



1
2ej

*Universidad Nacional
Autónoma de México*

Facultad de Estudios Superiores

C U A U T I T L A N



**INHIBICION DE OSCURECIMIENTO DE PAPA "Solanum
Tuberosum" PARA SU POSTERIOR DESHIDRATACION EN
UN SECADOR SOLAR TIPO GABINETE.**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S

Para obtener el Título de
INGENIERO EN ALIMENTOS
p r e s e n t a n

**ALVAREZ LAGOS HILDA GUADALUPE
OROZCO PEREZ JUAN**

Asesor: Dra. Sara E. Valdés Martínez



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.

INDICE

	PAGINA
Resumen.....	01
CAPITULO I	
I. Introduccion.....	02
CAPITULO II	
II. Objetivos.....	04
CAPITULO III	
III. Generalidades.....	05
III.1 Definicion y origen de la papa	05
III.2 Taxonomia	05
III.3 Descripción de las variedades más cultivadas en México.....	06
III.4 Producción, Consumo per-cápita y destino de la producción de papa en México.....	06
III.5 Composición química y valor nutritivo de la papa..	10
CAPITULO IV	
IV. Oscurecimiento en Alimentos.....	13
IV. 1 Oscurecimiento Enzimático.....	13
IV. 2 Oscurecimiento No enzimático.....	16
IV. 2. 1 Reacción de Maillard.....	16
IV. 2. 2 Oxidación de ácido ascórbico.....	18
IV. 2. 3 Caramelización.....	19
IV. 3 Oscurecimiento en papa.....	21
IV. 4 Control del oscurecimiento.....	22
IV. 5 Restricciones al uso de sulfitos.....	25
CAPITULO V	
V. Secado Solar.....	27
V. 1 Generalidades.....	27
V. 2 Principios básicos del secador solar.....	30
V. 3 Clasificación de los secadores solares.....	31
V. 3. 1 Secado al sol o natural.....	31
V. 3. 2 Secadores Solares directos.....	32
V. 3. 3 Secadores Solares indirectos.....	32
V. 3. 4 Secadores Solares Mixtos.....	32
V. 3. 5 Secadores Híbridos.....	32
V. 4 Secador Solar de Gabinete.....	35

CAPITULO VI

VI.	Metodología.....	37
VI. 1	Materia Prima.....	38
VI. 2	Preparación de la muestra.....	38
VI. 3	Inhibición del oscurecimiento no enzimático.....	39
VI. 4	Secado Convencional.....	40
VI. 5	Determinación de color.....	40
VI. 6	Construcción del secador solar de gabinete.....	41
VI. 7	Preparación de la muestra para el secado solar.....	47
VI. 8	Secado de papa en el secador solar.....	47
VI. 9	Construcción de curvas de secado.....	49
VI.10	Diseño experimental.....	49

CAPITULO VII

VII.	Resultados y Discusión.....	51
VII.1	Efecto del ácido ascórbico, ácido cítrico y mezclas de ambos sobre el oscurecimiento no enzimático en papa deshidratada.....	51
VII. 2	Selección de la concentración de Ac. Cítrico y tiempo de inmersión mínimo para inhibir el oscurecimiento enzimático.....	54
VII. 3	Secado de papa en el secador solar tipo gabinete...	58

CAPITULO VIII

VIII.	Conclusiones y Recomendaciones.....	68
-------	-------------------------------------	----

APENDICE.....	71
---------------	----

BIBLIOGRAFIA.....	72
-------------------	----

INDICE DE FIGURAS

No. DE FIGURA	TITULO	PAGINA
01	Reacción de oscurecimiento enzimático....	15
02	Reacción de Maillard.....	17
03	Formación de furfural a partir de Ac. ascórbico.....	20
04	Secador solar tipo gabinete(vista exterior)	42
05	Secador solar tipo gabinete(vista interior)	43
06	Determinación del ángulo de inclinación..	44
07	Dimensiones del secador solar de gabinete	46
08	Forma de sujetar la charola a la báscula para registrar la pérdida de peso..... (secador en funcionamiento)	48
09	Pérdida de peso en una muestra de papa secada en horno convencional.....	53
10	Efecto del Ac. cítrico, Ac. ascórbico y mezclas de ambos en el color de la papa deshidratada.....	56
11	Efecto de la concentración del Ac. cítrico y el tiempo de la inmersión en el color de la papa deshidratada.....	59
12	Tiempo de secado contra pérdida de peso. Rodajas, una cubierta de vidrio.....	64

13	Tiempo de secado contra pérdida de peso. Rodajas, dos cubiertas de vidrio.....	65
14	Tiempo de secado contra pérdida de peso. Cubos, una cubierta de vidrio.....	66
15	Tiempo de secado contra pérdida de peso. Cubos, dos cubiertas de vidrio.....	67

INDICE DE CUADROS

No. DE CUADRO	TITULO	PAGINA
01	Características de las variedades de papa más cultivadas en México.....	07
02	Producción de papa por estados.....	08
03	Composición química de la papa.....	12
04	Clasificación de los secadores solares....	36
05	Porcentaje de transmitancia promedio de muestras de papa deshidratada tratadas con diferentes aditivos químicos.....	55
06	Porcentaje de diferencias entre los valores de transmitancia de las papas deshidratadas y tratadas con diferentes aditivos químicos.....	55
07	Porcentaje de transmitancia promedio de muestras de papa deshidratada tratadas con Ac. cítrico a diferentes tiempos de inmersión.....	57
08	Resultados de los análisis estadísticos...	60
09	Resultados del secado solar.....	63

RESUMEN

En el presente trabajo se estudió el efecto del ácido cítrico, ácido ascórbico y mezclas de ambos [relación 1:1] sobre el oscurecimiento no enzimático en rodajas de papa (de 1 mm. de espesor) después de ser deshidratadas. Se tomó como parámetro el color del producto seco, determinándose el por ciento de transmitancia como una forma de evaluar este oscurecimiento. se observó que el aditivo que mejor preserva el color es el ácido cítrico, por lo que se determinó un tiempo y una concentración de este compuesto para inhibir el oscurecimiento no enzimático.

Después de realizado lo anterior, se procedió a construir un secador solar tipo gabinete, en el cual se realizaron pruebas de secado, variándose el número de cubiertas de vidrio en el secador (una o dos) y el corte de papa (rodajas o cubos). Se obtuvo el menor tiempo de secado con el equipo provisto de dos cubiertas y el corte de papa en rodajas.

CAPITULO I

I.-INTRODUCCION

La papa es un tubérculo originario de América que fue introducido a Europa a fines del siglo XVI y que en la actualidad alcanza una producción relevante debido a que puede desarrollarse en una gran variedad de suelos y climas [3].

Es un alimento que forma parte importante de la dieta de personas de todo el mundo, ya que es rica en nutrientes energéticos por su alto contenido de almidón y vitamina C [8].

El potencial que presenta el desarrollo del procesamiento de la papa en la industria es muy amplio, ya que además de su gran aceptación en fresco, también existe una diversidad de formas en que puede aprovecharse y comercializarse, como son: congeladas, en hojuelas deshidratadas, enlatadas (con o sin otras verduras), en forma de harina, almidones para uso en la industria alimentaria o farmacéutica y textil [3,8].

Durante el procesamiento de la papa, esta puede sufrir reacciones de oscurecimiento tanto enzimáticas como no enzimáticas. Dada la poca aceptación del producto dañado por dichas reacciones, se aplican diferentes métodos de control para inhibirlas, como son: el blanqueo; para inhibir el oscurecimiento enzimático y, el uso de agentes químicos como el dióxido de azufre

para inhibir reacciones de oscurecimiento no enzimáticas. sin embargo se ha encontrado que este compuesto destruye en forma significativa la tiamina, aunado a que en 1986 fue relacionado en Estados Unidos de Norteamérica con algunas muertes, lo cual provoco se establecieran algunas restricciones en cuanto a su uso [13,18].

El secado es uno de los procesos de la industria alimentaria, que proporciona ventajas para la conservación del producto obtenido, sin embargo al igual que la evaporación son técnicas que representan por su gran consumo de energía, un mayor costo. Aunado esto al progresivo encarecimiento de los energéticos, se ha promovido la investigación hacia la utilización de la energía solar en la industria de la transformación de alimentos, por lo que se ha incrementado el interés por el desarrollo de secadores solares para eliminar en forma parcial o total el uso de otra fuente de energía, para así poder abatir los costos de producción.

Es por lo anterior que el objetivo de este trabajo plantea la inhibición del oscurecimiento en papa para ser deshidratada en un secador solar tipo gabinete, el cual se pretende por sus características sea utilizado a nivel doméstico y/o rural.

CAPITULO II

II. OBJETIVOS.

II.1 OBJETIVOS GENERALES

II.1.1.- Inhibición del oscurecimiento en papa mediante un metodo que no incluya el uso de sulfitos.

II.1.2.- Estudio de la cinética de secado de papa, en un secador solar tipo gabinete.

II.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS

II.2.1.- Empleo del blanqueo en el pretratamiento del producto.

II.2.2.- Selección de la concentración y tiempo de aplicación del ácido orgánico para lograr la inhibición del oscurecimiento.

II.2.3.- Construcción y operación del secador solar tipo gabinete.

II.2.4.- Evaluación del efecto de corte y número de cubiertas en secado.

CAPITULO III

III. GENERALIDADES

III.1 DEFINICION Y ORIGEN DE LA PAPA (*Solanum tuberosum*,L).

La papa es un tallo subterráneo y es el vegetal que más se cultiva en La Tierra. La papa no es una raíz, ya que tiene nodos,ojos y otras características de los tallos. Los nativos de Bolivia y Perú cultivaron la papa desde hace siglos y se introdujo su cultivo y comercialización al resto del mundo después del descubrimiento de América[3,8].

III.2.- TAXONOMIA.

Pertenece a la familia de las solanáceas, se compone de un gran número de especies de las que se conocen a más de 130, desde regiones agrícolas de Estados Unidos, de México y varios países centroamericanos.

En el mundo se cuentan mas de un millar de variedades, clasificadas desde el doble punto de vista de su aprovechamiento y de la forma y color del tubérculo: se distinguen tres grupos principales:

a) Las variedades industriales se caracterizan por su riqueza de feculas del 19 al 20%. Son resistentes al frío y a las

enfermedades y son generalmente tardías. La pulpa está formada de células grandes y es de color blanco.

b) Las variedades de gran consumo. tienen la pulpa blanca, formada por células más pequeñas, son utilizadas tanto en la alimentación humana como en la de los animales especialmente cerdos y también se emplean para la extracción de fécula.

c) Las variedades horticolas están consideradas como más finas. tienen en general pulpa amarilla, suelen ser tempranas y de rápido desarrollo. La pulpa está formada por células pequeñas apretadas [9].

III.3.- DESCRIPCION DE LAS VARIEDADES MAS CULTIVADAS EN MEXICO

En el cuadro No. 1. se encuentra un resumen de las características de las variedades de papa más cultivadas en México y se puede observar la diferencia de color tanto de la cascara como de la pulpa, la resistencia a enfermedades y a condiciones climatológicas adversas, así como la temporada de cultivo y los usos de las distintas variedades.

III.4.- PRODUCCION, CONSUMO PER-CAPITA Y DESTINO DE PRODUCCION DE PAPA EN MEXICO.

En México, la papa es un producto de alto consumo, ya que forma parte importante de la dieta de los mexicanos, esta disponible durante todo el año, ya que siempre hay un estado que la produce.

**CUADRO No.1 Características de las variedades de PAPA
mas cultivadas en México.**

VARIEDAD	NOMBRE	COLORACION		RESISTENCIA A	RESISTENCIA A CONDICIONES	TEMPORADA	USOS
	COMUN	PIEL	PULPA	ENFERMEDADE	CLIMATOLOGICAS ADVERSAS	DE CULTIVO	
MEXICANA	Rosita	Rosada	Crema	Resistente a Tizon tardío	Tolerante a heladas y granizo.	Temporal	Consumo en fresco
	Murca	Roja	Crema	Resistente a Tizon tardío	Tolerante a heladas y granizo.	Temporal	Consumo en fresco
	Alpha	Blanca	Crema	Resistente a Tizon tardío	No es tolerante a Heladas y granizo	Riego y Temporal	Consumo en fresco y uso en la Industria
	Tollocan	Blanca	Crema	Resistente a Tizon tardío	Tolerante a heladas y granizo.	Riego y Temporal	Consumo en fresco y uso en la Industria
	Juanita	Roja	Crema	Resistente a Tizon tardío	Tolerante a heladas y granizo.	Temporal	Consumo en fresco
	Greta	Blanca	Crema	Resistente a Tizon tardío	No es tolerante a Heladas y granizo	Riego y Temporal	Consumo en fresco
	Atzimba	Blanca	Crema	Resistente a Tizon tardío	No es tolerante a Heladas y granizo	Riego y Temporal	Consumo en fresco
	AGK-69-1	Roja	Amarilla	Resistente a Tizon tardío	Tolerante a heladas y granizo.	Riego y Temporal	Consumo en fresco
	Montzana	Roja	Crema	Resistente a Tizon tardío	Tolerante a heladas y granizo.	Riego y Temporal	Consumo en fresco
HOLANDESA	Patrones	Blanca	Crema	Susceptible a Tizon tardío	No es tolerante a Heladas y granizo	Riego y Temporal	Consumo en fresco y uso en la Industria
*CRIOLLA NATIVA	López	Roja	Amarilla	Susceptible a Tizon tardío	No es tolerante a Heladas y granizo	Riego y Temporal	Consumo en fresco
*ROJITA SAN JOSE	Yema	Roja	Amarilla	Resistente a Tizon tardío	Tolerante a heladas y granizo.	Riego y Temporal	Consumo en fresco

* No registrada como variedad
Referencia

Enontecnia Agrícola. 1989 SAH. México.

