

2 E No. 86



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Química

**"DISEÑO DE ENVASES PARA ALIMENTOS
DESHIDRATADOS"**



**EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA**

T E S I S

LAURA PAREDES LOREA

QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO

México, D. F.

1984



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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 GENERAL

	Página
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1. ANTECEDENTES	3
1.1 FUNCION DE UN ENVASE	3
1.2 FUNCIONES DEL AGUA EN LOS ALIMENTOS.	5
1.3 EFECTOS DIRECTOS DE LA HUMEDAD	6
1.4 ACTIVIDAD DE AGUA.	7
1.5 ISOTERMAS DE SORCION	7
1.6 TRANSFORMACIONES QUE OCURREN DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS DESHI- DRATADOS	9
1.7 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS MATERIA <u>LES</u> PLASTICOS UTILIZADOS PARA ENVASES DE ALIMENTOS	14
1.8 PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA DE LAS PELICULAS PLASTICAS.	17
1.9 VIDA DE ANAQUEL.	19
CAPITULO 2. MATERIALES Y METODOS	20
2.1 CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO ALIMENTICIO..	20
2.2 DETERMINACION DE HUMEDAD INICIAL	21
2.3 DETERMINACION DE LAS ISOTERMAS DE ADSOR <u>CION</u>	21
2.4 HUMEDAD CRITICA DEL ALIMENTO	26
2.5 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE EN- VASE	26

	Página
2.5.1 DETERMINACION DE ESPESOR	27
2.5.2 DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE TRANS <u>MISION</u> AL VAPOR DE AGUA.	27
2.6 ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANA- QUEL DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS. . . .	28
CAPITULO 3. RESULTADOS Y DISCUSION	30
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFIA	63

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

En la industria de los alimentos, para seleccionar o diseñar un envase no basta con el simple "conocer como", sino además se requiere de un amplio conocimiento de las características, tipo y grado de deterioro de los alimentos; de las propiedades y disponibilidad de los materiales de envase existentes en el país, así como, de las condiciones ambientales a las que van a ser expuestos (1,2).

En cuanto a los materiales tradicionales de envase como; papel, vidrio y hojalata, la tasa mínima anual de crecimiento esperado será del 10% más, mientras que los plásticos y laminados se incrementarán a un ritmo de por lo menos del 15% anual (3).

Este crecimiento se debe a las ventajas que presentan estos materiales, sobre la hojalata y vidrio, dentro de los cuales se encuentran, su menor peso, menor volumen, con sus reflejos económicos en la cadena de transportación y espacio de almacenamiento (1,4).

El crecimiento de la capacidad instalada de películas plásticas ha sido estable durante los últimos cinco años, y se espera que se mantenga esta expansión moderada (3).

Los materiales plásticos poseen una gran versatilidad gracias a los avances tecnológicos en las convertidoras existentes en el país. Existe una gran variedad de materiales que bien pueden ser rígidos, semirrígido, flexibles recubiertos, laminados, coextruidos, etc., proporcionando cada uno características diferentes, haciendo posible un sin fin de combinaciones para lograr el efecto deseado, y por consiguiente, teniéndose diferentes alternativas de envase se puede seleccionar el mejor, en base a los requerimientos de protección del producto alimenticio (4).

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente trabajo, es establecer un diseño de envases plásticos flexibles para alimentos deshidratados, empleando un modelo matemático dentro del cual se consideran las características del material de envase, las del propio alimento y las condiciones ambientales a las cuales va a ser expuesto.

Los productos que se seleccionaron para este trabajo son: leche entera y descremada en polvo, cereal expandido en presentación de burbujas, pastas para sopas, polvo para preparar refresco y concentrado de pollo (consomé), en presentaciones de polvo y cubo.

Considerando que los parámetros que afectan la estabilidad química de estos productos durante su vida de anaquel son la adsorción de humedad, composición química, condiciones ambientales y características de los materiales de envase en cuanto a protección a humedad. Siendo objetivos particulares los siguientes:

1. Caracterización y comportamiento de cada producto mediante su isoterma de adsorción.
2. Caracterización de los materiales de envase, considerando la permeabilidad al vapor de agua, composición estructural, espesor y condiciones ambientales.
3. Conjugando los puntos anteriores, proceder a la estimación teórica de la vida de anaquel en diferentes materiales de envase y diferentes condiciones de almacenamiento utilizando un modelo matemático.

C A P I T U L O 1
A N T E C E D E N T E S

1. ANTECEDENTES

1.1 FUNCION DE UN ENVASE

Para poder proteger a un alimento contra el deterioro, es necesario conocer cuáles son las principales transformaciones que están ocurriendo y cuáles los agentes que las causan, así como las características del material de envase. Todos estos factores se conjugan para elegir un envase, el cual cumpla con sus principales funciones como son las siguientes:

- a) Contener al producto, éste debe tener una buena resistencia mecánica y no dejar escapar al producto.
- b) Proteger a los alimentos de los factores del medio ambiente como son: humedad, oxígeno, luz, olores y sabores extraños, contaminación microbiológica, otros gases y vapores como; CO_2 y N_2 .
- c) Mantener la calidad sensorial y valor nutritivo del producto, conservándolo en óptimas condiciones, como se muestra en la Fig. 1.
- d) El principal atributo de un envase para productos deshidratados debe ser la protección que éste brinde al paso de agua hacia el interior. Ya que un producto deshidratado se deteriorará debido a la adsorción de humedad, antes que por reacciones oxidativas, que lo transformen en impropio para el consumo (5).

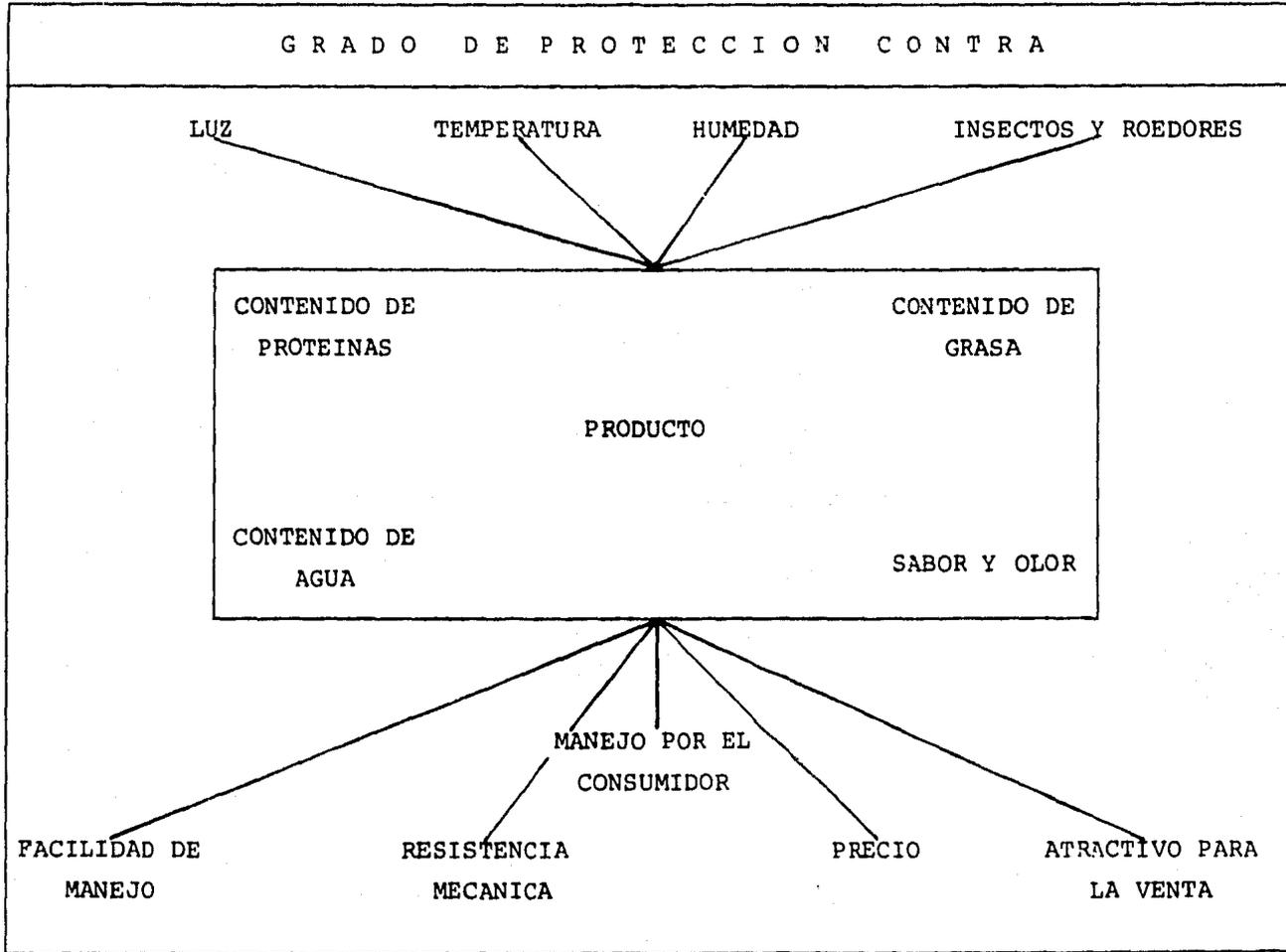


Fig. 1. FACTORES IMPORTANTES EN LA ELECCION DE UN ENVASE (5).

1.2 FUNCIONES DEL AGUA EN LOS ALIMENTOS

El agua es uno de los principales componentes de la mayo ría de los alimentos. En los que puede ejercer diferentes funciones importantes en sus características físicas y químicas tales como:

- Solvente: el agua disuelve los componentes presentes, - permitiendo que éstos entren en contacto ya sea por di fusión o convección en fase líquida.
- Reactante: en las reacciones de hidrólisis.
- Plastificante: confiriendo características mecánicas a los productos.
- Productos de reacciones: como en el caso de obscurecimiento no enzimático.
- Modificador de la actividad catalítica o inhibidora de otras sustancias, por ejemplo, agua presente puede inhibir la acción catalítica de algunos metales en la oxi dación de lípidos (6).
- La disponibilidad de agua presente en los alimentos no depende solamente de su cantidad sino también de la for ma en que se encuentre ligada a la composición de éste, aparentemente más ligada o menos libre (7).

El agua libre es la forma predominante, se libera con gran facilidad y es estimada en la mayor parte de los métodos usados para el cálculo del contenido de agua, - reportándose en porcentaje de humedad. La determinación de ésta es uno de los métodos más importantes en el con trol de los productos alimenticios.

El agua ligada se halla combinada o adsorvida. Se encuen tra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas y a las moléculas de -

sácaridos y adsorvida sobre la superficie de las partículas coloidales. Estas formas requieren para su eliminación en forma de vapor un calentamiento de distinta intensidad. Parte de la misma permanece ligada incluso a temperaturas que lo carbonizan.

Así pues, la frase "% de agua" apenas significa nada a menos que se indique el método de determinación empleado (8).

1.3 EFECTOS DIRECTOS DE LA HUMEDAD

Los efectos de la humedad en los alimentos se pueden asociar claramente con la ganancia y pérdida de la humedad - (6,9).

Entre las principales transformaciones observadas por la ganancia de humedad se encuentran:

- Aglomeración
- Aumento de peso
- Pérdida de textura
- Cristalización de azúcares y otros

Entre las transformaciones causadas por la pérdida de humedad se tienen las siguientes:

- Pérdida de peso
- Arrugamiento
- Endurecimiento
- Cristalización superficial

1.4 ACTIVIDAD DE AGUA

La mejor medida de concentración de agua en un alimento desde el punto de vista de propiedades fisicoquímicas y de conservación, no es la de su porcentaje en peso, más sí la de su actividad.

La actividad de agua es definida como el cociente entre la presión de vapor del agua presente en el producto (P) y la presión de vapor saturado a la misma temperatura - (P_0). La ecuación que define esta relación representa la humedad relativa de equilibrio del producto en porcentaje (%) (10,11).

$$A_w = \frac{P}{P_0} = \frac{H. R.}{100}$$

Los productos con una actividad de agua de 0.55 a 0.60 - son considerados deshidratados (10). El crecimiento microbiano en los alimentos está en función de la actividad de agua, como se muestra en la Fig. 2, del tipo - - de flora presente, temperatura de almacenamiento, atmósfera de envase, presencia de agentes antimicrobianos y de la propia composición del alimento (12,13).

1.5 ISOTERMAS DE SORCION

El concepto de agua libre y combinada es de gran utilidad, ya que permite el estudio de ésta en los alimentos, se representa por las isotermas de sorción.

Estas pueden ser definidas como curvas que relacionan - la presión parcial de vapor de agua en los alimentos con su contenido de humedad a una determinada temperatura.

