓
Reposar 60 min.

↓
Filtrar ← 100 ml. de agua

↓
Filtrado: Tomar alicuota de 1 ml. para determinar ácido pirúvico, en lugar de solución A de

piruvato de sodio, por la misma técnica empleada para la elaboración de la curva.

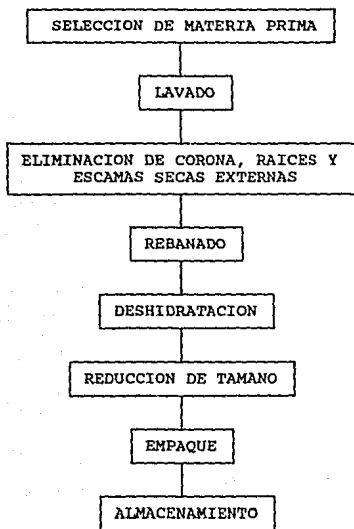
b) Cebolla deshidratada:

La técnica para la preparación de la muestra es la misma que para la cebolla fresca, con la diferencia de que en el primer paso, se muelen en la licuadora, poco a poco, 100 g. de producto deshidratado, junto con 700 ml. de agua, para permitir una suspensión homogénea después de rehidratado el producto seco. Después de este paso, la técnica es la misma que para cebolla fresca.

La determinación espectrofotométrica de ácido pirúvico presente como sub-producto al llevarse a cabo la reacción enzimática resultado de la ruptura mecánica de los tejidos de la cebolla, es una medida confiable y relativamente sencilla del poder odorífico o pungencia de este vegetal. El objetivo de cuantificar el ácido pirúvico para cebolla fresca, es conocer la calidad de ésta como materia prima para la deshidratación, pues mientras mayor sea el valor para la pungencia, mejor será el producto, debido a que durante el procesamiento, se pierde gran parte de los componentes responsables del olor, sabor y acción lacrimógena, y a que este vegetal deshidratado se emplea, por lo general, en la formulación de productos alimenticios como ingrediente saborizante.

En la Fig. No. 10 se muestra un diagrama de bloques de las operaciones llevadas a cabo para la realización del trabajo experimental.

FIGURA No. 10: Diagrama de bloques de las operaciones llevadas a cabo en el laboratorio.



ANALISIS DE LA
MATERIA PRIMA:

- * Humedad
- * Cenizas
- * Acidez
- * Color
- * Pungencia

ANALISIS DEL
PRODUCTO DESHIDRATADO:

- * Humedad
- * Cenizas
- * Extracto etéreo
- * Acidez
- * Color
- * Pungencia
- * Pruebas de rehidratación

CAPITULO 4

RESULTADOS Y

DISCUSION DE RESULTADOS

CAPITULO 4 - RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. RESULTADOS

Los resultados de todos los análisis excepto los de la determinación de pungencia, se muestran en forma tabular y en forma gráfica para cada uno de ellos practicados tanto a la materia prima como al producto deshidratado. Puesto que cada análisis se realizó por duplicado y, en algunos casos, por triplicado, cada valor considerado es el promedio de cada grupo de resultados.

4.1.1. Resultados de la determinación de pungencia

Los resultados para la determinación de la pungencia mediante el método de la determinación de ácido pirúvico, fueron los siguientes:

- 1) Para cebolla fresca variedad 11- 8:
 - Valores de absorbancia obtenidos: a) 0.427
b) 0.422
 - Valor medio para la absorbancia: 0.4245
 - Interpolando, la concentración correspondiente al valor de absorbancia, teniendo en cuenta que para la obtención de las lecturas hubo de diluirse a la mitad de su concentración, es la siguiente: 0.545 $\mu\text{mol/ml}$.
 - De acuerdo a la ecuación:

$$\frac{\mu\text{mol \acute{a}c. pir\acute{u}vico}}{\text{g. de cebolla}} = \frac{(\mu\text{mol de \acute{a}c. pir\acute{u}vico)} (120 \text{ ml}) 2}{(\text{ml. de filtrado}) (10 \text{ g.})}$$

en donde el número 2 que aparece al final, en el numerador, es el coeficiente correspondiente a la dilución necesaria para poder obtener las lecturas de absorbancia dentro del rango de la curva de calibración, se obtiene que el valor de pungencia para la cebolla fresca es de 13.08 μmoles de ácido pirúvico por gramo de cebolla fresca.

2) Para cebolla deshidratada antes de ser sometida a almacenamiento:

- Valores de absorbancia obtenida: a) 0.259
b) 0.251
- Valor medio para la absorbancia: 0.255
- Interpolando en la curva de calibración, la concentración de ácido pirúvico correspondiente al valor dado para la absorbancia, es: 0.330 μ moles/ml.
- De acuerdo a la ecuación:

$$\frac{\mu\text{mol } \acute{\text{a}}\text{c. pirúvico}}{\text{g. de cebolla}} = \frac{(\mu\text{mol de } \acute{\text{a}}\text{c. pirúvico)} (120 \text{ ml})}{(\text{ml. de filtrado}) (10 \text{ g.})}$$

el valor de pungencia es de: 3.960 μ moles de ácido pirúvico por gramo de cebolla deshidratada a tiempo cero de almacenamiento.

3) Para cebolla deshidratada almacenada a 4 °C, al cabo de 3 meses de almacenamiento:

- Valores de absorbancia obtenidos: a) 0.237
b) 0.245
- Valor medio para la absorbancia: 0.241
- Interpolando en la curva de calibración, la concentración de ácido pirúvico correspondiente al valor medio de absorbancia, es: 0.312 μ moles/ml.
- De acuerdo a la ecuación del anterior inciso, el valor de pungencia es de 3.744 μ moles de ácido pirúvico por gramo de cebolla deshidratada almacenada a 4°C.

4) Para cebolla deshidratada almacenada a 20 °C, al cabo de 3 meses de almacenamiento:

- Valores de absorbancia obtenidos: a) 0.255
b) 0.253
- Valor medio para la absorbancia: 0.254
- Interpolando, la concentración de ácido pirúvico presente en la muestra fue de : 0.328 μ mol/ml.
- De acuerdo a la ecuación para cebolla deshidratada, el valor de pungencia fue de 3.925 μ moles de ácido pirúvico por gramo de cebolla seca almacenada a 20 °C.

5) Para cebolla deshidratada almacenada a 35 °C, al cabo de 3 meses de almacenamiento:

- Valores de absorbancia obtenidos: a) 0.275
b) 0.230
- Valor medio de absorbancia: 0.2525
- Interpolando, se obtiene una concentración de 0.305 μ moles de pirúvico /ml., para la lectura de absorbancia.
- Empleando la misma expresión de los incisos anteriores, se conoce que el valor de pungencia para cebolla deshidratada almacenada durante 3 meses a 35 °C, es de 3.888 μ moles de ácido pirúvico por gramo del producto.

Nota: Estos datos obtenidos para la pungencia de la cebolla deshidratada, fueron obtenidos en base húmeda, según la técnica.

4.1.2. Los resultados de las demás determinaciones se muestran en las siguientes tablas y gráficas correspondientes a cada análisis.