CUADRO No.2 PRODUCCION DE PAPA POR ESTADOS

ESTADO	VOLUMEN
	TONELADAS
SINALOA	180,478
EDO. DE MEXICO	157,763
PUEBLA	133,957
CHIHUAHUA	95,846
NUEVO LEON	83,803
VERACRUZ	68,324
GUANAJUATO	57,313
MICHOACAN	48,275
SONORA	40,030
BAJA CALIFORNIA NORTE	20,179
HIDALGO	18,131
ZACATECAS	15,360
JALISCO	11,532
AGUASCALIENTES	11,442
CHIAPAS	8,291
NAYARIT	4,256
DURANGO	3,889
SAN LUIS POTOSI	2,421
OAXACA	2,038
MORELOS	1,046
BAJA CALIFORNIA SUR	780
TAMAULIPAS	300
TLAXCALA	139
TOTAL	965,693

FUENTE: Econotecnia Agrícola. 1989. SARH. México

En el cuadro No. 2 se muestra el volumen de producción de papa por estados obtenida en el año de 1989. Como puede apreciarse los principales estados productores en ese año fueron (en orden decreciente) : Sinaloa, Estado de México, Puebla, Chihuahua, Nuevo León y Veracruz.

Por otra parte, el consumo nacional per-cápita de papa ha aumentado durante el periodo 1975-1989, al variar de 12.9 Kg. como promedio del lapso 1975-1980 a 13.3 Kg. referente al periodo 1981-1986 y de este periodo a 1989 de 14.8 Kg., aunque este consumo es relativamente bajo en comparación al europeo, el cual en 1987 fue de 60 Kg. [9.27].

Por lo que se refiere al destino de la producción, no existen estadísticas a nivel nacional que indiquen los porcentajes de producción destinados al consumo en fresco e industrial. Debido a esto se han realizado algunas investigaciones para definir el destino de la producción, una de ellas referente al destino de la variedad Alpha, la cual representó en 1986 el 31.2% de la producción total de papa en el país, en este estudio se encontró que alrededor del 10% de la producción de esta variedad (57,000 Ton) es captado por dos de las empresas freidoras más grandes del país, para su industrialización, sin embargo, se desconoce el volumen captado por otras procesadoras del producto, que sumadas representan un volumen muy considerable [27].

III.5.- COMPOSICION QUIMICA Y VALOR NUTRITIVO DE LA PAPA.

La composición química de la papa cambia de acuerdo a la variedad, labores de cultivo, estado de madurez en que se coseche, temporada de cosecha, periodo y condiciones de almacenamiento. Siendo la composición química general, la que se muestra en el Cuadro No. 3.

En vista de que el contenido inorgánico está compuesto principalmente por hierro, magnesio y fósforo, así como potasio y calcio se considera una buena fuente de estos minerales.

Los carbohidratos en los alimentos están clasificados como disponibles y no disponibles. La papa contiene ambos grupos. Encontrándose del grupo de disponibles al almidón y los azúcares. El almidón comprende del 65 al 80% de la materia seca de la papa. Los principales azúcares que se encuentran en este tubérculo son la glucosa, fructosa y en menor grado la xilosa, ramnosa y melobiosa. Además de azúcares reductores, también se encuentra en la papa sacarosa que al hidrolizarse forma glucosa y fructosa.

En cuanto a los carbohidratos no disponibles que se encuentran presentes en la papa, se tiene a la celulosa, que representa del 10 al 20% de los polisacáridos no digeribles, sustancias pécticas que constituyen el 1% en promedio de la papa, estas sustancias se dividen en protopectina, pectina soluble y ácido péctico. La hemicelulosa que representa cerca del 1% del total de polisacáridos de la papa.

Puede considerarse que la papa es una buena fuente de vitaminas, ya que de las seis recomendadas en la dieta diaria, solo carece de la A y la D, conteniendo las otras cuatro en buena proporción, siendo éstas : el ácido ascórbico, Tiamina, Niacina y la Riboflavina.

En resumen se puede decir que la papa es una fuente importante de energía primordial debido a su alto contenido en carbohidratos, vitaminas y minerales, además de contener proteínas de alta calidad [8].

CUADRO No.3 COMPOSICION QUIMICA DE LA PAPA

COMPONENTE	GM / 100 GM
HUMEDAD	75.50
CENIZAS	1.00
PROTEINAS	2.00
GRASA	0.10
FIBRA CRUDA	0.60
CARBOHIDRATOS TOTALES	20.00
TIAMINA *	0.07
RIBOFLAVINA *	0.03
NIACINA *	1.10
ACIDO ASCORBICO *	1.10

* MG. / 100 GM.

Fuente: Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos.
Instituto Nacional de la Nutrición. sexta Edición. 1974. México.

CAPITULO IV

IV. OSCURECIMIENTO EN ALIMENTOS

En general son cuatro tipos de reacciones de oscurecimiento las que ocurren en los alimentos:

- a).- Oscurecimiento por acción de la fenolasa.
- b).- Oxidación del ácido ascórbico.
- c).- Maillard.
- d).- Caramelización.

La primera corresponde al oscurecimiento denominado ENZIMATICO y las tres últimas al oscurecimiento NO ENZIMATICO (aunque el ácido ascórbico también se degrada vía enzimática) [17].

IV.1.- OSCURECIMIENTO ENZIMATICO

Para que ocurra este tipo de oscurecimiento se requiere la existencia de cuatro componentes esenciales: Oxígeno. Enzima. Sustrato y Cobre como cofactor. Ocurre cuando el tejido vegetal que contiene la enzima, el cofactor y el sustrato, es dañado o cortado y expuesto al aire (O).

El curso del oscurecimiento está determinado primeramente por los siguientes factores:

- i) Concentración de las fenol-oxidasas y disponibilidad del sustrato.
- ii) Naturaleza y concentración de los compuestos fenólicos.
- iii) Concentración de inhibidores naturales del producto.

iv) concentración de oxígeno.

v) pH y temperatura.

La enzima Orto-Difenol Oxidasa (Nombres comunes: Tirosinasa, Catecolasa, Fenolasa) cataliza la oxidación de los monofenoles (ejemplos: Tirosina, Fenol, P-Cresol) así como también de los O-Difenoles, como se indica en la figura No. 1.

Las quinonas formadas se condensan a productos de color oscuro como los Fllobafenos y melaninas.

La para -difenol-oxidasa ataca exclusivamente Orto y Para Difenoles. nunca Monofenoles. estas enzimas se encuentran ampliamente distribuidas en frutas, verduras, tubérculos y champiñones.

El oscurecimiento enzimático depende de la concentración y distribución de los fenoles que se encuentran en el tejido vegetal. así como de la intensidad de color de los pigmentos formados.

El pH y la temperatura tienen una gran influencia en la actividad de las polifenoloxidasas. EL pH óptimo para que se lleven a cabo estas reacciones se encuentra entre 5 y 7. Generalmente a un pH abajo de 4 no se observa actividad enzimática.

La temperatura óptima de acción se encuentra entre 25 y 35°C. La sensibilidad para el calor o el frío está determinada por el origen enzimático.

Las polifenoloxidasas, por regla general, no pertenecen a las enzimas termoresistentes y un breve calentamiento de 70 a 90° C las inactiva completamente [10,11].

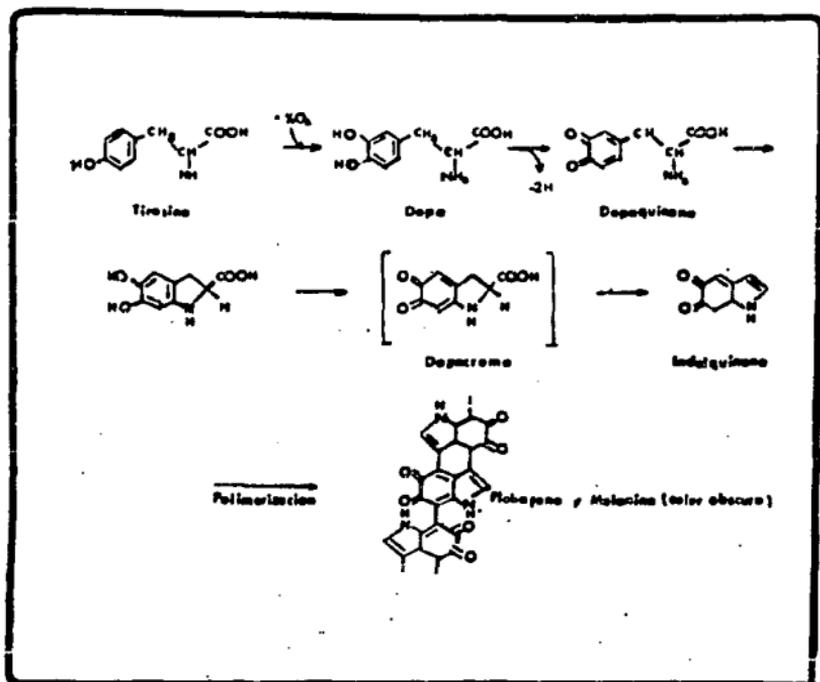


FIG. 1 .- REACCION de OSCURECIMIENTO ENZIMATICO

PUNTE: "El uso de ácido ascórbico y ascorbato en el procesamiento de frutas y verduras."
Boletín. 1967, Diciembre, Productos Roche S.A. de C.V. México

IV.2.- OSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO

Durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos ocurren fenómenos de oscurecimiento de naturaleza química. En algunos casos es deseable, ya que proporcionan propiedades sensoriales características a algunos productos, tales como la coloración castaña de algunas cervezas, de la corteza del pan, la cajeta, etc.. sin embargo en algunos otros alimentos esto es perjudicial ya que hay deterioro del aroma, color, sabor y valor nutritivo.

Este tipo de oscurecimiento puede deberse a las siguientes reacciones(5,8,11):

- a).- Reacción de Maillard
- b).- Oxidación del ácido ascórbico
- c).- Caramelización

IV.2.1.- REACCION DE MAILLARD

La reacción de oscurecimiento de Maillard, es también conocida como condensación de la melanoidina: se lleva cabo entre un grupo aldehído o cetona, proveniente de los azúcares reductores y grupos amino de aminoácidos y proteínas.

Esta reacción sucede cuando los alimentos se calientan a altas temperaturas o cuando se almacenan por largos períodos de tiempo, esto trae como consecuencia reducción de la solubilidad de las proteínas, producción de sabor amargo y disminución de valor nutritivo.

Los azúcares reductores que favorecen la reacción son: pentosas, hexosas, disacáridos, ácidos urónicos y cetonas; la reactividad

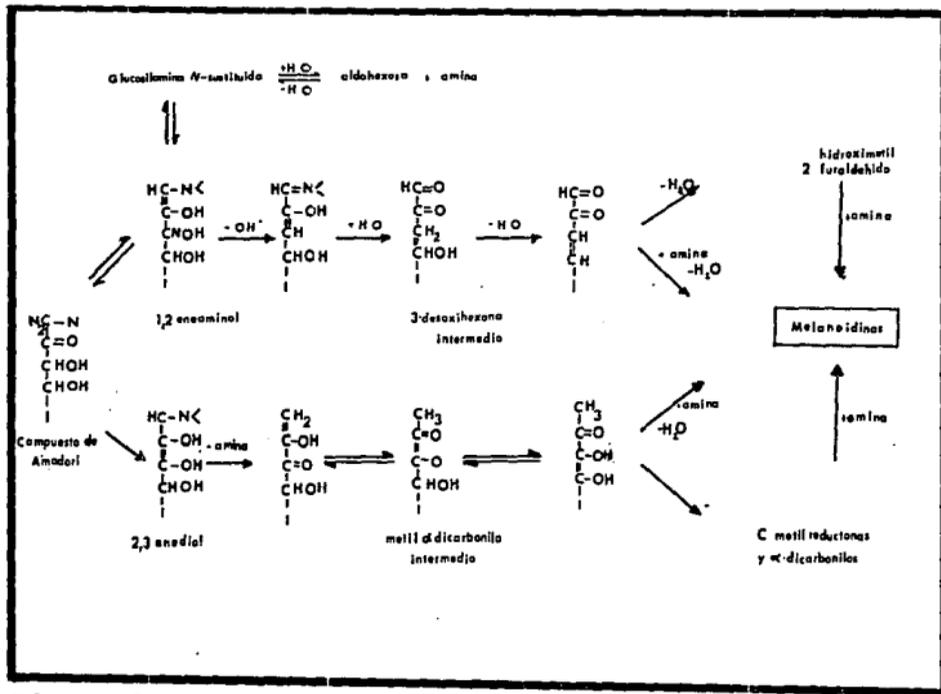


FIG.- 2 REACCION DE MAILLARD

fuente: FEYNEMA: "INTRODUCCION A LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS", 1982, pag. 98. REVERTE.

de estas sustancias es diferente y varía en cada caso. Las cetonas reaccionan con aminas aromáticas, sin producir pigmentos, sin embargo los aminoácidos efectúan las reacciones de oscurecimiento.

Este tipo de oscurecimiento es fácil de detectar debido a la acumulación de pigmentos oscuros; se favorece a un pH ligeramente alcalino y por lo tanto los alimentos ácidos no están sujetos a este tipo de oscurecimiento. A medida que aumenta la temperatura se favorece la reacción. La actividad del agua desempeña un papel muy importante, ya que los alimentos con más bajos valores son más propensos al oscurecimiento.

En la figura No. 2, se representan dos de las diferentes variaciones de la reacción de Maillard. La vía más importante es a partir del 1,2-eneaminol del compuesto de Amadori (Hidroximetilfurfural). El camino menos importante (que probablemente representa menos del 5% de la descomposición total del azúcar), empieza con el compuesto 2,3-enediol de Amadori.

IV.2.2.- OXIDACION DEL ACIDO ASCORBICO

Este tipo de reacción es muy frecuente en jugos de cítricos y es muy importante en alimentos ya que implica pérdida de vitamina C y la producción de pigmentos indeseables.

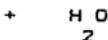
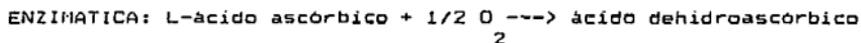
El ácido ascórbico es muy inestable y rápidamente se oxida en presencia de aire, transformándose en ácido dehidroascórbico, que a su vez puede pasar a Furfural por el mecanismo de Strecker con la consecuente liberación de CO. El furfural formado por esta ruta puede polimerizarse y producir pigmentos oscuros, como se

muestra en la figura No.3.