Las isotermas pueden ser de adsorción o desorción. Cuan

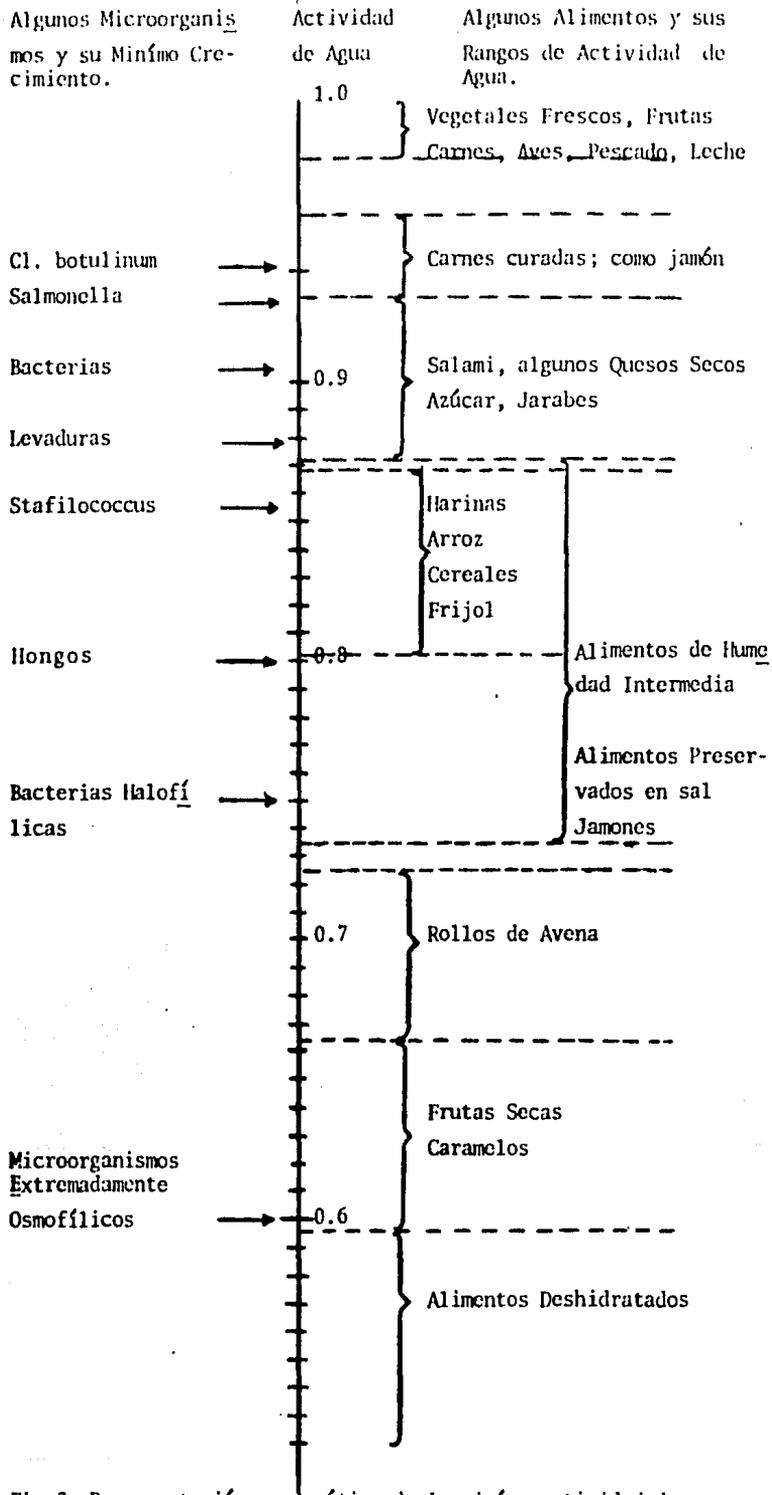


Fig.2. Representación esquemática de la mínima actividad de agua para el crecimiento de microorganismos y rangos de la actividad típica de algunos alimentos(10).

do se trata de isothermas de adsorción, el producto es -
previamente secado y expuesto a diferentes humedades re
lativas a una temperatura constante (10,14,15).

La configuración típica de una isoterma es la de una cur
va sigmoidea es decir en forma de "S", como se muestra
en la Fig.3. Cada producto posee una isoterma propia,-
la cual varía de acuerdo a su composición química hacién
dose más o menos sigmoidea, ver Fig. 4.

El conocimiento de la isoterma de adsorción para un pro
ducto alimenticio específico es importante en el diseño
de envases (2,16).

1.6 TRANSFORMACIONES QUE OCURREN DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LOS PRODUCTOS DESHIDRATADOS

Las limitaciones de la vida de anaquel de productos ali
menticios, son establecidas principalmente por el creci
miento microbiano, actividad enzimática, reacciones de -
obscurecimiento no enzimático, oxidación de lípidos y -
pérdida de nutrientes (5,10,17,18). Las cuáles pueden
verse aceleradas o disminuidas por la protección que --
brinda el envase.

Otros factores también ejercen una función destructiva -
en la calidad de los alimentos, destacándose por ejemplo,
en la interacción de proteínas con los radicales libres
derivados de la oxidación de lípidos y que mucho contri
buyen a la pérdida del valor nutritivo (19).

La velocidad de las reacciones químicas, deseables o no,
que ocurren durante el almacenamiento de los alimentos -
dependen principalmente de la movilidad y concentración
de los compuestos presentes. La falta de movilidad del

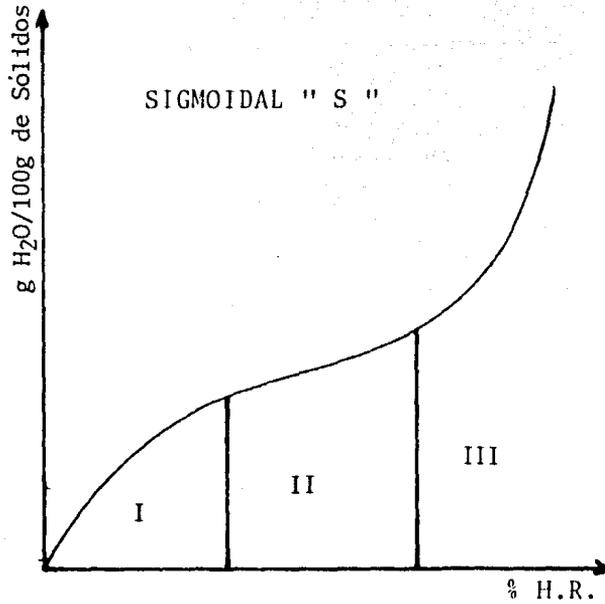


Fig.3. Curva Típica de una Isotherma de Adsorción⁽¹⁶⁾

- I . . . Corresponde al agua ligada en la capa mono-molecular, la cual esta unida fuertemente a grupos COOH y NH₂.
- II . . Multicapas, agua ligada por puentes de hidrógeno.
- III . Agua libre, con actividad más reducida.

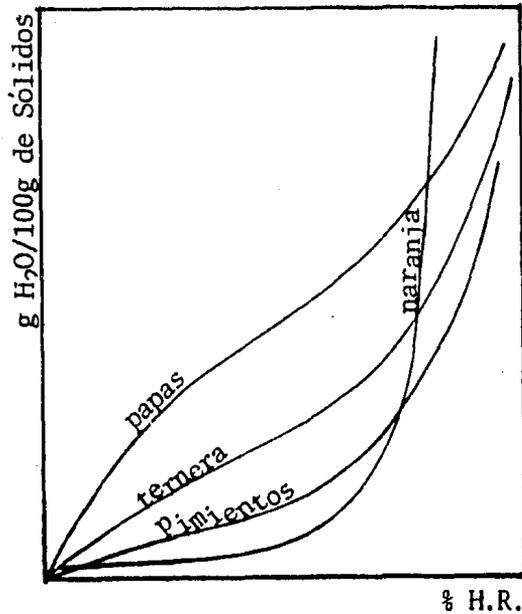


Fig.4. Configuración de las isothermas en base a su composición química (16).

Papas: grupo de productos amiláceos (maíz, arroz, frijol, etc) presenta elevada retención de agua por sus propiedades higroscópicas las cuales no estan influenciadas por la temperatura.

Ternera: grupo de alimentos proteínicos (carne, pescado, huevo, etc.). Tienen menor capacidad de retención que los productos amiláceos..

Composición: proteínas 75%, grasa 20%, azúcares 1%

Las propiedades higroscópicas varían con la temperatura, curva menos sigmoidal y más convexa al eje de presión de vapor, humedad a proximada de 3 a 3.5 % (a temperatura ambiente).

Naranja: grupo de alimentos de elevada concentración de azúcares, la curva a temperatura ambiente ha perdido el carácter sigmoidal.

Pimientos: grupo de alimentos con elevado contenido en azúcares y otros compuestos de elevado peso molecular, Humedad 2%.

sustrato y de las enzimas en determinadas reacciones se llevan a cabo muy lentamente en alimentos deshidratados donde las enzimas no fueron inactivadas (9,18,19).

Otra reacción importante de deterioración de alimentos - que depende mucho de la actividad de agua es el oscurecimiento no enzimático. El estudio de esta reacción en alimentos deshidratados durante el secado y almacenamiento es de gran importancia en vista de la pérdida del valor nutritivo de las proteínas, debido a que reaccionan con los azúcares reductores.

La razón de ésto, reside en las propias condiciones del proceso, donde el calor favorece y es responsable de la degradación parcial de proteínas, además de dar evidentemente inicio de reacciones con azúcares reductores.

Estas reacciones también ocurren durante el almacenamiento, estando además regidas por otros parámetros como la actividad del agua y la temperatura (5,20).

La actividad de crecimiento de los microorganismos decrece al disminuir la actividad de agua, estos sufren paralización completa con un A_w inferior a 0.6. Entretanto, el valor mínimo es una función del tipo de microorganismos (12,13).

En la Figura 5, se resume de forma esquemática la influencia de la actividad de agua sobre las diferentes velocidades de reacción y transformaciones que ocurren en los alimentos.

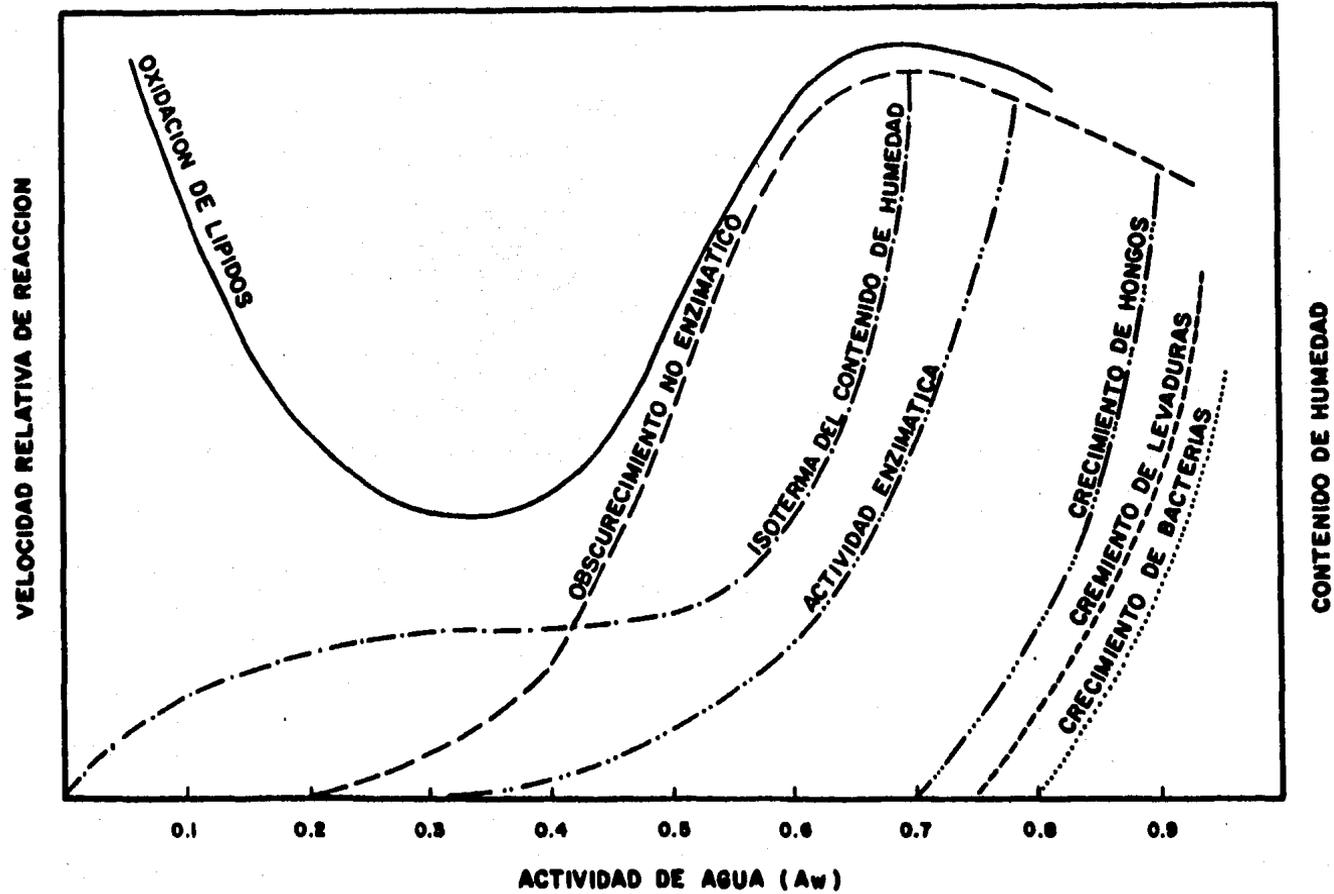


FIG. 5 MAPA DE ESTABILIDAD DE LOS ALIMENTOS COMO UNA FUNCION DE LA ACTIVIDAD DE AGUA ⁽²¹⁾

1.7 PRINCIPALES PROPIEDADES DE LOS MATERIALES PLASTICOS UTILIZADOS PARA ENVASES DE ALIMENTOS.

Existen muchos tipos diferentes de materiales plásticos (películas), los cuales pueden ser diseñados químicamente para obtener una serie de características deseadas - en el producto final.