TABLA No. 13

TABLA DE HUMEDAD PARA LA CEBOLLA FRESCA Y DESHIDRATADA,
A DIFERENTES TIEMPOS DE ALMACENAMIENTO PARA TRES DIFERENTES TEMPERATURAS
(Humedad expresada en %)

A) Cebolla fresca Variedad 11-8:
% Humedad = 81.372115

B) Cebolla deshidratada:

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)	% DE HUMEDAD
0 días		3.00070
17 días	4	2.83320
30 días	4	2.83194
40 días	4	2.78316
60 días	4	3.41401
75 días	4	4.17926
97 días	4	5.16217
105 días	4	5.82546
120 días	4	6.80021
30 días	20	3.17524
40 días	20	3.48030
60 días	20	4.30537
75 días	20	4.78199
97 días	20	5.27934
105 días	20	5.71906
120 días	20	6.31723
30 días	35	2.98021
40 días	35	3.08576
60 días	35	3.17550
75 días	35	3.56483
97 días	35	4.28536
105 días	35	4.85241
120 días	35	5.42237

CURVAS DE HUMEDAD PARA CEBOLLA DESHIDRATADA

71

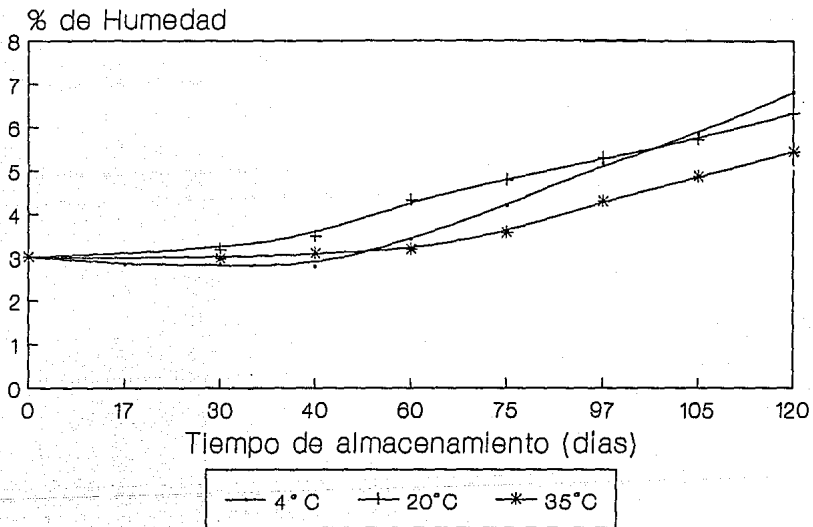


Figura No. 11

TABLA No. 14

VALORES DE ACIDEZ DE LAS CEBOLLA FRESCA Y DESHIDRATADA,
A LO LARGO DEL ALMACENAMIENTO (1)
(Acidez expresada en % de ácido cítrico)

A) Cebolla fresca Variedad 11-8:
% de Acidez = 0.216135

B) Cebolla deshidratada:

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)	% DE ACIDEZ
0 días		1.94925
1 semana	4	1.89331
2 semanas	4	1.80508
3 semanas	4	1.66809
1 mes	4	1.53145
5 semanas	4	1.47240
6 semanas	4	1.39084
7 semanas	4	1.42473
2 meses	4	1.38041
9 semanas	4	1.35567
10 semanas	4	1.35039
11 semanas	4	1.33671
3 meses	4	1.32142
14 semanas	4	1.34057
4 meses	4	1.28966
1 día	20	1.94288
1 semana	20	1.90236
2 semanas	20	1.84724
3 semanas	20	1.72101
1 mes	20	1.53136
5 semanas	20	1.58324
6 semanas	20	1.50348
7 semanas	20	1.39086
2 meses	20	1.28789
9 semanas	20	1.23361
10 semanas	20	1.11310
11 semanas	20	0.97262
3 meses	20	1.03592
14 semanas	20	1.01559
4 meses	20	1.00340

TABLA No. 14 (Continuación)

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)	% DE ACIDEZ
3 días	35	1.87506
1 semana	35	1.79221
2 semanas	35	1.65249
3 semanas	35	1.57831
1 mes	35	1.42837
5 semanas	35	1.35569
6 semanas	35	1.29815
7 semanas	35	1.27365
2 meses	35	1.22804
9 semanas	35	1.28777
10 semanas	35	1.24828
11 semanas	35	1.22907
3 meses	35	1.24878
14 semanas	35	1.18508
4 meses	35	1.16234

(1) : Valores obtenidos en base húmeda

Nota: Este análisis se realizó por triplicado.

VALORES DE ACIDEZ PARA CEBOLLA DESHIDRATADA (En base húmeda) (Expresada en % de ácido cítrico)

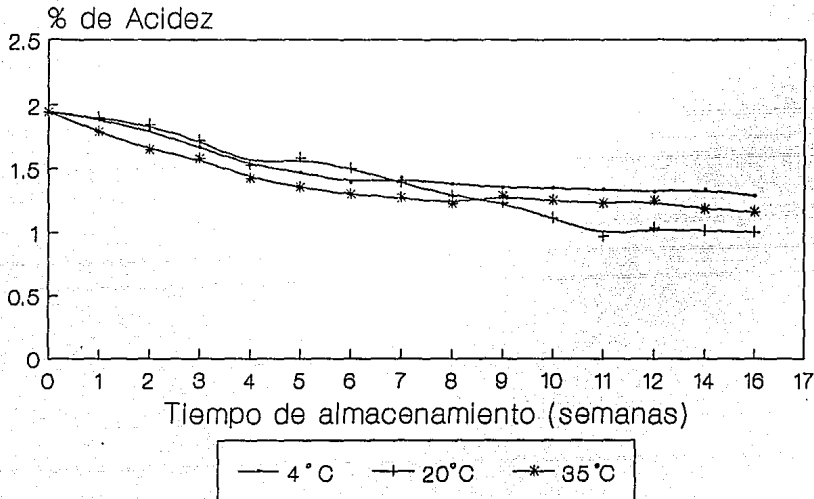


Figura No. 12

TABLA No. 15

VALORES DE ACIDEZ DE LA CEBOLLA FRESCA Y DESHIDRATADA,
A LO LARGO DEL ALMACENAMIENTO (2)
(Acidez expresada en % de ácido cítrico)

A) Cebolla deshidratada:

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)	% DE ACIDEZ
0 días		2.0095
1 semana	4	1.9522
2 semanas	4	1.8572
3 semanas	4	1.7157
1 mes	4	1.5757
5 semanas	4	1.5163
6 semanas	4	1.4338
7 semanas	4	1.4719
2 meses	4	1.4300
9 semanas	4	1.4092
10 semanas	4	1.4088
11 semanas	4	1.3994
3 meses	4	1.3890
14 semanas	4	1.4237
4 meses	4	1.3837
1 día	20	2.0033
1 semana	20	1.9617
2 semanas	20	1.9053
3 semanas	20	1.7755
1 mes	20	1.5813
5 semanas	20	1.6362
6 semanas	20	1.5548
7 semanas	20	1.4423
2 meses	20	1.3387
9 semanas	20	1.2853
10 semanas	20	1.1654
11 semanas	20	1.0185
3 meses	20	1.0890
14 semanas	20	1.0735
4 meses	20	1.0665

TABLA No. 15 (Continuación)

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)	% DE ACIDEZ
3 días	35	1.9330
1 semana	35	1.8476
2 semanas	35	1.7032
3 semanas	35	1.6266
1 mes	35	1.4572
5 semanas	35	1.3976
6 semanas	35	1.3388
7 semanas	35	1.3278
2 meses	35	1.2813
9 semanas	35	1.3449
10 semanas	35	1.3072
11 semanas	35	1.2780
3 meses	35	1.3031
14 semanas	35	1.2448
4 meses	35	1.2286

(2) : Valores obtenidos en base seca.