Por otra parte, el Furfural es un aldehído activo que puede experimentar con facilidad la reacción de Maillard aún con cantidades pequeñas de aminoácidos.

El ácido ascórbico también puede ser oxidado por la enzima ácido ascórbico oxidasa a ácido dehidroascórbico de donde se producen los correspondientes pigmentos. Esta enzima requiere Cobre como cofactor encontrándose en productos cítricos como la naranja y la toronja.

La oxidación del ácido ascórbico por vía enzimática es ligeramente diferente a la que sucede en forma directa con el oxígeno del aire:



La oxidación se puede prevenir evitando la exposición del producto al oxígeno, o la eliminación de este.

Tratamientos térmicos como la pasteurización en los jugos inhiben la enzima.

IV.2.3 CARAMELIZACIÓN

La caramelización se presenta cuando los azúcares son calentados

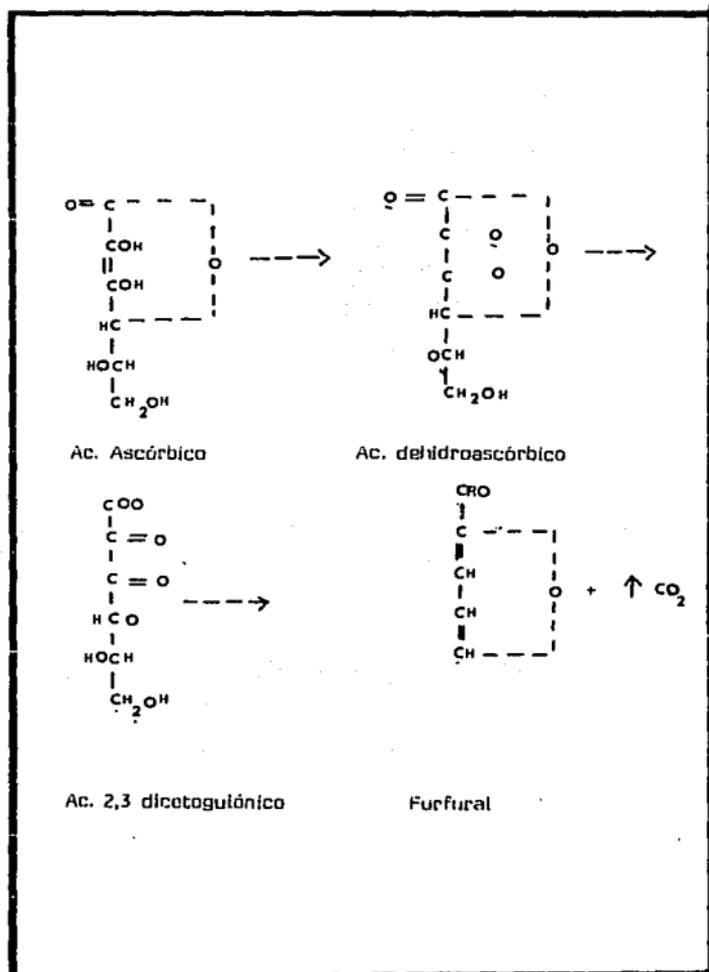


FIG. No. 3 Formación de Furfural a partir de Ac. Ascórbico
 fuente : Badui.1981."Química de los Alimentos". Alhambra. España .

por encima de su temperatura de fusión, en la que los monosacaridos forman enoles como paso inicial de la reacción. Esta reacción se favorece por la presencia de ácidos carboxílicos, por algunos metales y por pH alcalinos: aunque también puede efectuarse en condiciones ácidas. Los mecanismos de reacción más importantes son los de deshidratación y fragmentación que dan origen a los pigmentos oscuros.

Cuando el azúcar es un disacárido, como la sacarosa, debe existir primero una hidrólisis que produzca los correspondientes monosacaridos que se transforman posteriormente a la forma enólica. El segundo paso es la deshidratación del enol para obtener derivados furánicos, los cuales a su vez se pueden polimerizar en un paso final para formar los pigmentos oscuros. Al llevarse a cabo esta última reacción se da la formación de compuestos que dan un sabor a quemado y amargo, a diferencia de los compuestos producidos en la fase inicial que son de color y sabor agradable.

IV.3 OSCURECIMIENTO EN PAPA

Para la industria procesadora de papa, es una preocupación constante mantener un color lo más estandar posible en sus productos: aunque esto es difícil de lograr puesto que el color está determinado por la composición química del tubérculo y no siempre se trabaja con la misma variedad, por lo que generalmente se obtienen productos de diferente tonalidad.

Lurante el procesamiento de la papa pueden ocurrir reacciones de

oscurecimiento enzimático y no enzimático, las primeras son causadas por acción de la fenoloxidasa sobre los fenoles naturales, especialmente sobre el aminoácido Tirosina. Las segundas debido a las reacciones químicas entre aminoácidos y los azúcares reductores (Reacción de Maillard).

IV. CONTROL DEL OSCURECIMIENTO

De acuerdo a lo mencionado acerca de las reacciones de oscurecimiento enzimático y no enzimático, se deduce que la temperatura, el pH, la actividad de agua del alimento así como la presencia de azúcares y el oxígeno desempeñan un papel importante en el control de estas reacciones, las cuales se pueden inhibir de la siguiente manera:

IV.4.1.- ELIMINACION DE OXIGENO

La eliminación de oxígeno retarda las reacciones de oscurecimiento, sin embargo el oscurecimiento ocurrirá cuando éste se haga presente. La exclusión de oxígeno se puede lograr (en el caso de vegetales) por inmersión en agua, jarabe, salmuera o empacándolos al vacío para retardar el oscurecimiento enzimático. La eliminación de oxígeno también es importante en alimentos susceptibles a sufrir oxidación del ácido ascórbico, dicha eliminación puede ser realizada deareando el producto (como en el caso de jugos concentrados) [11,18].

IV.4.2 .- CONTROL DE LA TEMPERATURA

Deben tomarse ciertas precauciones para prevenir o disminuir la velocidad de oscurecimiento. Un método útil es refrigerar los

alimentos, ya que la disminución de la temperatura aminora la velocidad de todas las reacciones químicas, en especial las de oscurecimiento.[11].

IV.4.3 .- TRATAMIENTO TERMICO

Es el método más comunmente usado para controlar el oscurecimiento enzimático en frutas y hortalizas que van a ser enlatados, congelados o deshidratados. El tratamiento térmico (blanqueo), se puede realizar con vapor o por inmersión en agua caliente por un determinado tiempo.

Este método es muy aplicado en papa destinada a ser deshidratada; en general, las fenolasas son inactivadas a temperaturas de 70 a 90° C. estas se inactivan por completo a 95° C. pero a partir de 85° C se da la destrucción de vitamina C. por lo que se recomienda un tratamiento a 80° C por un tiempo de exposición de 3 minutos, ya que bajo estas condiciones la pérdida de nutrimentos es mínima y la actividad enzimatica disminuye en un 99.8 % [6.10].

IV.4.4.- CONTROL DE LA ACTIVIDAD DE AGUA

La actividad de agua de un alimento es un factor decisivo para que se efectúen las reacciones de oscurecimiento enzimático y no enzimático, ya que estas se favorecen cuando el contenido de humedad es alto, disminuyendo la velocidad de las reacciones conforme reduce el contenido de humedad (y por lo tanto la actividad de agua) en el alimento. Aunque en el caso de la reacción de Maillard, ésta se favorece a bajo contenido de humedad[11].

IV.4.5 USO DE AGENTES QUIMICOS

En la inhibición de las reacciones de oscurecimiento, también es recomendable el uso de ácido ascórbico, ácido cítrico y sulfitos, especialmente el sodio.

IV.4.5.1 ACIDO ASCORBICO

Este compuesto es empleado para inhibir las reacciones de oscurecimiento enzimático, ya que es un excelente agente reductor y como tal reduce las O-quinonas formadas por la acción de las fenolasas al compuesto original O-dihidroxifenólico previniendo de esta forma la condensación de productos coloreados, la cual es una reacción irreversible [10,17,18].

IV.4.5.2.- ACIDO CITRICO

El ácido cítrico puede ser empleado para inhibir tanto el oscurecimiento enzimático como el no enzimático ya que tiene un doble efecto inhibitorio, debido a la porción de cobre de las fenolasas haciendo más lenta esta reacción, pero no evita por completo que ocurra. Además baja el pH del medio por debajo de los puntos isoeléctricos de los aminoácidos, péptidos y proteínas, con lo cual se inhibe la reacción de Maillard [11,18].

IV.4.5.3.- SULFITOS (DIOXIDO DE AZUFRE)

El dióxido de azufre en forma gaseosa o como sulfito es utilizado durante el procesamiento de frutos y hortalizas para prevenir su oscurecimiento inmediatamente después de rebanarlas y antes de deshidratarlas o congelarlas, ya que puede actuar como agente

reductor para inhibir el oscurecimiento enzimático y además puede interaccionar con los grupos carbonilo de los azúcares reductores y del ácido ascórbico, minimizando su posibilidad de reaccionar subsecuentemente; inhibiéndose de esta forma el oscurecimiento no enzimático [11].

IV.5 RESTRICCIONES AL USO DE SULFITOS

Los sulfitos han tenido numerosos usos en los alimentos, han sido usados por muchas décadas en el procesamiento de los alimentos como agentes sanitizantes en contenedores de alimentos y equipo de fermentación, como preservativos para reducir o para prevenir la contaminación microbiana de los alimentos, como inhibidor de microorganismos indeseables para las industrias de fermentación y como antioxidante e inhibidor de enzimas que catalizan la decoloración oxidativa y oscurecimiento no enzimático durante la preparación, almacenamiento y distribución de muchos alimentos. También son usados como acondicionadores de masa, agentes de blanqueo, controladores de pH y agentes estabilizantes.

A pesar de todas las ventajas que presenta el uso de los sulfitos, la Food and Drug Administration (FDA) en los Estados Unidos de Norteamérica, el 13 de noviembre de 1985 estableció sanciones al uso de sulfitos como preservativos en productos de papa deshidratada, bebidas, productos de frutas cítricas, frutas y hortalizas deshidratadas. también sancionó el uso de bisulfito de sodio para prevenir el oscurecimiento y preservar papas peladas precocidas [13].

El 8 de agosto de 1986, la FDA prohibió el uso de sulfitos debido

a que fueron relacionados con 13 muertes y algunas enfermedades, principalmente entre los asmáticos, sin embargo después de muchos estudios se probó que no existía relación con tales muertes y enfermedades, por lo que la FDA reglamentó que a partir del 9 de enero de 1987 todos los alimentos empacados que contengan más de 10 ppm de Dióxido de Azufre, deberán declarar en la etiqueta la presencia de sulfitos.

Posteriormente en el Federal Register del 19 de diciembre de 1988 se reglamentó que el uso de sulfitos tiene que ser declarado en la etiqueta de los productos alimenticios producidos de manera estándar, siempre y cuando la presencia de estos tenga un efecto funcional en el producto o cuando los sulfitos estén presentes a nivel detectable. El nivel detectable establecido por el reglamento es de 10 ppm. No permitiéndose el uso de sulfitos en carne o alimentos reconocidos como fuente de tiamina o en frutas que son servidas crudas y presentadas al consumidor como frescas sin empaque ni etiqueta.

Para el caso de la papa se permite un máximo de 500 ppm de Dióxido de Azufre residual.

CAPITULO V

V. SECADO SOLAR

VI. GENERALIDADES

Los procesos de conservación de los alimentos tienen como meta común asegurar el abastecimiento de estos convenientemente y en condiciones óptimas para su consumo.

La tecnología de secado y deshidratación ha cambiado pero sus propositos continúan siendo los mismos: remover el agua de un producto alimenticio para que este pueda ser preservado.

El secado es el método más antiguo y más ampliamente utilizado en la preservación de los alimentos. Pero no fue sino hasta 1795 cuando se desarrolló una unidad para el control del secado, o la deshidratación. Un grupo de franceses construyó un deshidratador a base de corriente de aire a una temperatura de 105 F (40.5 C) la cual circulaba sobre los vegetales. Hoy 200 años después, algunos de los métodos utilizados para la deshidratación de los productos alimenticios son principalmente: por banda transportadora, secado por lecho fluido, por congelación, secado por microondas y secado por aspersion [12].

Los alimentos secos son fáciles de transportar y almacenar por que ocupan solamente alrededor de una décima parte del volumen del alimento fresco.

Los procesos de deshidratación reducen la cantidad de agua de un alimento evitando así que los microorganismos puedan captarla para poder desarrollarse. El crecimiento microbiano se controla debido a que la cantidad de agua libre presente no es la

suficiente para su crecimiento. Los hongos crecen cuando el contenido de humedad es mayor al 12 % aunque algunos crecen a una humedad de 5 %. La mayoría de las bacterias requieren por lo menos de 30 % de humedad. Los granos se secan hasta un 12 % de humedad y los frutos lácteos se secan normalmente a un contenido menor al 5 % [5.11].

El objetivo fundamental de este tipo de procesos es lograr una relación entre cantidad y condición del agua presente para lograr determinados efectos en el alimento y así controlar los procesos químicos, físicos y biológicos con el fin de alargar su vida útil.

La deshidratación consiste en esencia en la eliminación de agua de los alimentos mediante una operación que involucra una transferencia de masa y calor simultáneamente.

La deshidratación de un alimento encierra cambios relacionados con el mismo proceso que pueden resultar perjudiciales para la calidad del producto, es por esto, que se trata de llevar a cabo el proceso bajo condiciones establecidas para mantener los atributos deseados en cada alimento, como son el color, sabor y nutrimentos. Y por otro lado también lograr que el proceso resulte económico y eficiente.