Los plásticos son compuestos orgánicos con un alto grado de polimerización y se dividen en dos tipos fundamentales: termofijos y termoplásticos.

Los termofijos son aquellos que una vez endurecidos por el calor no es posible reblandecerlos con aplicación posterior del mismo.

Los termoplásticos son aquellos que se pueden seguir moldeando en otras formas una vez que se ha tenido el proceso de polimerización.

Son versátiles, tienen un amplio intervalo de propiedades que bien pueden ser rígidos, semirígidos o flexibles, pueden proporcionar excelentes cualidades de protección contra gases y humedad, son opacos, transparentes o coloridos. Se pueden usar en forma combinada como es el caso de los coextruidos, con capas de aluminio como los laminados o combinados con papel, etc.

La reducida cantidad de energía que se usa para su elaboración, en comparación con otros materiales de envase (vidrio y hojalata), menor peso, mejores propiedades por unidad de peso, lo cual redundará finalmente en la economía comparable con otros materiales.

Los envases flexibles se encuentran entre los principales termoplásticos usados para el acondicionamiento de -

alimentos deshidratados, entre los cuales tenemos:

Polietileno de Baja Densidad.- Este material es el más ba rato y representa arriba del 70% dentro del consumo como material de envase. Otras ventajas son su transparencia, brillo, buena barrera a la transmisión de vapor de agua y facilidad de sellado, se puede combinar con otros tipos - de películas, papel u hoja de aluminio para estructuras más sofisticadas.

Polietileno de Alta Densidad.- Es un material opaco, no - tóxico, sustituto del papel. Este material es más caro - que el polietileno de baja densidad, es rígido, presenta mejor barrera contra aceites y grasas, y buena barrera al vapor de agua.

Polipropileno.- Posee un excelente brillo y transparen - cia, por consiguiente, es un buen sustituto del celofán siendo éste más caro, posee mejor barrera contra gases, - transmisión al vapor de agua, aceites y grasas.

Cloruro de Polivinilo (PVC).- Su consumo no es significa - tivo debido en parte a su dificultad de proceso, tiene un elevado valor de permeabilidad al oxígeno, empleándose - para envolver carne fresca, posee buena barrera para gra - sas y aceites.

Cloruro de Polivinilideno (PVdC).- Es un material caro, - es una buena barrera a gases y vapor de agua, y no es que - bradizo a bajas temperaturas.

Poliestireno.- Película de alta transparencia, brillo y - rigidez. Estas propiedades lo hacen un excelente mate - rial para contenedores termoformados, posee una muy pobre barrera al vapor de agua, razonable barrera de protección

a oxígeno y olores.

Poliéster.- Esta película tiene una buena resistencia al oxígeno, se emplea para envasar carnes al vacío resiste altas temperaturas combinadas con otras películas.

Lo anterior es una explicación del porqué estos materiales juegan un papel importante en el área del envase (4, 22,23).

El abastecimiento de materias primas para la manufactura de plásticos en México, está en manos de Petróleos Mexicanos (PEMEX), el cual produce polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad y cloruro de polivinilo.

La producción nacional de polietileno de baja densidad no ha podido seguir el paso de la demanda, ya que en 1975 el 5.6% del consumo estimado fué cubierto con importaciones, pero para 1978 esta cifra se había elevado hasta cerca del 40%, como resultado PEMEX ha tenido que aumentar sus importaciones.

La demanda de polietileno de alta densidad hasta 1978 fué cubierta totalmente por importaciones, actualmente la planta instalada por PEMEX cubre los requerimientos nacionales.

Actualmente la capacidad de cloruro de polivinilo es adecuada para cubrir la demanda nacional y además proveer un excedente para exportación. México ha sido desde 1977 un exportador neto de PVC. Con una cifra de aumento pronosticada hasta 1985, del 5% anual, la capacidad actual será suficiente para cubrir la demanda hasta 1985.

La demanda nacional de polipropileno se cubre en su totalidad con importaciones y este material presentó un aumento del 97% entre 1975 y 1978, así como éste se importan otros como poliamidas (3).

Este crecimiento será en parte el resultado del incremento en el envase y embalaje total, pero también de la sustitución de materiales tradicionales de envase, como vidrio, metal y papel por plásticos (3).

1.8 PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA DE LAS PELICULAS PLASTICAS

La permeabilidad al vapor de agua de los materiales flexibles, es una constante física de cada material que indica la velocidad con que deja pasar al vapor de agua. Una película con alta permeabilidad a la humedad deja pasar rápidamente el vapor de agua, y por lo tanto no ofrece una buena protección al producto (5,6).

La permeabilidad al vapor de agua está dada por la siguiente ecuación y está representada en la Fig. 6.

$$P = \frac{Q \cdot e}{A \cdot t (P_1 - P_2)}$$

Donde:

P = Permeabilidad en g. micra/m². día. mmHg

Q = Cantidad de agua en gramos (g)

e = Espesor de la película, expresado en micras (K)

A = Es el área total por la cual el vapor de agua se difunde, expresada en metros cuadrados (m²)

(P₁ - P₂) = Diferencia de presión parcial, expresada generalmente en (mmHg)

t = Tiempo en (días)

La permeabilidad al vapor de agua (P.V.A.) es dada en $\frac{g}{m^2 \cdot día} \cdot mmHg$, ó unidades equivalentes. Normalmente se utiliza la velocidad de transmisión al vapor de agua (V.T.V.A.) que es expresada en g de agua/ $m^2 \cdot día$ ó unidades equivalentes.

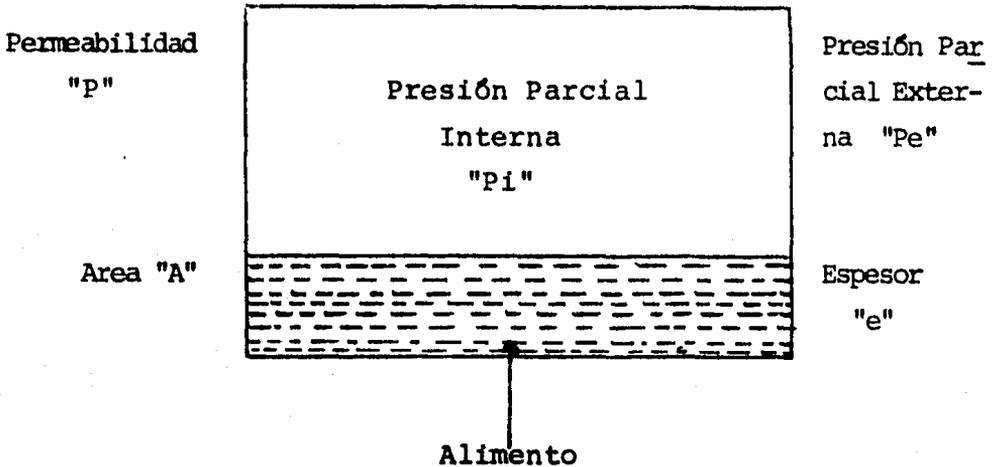


Fig. 6. Representación esquemática del Fenómeno de Transmisión al Vapor de Agua en un Envase.

Cada material posee una determinada permeabilidad al vapor de agua, dependiendo de su espesor, composición es - estructural y del proceso de obtención que lo caracterizan.

Los materiales más utilizados en la industria de los alimentos son; hojalata, vidrio, cartón y papel, así como materiales plásticos.

Debido a que la permeabilidad al vapor de agua en hojalata y vidrio es nula, no se consideran en este estudio. - Por lo que nos referimos únicamente a los materiales plásticos, que han venido incrementando su uso en alimentos - deshidratados.

1.9 VIDA DE ANAQUEL

Passy y Mannhein (26,27), definen la vida de anaquel como el "período de tiempo" en el cual es mantenida la estabilidad del producto, utilizando como criterio, determinado indicador de calidad como asimilación de metales alteraciones de color, sabor y textura o pérdida de los valores nutritivos.

Una definición más completa es la presentada por el Institute of Food Technologist-IFT (28), para el cual la vida de anaquel es el "período de tiempo" transcurrido entre la producción y el consumo del producto alimenticio, en el cual, éste se caracteriza por el nivel satisfactorio de calidad evaluado por el valor nutritivo, sabor, -textura ó apariencia.

Las interacciones alimento-envase, en caso de que existan, deben permanecer a niveles considerados aceptables (29). La vida de anaquel varía con el tipo de alimento, condiciones de almacenamiento y envase utilizado.

CAPITULO 2.
MATERIALES Y METODOS

2. MATERIALES Y METODOS

Para la realización de este trabajo se seleccionaron diferentes productos deshidratados, clasificándolos en cuatro grupos tomando como base el nutriente que se encontraba en mayor proporción y más factible de sufrir cambios en su composición química, los cuales fueron los siguientes:

Grupo No.1. Alimentos con un porcentaje representativo en proteínas.

- Leche Entera en Polvo
- Leche Descremada en Polvo
- Cereal Expandido en presentación de burbujas (elaborado con harina de soya)

Grupo No.2. Alimentos con alto contenido en almidón.

- Pastas Huecas
- Pastas Instantáneas

Grupo No.3. Alimentos con elevado contenido en carbohidratos.

- Polvo para Preparar Refresco de Sabor (fresa)

Grupo No.4. Alimentos con elevado contenido de grasa.

- Concentrado de Pollo en Cubo (consomé)
- Concentrado de Pollo en Polvo (consomé)

2.0 PARA EL DISEÑO DE ENVASES DE ALIMENTOS DESHIDRATOS SE REALIZARON LAS SIGUIENTES ETAPAS.

2.1 CARACTERIZACION DEL PRODUCTO ALIMENTICIO

Cuando hablamos de la caracterización del alimento nos referimos a sus características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas especificadas bajo norma (30,31,32,33).

2.2 DETERMINACION DE HUMEDAD INICIAL

Existen una gran variedad de métodos para la determinación de humedad en los alimentos en bases a su composición química y estado físico (8,34). El método empleado en este estudio es el reportado por el Instituto Adolfo Lutz ITAL (35).

Dicha determinación se realizó con el siguiente -- equipo:

- Estufa de vacío con paso de gas seco (Fig.7)
 Marca - Thelco Modelo - 3237
- Bomba de vacío Marca Felli Welch
 Modelo - 1400 Potencia 1/3 CP 249Kw.
- Balanza Analítica Sauter
 Modelo 424/18 con precisión ± 0.0001 g.
- Desecadores con sílica gel
- Pinzas para el manejo de pesafiltros

Condiciones a las cuales se realizó la determina-ción de humedad de los productos seleccionados:

- Temperatura: 70°C
- Presión: 23 mmHg
- Tiempo: 15 hrs.

2.3 DETERMINACION DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCION

Una isoterma representa la relación cuantitativa - entre la actividad de agua de un alimento y su contenido de humedad a una temperatura constante. El método empleado para la obtención de las isotermas fué el de los desecadores (10,11,35).

Este método consiste en la exposición de una pequeña muestra del producto alimenticio a diferentes - atmósferas de humedad relativa a una temperatura -

ESTUFA A VACIO

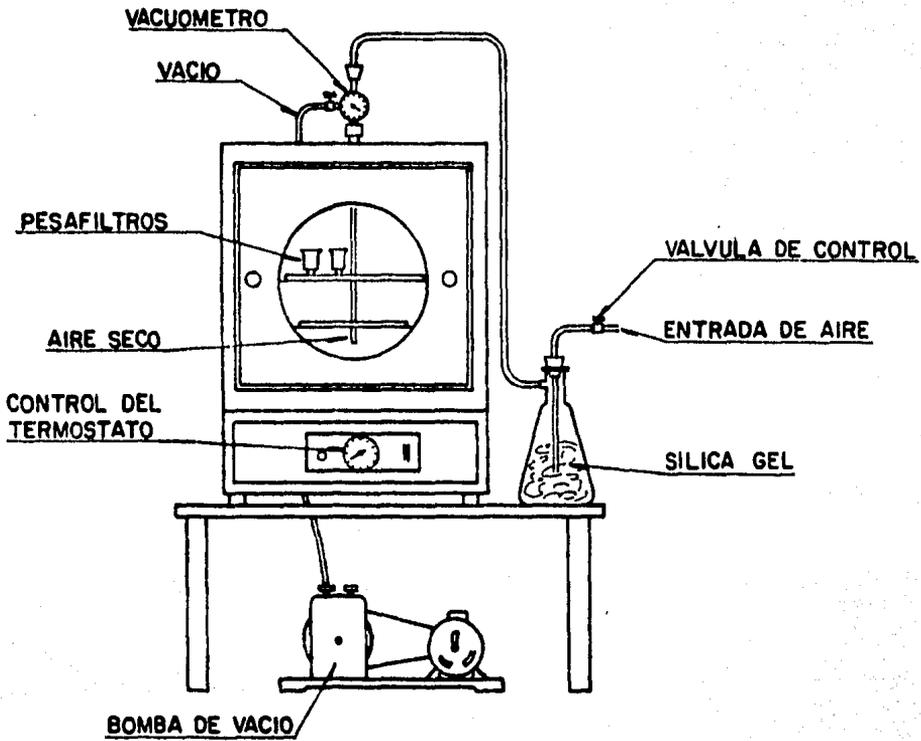


FIGURA 7
ESQUEMA DE LA ESTUFA A VACIO PARA EL SECADO
DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS

constante. Después de que el equilibrio se alcanzó, el contenido de humedad se determinó gravimétricamente. El esquema del método de los desecadores se observa en la Fig. 8.