VALORES DE ACIDEZ PARA CEBOLLA DESHIDRATADA (En base seca) (Expresada en % de ácido cítrico)

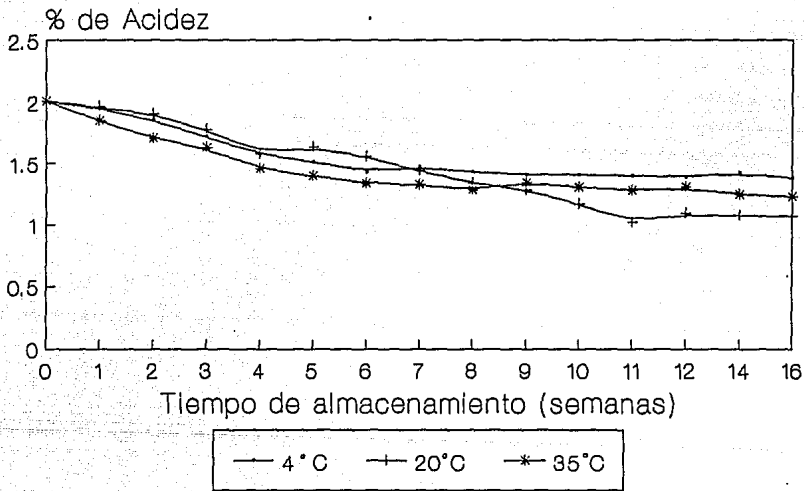


Figura No. 13

TABLA No. 16

**PORCIENTO DE CENIZAS PARA CEBOLLA DESHIDRATADA,
DURANTE EL ALMACENAMIENTO A TRES TEMPERATURAS
(Calculado en base seca)**

A) Cebolla fresca Variedad 11-8:
‡ de Cenizas = 0.341795

B) Cebolla deshidratada:

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)	‡ DE CENIZAS
0 días		3.73416
3 semanas	4	3.73383
4 semanas	4	3.69308
6 semanas	4	3.70742
8 semanas	4	3.68833
10 semanas	4	3.68905
12 semanas	4	3.70371
14 semanas	4	3.71225
16 semanas	4	3.69450
3 semanas	20	3.80967
4 semanas	20	3.78457
6 semanas	20	3.77739
8 semanas	20	3.80432
10 semanas	20	3.78931
12 semanas	20	3.75548
14 semanas	20	3.79390
16 semanas	20	3.79962
3 semanas	35	3.83309
4 semanas	35	3.81721
6 semanas	35	3.80877
8 semanas	35	3.79907
10 semanas	35	3.81875
12 semanas	35	3.80216
14 semanas	35	3.77948
16 semanas	35	3.79230

PORCIENTO DE GENIZAS PARA CEBOLLA DESHIDRATADA

(Calculado en base seca)

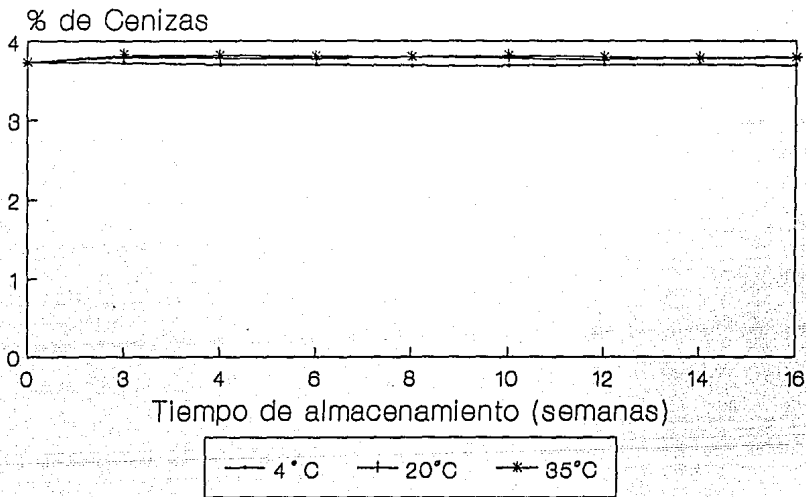


Figura No. 14

TABLA No. 17

EXTRACTO ETereo PARA CEBOLLA DESHIDRATADA,
 EN EL TRANCURSO DEL ALMACENAMIENTO A TRES TEMPERATURAS
 (Extracto Etéreo calculado en base seca) (3)

A) Cebolla deshidratada:

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)	% DE EXTRACTO ETereo
0 días		1.7938
2 semanas	4	1.7090
4 semanas	4	1.5895
7 semanas	4	1.4896
10 semanas	4	1.4868
12 semanas	4	1.4256
14 semanas	4	1.4773
2 semanas	20	1.4649
4 semanas	20	1.2493
7 semanas	20	1.0941
10 semanas	20	1.0423
12 semanas	20	1.0547
14 semanas	20	1.0200
2 semanas	35	1.5307
4 semanas	35	1.1594
7 semanas	35	0.8905
10 semanas	35	0.8079
12 semanas	35	0.6883
14 semanas	35	0.6413

(3) : Los cálculos para la determinación fueron de Extracto Etéreo Volátil.

CONTENIDO DE EXTRACTO ETereo EN CEBOLLA DESHIDRATADA (En base seca)

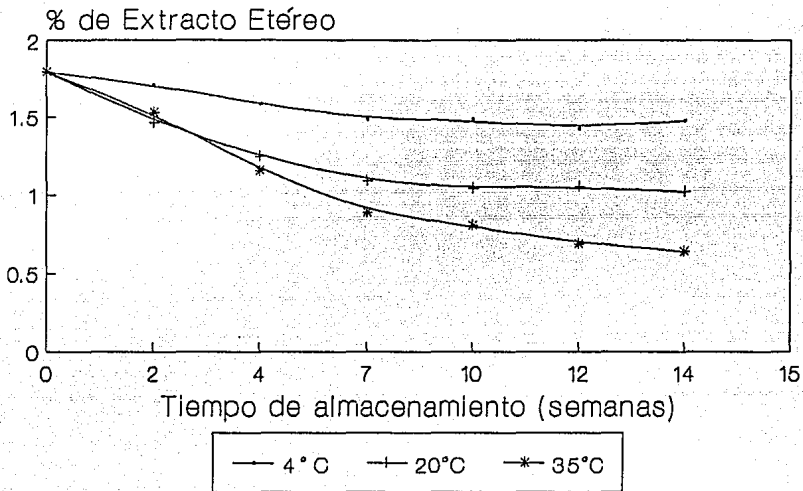


Figura No. 15

TABLA No. 18

TABLA DE COLOR (expresado en unidades de reflectancia)
 PARA CEBOLLA DESHIDRATADA PULVERIZADA, ALMACENADA A TRES DIFERENTES
 CONDICIONES DE TEMPERATURA