La energía utilizada en la industria de los alimentos deshidratados y en general de alimentos procesados siempre ha sido un factor relevante ya que sus requerimientos comprenden al mayor porcentaje de los costos de operación. Hace años, cuando empezaba la industria de alimentos procesados, el costo de la

energía era relativamente bajo por lo que no existía una investigación encaminada al diseño o cambio de las condiciones de operación para reducir el consumo de energía. En la actualidad, debido al precio de los energéticos fósiles y su escasez, existe un interés mundial en la utilización de otras fuentes de energía. Afortunadamente, la energía solar está disponible sin costo alguno en varios puntos de la superficie terrestre y existen sitios donde, debido a la radiación que se recibe, se puede justificar su empleo como uno de los recursos energéticos más económicos.

Tradicionalmente los países en desarrollo se caracterizan por no poder costear las cantidades de combustible que se requieren para los procesos de deshidratación, ya que las necesidades de energía para separar el agua por deshidratación o concentración son notablemente mayores que las requeridas por cualquier otro método de conservación de alimentos.

En ambos casos, el elevado valor de calor latente de vaporización del agua justifica este mayor consumo, mientras que adicionalmente los bajos rendimientos térmicos de los equipos de deshidratación y la dificultad de reutilizar la energía del aire contribuyen desfavorablemente en este programa energético. Parece ineludible el realizar un estudio para desarrollar sistemas que utilicen energías no convencionales y que mejoren, si es posible el rendimiento térmico de la operación. En este sentido, la utilización de la energía solar ofrece una interesante solución.

V.2.- PRINCIPIOS BASICOS DEL SECADO SOLAR

Las dos fases principales del proceso en los secadores agrícolas solares son el calentamiento solar del fluido utilizado (generalmente aire) y el secado del mismo, en el que el fluido extrae la humedad del material que se ha de secar.

La primera de estas dos fases puede cumplirse de dos maneras:

1) Indirectamente, mediante colectores solares o calentadores de aire, utilizando convección natural o forzada para precalentar el aire ambiente y reducir su humedad relativa: 2) Directamente, calentando en el lugar mismo el aire, que a su vez deshidrata directamente el producto [18].

El primer requisito es la transferencia de calor a la superficie del material húmedo por conducción desde superficies calentadas en contacto con el material, por conducción y convección del aire adyacente a temperaturas sustancialmente superiores a las del material que se seca, o por radiación de superficies circundantes o del sol. La absorción de calor suministra la energía necesaria para evaporar el agua que contiene, aproximadamente 25 KJ (590 cal) por gramo de agua evaporada. El agua empieza a evaporarse de la superficie del material húmedo cuando la energía absorbida ha aumentado la temperatura lo suficiente para que la presión de vapor de agua supere la presión parcial en el aire ambiente. Se logra un estado estacionario cuando el calor necesario para la evaporación llega a ser igual a la tasa de absorción de calor del entorno.

En el secado por radiación directa, parte de esta puede penetrar en el material y ser absorbida por el sólido mismo. En esas condiciones se genera calor en el interior del material y en la superficie y se facilita la transferencia térmica en el sólido. Por razones económicas se buscan, por lo común, las velocidades máximas de secado. Se debe, sin embargo, tener presente la calidad del producto y temperaturas excesivas (que puedan dañarlo) en muchos materiales.

La conductividad térmica del material es también propiedad importante, particularmente si se efectúa el secado en una capa lo bastante profunda como para requerir la conducción de calor de partícula a partícula.

V.3.- CLASIFICACION DE LOS SECADORES SOLARES

Los secadores solares se clasifican según el modo de calentamiento o la manera como se utiliza el calor derivado de la radiación solar [19,20].

En general este tipo de secadores pueden ser clasificados de dos formas (como se aprecia en el Cuadro No. 4)

1.- Por la forma de calentar el aire de secado: Directos e Indirectos.

2.- Por la forma en que se hace circular el aire por el interior del secador: Activos y Pasivos.

V.3.1.- SECADO AL SOL O NATURAL

Estos secadores hacen uso de la acción natural de la radiación solar, humedad y movimiento del aire ambiente para lograr el secado.

V.3.2.- SECADORES SOLARES DIRECTOS

En estas unidades el material a secar se coloca en un receptaculo con cubierta o paneles laterales transparentes. El calor generado por la absorción de la radiación solar sobre el producto, así como sobre las superficies internas de la cámara de secado, evapora la humedad del producto. En esta clasificación entra el secador solar de gabinete, el cual fue elegido y se construyó para la realización de este trabajo y se encuentra descrito en el punto V.4.

V.3.3 SECADORES SOLARES INDIRECTOS

En estos secadores la radiación solar no cae directamente sobre el material que se ha de secar. El aire se calienta en un colector solar y se conduce luego a la cámara de secado para deshidratar el producto.

V.3.4.- SECADORES SOLARES MIXTOS (DIRECTOS E INDIRECTOS)

En estos secadores, la acción combinada de la radiación solar que incide directamente sobre el material a secar y el aire precalentado en un calentador de aire solar (colector), proporcionan el calor necesario para lograr el secado.

V.3.5 SECADORES HIBRIDOS

En los secadores híbridos se utiliza otra fuente de energía, como por ejemplo, un combustible o la electricidad, para suministrar calor o ventilación suplementarios.

V.4 SECADOR SOLAR DE GABINETE

Este secador es básicamente una cámara caliente en la que se pueden deshidratar en pequeña escala fruta, vegetales y otros materiales. Consiste en un receptáculo rectangular aislado en su base y en los lados y cubierto por un techo doble o simple transparente. La radiación solar se transmite a través del techo y se absorbe en las superficies internas ennegrecidas. Debido al aislamiento, sube la temperatura interna. Los agujeros hechos en la base y aspilleras de descarga situadas en partes superiores de los paneles laterales traseros del gabinete le proporcionan ventilación. A medida que aumenta la temperatura, el aire caliente sale por convección natural por las aberturas superiores, mientras que el aire fresco entra por la base.

A continuación se describen en una forma general los factores de diseño de un secador de gabinete:

a) capacidad

Se debe considerar de acuerdo al espacio de que se dispone, tomando en cuenta la forma en que se colocará el producto dentro del gabinete.

b) Número y tipo de cubiertas

Se consideran una o dos cubiertas para secadores de este tipo ya

que sirven de barrera para evitar la salida del aire que ha sido calentado en el interior. Se pueden utilizar distintos materiales como mica plastica o vidrio, para que permitan la entrada de los rayos solares y tengan un efecto de invernadero en el interior. El vidrio puede utilizarse ya que presenta una absorbancia de la luz solar de 3.5% y una transmisividad de 68% a un ángulo de inclinación de 11° [26].

c) Angulo de inclinación

La cubierta debe presentar cierto angulo de inclinación para recibir los rayos solares en forma directa: ya que debido a la redondez de La Tierra los rayos solares no llegan con la misma inclinación a todos los puntos de la superficie terrestre ya que estos sólo son verticales en los lugares cercanos al Ecuador e inclinados en el resto del planeta.

d) Paredes laterales y puerta

Son basicas para la formación del gabinete y deben tener dimensiones adecuadas para lograr el ángulo de inclinación requerido por la o las cubiertas. El material tambien puede ser diverso, pero en general se recomienda uno que aisle como plastico o madera. La madera se considera barata y fácil de conseguir, y puede recubrirse para que la humedad no la dañe.

e) Base del secador

Lo anteriormente señalado tambien se aplica para la seleccion de la base del secador.

f) Superficie de absorción

Se considera la parte interna del secador y sobre todo el piso del mismo. Se pueden utilizar materiales para aumentar el área de absorción como el cartón corrugado. Además de utilizar materiales negros mate para que la absorción se incremente aún más.

g) Superficie de secado

Se considera al espacio donde se coloca el producto, el cual debe permitir el paso del aire y la salida de humedad del producto, por lo que lo mejor es que se encuentre suspendido y que tenga aberturas. Se recomiendan mallas metálicas pero se debe considerar la oxidación.

h) Ventilación

El flujo de aire es de suma importancia para lograr que la operación se lleve a cabo. Debido a esto debe existir ventilación dentro del secador para que el aire frío penetre, sea calentado y salga con la humedad del producto por la parte superior y exista una convección natural dentro del gabinete.

En la práctica se debe proporcionar ventilación al secador pero cuidar que esta no vaya a ser excesiva y ocasione la pérdida de temperatura dentro de la cámara de secado.

En el caso de la experimentación debe tomarse en cuenta la forma en que se registrarán los pesos del producto conforme se realiza la operación del equipo.

CUADRO No. 4 CLASIFICACION DE LOS SECADORES SOLARES.

TIPO DE SECADOR	FORMA DE OPERACION	FORMA EN QUE CIRCULA EL AIRE
Secado al sol o natural	Directa	Pasiva
Secadores Solares Mixtos	Directa o Indirecta	Activa o Pasiva
Secadores Solares Directos	Directa	Pasiva
Secadores Solares Indirectos	Indirecta	Activa
Secadores Híbridos	Directa o Indirecta	Activa o Pasiva

Directa: Reciben la radiación solar directamente sobre el receptáculo donde se encuentra el producto.

Indirecta: No reciben la radiación solar directamente. El aire de secado se calienta en otra parte del equipo.

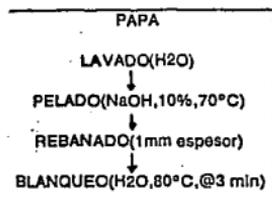
Activa: Se utiliza un mecanismo para hacer circular el aire por el secador.

Pasiva: No se utiliza ningún mecanismo para circular el aire.

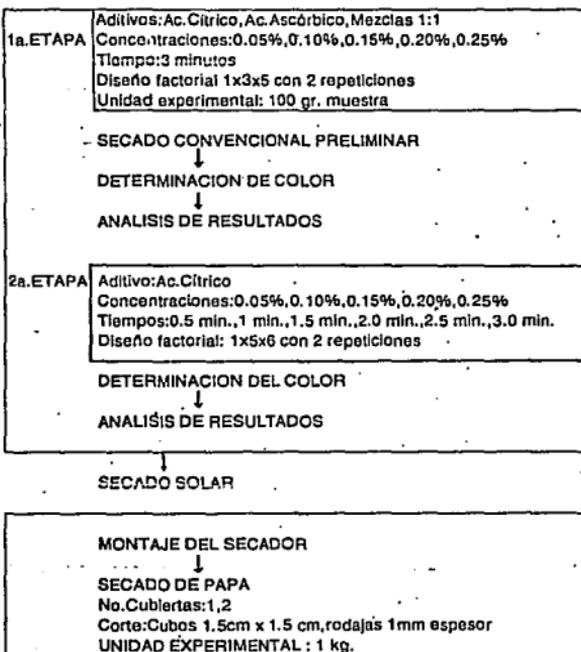
CAPITULO VI. METODOLOGIA

CUADRO METODOLOGICO

PREPARACION DE LA MUESTRA



INHIBICION DEL OSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO



VI.1.- MATERIA PRIMA

Para la realizacion del presente trabajo se utilizo como materia prima la papa blanca variedad alfa, ya que como se ha mencionado por su facil adquisicion en el mercado, y ademas debido a su coloracion en determinado momento es mas aceptada por el consumidor que la papa amarilla ya sea como producto fresco o como subproducto obtenido a partir de ella.

El trabajo fue realizado con 20 kg. de materia prima.

VI. 2.- PREPARACION DE LA MUESTRA

La preparacion de la muestra para el desarrollo del proyecto consistio en las siguientes operaciones:

LAVADO: Se realizo con agua corriente, con la finalidad de eliminar el material extraño.

PELADO: Esta operacion se llevo a cabo por inmersión de la papa durante 2 minutos en una solución de NaOH al 10% @ 70° C, la papa ya pelada se remojó con agua para remover los restos de sosa. Esta etapa tuvo por objeto la eliminación de cáscara, ojos y otros defectos [3].

REBANADO: El rebanado se efectuó con ayuda de un rebanador doméstico, cortandose en rodajas de 1 mm. de espesor.

BLANQUEO: Con la finalidad de inhibir el oscurecimiento enzimático en la papa ya rebanada, esta fue sometida a un tratamiento térmico por inmersión en agua @ 80° C durante 3 minutos ; ya que

bajo estas condiciones la actividad enzimática disminuye en un 99.8 % [6].

VI.3.- INHIBICION DEL OSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO

La inhibición del oscurecimiento no enzimático fue realizada en dos etapas: la primera consistió en observar el efecto del ácido cítrico y el ácido ascórbico y mezclas de ambos (en relación 1:1) sobre el oscurecimiento no enzimático en la papa. Las muestras de papa previamente blanqueadas se sometieron a la inmersión durante 3 minutos en soluciones de los compuestos mencionados en concentraciones de (0.05%,0.10%,0.15%,0.20% y0.25%). El tiempo inmersión fue seleccionado en base al periodo de residencia empleado en equipo industrial utilizado para realizar este tipo de operación.La cantidad de muestra que se utilizó en la experimentación para cada caso fue de 100 gramos, siendo suficiente para realizar los análisis requeridos.

De acuerdo a lo obtenido en la etapa anterior se seleccionó cual era el aditivo que mejor inhibió el oscurecimiento no enzimático por lo que en la segunda etapa se procedió a encontrar el tiempo de inmersión y la concentración de aditivo mínima a la cual se inhibe satisfactoriamente el oscurecimiento . Las muestras de papa correspondientes a 100 gramos de producto se sometieron a una inmersión en soluciones de 0.05%.0.10%.0.15%.0.20% y 0.25%. variándose para cada concentración el tiempo de inmersión desde 0.5 a 3.0 minutos con un intervalo de medio minuto en cada caso.

Las pruebas de ambas etapas fueron realizadas por duplicado y se manejo como testigo una muestra de papa sin tratar con algún aditivo químico. Los 100 gramos de muestra se sumergieron en 300 mililitros de solución (volumen necesario para cubrir por completo las rodajas de papa).