Se emplean un gran número de soluciones sobresaturadas para éste propósito, las cuales tienen la ventaja de mantener constante la humedad, siempre que la cantidad de sal esté por arriba del nivel de saturación (10,15,35), la Tabla 1 muestra las sales empleadas.

El equipo empleado fué el siguiente:

- Cámara Climática con temperatura controlada a -- 23°C. Machine No.3138-4 de Nihon Rigaku Kogyo CO. LTD. Japón.
- Desecadores
- Pesafiltros
- Balanza Analítica Sauter Modelo 424/18 con precisión de ± 0.0001 g.

Para el trazo de la isoterma, el aumento de humedad se calculó como sigue:

$$\% \text{ H.b.s.} = \frac{\text{Aumento de Peso}}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

$$\% \text{ H.b.s.} = \text{g H}_2\text{O}/100\text{g de Muestra Seca}$$

ESQUEMA DEL METODO DE LOS DESECADORES PARA LA DETERMINACION DE LA ISOTERMA DEL PRODUCTO ALIMENTICIO

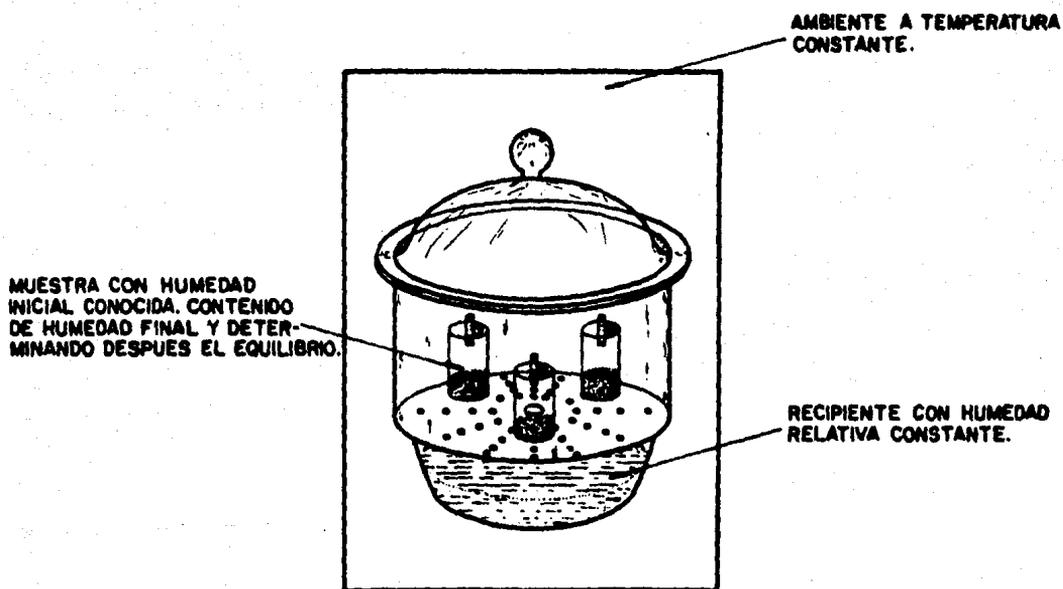
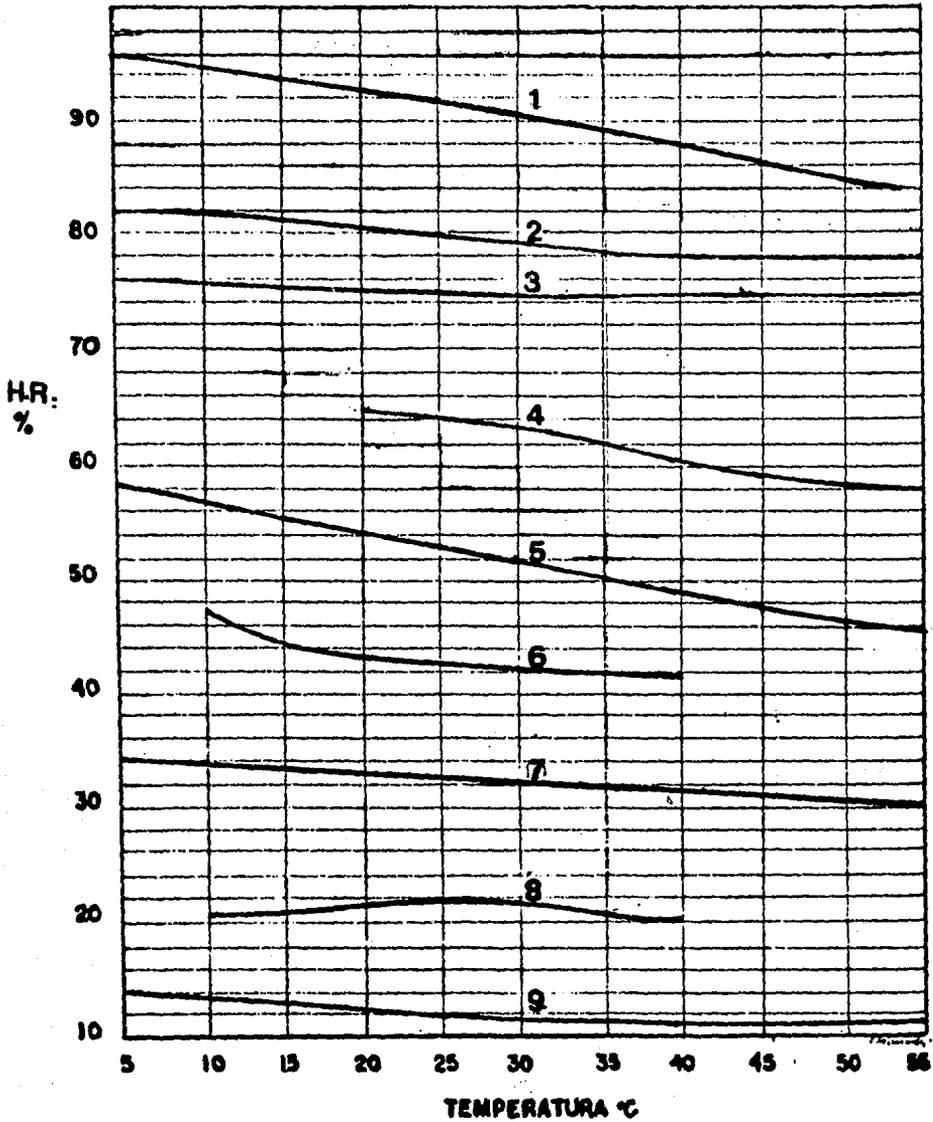


FIGURA 8

Tabla 1. Curvas de temperatura contra humedad relativa (H.R.), para soluciones saturadas.



- 1. Nitrato de Potasio
- 2. Sulfato de Amonio
- 3. Cloruro de Sodio
- 4. Nitrito de Sodio

- 5. Nitrato de Magnesio
- 6. Carbonato de Potasio
- 7. Cloruro de Magnesio
- 8. Acetato de Potasio
- 9. Cloruro de Litio

2.4 HUMEDAD CRITICA DEL ALIMENTO

Es la cantidad máxima de humedad que puede contener un alimento deshidratado, en el cual empiezan a existir cambios sensoriales en el producto como pueden ser inicio de aglomeración, cambios de color, olor, sabor y textura, entre otros.

Se determinó después de que el equilibrio se alcanzó entre la muestra y el medio ambiente al que ha sido sometido.

2.5 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE ENVASE

Los materiales de envase seleccionados para este estudio fueron películas sencillas, coextruídas y laminadas, las que poseen diferente barrera al vapor de agua la que depende de su espesor, estructura y condiciones ambientales, siendo las siguientes:

Material:

Polietileno (PE)₁

Polietileno (PE)₂

Polipropileno (PP)

Polipropileno Biorientado Sencillo

(BOPP sencillo)

Polipropileno Biorientado Doble

(BOPP doble)

Polietileno de Baja Densidad con

Polietileno de Alta Densidad

(PEAD/PEBD)

Celopolifoil

Celofán/Polietileno/Aluminio/Polietileno

(CE/PE/AL/PE)

A los materiales de envase seleccionados se les realizaron las siguientes determinaciones.

2.5.1 DETERMINACION DE ESPESOR

El objetivo de esta prueba es la determinación del espesor real de la película, la cual se realizó con un micrómetro manual, con divisiones de 10 micras (μ), Fowler Precisión -- Tools 52-550-020.

Esta consiste en limpiar las superficies del aparato, que entran en contacto con la muestra, cerrarlo lo conveniente y hacer un número determinado de medidas normalmente de 5 a 10 intervalos regulares, a lo largo y ancho del material, siguiendo una línea recta en dirección perpendicular a el movimiento de la película (35).

2.5.2 DETERMINACION DE LA VELOCIDAD DE TRANSMISION A VAPOR DE AGUA (V.T.V.A.)

Esta determinación se efectuó a todos los materiales seleccionados y mencionados anteriormente, para la cual se utilizó un Permatrán-W, Modelo No.PRT-WS, Serie 0380037 de la Compañía Modern Controls, Inc. (24,36,37).

Especificaciones de la Prueba

Temperatura	Humedad Relativa (H.R.)
23°C	50% H.R.
35°C	80% H.R.

Clasificación de las películas y laminados según su velocidad de transmisión a vapor de agua.

Muy Buena Barrera.....Menor de $1g/m^2$. día
Buena Barrera.....De 1 a $50g/m^2$. día
Mala Barrera.....Mayor de $50g/m^2$. día

2.6 ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL DE PRODUCTOS DESHIDRATADOS.

Para realizar la estimación de la vida útil de un alimento deshidratado en el interior de un determinado envase flexible es necesario asumir como verdaderas, bajo el punto de vista práctico, las siguientes afirmaciones:

- a) El ambiente de almacenamiento permanece bajo condiciones constantes de temperatura y humedad relativa.
- b) La difusión de agua del exterior al interior del envase rige el proceso. Por este motivo, son consideradas despreciables la transferencia del interior del envase a la superficie del alimento y la difusión del producto alimenticio.
- c) Es válida la utilización de la aproximación lineal de la isoterma entre los puntos que corresponden a la humedad inicial y crítica. Situaciones más complejas merecen un estudio más profundo y detallado, más se puede decir que en la mayoría de los casos esta aproximación ofrece resultados bastante satisfactorios (35).

Asumiendo el conocimiento de los parámetros; características del material de envase, así como las del producto alimenticio, podemos utilizar un modelo matemático para estimar la vida de anaquel de un alimento deshidratado.

El modelo matemático empleado relaciona mediante la siguiente ecuación, el contenido de humedad del alimento como una función de las características al vapor de agua a determinadas condiciones (35,38).

$$J_n \frac{H_e - H_i}{H_e - H_c} = \frac{K}{e} \cdot \frac{A}{m} \cdot \frac{P_s}{b} \cdot t$$

Donde:

H_e = Humedad de equilibrio del producto
(gH₂O/100g M.S.)

H_i = Humedad inicial del producto
(gH₂O/100g Muestra)

H_c = Humedad crítica del producto
(gH₂O/100g M.S.)

P_s = Presión de saturación de vapor de agua (mmHg)

b = Aproximación lineal de la isoterma (pendiente)

K = Permeabilidad de la película
(gH₂O. /m².dfa.mmHg)

A = Area del envase (m²)

m = Masa del producto (g)

e = Espesor (micras)

t = Tiempo (días)

Mediante este modelo matemático establecemos nuestro diseño de envase, el cual reúne todas las variables ya mencionadas anteriormente.

C A P I T U L O 3
R E S U L T A D O S Y D I S C U S I O N

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES DE ENVASE

El Cuadro 1, muestra los resultados de la caracterización de los materiales de envase seleccionados.

Se observa que la velocidad de transmisión al vapor de agua (V.T.V.A.), está en función del espesor, composición estructural, así como de la temperatura y humedad relativa, es decir, de las condiciones ambientales a las que fueron expuestas. Se muestra que los materiales que poseen una estructura sencilla como son el polietileno de 50 y 100 micras de espesor, son una mala barrera al vapor de agua a 35°C/80% H.R., es decir, en condiciones tropicales.

Los materiales coextruídos como el polipropileno biorientado ya sea doble o sencillo, poseen una menor velocidad de transmisión a vapor de agua (V.T.V.A.) debido a su estructura lo que lo hace una mejor barrera al vapor de agua que las películas sencillas, sin olvidar que también va a estar en función de su espesor. Siendo también una buena barrera el polietileno de baja densidad combinado con el de alta densidad (PEAD/PEBD) a 23°C/50% H.R.

El celopolifoil, cuya estructura se encuentra compuesta por celofán/polietileno/aluminio/polietileno, con un espesor de 94 micras, es lo que hace a este material laminado una excelente barrera al vapor de agua, ya que el valor de la V.T.V.A., es de 0.028 g/m². día a 23°/50% H.R., que son las condiciones que prevalecen en la ciudad de México, y una V.T.V.A. de 0.20 g/m². día en condiciones tropicales.

CUADRO 1.

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DE ENVASE

MATERIAL	ESPESOR (micras)	VELOCIDAD DE TRANSMISION A VAPOR DE AGUA (g/m ² día)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
Polipropileno Biorientado Doble (BOPP doble)	58.6	0.38	3.09
Polipropileno Biorientado Sencillo (BOPP sencillo)	75.3	0.68	5.53
Polipropileno (PP)	20.2	1.59	12.51
Polietileno (PE) ₁	100.0	1.53	13.77
Polietileno (PE) ₂	50.0	3.16	15.77
Celopolifoil (CE/PE/AL/PE)	94.0	0.028	0.20
Polietileno Alta Densi- dad/Polietileno Baja - Densidad (PEAD/PEBD)	60.0	0.84	6.91

23°C/50% HR: Temperatura y Humedad Relativa Promedio de la Ciudad de México.