A) Cebolla fresca:
 Color (en unidades de reflectancia) = 30.7666

B) Cebolla deshidratada:

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO (°C)	COLOR
0 días		23.0240
2 semanas	4	23.0152
4 semanas	4	22.9490
6 semanas	4	23.0254
8 semanas	4	22.8286
10 semanas	4	22.7317
12 semanas	4	22.6034
14 semanas	4	21.9273
16 semanas	4	22.4178
2 semanas	20	23.0171
4 semanas	20	23.0088
6 semanas	20	22.9890
8 semanas	20	22.9495
10 semanas	20	22.8467
12 semanas	20	22.8552
14 semanas	20	22.7999
16 semanas	20	22.7513
2 semanas	35	23.0441
4 semanas	35	23.0439
6 semanas	35	22.9897
8 semanas	35	22.0198
10 semanas	35	22.9742
12 semanas	35	23.0030
14 semanas	35	22.9594
16 semanas	35	22.9211

CURVAS DE COLOR PARA CEBOLLA DESHIDRATADA

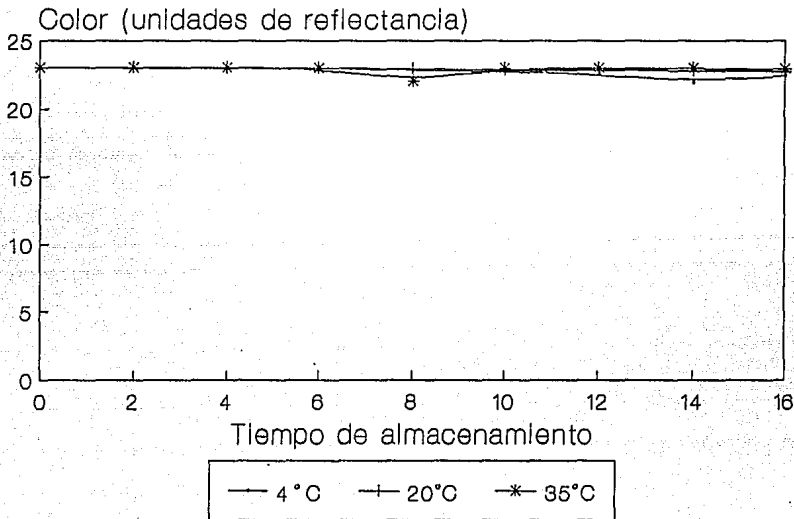


Figura No. 16

TABLA No. 19

VALORES DE REHIDRATACION DE CEBOLLA DESHIDRATADA ALMACENADA
A TRES DIFERENTES TEMPERATURAS

(Rehidratación expresada en razón de rehidratación, coeficiente de rehidratación y porcentaje de agua contenida en el material rehidratado)

TIEMPO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA (°C)	RAZON DE REHIDRATACION	COEFICIENTE DE REHIDRATACION	% DE AGUA CONTENIDA
0 días		10 : 37.2	0.9897	81.18
2 semanas	4	10 : 36.8	0.9528	80.43
4 semanas	4	10 : 34.4	0.9016	79.09
6 semanas	4	10 : 32.0	0.8510	78.12
8 semanas	4	10 : 27.7	0.7903	76.46
10 semanas	4	10 : 23.2	0.7392	74.78
12 semanas	4	10 : 18.4	0.6689	72.17
2 semanas	20	10 : 35.9	0.9618	82.72
4 semanas	20	10 : 34.2	0.9321	80.03
6 semanas	20	10 : 31.7	0.8940	79.11
8 semanas	20	10 : 29.6	0.8425	79.05
10 semanas	20	10 : 23.9	0.7614	76.15
12 semanas	20	10 : 20.5	0.7356	74.63
2 semanas	35	10 : 36.3	0.9627	80.66
4 semanas	35	10 : 35.6	0.9441	80.26
6 semanas	35	10 : 35.5	0.9490	80.38
8 semanas	35	10 : 32.4	0.8838	78.93
10 semanas	35	10 : 28.9	0.8321	77.57
12 semanas	35	10 : 24.5	0.7833	76.22

CURVAS DE REHIDRATACION PARA CEBOLLA DESHIDRATADA

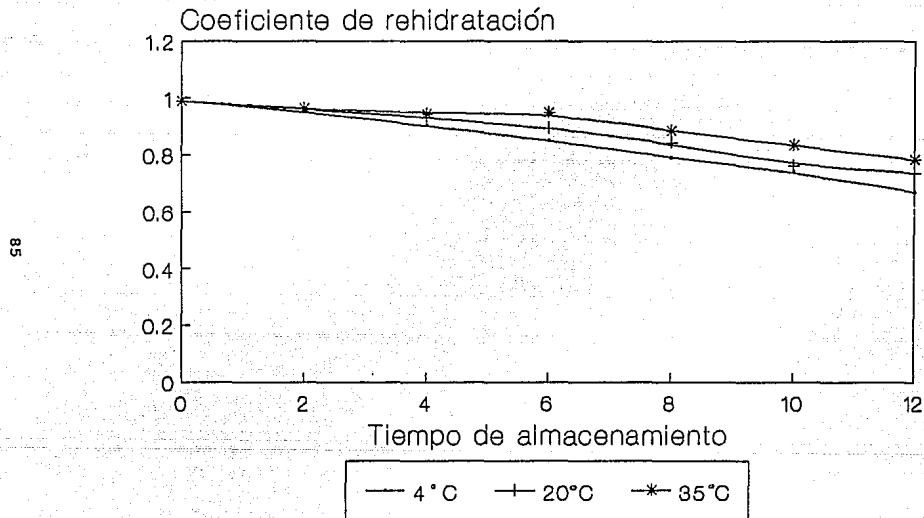


Figura No. 17

4.2. DISCUSION DE RESULTADOS

4.2.1. Determinación de Acido Pirúvico.-

En el Apéndice A (Curva de calibración de piruvato de sodio), se puede observar que la correlación obtenida eliminando los cuatro puntos señalados con asteriscos en la Tabla del mismo Apéndice, es muy alta (de 0.99807), factor que corrobora lo observado por Schwimmer y Weston (40), por lo que el método espectrofotométrico de la 2,4,-dinitrofenil hidrazina para la cuantificación de ácido pirúvico y , por consiguiente, de la pungencia o poder odorífico, es una técnica muy sencilla y fácilmente reproducible, además de ser altamente confiable.

De los resultados obtenidos para cebolla tanto fresca como deshidratada, se deduce que a partir de la tabla de grado de pungencia según el contenido de ácido pirúvico enzimático por gramo de muestra, la cebolla fresca analizada (variedad 11- 8 de Guanajuato) es una cebolla de moderada a alta pungencia, aunque es de las más débiles dentro del grupo de las más pungentes, a diferencia, por ejemplo, de la variedad Globo blanco, que posee una pungencia de 19.7 μ moles/gramo (40).

De las determinaciones de pungencia por medio de la cuantificación de ácido pirúvico presente en la muestra de cebolla, se observa que durante la deshidratación, se pierde un alto porcentaje de pungencia o poder odorífico expresado en porciento de piruvatos presentes, en relación con la que tenía la cebolla fresca antes del procesamiento.