VI.4.- SECADO CONVENCIONAL

Después de la inmersión, las muestras de papa se escurrieron y se secaron en un horno (Fisher, serie 300, modelo 3506) a una temperatura de 75° C (+/- 2° C) (6), durante 4 horas. El tiempo de secado se determino previamente realizando una curva de secado con 500 gramos de muestra blanqueada y escurrida que se seco hasta registrar un peso constante. La humedad de la muestra antes y después se determino secando 5 gramos de muestra durante 9 horas a una temperatura de 105 a 110° C [2].

VI.5.- DETERMINACION DEL COLOR

A las muestras de papa secas se les determinó el porcentaje de transmitancia como una forma de evaluar el grado de oscurecimiento no enzimático. el método consistió en los siguientes pasos, ver Apéndice A [3.4.14]:

- 1.- Extracción de los materiales coloreados.
- 2.- Clarificación del extracto.
- 3.- Evaluación fotométrica del color extraído.

VI.6.- CONSTRUCCION DEL SECADOR SOLAR TIPO GABINETE

Los factores de diseño considerados fueron:

- a) capacidad
- b) número y tipo de cubiertas
- c) ángulo de inclinación
- d) paredes laterales y puerta
- e) base
- f) superficie de absorción
- g) superficie de secado
- h) ventilación

estos factores se manejan anteriormente en GENERALIDADES.

a) capacidad.

Se consideró una capacidad de 1 kilogramo de producto rebanado a 1 milímetro de espesor el cual ocupó 5350 cm² de área.

b) Número y tipo de cubiertas

Se adaptó para trabajar con una o dos cubiertas de vidrio de 3 mm. de espesor. La separación entre las cubiertas fue de 2 centímetros.

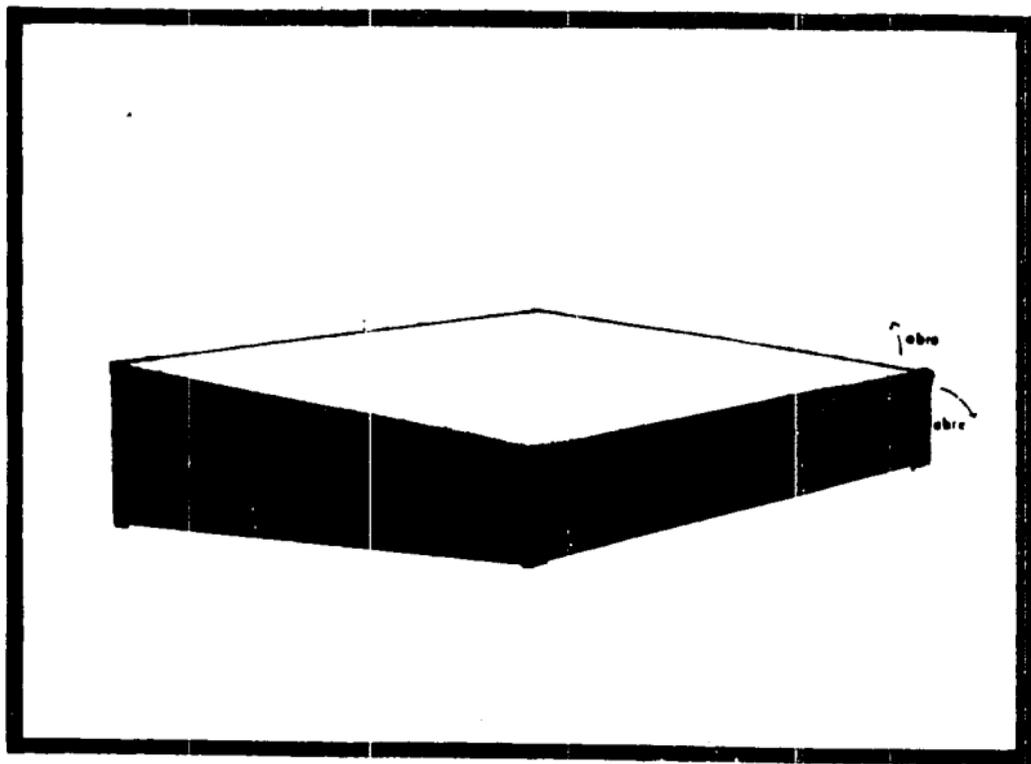


FIG. 4.-SECADOR SOLAR TIPO GABINETE (vista exterior).

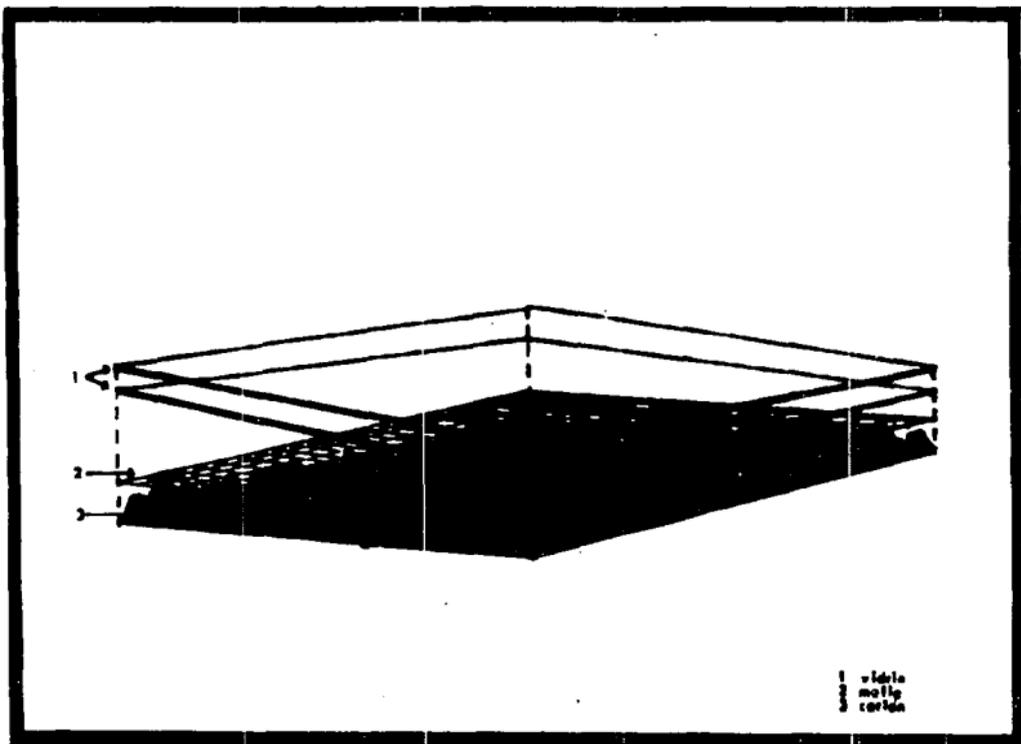
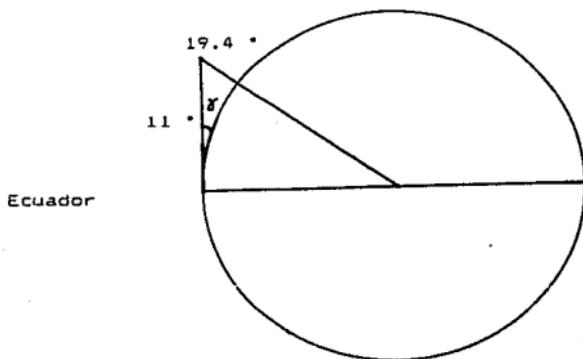


FIG 5 - SECADOR SOLAR TIPO GABINETE (vista interior)

c) ángulo de inclinación

Las cubiertas de vidrio deben de tener un ángulo de inclinación de 11° , el cual se determino en base a la latitud norte de Cuautitlan Izcalli, Edo. de México que es de 19.4° , con este dato se realizo la medida del ángulo como se esquematiza en la siguiente figura:

Figura No. 6.- Determinación del ángulo de Inclinación.



d) Paredes laterales y puerta.

Las dimensiones externas del secador son las siguientes:

laterales 85 cm. x 30 cm. x 15 cm.

Norte 85 cm. x 30 cm.

Sur 85 cm. x 15 cm.

El espesor de la madera utilizada fue de 1.5 cm. La pared sur se unió a la base del secador por medio de bisagras, ya que esta funciona como puerta de acceso al secador para introducir la charola con el producto a deshidratar y para sacar el producto seco. (figura No. 6)

Cabe mencionar que en la parte interna de las paredes laterales fueron colocadas barras de aluminio (baquetas para cancelos) dos centímetros abajo de la parte superior de las mismas, las cuales sirvieron como sostén para el vidrio cuando se trabajó el secador con una cubierta.

e) Base del secador.

La base fue hecha también de madera con dimensiones de 85 cm. x 85 cm. provista con patas de 5 cm. de alto. Y tanto la base como las paredes fueron pintadas con negro de humo.

f) Superficie de absorción .

Toda la cara interior del secador fue pintada con pintura negro de humo y el piso se cubrió con cartón corrugado (empaquete para huevo) pintado de negro también.

g) Superficie de secado.

La charola fue hecha con malla de fierro galvanizado con marco de aluminio de dimensiones 75 cm. x 75 cm.

h) ventilación

Se hicieron agujeros en el piso del secador de 4 cm. de diámetro y en la parte superior de las paredes laterales y pared norte de 1 cm. de diámetro para permitir la salida y entrada de aire.

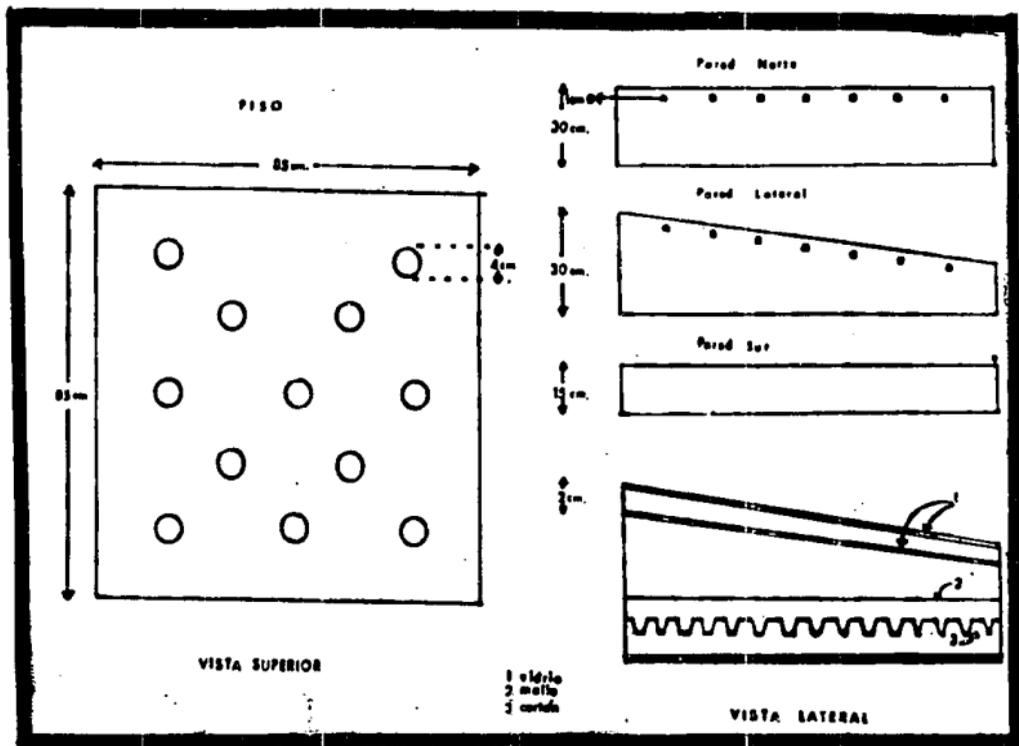


FIG 7 - DIMENSIONES DEL SECADOR .

Para poder registrar la pérdida de peso del producto durante el proceso de secado, la charola fue provista de varillas laterales de 15 cm. de longitud y el secador presento perforaciones laterales en las cuatro esquinas para poder unir la báscula a la charola mientras se efectuaba la operación. Esto se muestra en la figura No. 7 y No. 8.

VI.7.- PREPARACION DE LA MUESTRA PARA EL SECADO

Las muestras destinadas al secador solar fueron preparadas llevando a cabo las operaciones inicialmente mencionadas e inhibiendo el oscurecimiento no enzimático por inmersión de la papa en la solución elegida como la mas satisfactoria y el tiempo que se determinó también en la experimentación anterior.

VI. 8.- SECADO DE LA PAPA EN EL SECADOR SOLAR.

Una vez construido el secador solar tipo gabinete se procedió a secar el producto tratado. Las pruebas se llevaron a cabo el mes de marzo de 1989 y fueron las siguientes:

- 1.- Corte en rodajas de 1 mm de espesor con una cubierta de vidrio.
- 2.- Corte en rodajas con 1 mm. de espesor con dos cubiertas de vidrio.
- 3.- Corte en cubos de 1.5 cm x 1.5 cm. con una cubierta de vidrio.