35°C/80% HR: Temperatura y Humedad Relativa Promedio de las Zonas Tropicales.

3.2 CARACTERIZACION DE LOS PRODUCTOS ESTUDIADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de los productos deshidratados, seleccionados para este trabajo.

Grupo No.1. Alimentos con un porcentaje representativo en proteínas.

1.1 Leche Entera en Polvo

1.1.1 Ingredientes y Descripción del Producto

Ingredientes: Leche de vaca y 0.2% de lecitina

Descripción del Producto: Polvo de color crema - característico de éste, libre de olores y sabores extraños.

1.1.2 Humedad Inicial

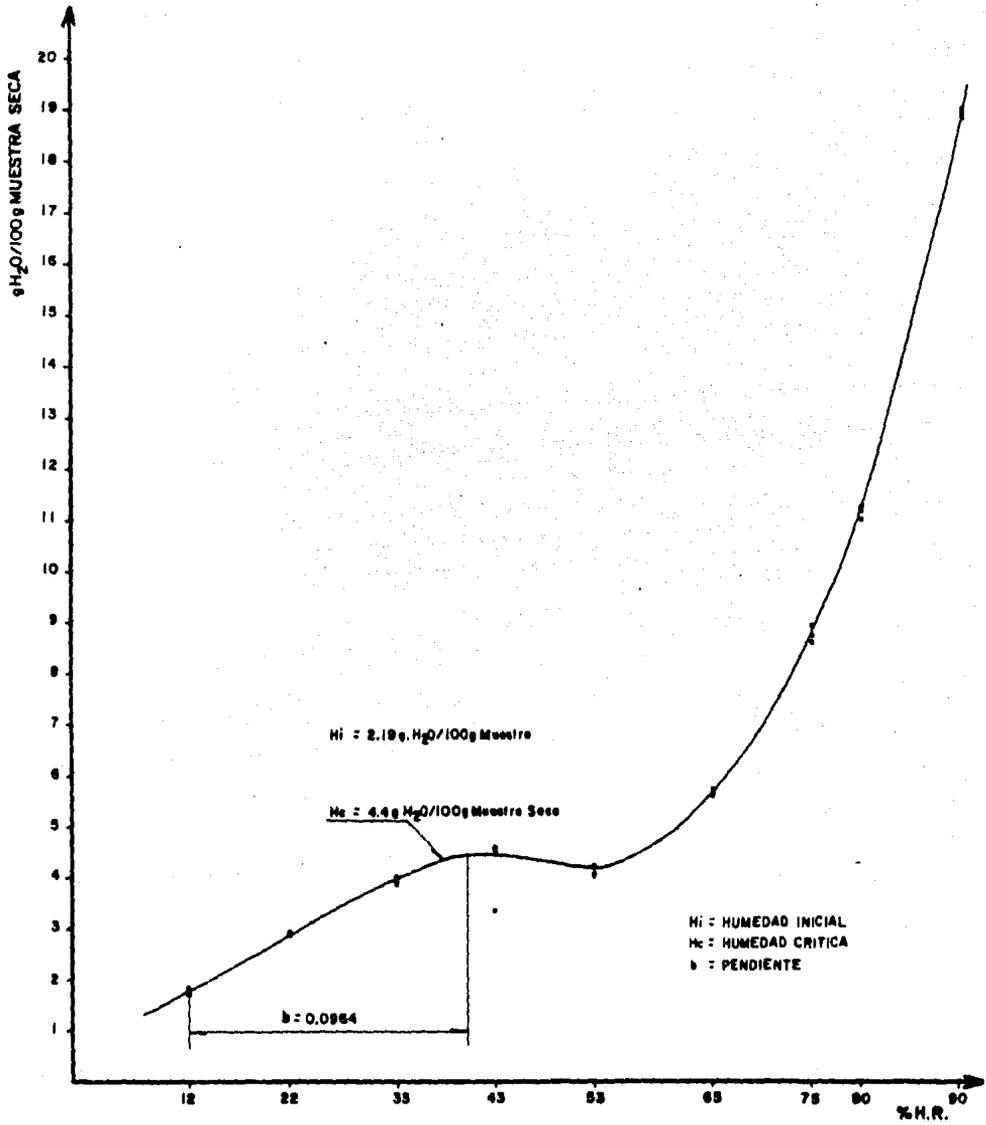
$H_i = 2.19 \text{ gH}_2\text{O}/100 \text{ g Muestra}$

1.1.3 Isoterma de Adsorción

La leche en polvo debido a que contiene un porcentaje representativo en proteínas, así como de lactosa (en forma vítrea), siendo los componentes que definen el comportamiento del producto, presentando una curva sigmoidea intermedia entre las proteínas y los azúcares vitreos, con algunas características de ambos, como se muestra en la Gráfica 1.

A una humedad relativa de equilibrio entre 40 y 53%, la lactosa vítrea del polvo comienza a cristalizar, fenómeno indicado por la inflexión de la curva. Cuando se produce la cristalización, el polvo se atorrna formando generalmente una masa dura, la cual como ya se mencionó inicia su formación -

GRAFICA I
ISOTERMA DE ADSORCION: LECHE ENTERA EN POLVO



cuando el producto se encuentra en un ambiente del 40% HR.

1.1.4 Humedad Crítica

El rango donde se determinó esta humedad fué entre el 33 y 43% HR como se muestra en la Gráfica 1, en el cual el producto conserva sus características - de calidad que lo hacen aceptable por el consumidor y por encima de 43% HR se presentan inicios de deterioro como son; la cristalización de la lactosa, manifestándose como aglomeración, pérdida de la textura, cambio de color y crecimiento microbiano. - Siendo el contenido de humedad máxima permisible el siguiente:

$$H_c = 4.4 \text{ gH}_2\text{O}/100\text{g Muestra Seca}$$

1.1.5 Estimación Teórica de la Vida de Anaquel en Diferentes Alternativas de Envase

En el Cuadro 2, se presentan los resultados obtenidos para la leche entera en polvo, donde se observa que si se envasaran 190g de producto en polipropileno biorientado doble con una V.T.V.A. de $0.38 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$ a $23^\circ\text{C}/50\% \text{ HR.}$, su estabilidad sería mayor de 2 años y de 42 días en condiciones tropicales. Pero si el tiempo requerido para su comercialización fuera mayor de 2 años, se tendría otra opción que sería el material laminado, es decir, el celopolifoil debido a que este material posee una muy buena barrera al vapor de agua.

CUADRO 2.

ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL EN DIFERENTES ALTERNATIVAS DE ENVASE PARA LECHE ENTERA EN POLVO

MATERIAL	CONTENIDO EN EL ENVASE (gramos)*	VIDA DE ANAQUEL (días)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
BOPP doble	190	2 años	42
BOPP sencillo	190	429	24
PP	190	182	10
PE ₁	190	188	9
PE ₂	190	92	8
CE/PE/AL/PE	190	3 años	1 año
PEAD/PEBD	190	342	19

* Los contenidos que se eligieron para la realización de este estudio, son los que se manejan comercialmente.

1.2 Leche Descremada en Polvo

1.2.1 Ingredientes y Descripción del Producto

Ingredientes: Leche descremada de vaca y 0.2% de lecitina.

Descripción del Producto: Polvo de color crema - olor y sabor característicos del producto, ausencia de olores y sabores extraños.

1.2.2 Humedad Inicial

$$H_i = 4.02 \text{ gH}_2\text{O}/100\text{g Muestra}$$

1.2.3 Isoterma de Adsorción

La forma de la curva es de una isoterma intermedia, se debe a sus características de adsorción determinadas solamente por las proteínas, la lactosa y las sales minerales presentes en la leche, como se muestra en la Gráfica 2, lo cual se corrobora con los resultados reportados por Karel (39).

En el rango de 12 a 43% HR, el producto permanece estable ya que por encima de 43% HR se presentan reacciones no deseadas en el producto como son; la cristalización de la lactosa vítrea, reacciones de obscurecimiento no enzimático, aterronamiento y cambios de textura. Las que se incrementan conforme aumenta la humedad relativa en el medio ambiente al que está expuesto, y por consiguiente el contenido de humedad en el producto, presentando crecimiento microbiano en un ambiente de 90% HR.

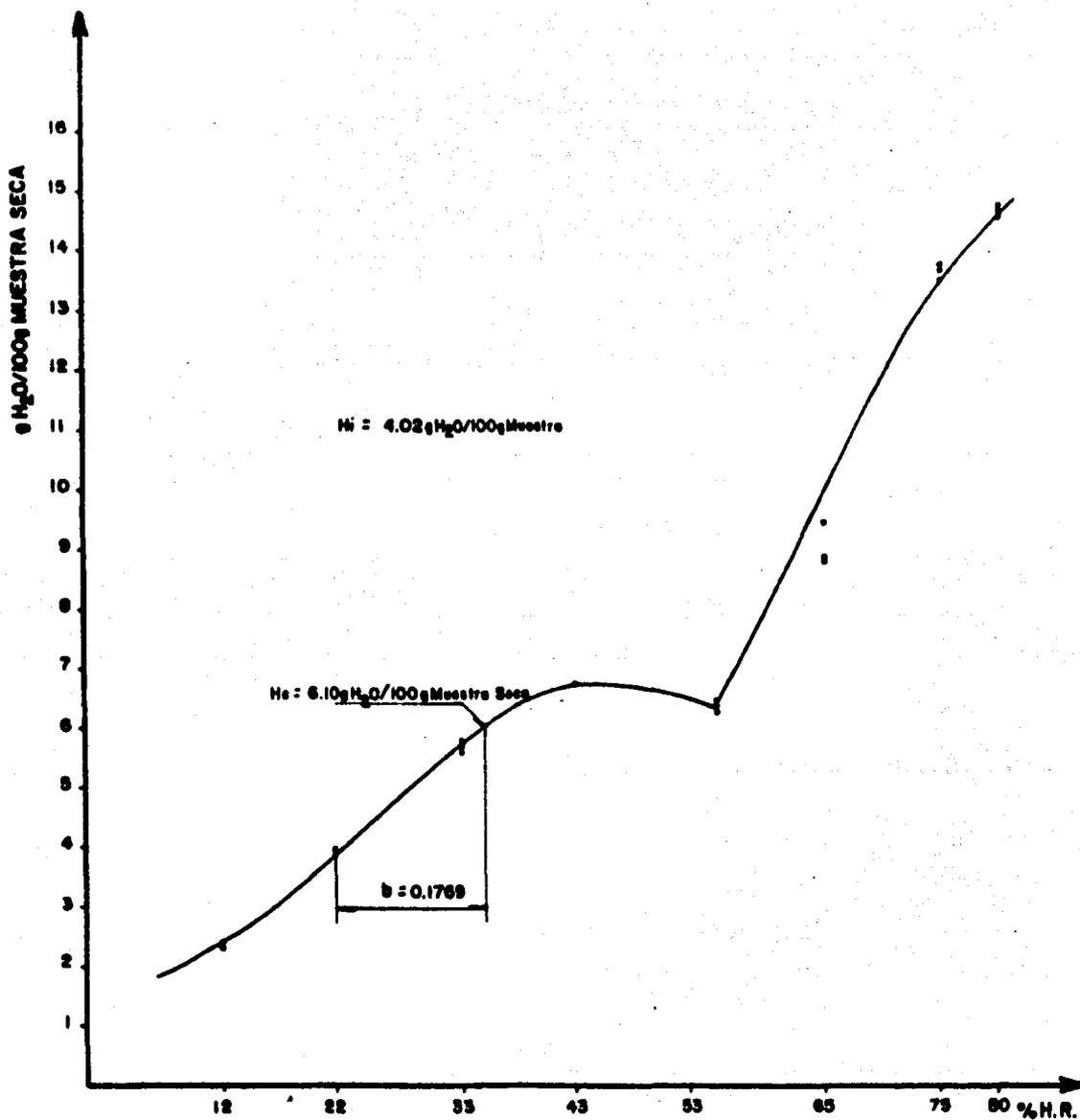
1.2.4 Humedad Crítica

Se determinó en el intervalo de 33 a 43% HR como se observa en la Gráfica 2, siendo ésta de:

$$H_c = 6.10 \text{ gH}_2\text{O}/100 \text{ g Muestra Seca}$$

La humedad crítica que se determinó nos indica que es la máxima aceptada por el producto para mantener su calidad, ya que por encima de ésta, el alimento sufre reacciones de deterioro como son la aglomeración, pérdida de textura, obscurecimiento no enzimático, pérdida de solubilidad y crecimiento microbiano.

GRAFICA 2
ISOTERMA DE ADSORCION: LECHE DESCREMADA EN POLVO



1.2.5 Estimación Teórica de la Vida de Anaquel en Diferentes Alternativas de Envase

En el Cuadro 3, se encuentran los resultados de la vida útil del producto en los diferentes materiales de envase, de los cuales se puede seleccionar el más apropiado de acuerdo a las necesidades del industrial, así como las del propio consumidor, tiempo de comercialización y de los requerimientos de protección del producto.