- * Hubo una pérdida del 69.7247% de la pungencia con respecto a la cebolla fresca, durante la deshidratación.
- * Después de tres meses de almacenamiento a 4 °C, esta misma pérdida con respecto a la cebolla deshidratada a tiempo cero de almacenamiento, fue de 5.4545%.
- * Después de 3 meses de almacenamiento a 20 °C, la pérdida de piruvatos fue de 0.8838% con respecto al contenido de éstos en la cebolla deshidratada a tiempo cero de

almacenamiento.

- * Con respecto a esta última cebolla, la cebolla deshidratada almacenada por 3 meses a 35 °C, sufrió una pérdida del 1.8181% del total de piruvatos.

La pérdida de los componentes responsables del olor, sabor y capacidad lacrimógena durante el procesamiento de la cebolla, aparentemente es cuantiosa, aunque comparando con las variedades hindúes similares reportadas en un estudio realizado en 1984 (29) por Brahma y colaboradores, las pérdidas alrededor de 65 a 75%, son comunes.

Para los productos almacenados a las 3 diferentes condiciones de temperatura, después de 3 meses de almacenamiento, la pérdida, con relación al producto recientemente deshidratado, es muy pequeña, y por tanto puede despreciarse, aunque se observan pequeñas diferencias de pungencia entre los tres productos deshidratados.

La cebolla almacenada a temperatura ambiente, muestra una pungencia ligeramente más alta que las otras dos. La cebolla almacenada a 4 °C, muestra una menor pungencia debido al mayor contenido de humedad después de los tres meses que duró el almacenamiento. Por otro lado, el producto almacenado a 35 °C, presenta un menor contenido de pungencia, debido a la pérdida de los componentes más volátiles responsables de las características saborizantes y odoríficas, no necesariamente de ácido pirúvico.

4.2.2. Determinación de Humedad.-

De la Tabla No. 13, se observa que después de transcurridos 4 meses de almacenamiento, que fue el tiempo límite de almacenamiento para esta determinación, el producto almacenado a la menor temperatura, presenta un mayor porcentaje de humedad (6.80021%) que el almacenado a temperatura ambiente, y que éste a su vez, presenta una humedad mayor que el almacenado a 35 °C (5.42237%). Esto se atribuye a que la cebolla a 4°C fue almacenada en un refrigerador sin control de humedad, que continuamente se

abría para introducir o sacar diferentes muestras y reactivos. En cambio, la incubadora donde fue almacenada la cebolla a 35°C, era preponderantemente, un medio seco, más que el medio ambiente de la cebolla almacenada a una temperatura de 20°C.

Por otro lado, se observa que el empaque de polietileno representa una efectiva barrera contra la penetración de la humedad exterior, especialmente durante el primer mes y medio de almacenamiento en cualquiera de las tres condiciones. Lo que es particularmente interesante, es que después de este tiempo, las curvas de humedad presentan una pendiente cada vez más tendiente a 1, lo cual quiere decir que la permeabilidad al vapor de agua del empaque plástico presenta un aumento directo en relación con el tiempo de almacenamiento transcurrido a partir, aproximadamente, de las primeras cinco a seis semanas.

4.2.3. Determinación de Cenizas.-

La determinación de cenizas muestra una correcta correspondencia en relación con el porcentaje presentado en el Apéndice B como límite máximo de acuerdo al contenido de cenizas reportado en la Norma Oficial Mexicana para cebolla deshidratada (5%).

Los valores que se reportan en la Tabla No. 16 fueron obtenidos en base seca para el producto, y entre ellos, a las diferentes condiciones de almacenamiento, existe una variación mínima. De cada conjunto de resultados, bien podría obtenerse un valor promedio, y éste sería el contenido de cenizas en el producto a lo largo de todo el almacenamiento, considerando que no existiese un apropiado control de la temperatura.

De lo anterior, se cree que el contenido de cenizas permanece sin cambio considerable a lo largo del almacenamiento, pero dentro de los límites que marca la normalización, es decir, que no hubo pérdida apreciable en el contenido de cenizas en alguno de los tres productos deshidratados.

4.2.4. Determinación de Acidez.-

Los valores para la acidez del producto deshidratado almacenado a tres diferentes condiciones de temperatura, varían para cada una, de forma apreciable, decreciendo la acidez en relación al aumento de tiempo de almacenamiento. Esto puede observarse en las Tablas No. 14 y 15, en donde en la primera, la acidez se calculó en base húmeda, y en la segunda, en base seca. En ambas, la acidez decrece con el tiempo, pero, obviamente, en base seca la curva descendente tiene una pendiente ligeramente menos vertical (Figs. 12 y 13), pues en la curva de acidez obtenida en base seca, se eliminaron los errores o las falsas interpretaciones debidas a la humedad presente en la muestra que se tomó para la determinación.

4.2.5. Determinación de Extracto Etéreo en cebolla deshidratada.-

A lo largo del almacenamiento, los valores obtenidos para el extracto etéreo en base seca, representados para el polvo de cebolla almacenado a las tres diferentes temperaturas en la Tabla No. 18, dieron lugar también a una curva descendente cuya pendiente tiende más a 1 al inicio que al final del periodo de almacenamiento (Fig. No. 15), en donde a partir de las ocho semanas, aproximadamente, el comportamiento de la curva es casi lineal para el caso de la cebolla almacenada a 4°C, puesto que el descenso es poco significativo para los valores de extracto etéreo. Para la cebolla almacenada a 35 °C, el descenso es más pronunciado al final del periodo de almacenamiento que para los otros dos productos deshidratados, puesto que el extracto etéreo que se determinó es de carácter volátil.

4.2.6. Determinación de Color.-

El color varía ligeramente durante el almacenamiento para las tres condiciones de temperatura, para el producto pulverizado. La curva (Fig. No. 16) construida con las lecturas obtenidas mediante el espectrofotómetro de reflectancia, muestra un descenso poco pronunciado en un principio, y de mayor pendiente en las tres últimas semanas del almacenamiento. También se observa que el color presenta un aumento proporcional al aumento de humedad del producto, considerando como de mayor color una muestra cuya lectura sea cercana al cero de reflectancia (color negro del filtro usado como patrón de calibración del por ciento mínimo de reflectancia), aunque la medida del color en este caso se expresa en unidades de reflectancia.

El contenido de humedad de la muestra es inversamente proporcional al por ciento de reflectancia de aquélla; ésto se debe a que mientras mayor sea la humedad, será mayor la movilidad del substrato para propiciar el contacto de éste con las enzimas oxidasas e hidrolasas que influyen en las reacciones de obscurecimiento enzimático. Asimismo, en las reacciones de obscurecimiento no enzimático, el agua es un medio que favorece la aceleración de la reacción entre los grupos aldehídicos o cetónicos de un azúcar con los grupos amino de aminoácidos o péptidos presentes en la composición del bulbo.