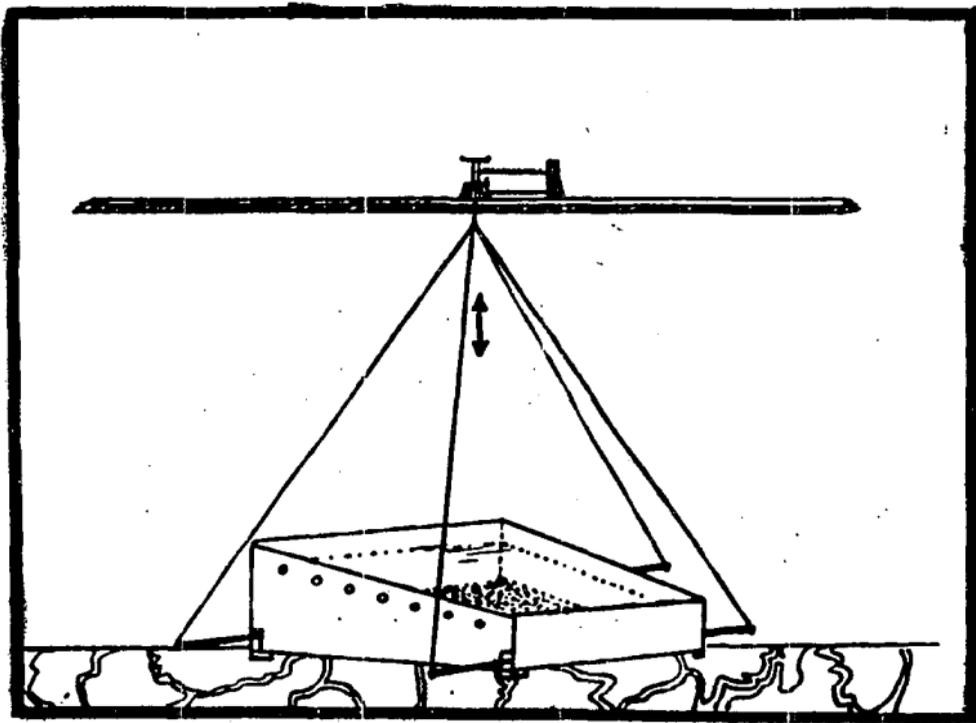


FIG 5 - FORMA DE SUJETAR LA CHAROLA A LA BASCULA PARA REGISTRAR EL PESO

4.- Corte en cubos de 1.5 cm. x 1.5 cm. de espesor con dos cubiertas de vidrio.

Se realizaron las pruebas por duplicado empleando 1 kilogramo de muestra registrandose la pérdida de peso cada 5 minutos, hasta obtener pesos constantes. La temperatura interior y la temperatura de bulbo húmedo fueron registradas cada 5 minutos por medio de termómetros de bulbo de mercurio.

A las muestras ya secas se les determino el contenido de humedad y el color de acuerdo a los métodos descritos anteriormente.

Los datos de radiación total para los días en que se realizaron las pruebas de secado fueron proporcionados por la estación meteorológica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan - UNAM Campo 4.

VI.9.- CONSTRUCCION DE CURVAS DE SECADO.

Se construyeron curvas de tiempo de secado contra pérdida de peso para cada una de las pruebas realizadas, para poder observar el comportamiento del proceso de secado.

VI.10.- DISEÑO EXPERIMENTAL.

Se llevo a cabo un experimento factorial de $1 \times 3 \times 5$ con dos repeticiones para observar el efecto del ácido cítrico, ácido ascórbico y mezclas de ambos sobre el oscurecimiento no enzimático, cada aditivo con 5 niveles de variación (0.05%, 0.10%, 0.15%, 0.20% y 0.25%).

Un experimento factorial de $1 \times 6 \times 5$ con dos repeticiones fue realizado para estudiar el efecto de seis tiempos de inmersión (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 min.) y cinco concentraciones de ácido cítrico sobre el oscurecimiento no enzimático en la papa deshidratada.

Se realizó un experimento factorial $1 \times 2 \times 2$ con dos repeticiones para determinar el efecto del número de cubiertas (1 y 2) y el tipo de corte (rodajas y cubos) sobre el color del producto deshidratado.

CAPITULO VII

VII.- RESULTADOS Y DISCUSION

VII.1. INHIBICION DEL OSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO

VII.1.1 EFECTO DEL ACIDO CITRICO, AC. ASCORBICO Y MEZCLAS DE AMBOS SOBRE EL OSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO EN LA PAPA DESHIDRATADA.

En la primera etapa cuando la papa se pone en inmersión en soluciones de ácido ascórbico y en mezclas de ácido ascórbico y ácido cítrico, el % de transmitancia disminuye al aumentar la concentración de estas soluciones, siendo menor dicho valor en las muestras tratadas con las mezclas mencionadas (fig. No.10), esto se debe atribuir a la oxidación y degradación del ac. ascórbico que ocurre durante el proceso de deshidratación, incrementándose la degradación con dicha mezcla.

Para observar más evidentemente en el cuadro No. 6 se expone el porcentaje de diferencia entre los valores de % de transmitancia de las muestras respecto al testigo, y se observa que el ácido ascórbico y las mezclas de ácidos presentan diferencias negativas, esto quiere decir que son menores que el valor del testigo que es de 65%, es por esto que entre menor es el valor el color de la muestra es más oscuro, mientras que en el caso del ácido cítrico las diferencias son mayores que el testigo (es decir, positivas) y al ser mayores el color de la muestra es más

claro que el del testigo.

Se han realizado diferentes estudios para inhibir el oscurecimiento enzimático y no enzimático, usando ácido cítrico y combinaciones de ácido cítrico y ácido ascórbico. un ejemplo de estos estudios es el de Langdon (1987) que usó combinaciones de los ácidos en relación 1:1 para inhibir el oscurecimiento enzimático en rodajas de papa fresca refrigeradas, sin embargo no puede contrastarse con el presente trabajo puesto que las condiciones empleadas fueron muy distintas. Joslyn (1954) y Kirk (1977) en sus estudios, también encontraron que las muestras tratadas con la mezcla de ácidos presentaron una coloración rojiza, incrementándose dicha coloración al aumentar la concentración de ácido ascórbico en la solución.

Por lo que se refiere a las muestras tratadas con ácido cítrico, se observó el efecto contrario al anterior, ya que los valores de porcentaje de transmitancia son mayores al aumentar la concentración de ácido, lo cual se refleja en el color de las muestras, siendo más claro conforme aumenta la concentración en relación a la muestra sin tratar con algún aditivo químico. (Cuadro No. 5)

Estadísticamente se observó una diferencia significativa entre los tres tratamientos (Cuadro no. 8), en base a estos resultados se determinó que el tratamiento en el que la muestra presenta un porcentaje de transmitancia mayor (color más claro) es en el que se utiliza ácido cítrico.

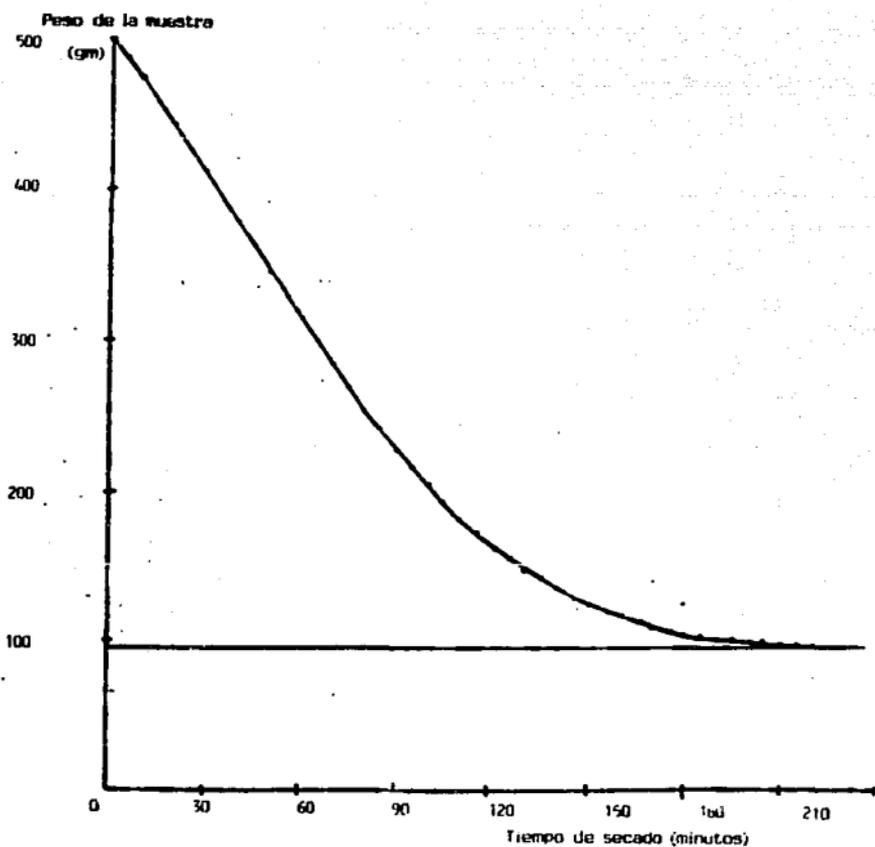


FIG. No. 9 Pérdida de peso de una muestra de papa secada en horno convencional

VII.2.- SELECCION DE LA CONCENTRACION DE ACIDO CITRICO Y TIEMPO DE INMERSION MINIMO PARA INHIBIR EL OSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO.

En esta etapa se observo que conforme aumenta la concentración de la solución y el tiempo de inmersión, el color de la papa es menos amarillo (pasando desde un amarillo oscuro a uno claro). Esto se ve reflejado en los valores de porcentaje de transmitancia ya que estos cada vez se hacen mayores (Figura No. 11).

En el cuadro No. 5 se encuentran los resultados promedio de porcentaje de transmitancia de las muestras. las medias subrayadas por la misma línea indican que no hay diferencia significativa entre ellas (7), por lo que se puede observar que cuando la papa se pone en inmersión desde 0.5 minutos a 3.0 minutos no hay diferencia significativa de color entre las muestras tratadas con las soluciones de 0.05%, 0.10 % , si se pone en inmersión de 0.5 minutos a 1.5 minutos no existe diferencia sigificativa entre las muestras de 0.05%,0.10% y 0.15%. pero si la hay entre 0.05% y 0.15% con 2.0 minutos de inmersión y con 2.5 minutos y 3.0 minutos de inmersión existe diferencia significativa entre las muestras tratadas con 0.05% y 0.10% con respecto a la de 0.15%. Con respecto a las muestras tratadas con 0.20% y 0.25% de ácido cítrico, estas si presentan diferencia significativa entre ellas y con relación a las demás concentraciones en todos los tiempos de inmersión probados.

En base a los resultados obtenidos en esta etapa, se puede afirmar que para la inhibición del oscurecimiento no enzimático

CUADRO No. 5 PORCENTAJE DE TRANSMITANCIA PROMEDIO DE MUESTRAS DE PAPA DESHIDRATADAS TRATADAS CON DIFERENTES ADITIVOS QUIMICOS (390nm).

ADITIVO	CONCENTRACION DE LA SOLUCION				
	0.05%	0.10%	0.15%	0.20%	0.25%
Ac. Cítrico	86.9	87.3	88.5	91	95.7
Ac. Ascórbico	84.7	80.1	70.9	65	57.5
Mezcla de Ac. Cítrico-Ac. Ascórbico	80.0	77.0	62.5	59	54.2

TESTIGU - 85 % transmitancia

CUADRO No. 6 PORCENTAJE DE DIFERENCIAS ENTRE LOS VALORES DE TRANSMITANCIA DE LAS MUESTRAS DE PAPA DESHIDRATADAS Y TRATADAS CON DIFERENTES ADITIVOS QUIMICOS .

CONCENTRACION	AC. CITRICO	AC. ASCORBICO	MEZCLAS
0.05%	+2.23%	-0.353%	-5.88%
0.10%	+2.7%	-5.765%	-9.41%
0.15%	+4.11%	-16.58%	-26.47%
0.20%	+7.05%	-23.53%	-30.58%
0.25%	+12.58%	-32.35%	-36.23%

TRANSMITANCIA

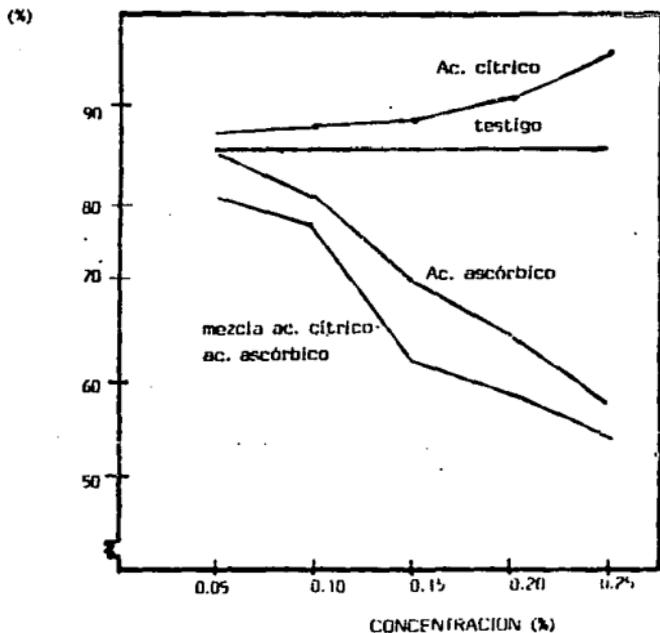


FIG. No 10 Efecto del ácido cítrico, ácido ascórbico y mezclas de ambos en el color de la papa deshidratada.

CUADRO No. 7 PORCENTAJE DE TRANSMITANCIA PROMEDIO DE MUESTRAS DE PAPA DESHIDRATADAS, TRATADAS CON AC> CITRICO A DIFERENTES TIEMPOS DE INMERSION (390 nm).

TIEMPO DE INMERSION (min)	CONCENTRACION DE LA SOLUCION				
	0.05%	0.10%	0.15%	0.20%	0.25%
0.5	85.0	85.3	85.5	88.6	91.2
1.0	85.6	85.9	86.5	88.9	92.7
1.5	86.2	86.4	87.0	89.5	93.7
2.0	86.4	86.95	87.8	90.0	94.5
2.5	86.7	87.05	88.5	90.5	95.2
3.0	86.9	87.3	88.6	91.0	95.7

se pueden utilizar los siguientes tratamientos:

EQUIVALENCIAS

CONCENTRACION MINIMA	TIEMPO	CONCENTRACION	TIEMPO
0.15%	2 min.	0.20%	0.5 min.
CONCENTRACION MAXIMA	TIEMPO	CONCENTRACION	TIEMPO
0.25%	0.25min.	0.20%	3.0 min.

En la figura No. 11 se puede observar esta equivalencia al ver los puntos de la grafica y analizarlos considerando las diferencias significativas y las no significativas.

Ademas cabe aclarar que las muestras tratadas con 0.25% de ácido citrico desde 1.0 a 3.0 minutos de inmersión presentaban un sabor "extraño" debido a un exeso de ácido que al ser evaluada se detectaba.