Se observa que los materiales que brindan menor vida de anaquel son las películas sencillas como el polietileno de 100 y 50 micras de espesor y polipropileno con un espesor de 20.2 micras, tanto a 23°C/50% HR y 35°C/80% HR debido a que presentan una mayor velocidad de transmisión al vapor de agua (V.T.V.A.), que los materiales coextruídos o laminados. El material que ofrece una mayor protección es el laminado, celopolifoil que en su estructura se encuentra el aluminio lo que lo hace una muy buena barrera al vapor de agua, teniendo una V.T.V.A. de 0.028 gH₂O/m². día a 23°C/50% HR. y 0.20 gH₂O/m². día a 35°C/80% HR, siendo por ésto el único material que protege al producto durante un tiempo razonable de un año en condiciones tropicales.

CUADRO 3.

ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL EN DIFERENTES ALTERNATIVAS DE ENVASE PARA LECHE DESCREMADA EN POLVO

MATERIAL	CONTENIDO EN EL ENVASE (gramos)	VIDA DE ANAQUEL (días)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
BOPP doble	190	430	35
BOPP sencillo	190	237	19
PP	190	102	10
PE ₁	190	106	9
PE ₂	190	52	7
CE/PE/AL/PE	190	2 años	532
PEAD/PEBD	190	193	18

1.3 Cereal Expandido en Presentación de Burbujas

1.3.1 Ingredientes y Descripción del Producto

Ingredientes: Harina de soya, harina de trigo - azúcar.

Descripción del producto: Color, olor y sabor característicos, sin olores o sabores extraños, forma de burbuja de tamaño irregular.

1.3.2 Humedad Inicial

$$H_1 = 2.07 \text{ gH}_2\text{O}/100\text{g Muestra}$$

1.3.3 Isoterma de Adsorción

La curva de este producto está dada por las proteínas, carbohidratos y almidones, siendo éstos los componentes que definen el comportamiento del producto, es una curva en forma de "S" (curva sigmoide), en su inicio es cóncava con respecto al eje de humedad relativa, a medida que aumenta ésta se van acumulando moléculas de agua en el alimento, del 43% a 90% HR se incrementa rápidamente el contenido de humedad en el producto tornándose indeseable, como se observa en la Gráfica 3.

1.3.4 Humedad Crítica

La humedad crítica del producto fué determinada en el intervalo de 33 a 43% HR siendo la siguiente:

$$H_c = 6.20 \text{ gH}_2\text{O}/100\text{g Muestra Seca}$$

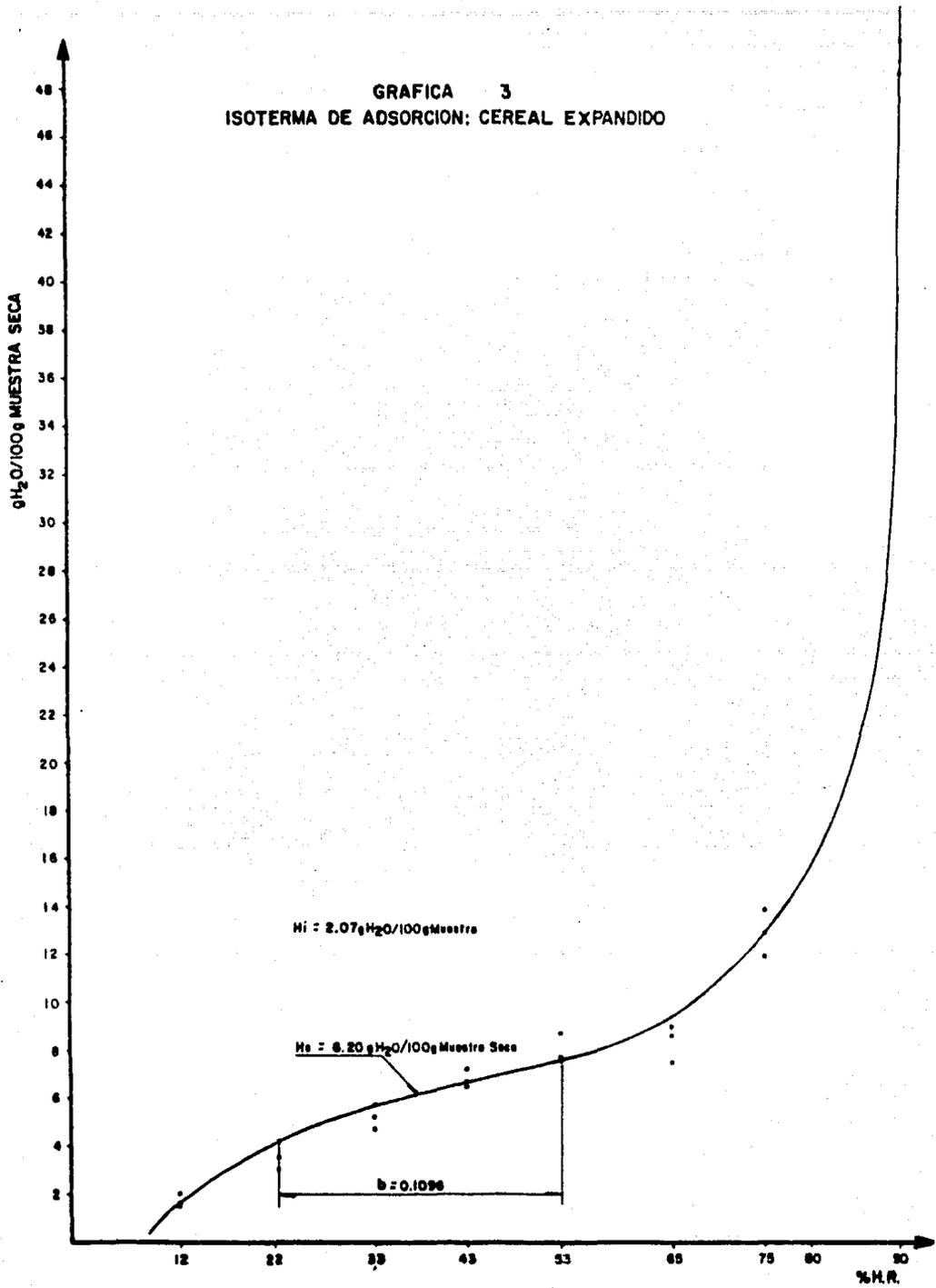
El cereal admite este contenido de humedad como la máxima permisible, ya que por encima de ésta el producto sufre cambios de color, olor, textura (arrugamiento) pérdida del "cronch" debido a la hidratación que está ocurriendo en el mismo.

1.3.5 Estimación Teórica de la Vida de Anaquel en Diferentes Alternativas de Envase

En el Cuadro 4, se muestra como influye el área de envase y la masa contenida, en la vida útil del producto en un mismo material de envase.

Si se envasaran 25g de cereal en polietileno de alta densidad/polietileno de baja densidad, con un espesor de 60 micras y una V.T.V.A. de 0.84 g/m². día a las condiciones que prevalecen en la

GRAFICA 3
ISOTERMA DE ADSORCION: CEREAL EXPANDIDO



Ciudad de México (23°C y 50% HR), la vida útil del producto sería de 275 días, mientras que a 35°C/80% HR será de 14 días. Si se envasan 425g de producto en este mismo material a las mismas condiciones, la estabilidad del producto sería de más de un año a 23°C/50% HR. Lo anterior nos indica que a menor masa el área de exposición es mayor al medio ambiente siendo afectada la vida de anaquel del alimento ya que a mayor masa mayor vida de anaquel porque la adsorción de humedad tardará más en penetrar hasta el centro de envase.

CUADRO 4.

ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL EN UNA ALTERNATIVA DE ENVASE PARA CEREAL EXPANDIDO

MATERIAL	CONTENIDO EN EL ENVASE (gramos)	VIDA DE ANAQUEL (días)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
PEAD/PEBD	25	275	14
PEAD/PEBD	200	414	20
PEAD/PEBD	270	543	27
PEAD/PEBD	425	615	30

Grupo No.2. Alimentos con un Alto Contenido en Almidones.

2.1 Pasta Hueca para Sopa

2.1.1 Ingredientes y Descripción del Producto

Ingredientes: Harina de trigo, agua y colorante artificial.

Descripción del Producto: Pasta hueca, de color amarillo paja, consistencia firme, no presenta estrellamientos o fracturas.

2.1.2 Humedad Inicial

$$H_i = 7.56 \text{ gH}_2\text{O}/100 \text{ g Muestra}$$

2.1.3 Isoterma de Adsorción

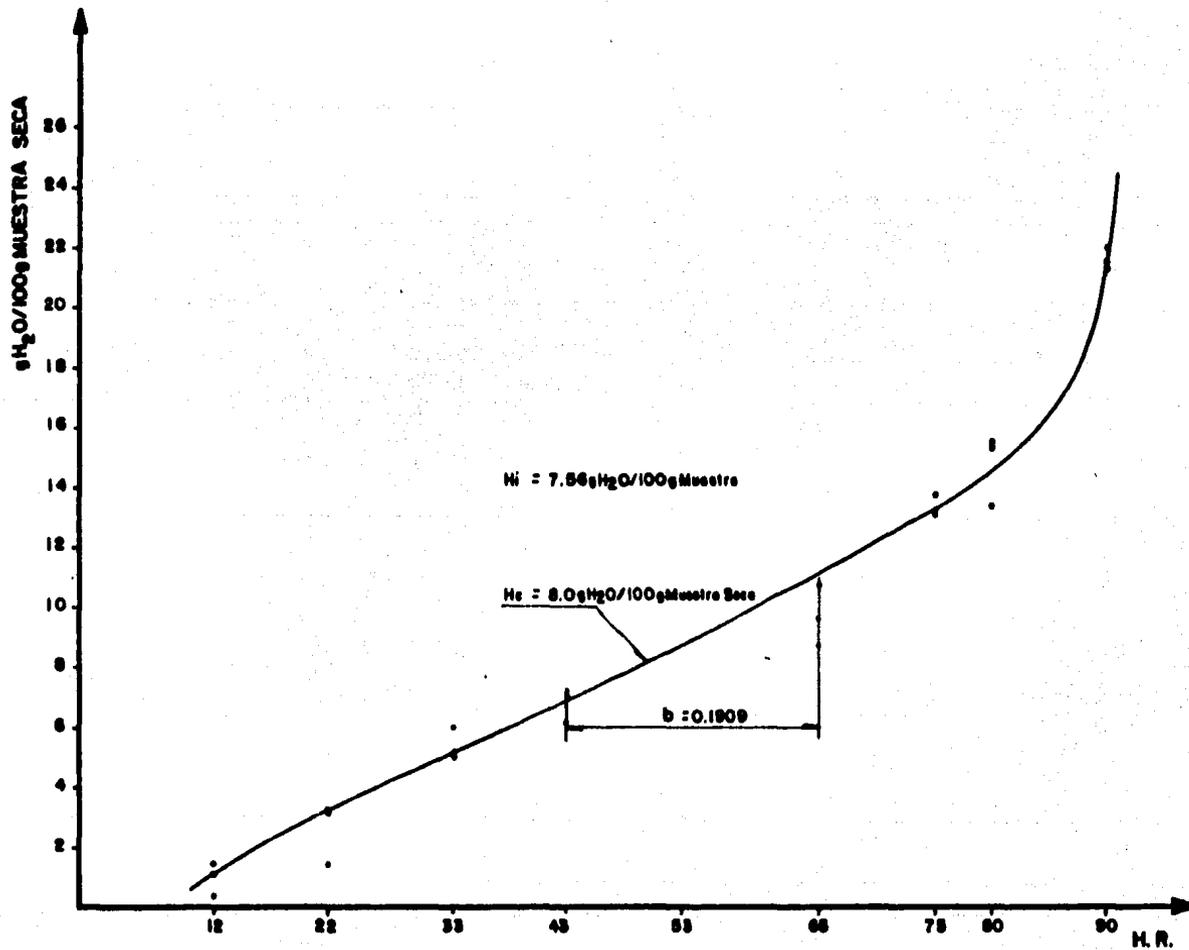
Es una curva típica de un producto amiláceo, teniendo forma sigmoidea hacia el eje de HR, como se muestra en la Gráfica 4, este producto presenta fracturas cuando se encuentra en humedades relativas muy bajas, es decir, de 12 a 43% HR, cuando una pasta ha sido secada demasiado también -- tenderá a quebrarse. Si el producto se encuentra en ambientes donde la humedad relativa esté por encima de 53% se hidratará hasta perder sus características de aceptabilidad ya que el grupo amiláceo posee una elevada retención de agua.

2.1.4 Humedad Crítica

Se determinó en el rango de 43 a 53% HR, como se muestra en la Gráfica 4, siendo la siguiente:

$$H_c = 8.0 \text{ gH}_2\text{O}/100\text{g Muestra seca}$$

GRAFICA 4
ISOTERMA DE ADSORCION: PASTA HUECA PARA SOPA



Este contenido de humedad es el máximo admitido por la pasta, ya que al incrementarse el contenido de humedad, empiezan los inicios de deterioro causados por ésta como son; pérdida del color y textura característicos.

2.1.5 Estimación Teórica de la Vida de Anaquel en Diferentes Alternativas de Envase

En el Cuadro 5, se presentan diferentes alternativas de envase, de las cuales se puede seleccionar el que brinde la mejor protección al producto y de las propias necesidades del industrial.

Si el tiempo necesario para la comercialización del producto fuera de 40 días a 23°C/50% HR, tendríamos dos alternativas; el polietileno con un espesor de 100 micras con una V.T.V.A. de 1.53 g/m². día o el polipropileno de 20.2 micras y un valor de V.T.V.A. de 1.59 g/m². día siempre y cuando el envase contenga una masa de 200g.