4.2.7. Pruebas de rehidratación.-

De la Tabla No. 19 y la Fig. No. 17, se deduce que la capacidad de rehidratación de la cebolla deshidratada pulverizada, fue disminuyendo conforme transcurría el almacenamiento a las tres temperaturas. La curva muestra un descenso muy poco evidente, puesto que la variación en la rehidratación en realidad es muy ligera. Se puede observar que cuanto mayor es la temperatura de almacenamiento, mayor es la capacidad de rehidratación. Esto se puede deber a que la ganancia de humedad durante el almacenamiento

es menor a la temperatura mayor. Por supuesto, esto está relacionado con las condiciones de humedad relativa ambiental para cada tipo de almacenamiento. La capacidad de rehidratación de las cebolla deshidratada a 4°C es menor debido a la más elevada humedad intrínseca del producto, que mientras mayor sea, menor es el peso efectivo del producto en sí en la muestra tomada para las pruebas de rehidratación.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES

CAPITULO 5 - CONCLUSIONES

* La variedad híbrida de cebolla empleada en este trabajo (Variedad 11-8 de Guanajuato) es adecuada para la deshidratación, debido a su elevado contenido de sólidos totales (casi 20%) y a su alto, aunque no sobresaliente, valor de pungencia, lo cual da lugar a un producto deshidratado de regular poder odorífico.

* El proceso de deshidratación en este caso no influyó para el estudio del almacenamiento. La deshidratación en este trabajo fue tan sólo un medio de obtención del producto seco, y no se realizó, por tanto, un estudio formal de la cinética de secado, ni del rendimiento final del producto en relación con la materia prima. Las condiciones de secado que se emplearon fueron las que reportan las diferentes bibliografías consultadas.

* El estudio comprende diferentes condiciones de tiempo y temperatura, pero no involucra directamente como variable a la humedad relativa, aunque ésta fue diferente en cada tipo de almacenamiento, e influyó considerablemente en algunos de los resultados obtenidos por vía analítica, por ejemplo, en la determinación de color y en las pruebas de rehidratación.

* La humedad fue mayor en el transcurso del almacenamiento mientras menor fue la temperatura. Esto se debe a factores que no se consideraron al principio de el estudio, como fueron: humedad ambiental, hermeticidad de la cámara frigorífica y de la incubadora, frecuencia con que éstas cámaras eran abiertas, etc. En este caso, el almacenamiento a 35°C, que fue el de menor humedad relativa, fue el mejor para conservar la calidad del producto seco.

* Por el contrario, el almacenamiento a 35°C no fue el mejor para la preservación del contenido de extracto etéreo volátil, pues éste es inversamente proporcional a la temperatura

del almacenamiento. En este caso, si se desea obtener un producto aromático y de característica pungencia, la condición ideal de temperatura es la menor, y el tiempo límite de almacenamiento considerado para la retención de la calidad odorífica de cebolla 11-8 deshidratada, es de tres meses a temperatura ambiente.

* Las cenizas no varían considerablemente con el tiempo ni con las diferentes condiciones de temperatura durante el almacenamiento, y únicamente son factor de calidad desde el punto de vista normativo para cebolla deshidratada en general.

* La acidez decrece evidentemente en el transcurso del almacenamiento, pero una vez obtenidos los resultados en base seca, se observó que esta disminución es poco considerable, y que la mejor forma de evitar una caída drástica de la acidez, es mantener el producto a una temperatura relativamente baja para evitar el escape de los componentes responsables de la acidez, y que por su parte, influyen mucho en el sabor y aromaticidad de la cebolla deshidratada.

* El método analítico sugerido por Schwimmer y colaboradores para la determinación del ácido pirúvico, es efectivo para conocer la calidad de la materia prima. Es relativamente sencillo y muy confiable. La pungencia de esta cebolla deshidratada es moderada, pues hubo una cuantiosa pérdida de componentes aromáticos responsables de ella, y por tanto, una formación deficiente de ácido pirúvico por inactivación de enzimas debido a la temperatura del proceso de secado. No hubo notable diferencia de pungencia entre la cebolla deshidratada almacenada a una u otra temperatura, aunque el ambiente más húmedo de la cámara frigorífica, ocasionó una detección menos confiable del ácido pirúvico debido a la mayor cantidad de humedad contenida en el producto.

* En la determinación del color, el índice de reflectancia se ve afectado por el contenido de humedad que pueda tener el producto, pues se ven favorecidas las reacciones de

obscuramiento tanto enzimático, como las de naturaleza no enzimática. Por este motivo, es preferible proporcionar al producto un almacenamiento seco, y evitar que el producto sea almacenado por más de tres meses, debido a que después de este tiempo, el empaque de LDPE permite una mayor penetración de vapor de agua al interior.

* Las pruebas de rehidratación son relativamente confiables para conocer la capacidad del producto de reincorporarse, mientras se tengan controles cuidadosos de uniformidad en el filtrado, perfecta homogeneización en la pulverización del producto seco, cantidad de agua y de muestra empleadas en la rehidratación, y por supuesto, controles de humedad ambiental durante el almacenamiento, observándose que mientras más seco sea el ambiente de la cámara, más fácil será la posterior rehidratación, y la cantidad de agua retenida por el material rehidratado será mucho mayor. Es importante que para evaluar con mayor confiabilidad las diferencias en estos parámetros en el producto almacenado a diferentes temperaturas, la humedad a que se llegue durante la deshidratación, sea la misma en cada corrida en el secador.

* En todas estos análisis, los resultados nos muestran una mayor afinidad de la cebolla deshidratada por atmósferas de almacenamiento secas y frescas a modo de evitar compactación del producto pulverizado, alteración de color debida a reacciones de obscuramiento y proliferación de microorganismos, así como pérdida de componentes saborizantes y odoríficos.

A lo largo del almacenamiento, el producto sufre gradualmente estas alteraciones, que afectan en forma negativa su calidad de conservación. Después de los primeros meses del almacenamiento, los cambios se van acentuando. Por tanto, se recomienda un almacenamiento no mayor de los tres meses, y en una atmósfera controlada. Aunque después de este lapso, el producto puede emplearse satisfactoriamente como ingrediente saborizante, ha perdido parte de su poder de condimentación y ha desarrollado un aspecto menos agradable y un número considerable de

microorganismos conforme va aumentando la humedad dentro del contenedor.

* El empaque de LDPE resulta muy adecuado para el producto debido a su elevada resistencia a los cambios de temperatura, su fácil manejo y acomodo y su bajo precio. Es un película de baja permeabilidad al vapor de agua, y por tanto, su conveniencia para contener productos deshidratados es alta. A pesar de ello, se observó que después de un tiempo de unos tres meses en atmósferas de humedad relativa elevada, el empaque cede y permite gradualmente la entrada de vapor al interior, favoreciéndose así el desarrollo de posibles alteraciones en detrimento de la calidad del producto.

* Cuando la cebolla deshidratada se exporta o se traslada por grandes distancias, es conveniente preservarla en sus empaques primarios de PE y secundarios de cartón corrugado, en almacenes que reúnan las condiciones de temperatura y humedad relativa óptimas (temperatura de 15 a 20°C y H.R. de menos de 30%) y evitar tiempos de traslado que sobrepasen del mes, a fin de no entregar un producto falto de carácter aromático, que no satisfaga los requerimientos para el propósito saborizante del mismo.