VII.3.- SECADO DE PAPA EN EL SECADOR SOLAR TIPO GABINETE

En el cuadro No. 9 vemos que el secado de las muestras de papa es mas rápido cuando la papa es cortada en rodajas y el secador esta provisto de dos cubiertas de vidrio, ya que se requirio un promedio de 2 horas 57.5 minutos para ser secada: siendo 14.5 % menor al tiempo requerido con la utilizacion de una sola cubierta:de un 27.75% menor que cuando se cortó en cubos y se

TRANSMITANCIA

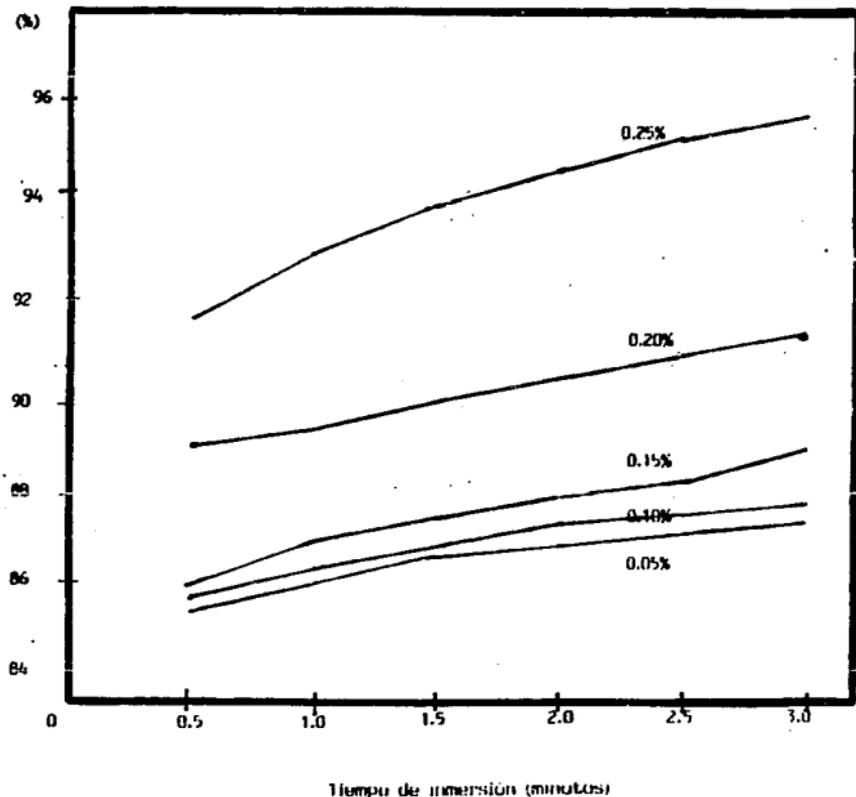


FIG. 11 Efecto de la concentración del Ac. cítrico y el tiempo de inmersión en el color de la papa deshidratada

Cuadro No. 8. RESUMEN DE LOS ANALISIS ESTADISTICOS.

DETERMINACION	METODO	RESULTADOS	OBSERVACIONES
Efecto del ac. citrico, ac. ascorbico y mezclas de ambos sobre el oscurecimiento no enzimatico.	Análisis de varianza para un experimento factorial de 1X3X2 con dos repeticiones.	0.05 FcA= 1035.47 FcB= 166.92 FcAxB= 97.96 FtA= 3.68 FtB= 3.01 FtAxB= 2.64 A= ac. cit., ac. asc., mezclas. B= concentración.	Existe diferencia significativa en cuanto a color entre los tres tratamientos, ya que los valores de Fc son mayores a los de Ft. El ac. citrico fue el que mejor inhibió el oscurecimiento no enzimatico.
Efecto del tiempo de inmersión y la concentración de ac. citrico sobre el oscurecimiento no enzimatico.	Análisis de varianza para un experimento factorial de 1X6X2 con dos repeticiones. Y prueba de Tukey	0.05 FcA= 178.65 FcB= 2038.70 FcAxB= 5.48 FtA= 2.55 FtB= 2.69 FtAxB= 1.93 DSH= 1.02 A= Tiempo de inmersión. B= Concentración de ac. citrico. A= Tiempo de inmersión. B= Concentración de ac. citrico.	Debido a que los valores de Fc son mayores a los de Ft, se determinó que existe diferencia significativa de color entre las muestras. Con la prueba de Tukey se determinó la concentración de 0.15 % como mínima a un tiempo de 0.5 min. y el tiempo mínimo de inmersión de 0.5 min. a una concentración de ac. citrico de 0.25 % para inhibir el oscurecimiento no enzimatico.
Efecto del número de cubiertas en el secador solar y el tipo de corte de la papa en el color del producto deshidratado.	Análisis de varianza para un experimento factorial de 1X2X2 con dos repeticiones.	0.05 FcA= 120.30 FcB= 0.02 FcAxB= 1.45 FtA= 7.71 FtB= 7.71 FtAxB= 7.71 A= Corte B= No. de Cubiertas	Hay diferencia significativa de color entre las muestras con diferente corte, debido a que FcA es mayor a FtA. No afecta el No. de cubiertas el color del producto deshidratado ya que FcB es menor a FtB.

utilizan 2 cubiertas y de 38.3% menor que cuando se secan cubos con una sola cubierta de vidrio. Así que al utilizar dos cubiertas independientemente del tipo de corte, el tiempo requerido para secar el producto es menor. Esto se aprecia en la gráfica de tiempo contra pérdida de peso (Figuras 12.13,14 y 15) en las que también se observa que las muestras con corte en cubos con una y dos cubiertas pierden más peso durante la primera hora de secado que las muestras con corte en rodajas. Esto se debe a que el área ocupada por los cubos (0.9125m²) es menor que la ocupada por las rodajas (0.535 m²), por lo que existe una mayor área de incidencia de los rayos solares sobre la superficie interna del secador cuando se realiza el secado de la papa cortada en cubos y como consecuencia de esto el aumento de la temperatura en el interior del secador es más rápido, lo cual favorece la deshidratación de la muestra. Sin embargo en la siguiente hora de secado el comportamiento anterior se invierte, perdiendo más peso las rodajas en comparación a los cubos debido a que el aumento en la temperatura no es tan considerable para acelerar la difusión del agua del centro a la superficie del cubo, en cambio, debido al espesor de la rodaja y a su mayor área expuesta al aire de secado, se favorece más la pérdida de peso; este mismo comportamiento se observa hasta el final del proceso. Es por lo anterior que se observa un menor contenido de humedad en las muestras cortadas en rodajas.

Islam y Flink (1982) determinaron un tiempo de secado mayor para el corte en rodajas (5 mm de espesor) que para un corte en cubos (10mm x 10 mm) siendo los tiempos de secado de 5.5 horas y 4.5

horas respectivamente. Estos resultados no concuerdan con los obtenidos en este estudio, esto se debe a que la relación que mantienen los cortes de papa en ese estudio y la relación de los cortes de papa de este trabajo son muy diferentes. El área que ocupa el producto cortado en rodajas es mucho mayor en el caso de este trabajo y por el otro lado, el área que ocupan los cubos es mucho menor, por lo que el área expuesta es muy distinta en ambos casos. Además cabe aclarar que Islam y Flink utilizaron un secador indirecto y no un directo como lo es el secador de gabinete.

En cuanto al color desarrollado en la papa durante el secado, se observa que las papas cortadas en cubos presentaron un color amarillo oscuro, a diferencia de las cortadas en rodajas, cuyo color fue un amarillo ligero, no habiendo diferencia significativa en el color entre rodajas con 1 y 2 cubiertas, ni entre cubos con 1 y 2 cubiertas, pero sí entre rodajas y cubos (Cuadro No. 7), esto se debe a que el ácido cítrico se difunde más rápidamente en la rodaja que en el cubo, lo cual favorece la inhibición del oscurecimiento no enzimático, y esto se ve reflejado en los valores de porcentaje de transmitancia, los cuales son mayores en las muestras cortadas en rodajas que en las cortadas en cubos.

CUADRO No. 9 RESULTADOS DE SECADO

TIPO DE CORTE	No. DE CUBIERTAS	PESO FINAL DE LA MUESTRA (Kg)	HUMEDAD FINAL (%)	TIEMPO DE SECADO (hr)	COLOR (%deT)
RODAJAS	1*	0.1731	2.47	3.500	88.0
	1	0.1729	2.50	3.416	88.3
	2*	0.1710	2.45	3.000	88.1
	2	0.1707	2.48	2.916	87.9
CUBOS	1*	0.1739	3.80	4.750	86.5
	1	0.1734	3.72	4.833	86.3
	2*	0.1763	3.13	4.000	86.8
	2	0.1759	3.02	4.166	86.4