El único material de envase que nos preserva el producto durante un tiempo razonable en condiciones tropicales es el celopolifoil, de un espesor de 94 micras y un valor de V.T.V.A. de 0.20 g/m². día, siendo la vida útil del producto de un año.

CUADRO 5.

ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL EN DIFERENTES ALTERNATIVAS DE ENVASE PARA PASTAS HUECAS

MATERIAL	CONTENIDO EN EL ENVASE (gramos)	VIDA DE ANAQUEL (días)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
BOPP doble	200	1 año	23
BOPP sencillo	200	277	13
PP	200	59	3
PE ₁	200	62	3
PE ₂	200	30	2
CE/PE/AL/PE	200	2 años	1 año
PEAD/PEBD	200	112	5

2.2 Pastas Instantaneas

2.2.1 Ingredientes y Descripción del Producto

Ingredientes: Harina de trigo, aceite vegetal comestible, glúten de trigo, sal yodatada, 0.03% de antioxidante y colorante artificial.

Descripción del Producto: Pasta en forma de fideos, olor, color y sabor característicos, ausente de olores extraños.

2.2.2 Humedad Inicial

$$H_i = 2.78g \text{ H}_2\text{O}/100 \text{ g Muestra}$$

2.2.3 Isoterma de Adsorción

La Gráfica 5, muestra la curva obtenida para este producto cuya composición es más compleja, pero el comportamiento sigue determinado por el componente básico para su elaboración que es la harina de trigo que está constituida de almidón, obteniéndose una curva de forma sigmoide, característica de este tipo de productos.

La adsorción de humedad por el producto es mínima al 12% HR incrementándose conforme aumenta la humedad relativa en las diferentes cámaras hasta el 43% HR, la pasta mantiene características de aceptabilidad, siendo la forma de la curva cóncava hacia el eje de humedad relativa. Conforme aumenta el contenido de humedad en el producto, es decir por encima de 43% a 90% HR la pasta pierde su calidad.

2.2.4 Humedad Crítica

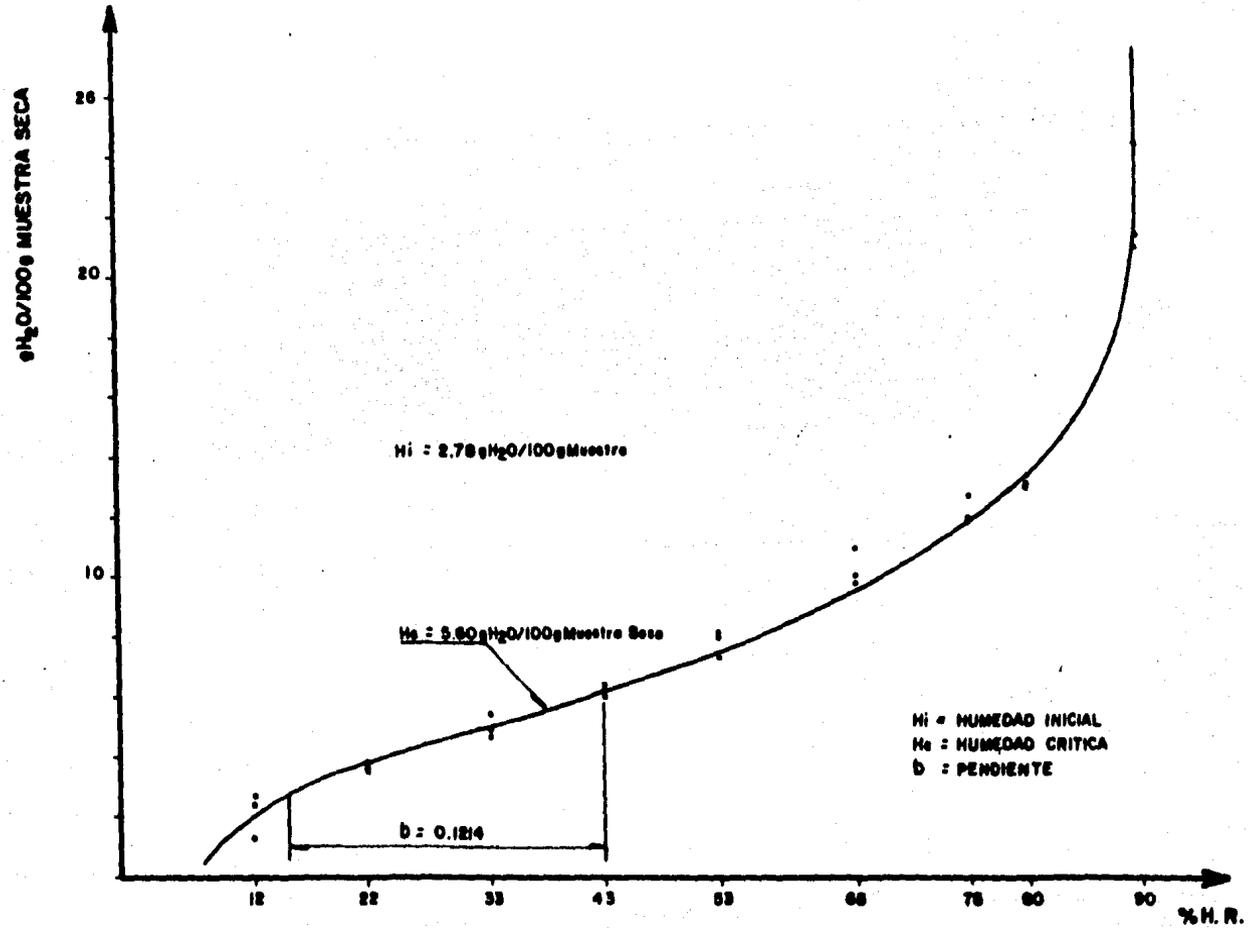
Se determinó en el rango de 33 a 43% HR, donde el producto no ha sufrido ningún cambio, pero por encima de 43% HR, la pasta presenta inicios de deterioro entre los cuales se encuentran cambios de color, olor, textura en forma de ablandamiento. Siendo esta humedad crítica en la que se inicia la pérdida de calidad del producto la siguiente:

$$H_c = 5.60 \text{ gH}_2\text{O}/100\text{g Muestra seca}$$

2.2.5 Estimación Teórica de la Vida de Anaquel en Diferentes Alternativas de Envase

El Cuadro 6, da una visión muy clara de la vida de anaquel de este producto en las diferentes pe

GRAFICA 5
ISOTERMA DE ADSORCION: PASTA INSTANTANEA PARA SOPA



lículas de envase seleccionadas para este estudio.

El polipropileno biorientado sencillo y doble son películas coextruídas, presentando una mejor barrera al vapor de agua, que las películas de estructura sencilla como lo son el polietileno de 50 y 100 micras de espesor, reflejándose ésto en la vida de anaquel obtenida en estos materiales. Los resultados obtenidos difieren entre ambas pastas ya que se trata de productos diferentes dadas sus características propias, como son su composición química, así como su contenido de humedad inicial.

CUADRO 6.

ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL EN DIFERENTES ALTERNATIVAS DE ENVASE PARA PASTAS INSTANTANEAS

MATERIAL	CONTENIDO EN EL ENVASE (gramos)	VIDA DE ANAQUEL (días)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
BOPP doble	80	490	26
BOPP sencillo	80	274	15
PP	80	121	7
PE ₁	80	126	6
PE ₂	80	61	5
CE/PE/AL/PE	80	2 años	401
PEAD/PEBD	80	228	12

Grupo No. 3. Alimentos con elevado contenido en carbohidratos.

3.1 Polvo para Preparar Refresco Sabor Fresa

3.1.1 Ingredientes y Descripción del Producto

Ingredientes: Azúcar, ácido cítrico anhidro, saborizante artificial, ácido ascórbico 2.5%, colorante artificial.

Descripción del Producto: Granulado de color y --olor leve a fresa y sabor muy ácido. Libre de olores y sabores extraños.

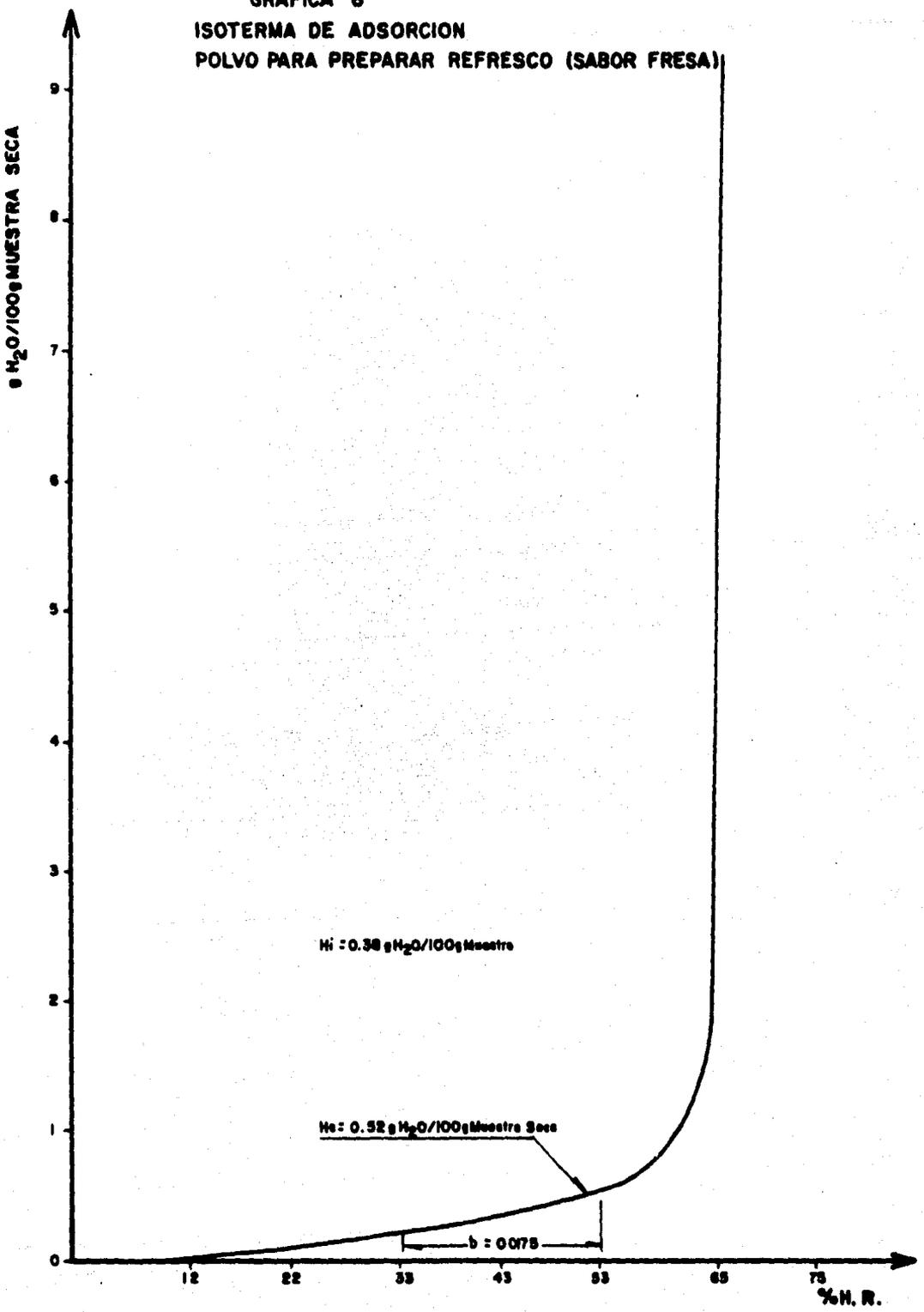
3.1.2 Humedad Inicial

$$H_i = 0.38 \text{ gH}_2\text{O}/100\text{g Muestra}$$

3.1.3 Isoterma de Adsorción

La Gráfica 6, muestra el comportamiento de adsorción de un producto cuyo principal componente es un azúcar, se observó que la adsorción de humedad es mínima en el intervalo de 12 a 52% HR, conservando sus características sensoriales y sin cambios fisicoquímicos en el producto. A medida que la humedad relativa se incrementa se llega a un punto en el que ya no pueden formarse más hidratos, sucediéndose posteriormente la hidratación total de éste. Muchos alimentos contienen componeses cristalinos que incluyen azúcares, cuando éste se encuentra presente en cantidades apreciables, el comportamiento de adsorción estará in-fluido por dicho componente, como en este caso.

GRAFICA 6
ISOTERMA DE ADSORCION
POLVO PARA PREPARAR REFRESCO (SABOR FRESA)



3.1.4 Humedad Crítica

Esta se determinó en el rango de 43 a 53% HR.

$$H_c = 0.52 \text{ H}_2\text{O}/100\text{g Muestra Seca}$$

Siendo ésta la máxima admitida por el producto sin sufrir transformaciones fisicoquímicas, sensoriales o alteraciones microbiológicas que lo hagan inaceptable al consumidor. Al aumentar el contenido de humedad ocurren cambios de color, textura y apariencia en general manifestándose como aglomeración e hidratación del producto.