APENDICE A

TABLA DEL APENDICE A

VALORES PARA LA CURVA DE CALIBRACION DE PIRUVATO DE SODIO

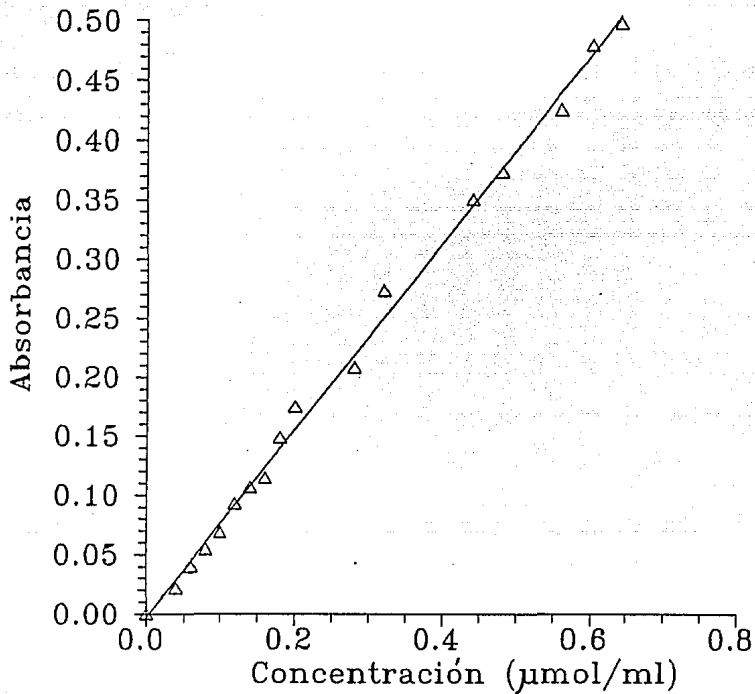
Concentración de Piruvato de Sodio ($\mu\text{mol/ ml.}$)	Absorbancia ϵ
0.00	0.000
0.04	0.022
0.06	0.040
0.08	0.055
0.10	0.069
0.12	0.093
0.14	0.107
0.16	0.115
0.18	0.149
0.20	0.175
0.24	0.220 *
0.28	0.208
0.32	0.273
0.36	0.217 *
0.40	0.273 *
0.44	0.350
0.48	0.373
0.52	0.256 *
0.56	0.425
0.60	0.479
0.64	0.497

ϵ : Cada valor de absorbancia es promedio de tres lecturas para cada diferente concentración.
Se obtuvieron los siguientes datos por el método de mínimos cuadrados:

Pendiente = 0.79014
Ordenada al origen = - 0.00274
Correlación = 0.99807

* = Puntos de la gráfica descartados para el tratamiento estadístico.

Curva de Calibración de Piruvato de Sodio



APENDICE B

APENDICE B

NORMA OFICIAL MEXICANA
" ALIMENTOS PARA HUMANOS - ESPECIAS Y
CONDIMENTOS - CEBOLLA DESHIDRATADA ".
NOM - F - 233 - 1982

INTRODUCCION

La cebolla deshidratada, es el producto elaborado por eliminación del agua de la constitución de la cebolla mediante procedimiento tecnológico adecuado y apto para el consumo humano.

DEFINICION.-

Para los efectos de esta norma se establece la siguiente definición: "Cebolla deshidratada", es el producto obtenido por la eliminación parcial del agua de los bulbos de cebolla (Allium cepa Linnaeus) sana, libre de tierra, piel, tallo y raíz, usando métodos que permiten obtener las características de la cebolla fresca al ser rehidratada.

CLASIFICACION Y DESIGNACION DEL PRODUCTO.-

El producto objeto de esta norma se clasifica de acuerdo a su forma de presentación en 4 tipos con un sólo grado de calidad.

1. Formas de presentación:

Tipo I en polvo: Producto homogéneo donde el 95% del producto pasa a través de un tamiz de 0.250 mm. de abertura de malla, NOM 24 M.

Tipo II Granulado: El 95% del producto pasa a través de un tamiz de 1.25 mm. de abertura de malla NOM 5 M y la mayor parte es retenida en un tamiz de 0.250 mm. de abertura de malla.

Tipo III. Picado en trozos: Producto donde el 95% de las partículas pasa a través de un tamiz de 4 mm. de abertura de malla, NOM 19 M, y la mayor parte es retenido en un tamiz de 1.25 mm. de abertura de malla.

Tipo IV. Escamas o rebanadas: Trozos y partículas obtenidas por el corte de la cebolla deshidratada pudiendo ser tostada o no, y eliminando por tamizado los trozos inferiores a 4 mm., usando una malla NOM 19 M.

ESPECIFICACIONES.-

La cebolla deshidratada debe cumplir con los siguientes especificaciones:

1. Sensoriales

Color: El tipo I, II, III y IV no tostadas, entre blanco y amarillo libre de partículas quemadas y tostadas.

El tipo IV tostado es entre amarillo y café libre de partículas quemadas.

Olor: Característico, picante y libre de olores extraños.

Sabor: Característico, picante y libre de sabores extraños.

2. Físicas y químicas

Especificaciones	Tipo I y II		Tipo III y IV	
	mín.	máx.	mín.	máx.
Humedad %		7		7
Cenizas totales % (Base seca)		5		5
Fibra cruda %		15		15
Proteínas %	0.4		0.4	
Partic. negras %		0.01		0.025
Cloruros (NaCl) %		2.0		2.0

3. Microbiológicas

Especificaciones	Col./ g. Máx.
- Cuenta bacteriana total	100 000
- Organismos coliformes	25
- Hongos y levaduras	100
- <u>Staphylococcus aureus</u>	-
- Salmonella	-
- <u>Escherichia coli</u>	-

4. **Materia extraña**

- 4.1. El producto objeto de esta norma debe estar libre de insectos vivos, huevos o larvas, enmohecimiento, insectos muertos, así como de fragmentos metálicos, de madera o de vidrio.
- 4.2. La porporción total de materia extraña, incluida la originada por la misma planta (raíz, piel, partículas comunes, etc.), no debe exceder de 0.5% de producto terminado.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- The Accelerated Freeze Drying (A.F.D.) Method of Food Preservation; Ministry of Agriculture, Fisheries and Food; Aberdeen, Scotland, 1965 (p. 100).
- 2.- Brennan, I.G. & Butters, J.R.; Las Operaciones de la Ingeniería de los Alimentos; Editorial Acribia; Zaragoza, España, 1980.
- 3.- Bor, S.L. & Tasper, G.W.; Commercial Vegetable Processing; The AVI Publishing Co.; Conn., 1975 (p. 397-401 y 452-453).
- 4.- Cotson, S. & Smith, D.B.; Freeze Drying of Food Stuffs; Colombine Press; Manchester and London, 1963 (p. 116-117).
- 5.- Cruess, W.V.; Commercial Fruit and Vegetable Products; McGraw Hill Book Co. Inc.; New York, 1948 (p. 560-563 y 592-595).
- 6.- Dehydration Facilities for Vegetables and Fruits; Western Utilization Research and Development Division, U.S. Department of Agriculture; Albany, Ca., 1969 (p. 76).
- 7.- Gerhardt, Ulrich; Especies y Condimentos; Edit. Acribia; Zaragoza, España, 1975 (p. 88-89 y 108-115).
- 8.- Gutterson, Milton; Vegetable Processing (Bulbs); Food Processing Review No. 19, Noyes Data Corp.; N.J., 1971 (p. 168-198).
- 9.- Hall, Carl W.; Drying Farm Crops; Agriculture Consulting Associates Inc., 1970 (p. 288-289).
- 10.- Hall, Carl W.; Drying and Storage of Agricultural Crops; The AVI Pub. Co. Inc.; Westport, Conn., 1980.
- 11.- Hernández y Chávez; Valor Nutritivo de los Alimentos; Instituto Nacional de la Nutrición; México, 1971.
- 12.- King, P.; A Guide to the Economics of Dehydration of Vegetables in Developing Countries; Tropical Products Institute; London, 1980.
- 13.- Lees, R.; Análisis de los Alimentos; Métodos Analíticos y de Control de Calidad; Edit. Acribia; Zaragoza, España, 1985.
- 14.- Lutz, J.M.; The Commercial Storage of Fruits, Vegetables,