* DATOS GRAFICADOS

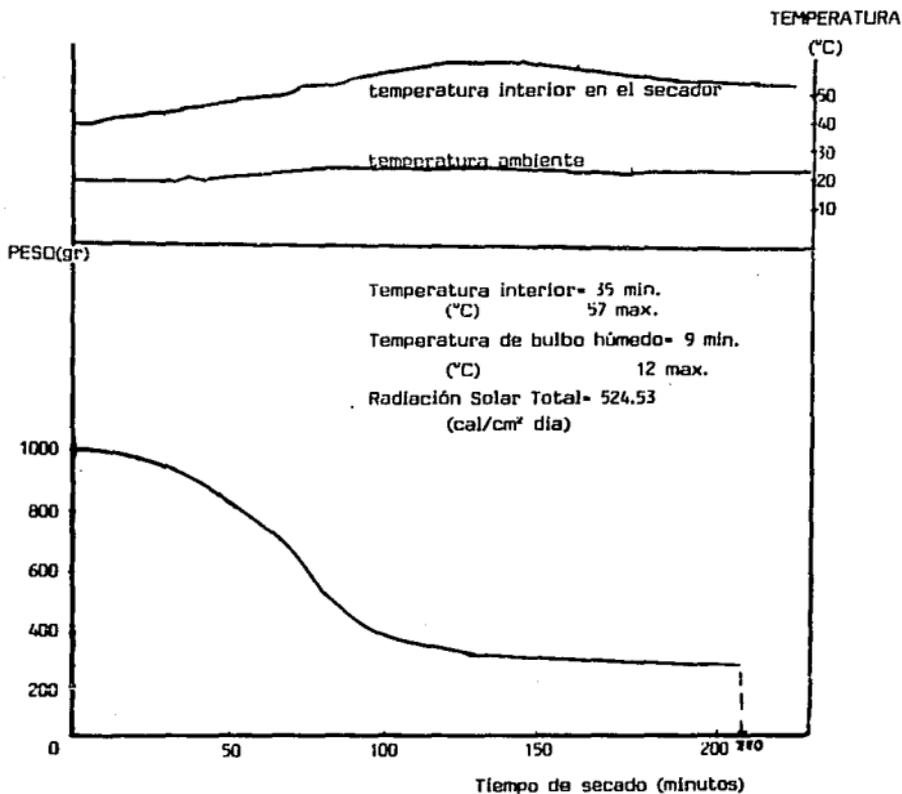


FIG. No.12 Tiempo de secado vs. Perdida de peso

CORTE EN RODAJAS

UNA CUBIERTA DE VIDRIO

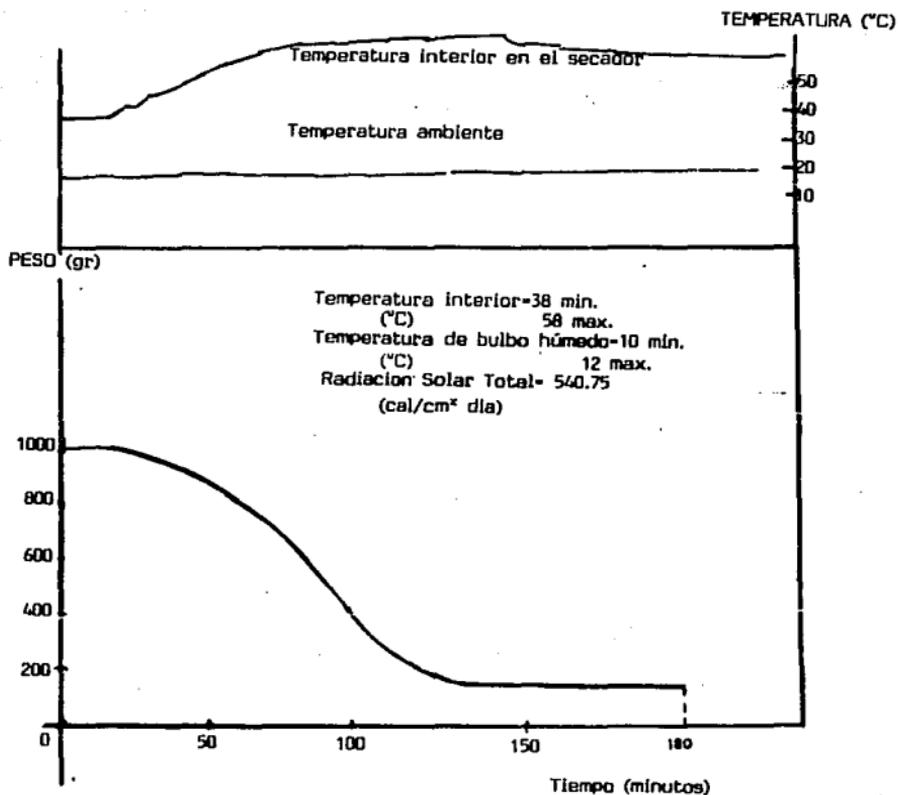


FIG. No. 11 Tiempo de secado vs. Pérdida de peso

CORTE EN RODAJAS

DOS CUBIERTAS DE VIDRIO

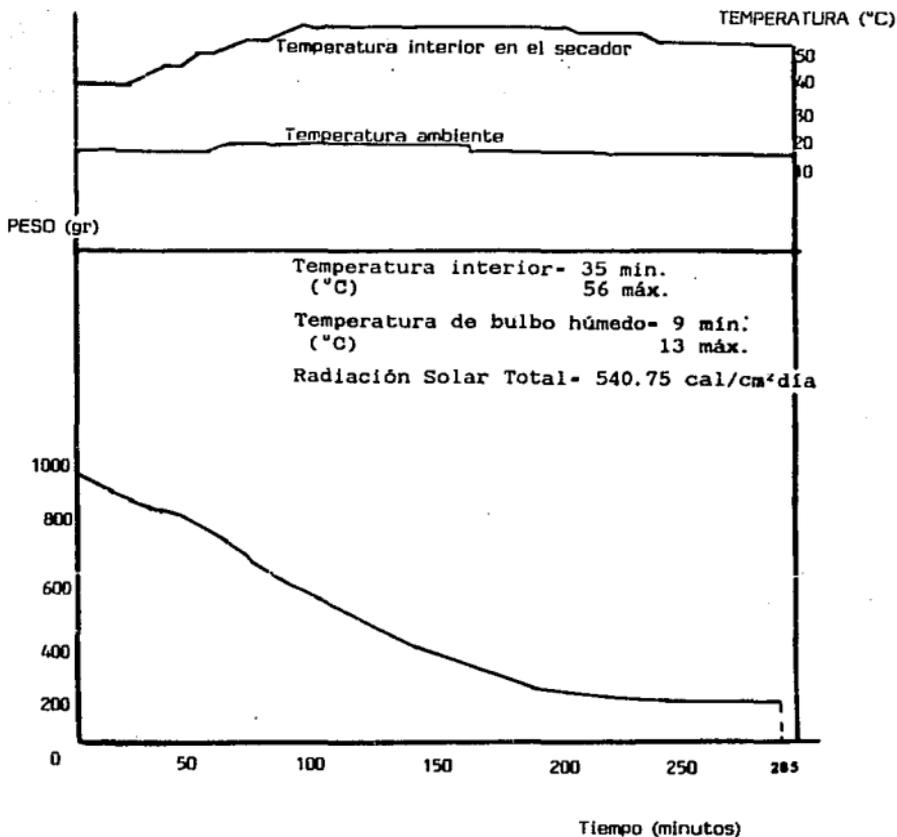


FIG. No.14 Tiempo de secado vs. Pérdida de peso
CORTE EN CUBOS
1 CUBIERTA DE VIDRIO

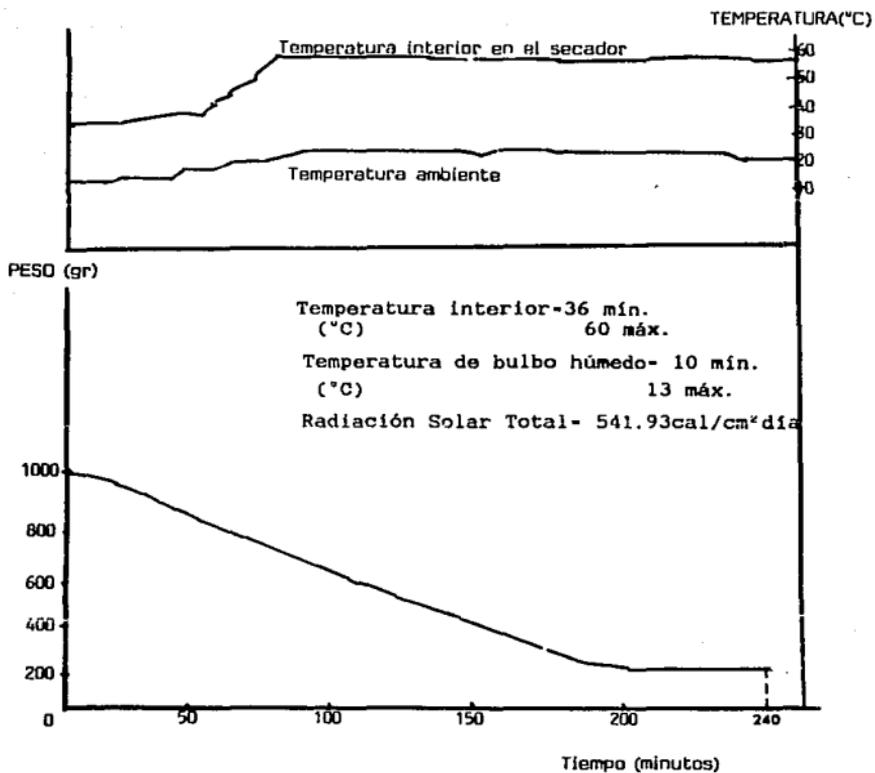


FIG. No. 15 Tiempo de secado vs. pérdida de peso
CORTE EN CUBOS
DOS CUBIERTAS DE VIDRIO

CAPITULO VIII

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.

- 1.- Dentro de los agentes empleados en el presente trabajo para inhibir el oscurecimiento no enzimático en la papa deshidratada, el que presentó un porcentaje de transmitancia mayor y por lo tanto un color más claro, por lo tanto más satisfactorio, fue el ácido cítrico.
- 2.- Se puede utilizar el ácido cítrico para inhibir el oscurecimiento mencionado desde una concentración de 0.15% durante 3.0 minutos de inmersión hasta una concentración de 0.25% y 0.5 minutos de inmersión.
- 3.- El secador solar tipo gabinete construido, funcionó como se esperaba, ya que se logró el aumento de temperatura en su interior y por lo tanto el secado del producto a nivel experimental, lo que se considera satisfactorio. Sin embargo no es posible su utilización a nivel industrial, debido al espacio que debiera ocupar para secar mayores cantidades de producto, aunado a que su operación sería por lotes.
- 4.- A pesar de que el control de las condiciones de secado en el equipo construido no es posible, el proceso se llevó a cabo conforme a lo esperado ya que el aire dentro del gabinete elevó su temperatura, de manera que permitió que existiera la pérdida de humedad del producto y si existió la circulación de aire del

medio hacia adentro del secador y del secador hacia afuera. además de que se sostuvo una temperatura en el secador que permitió un secado en un tiempo adecuado para la cantidad y naturaleza del producto (humedad, corte) y no se registraron caídas de temperatura ya que no se requirió abrir el secador para registrar la pérdida de peso del producto. Se considera que la utilización del equipo es viable a nivel rural y experimental.

5.- El menor tiempo de secado del producto que fue obtenido fue el requerido para secar la papa en rodajas ya que el área de secado es mucho mayor y la difusión del agua del interior de la muestra hacia el exterior es mucho más rápida que en el caso de cubos. Al utilizar dos cubiertas de vidrio, la operación se llevó a cabo en un menor tiempo (3 horas / corte rodajas) por el efecto que las dos cubiertas tienen en el secador ya que permiten la entrada de los rayos solares y evitan la salida del aire caliente y así se incrementa la temperatura en el interior de la cámara.

Se puede afirmar que es posible realizar durante el día de 2 a 3 ciclos de secado (dependiendo de la estación del año y las condiciones climatológicas particulares de cada lugar) incrementándose de esta forma la producción durante el día.

6.- Este es sólo un estudio que nos muestra la factibilidad de la utilización de la energía solar para el secado de productos alimenticios. Puesto que su empleo sólo requiere, como en este caso, de una inversión inicial y elimina el gasto de energéticos para producir calor. Además si se utilizan otra serie de dispositivos para almacenar la energía (como lechos de rocas), el

secado puede llevarse a cabo durante las 24 horas del día.

VIII.2 RECOMENDACIONES

1.- Para alargar la vida útil del secador recomendamos la aplicación de un impermeabilizante antes de pintar el equipo y así poder evitar el hinchamiento de la madera, además es necesaria una limpieza constante del equipo y el repintado del mismo cuando se requiera. En general un mantenimiento del secador en todos sus componentes.

2.- El ácido cítrico se puede emplear en la industria como inhibidor del oscurecimiento en papa, siempre y cuando se cuente con equipos donde pueda controlarse el tiempo de aplicación del aditivo.

APENDICE

A. DETERMINACION DE COLOR.

Este procedimiento se basa en la medida del espectro de transmision a 390 nm de un extracto de etanol del producto (papa) deshidratado, molido y tamizado.

MATERIAL Y EQUIPO

vaso de precipitados de 250 ml.

tamiz (malla 40)

Papel filtro (Watman No. 3. 18.5 cm de diámetro)
Agitador magnético

Espectrofotómetro (Spectronic 21 Bausch and Lomb).

REACTIVOS

Etanol

PROCEDIMIENTO

- 1.- Extracción de los materiales coloreados. Moler una muestra de papa seca y hacerla pasar a través de un tamiz (malla 400) , tomar 5 gramos de la muestra tamizada y colocarla en un vaso de 250 ml., vaciar en este 100 ml. de solución de etanol al 55% (v/v). mezclar la muestra con la solución y agitar durante 2 horas con un agitador magnético.
- 2.- Clarificación del extracto. Después de agitar la mezcla filtrar el extracto dos veces a través de un papel filtro (no. 3).
- 3.- Evaluación fotométrica del color extraído. Medir el porcentaje de transmitancia a 390 nm en un espectrofotómetro.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Almanza,R.and López,S.1978."Total solar radiation in México using sunshine hours and meteorological data".Solar Energy.Vol. 21.441-448.
- 2.- AOAC.1980.Official methods of analysis.13th edition.Washington,D.C.Association of Official Chemists.
- 3.- Ardsei,V. 1973. "Food Dehydration".Vol.II.Potatoes.The AVI publishing company Incorporation,Westport U.S.A.
- 4.- Ayra,S.S.,Nateson,V.,Parihar,D.B.and Vijayaraghayan,P.K.1979 "Stability of carotenoids in dehydrated carrots" J. Food Technology. Vol. 14. 579-586.
- 5.- Badui,S.D.1981"Química de los alimentos"Alhambra Universidad,México.
- 6.- Chilang,W. and Petersen,J.1985."Thin Layer air drying of french fried potatoes" J.Food Technology.Vol 21.67-78.
- 7.- Daniel,W.W.1987."Biostatística"Limusa,México.
- 8.- Desrosier,N.W.1985."Elementos de Tecnología de Alimentos" C.E.C.S.A.México.
- 9.- Econotecnia Agrícola.1989.S.A.R.H.México.
- 10.- El uso del ácido ascórbico y ascorbato en el procesamiento de frutas y verduras. 1987.Boletín.Diciembre.Productos Roche S.A. de C.V. México.
- 11.- Fennema,R.O.1982."Introducción a la Ciencia de los Alimentos". Reverté.España.
- 12.- Geankoplis,J.Ch.1989."Procesos de transporte y Operaciones unitarias" C.E.C.S.A. México.

- 13.- Glick,L.A. 1989. "Reglamentos propuestos por la Administración de drogas y Alimentos de los Estados Unidos tocante al Uso de sulfitos" Memorandum.CANAINCA,México.
- 14.- Hendel,C.E. Bailey,G.F. and Taylor,D.H.1950."Measurement of nonenzimatic browning of dehydrated vegetables during storage". Food Technology. Vol. 4 344-347.
- 15.- Islam,M.M. and Flink,J.M. 1982."Dehydration of potato;IAir and Solar drying at low air velocities".J.Food Technology.17.
- 16.- Joslyn M.A. and Braverman J.B.S.1954. The chemistry and technology pretreatment and preservation of products with sulfure dioxide. Advanced in Food Research.5.97.
- 17.- Kirk. J. et al .1977.Degradation of ascorbic acid in dehydrated Food system - J. Food Science.42. (1274).
- 18.- Joslyn,M.A. and Braverman J.V.S. 1954."The chemistry and technology of pretreatment and preservation of fruits and vegetables products with sulfure dioxide"Advances in Food Research.Vol.5.97.
- 19.- Kirk,J. et al. 1977."Dehydration of ascorbic acid in a dehydrated food system". J. Food Science. Vol.42.1274.
- 20.- Langdon,T.T. 1987."Prevent of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents".Food Technology. Vol. 41..64-67.
- 21.- Lawand.T.A.1966."A solar cabinet dryer" Solar Energy. Vol 10. 289-291.
- 22.- Lawand. T.A.1979."Posibilidades de utilización de secadores agrícolas solares en las zonas de desarrollo". Tecnología para aprovechar la energía Solar. Naciones Unidas. Nueva York. U.S.A.

- 23.- Manlan, Mathews.R.F., Bates.R.P. and O'Hair.S.K.1985.
"Drum drying of tropical sweetpotatoes".J. Food Science. Vol 50.
764-768.
- 24.- Mapson, L.W. and Wager.H.B. 1961. "Preservation of peeled
potatoes". I Use of sulphite and its effect on the thiamine
content" J. Sci. Food Agric. vol 12, 43-54.
- 25.- Mclean.K.1972. "Principles of sun drying with special
references to a see-saw dryer" Rome. Food and Agricultural
Organization (Report AGS.SF/GHA7).
- 26.- Sabbagh.T.A. Sayigh,A.A. M. and El-Salam,E.M.1973."Solar
water heaters in Saudi Arabia" Work prepared to the seventh Arab
scientific Conference. Cairo. Egypt.
- 27.- Saravacos. G.D.and Charm.S.E. 1962. "A study of the
mechanism of fruit and vegetable dehydration". Food Technology
Vol. 10. 78-82.
- 28.- Sayigh,A.A.M. 1976."Investigation into solar heating with
some methods for convection suppression" Work for Solar cooling
and Heating. A National Forum. Miami Beach. Florida, U.S.A.
- 29.- "Solar energy dries potatoes both day and night"1981.
Circular 9(8). Agosto. Centro Internacional de la Papa. Lima.
Peru.
- 30.-Sullivan.J.F., Kozempel, M.F., EgoVille, M.J. and Talley,
E. A. 1985"Loss of aminoacids and water soluble vitamins during
potato processing" vol. 50. 1249-1253.
- 31.-Valor nutritivo de los Alimentos Mexicanos. 1974. Instituto
Nacional de la Nutrición. México.
- 32.- Zura.L.R. y Villareal.G.M.1986.El cultivo de papa (Solanum
tuberosum) .SARH.México.