- and Florist and Nursery Stocks; U.S. Department of Agriculture; Washington, D.C., 1977 (p. 46-47).
- 15.- Manual de Técnicas de Laboratorio para Análisis de los Alimentos; Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Publicación 2-62 INNSZ; México, 1984.
 - 16.- Morris, T.N.; The Dehydration of Food; D. van Nostrand Company Inc., 1955 (p. 76).
 - 17.- Packing Stations for Fruits and Vegetables; International Institute of Refrigeration; Ed. 1973 (p. 288-292).
 - 18.- Fantastico, Er. B.; Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables; The AVI Publishing Co. Inc.; Westport, Conn., 1975 (p. 314-336, 432-435 y 496-497).
 - 19.- Períodos de Siembra y Recolección de los Cultivos Anuales en los Distritos de Riego; Secretaría de Recursos Hidráulicos. Depto. de Planeación, Investigación y Estadística; Mamorándum Técnico No. 84; México, D.F., 1978.
 - 20.- Ranganna, S.; Manual of Analysis of Fruit and Vegetable Products; Tata McGraw Hill Pub. Co. Lim.; New Dehli, 1977.
 - 21.- Raschieri, Pistono T.; Deseccación de los Productos Vegetales; Edit. Reverté; Barcelona, 1968 (p. 123).
 - 22.- Sacharow, S., & Griffin, R.C.; Principles of Food Packaging; The AVI Publishing Co., Westport, Conn., 1980.
 - 23.- Salunkhe, D.K.; Storage, Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables; CRC Press Inc.; Ohio, Cleveland, 1976 (p. 62-70 y 46-48).
 - 24.- Torrey, M.; Dehydration of Fruits and Vegetables; Noyes Data Corp.; London, 1974 (p. 160-170).
 - 25.- Desrosier, Norman W.; Conservación de Alimentos; Edit. C.E.C.S.A.; México, 1979 (p. 147-272).
 - 26.- Van Arsdel, W.B. & Copley, M.J.; Food Dehydration, Vols. I y II; The AVI Publishing Co. Inc.; Wstport, Conn., 1976 (p. 12-15, 43-55 y 306-315).
 - 27.- Von Loesecke, Harry W.; Drying and Dehydration of Foods; The Reinhold Publ. Co.; N.Y., 1955 (p. 112-114).
 - 28.- Block, Eric; The Chemistry of Garlic and Onion; Sci. Am. Vol. 252 (3), 1985 (p.114-119).

- 29.- Brahma Singh and Mohan K.; Dehydration of Onion Varieties; Noticias Técnicas, INFOTEC, Indian Food Packer, Vol. 38, No. 2, Mar.-Abr., 1984 (p. 67-74).
- 30.- Carbonell, J.V. y Piñaga, F.; Frutos, Productos Hortícolas y Derivados- Deshidratación de Cebolla; A.T.A. Vol. 38, No. 4, Octubre.-Diciembre., 1967.
- 31.- Carson, J.F. & Wong, F.F.; The Volatile Flavor Components of Onions; J. Agric. Food Chem., Vol. 9, No. 2, Mar.-Apr., 1961 (p. 140-143).
- 32.- Fenwick, G.R., Hanley, A.B.; The Genus Allium, Parts I and II; CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition; Vol. 22, Issue 4.
- 33.- Dantas Cabral, A.C. y Dias Alvim, D.; Alimentos Desidratados- Conceitos Basicos para su Embalagem e Conservação; Biol. Ital., Campinas, 18 (1): 1-65, Jan./Mar., 1981.
- 34.- Heath, Henry; The Microbiology of Onion Products; Food; Jan. 1983, Vol 5, No. 1, Noticias Técnicas, INFOTEC (p. 22-27).
- 35.- Programa Siembra- Exportación de Cebolla para la Temporada 1983-1984, DGEA.
- 36.- Refrigeración como Medio para Disminuir las Pérdidas Post-cosecha; Programa Nacional de Investigación de Tecnología de Alimentos; Tomo II; Mar., 1984 (p. 236).
- 37.- Research Summaries (1971-1973); Division of Fruit and Vegetable Storage; Agricultural Research Organization; Division of Scientific Publications; Jerusalem, 1973 (p. 46).
- 38.- Schwimmer, S. & Guadagni, D.G.; Relation Between Olfactory Threshold Concentration and Pyruvic Acid Content in Onion Juice; Tec. Aliment. (Méx.), Vol 23, No. 4, 1988.
- 39.- Schwimmer, S., Venstrom, D. & Guadagni, D.G.; Relation Between Pyruvic Acid Content and Odor Strength of Reconstituted Onion Powder; Food Technol.; August, 1964 p. 121-123).
- 40.- Schwimmer, W. & Weston, W.J.; Enzymatic Development of Pyruvic Acid in Onion as a Measure of Pungency; Vol. 9, No. 4,

- July-Aug.; J. Agric. and Food Chem., 1961 (p. 310-304).
- 41.- Whitaker, John R.; Development of Flavor, Odor, and Pungency in Onion and Garlic; Adv. Food Res., 22, 1973 (p. 73-126).
 - 42.- Hernández Delgado, José Eduardo; Diseño de una Planta Industrial para la Deshidratación de Ajo y Cebolla; Tesis ESQIE, IPN, 1980.
 - 43.- Roch Abiega, José Francisco; Estudio de la Deshidratación del Ajo en un Secador al Vacío; Tesis UIA, 1966.
 - 44.- Villalobos Cruz, Manuel; Obtención de Aceite Esencial de Cebolla a Nivel Planta Piloto; Tesis Maestría, Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos, ENCB, IPN, 1980.
 - 45.- Alimentos para Humanos- Especies y Condimentos- Cebolla Deshidratada; NOM - F - 233- 1982.
 - 46.- Centro- Inspec, S.A. de C.V.; Certificado de Análisis de Cebolla Deshidratada para Deshidratadora la Cascada, S.A. de C.V.
 - 47.- Deshidratadora la Cascada, S.A. de C.V.; Vegetales Deshidratados para la Industria Alimenticia; Industrial Balvanera, Querétaro, Qro.
 - 48.- Sistema de Estadísticas de Comercio Exterior [Dirección General de Estadística Sectorial e Informática (SCFI)].