3.1.5 Estimación Teórica de la Vida de Anaquel en Diferentes Alternativas de Envase.

Las alternativas de envase para este producto se presentan en el Cuadro 7, donde se observa que el material de envase que ofrece mayor protección contra la adsorción de humedad dadas las características del producto es el celopolifoil, ya que si se envasan 6g de producto la vida de anaquel será de 83 días a 23°C/50% HR, y para una masa de 125g a estas mismas condiciones la vida útil del producto será de 2 años. Este mismo producto si fuera enviado a las costas, la vida de anaquel para 6g será de 3 días, en tanto que para la masa de 125g se espera que sea de 53 días. Lo que nos indica que a menor masa se tiene mayor área de exposición con el medio que rodea al alimento y se adsorbe más rápidamente humedad.

CUADRO 7.

ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL EN DIFERENTES ALTERNATIVAS DE ENVASE. POLVO PARA PREPARAR REFRESCO.

MATERIAL	CONTENIDO EN EL ENVASE (gramos)	VIDA DE ANAQUEL (días)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
BOPP doble	125 6	128 6	4 ---
BOPP sencillo	125 6	71 8	2 ---
PP	125 6	76 1	--- ---
PE ₁	125 6	38 2	--- ---
PE ₂	125 6	15 1	--- ---
CE/PE/AL/PE	125 6	2 años 83	53 3
PEAD/PEBD	125 6	58 8	1 ---

--- La vida de anaquel en estos materiales y condiciones, -
fué menor de un día.

Grupo No. 4. Alimentos con un alto contenido de grasa.

4.1 Concentrado de Pollo en Cubo (Consomé)

4.1.1 Ingredientes y Descripción del Producto

Ingredientes: Sal yodatada, grasa de pollo, glutamato monosódico, carne de pollo deshidratada, especias y colorante vegetal.

Descripción del Producto: Forma de cubo, color amarillo paja, olor y sabor característicos, ausencia de olores y sabores extraños.

4.1.2 Humedad Inicial

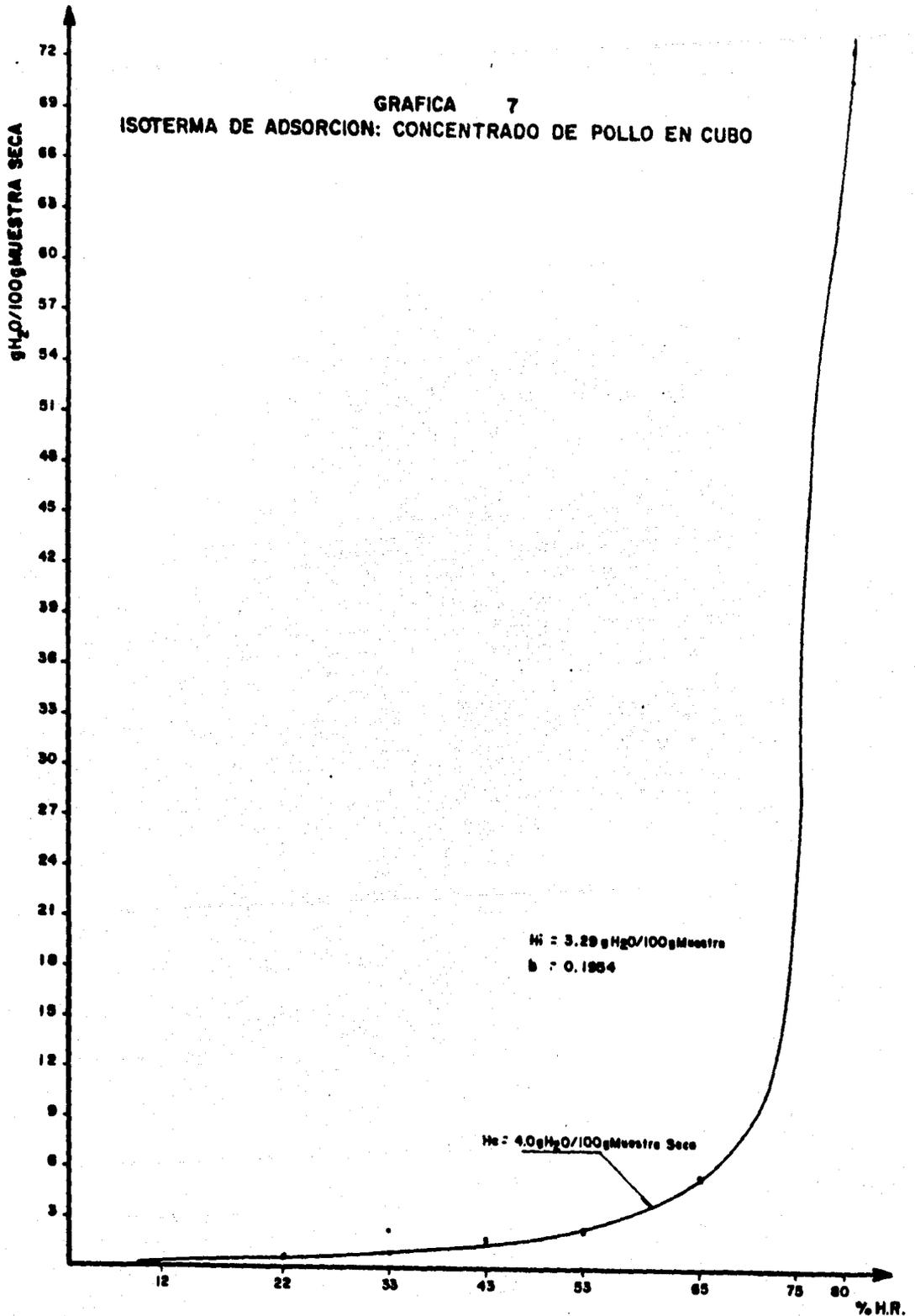
$$H_i = 3.29g \text{ H}_2\text{O}/100g \text{ Muestra}$$

4.1.3 Isoterma de Adsorción

La grasa presente en el producto no liga con el agua, y sus características de adsorción están determinadas solamente por las proteínas y sales presentes en el concentrado de pollo, como se muestra en la Gráfica 7.

En ésta se observó que la adsorción de humedad por el producto, está por debajo de su contenido de humedad inicial en el intervalo de 53 a 65% HR, manteniendo su estabilidad química. En la parte final de la curva por encima de 75% HR, el contenido de humedad sube verticalmente, es una región en la que está presente agua suficiente para que disperse los constituyentes coloidales y para que finalmente llene los espacios capilares entre partículas - cuando llega a alcanzar niveles muy altos de humedad relativa.

GRAFICA 7
ISOTERMA DE ADSORCION: CONCENTRADO DE POLLO EN CUBO



4.1.4 Humedad Crítica

Esta se determinó en el intervalo de 53 a 65% HR.

$$H_c = 4.0g \text{ H}_2\text{O}/100g \text{ Muestra Seca}$$

4.1.5 Estimación Teórica de la Vida de Anaquel en Diferentes Alternativas de Envase

Dadas las características del producto, el único material que cumple con los requerimientos de protección en zonas tropicales de 35°C/80% HR, es el celopolifoil conservando al concentrado de pollo en cubo con una masa de 12g durante 108 días en estas condiciones, y mas de dos años a 23°C/50% HR, como se muestra en el Cuadro 8. Otro material de envase que conserva el producto durante 70 días en el área metropolitana es el BOPP doble, siendo éste una alternativa de envase si se requiriera ese tiempo para su comercialización.

CUADRO 8.

ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL EN DIFERENTES ALTERNATIVAS DE ENVASE PARA CONCENTRADO DE POLLO EN CUBO

MATERIAL	CONTENIDO EN EL ENVASE (gramos)	VIDA DE ANAQUEL (días)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
BOPP doble	12	70	7
BOPP sencillo	12	39	9
PP	12	17	2
PE ₁	12	17	1
PE ₂	12	8	---
CE/PE/AL/PE	12	2 años	108
PEAD/PEBD	12	32	11

--- La vida de anaquel en este material y condición, fue menor de un día.

4.2 Concentrado de Pollo en Polvo (consomé)

4.2.1 Ingredientes y Descripción del Producto

Ingredientes: Sal yodatada, grasa de pollo, glutamato monosódico, carne de pollo deshidratada, especias y colorante vegetal.

Descripción del Producto: Textura granulosa, color beige, olor y sabor característicos.

4.2.2 Humedad Inicial

$$H_i = 1.03g \text{ H}_2\text{O}/100g \text{ Muestra}$$

4.2.3 Isoterma de Adsorción

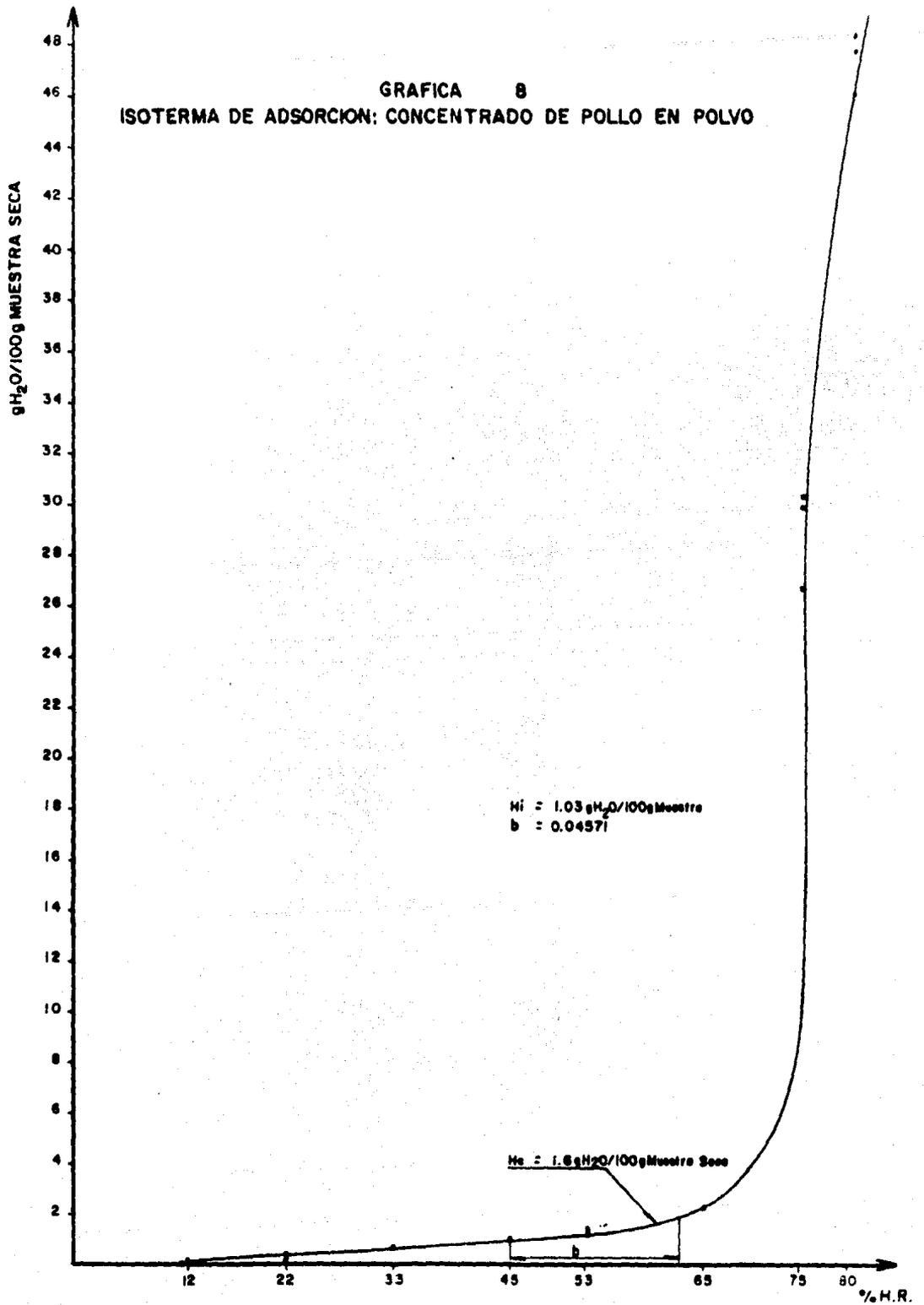
El comportamiento de la curva obtenida para concentrado de pollo en polvo, está dada por los diferentes componentes que lo constituyen, proteínas dadas por la carne de pollo deshidratada, sal que es un producto bastante higroscópico al igual que los vegetales deshidratados, como se muestra en la Gráfica 8. Esta nos indica que teniendo el producto a bajas humedades relativas de 12 a 60%, el producto permanece estable ya que se encuentra por debajo de su humedad crítica, si el contenido de humedad ganada por el consomé está por encima de la crítica el alimento se hidrata hasta formar una solución al 80% HR.

4.2.4 Humedad Crítica

$$H_c = 1.6g \text{ H}_2\text{O}/100g \text{ Muestra Seca}$$

Este es el contenido máximo admitido por el pro -

GRAFICA 8
ISOTERMA DE ADSORCION: CONCENTRADO DE POLLO EN POLVO



ducto para mantener su calidad. Los cambios que sufre el producto si se incrementa la ganancia en humedad por encima de ésta son inicios de aglomera-ción, cambios en el color y textura, perdiendo así su calidad.

4.2.5 Estimación Teórica de la Vida de Anaquel en Dife - rentes Alternativas de Envase

El Cuadro 9, muestra las diferentes alternativas de envase para concentrado de pollo en presentación - de polvo. Este producto con una humedad inicial - de 1.03%, en un envase de polipropileno biorienta - do doble conteniendo una masa de 250g tendrá una - vida de anaquel de 347 días a 23°C y 50% HR, y para una masa de 6g será de 20 días ya que el área de expo - sición es mayor. El material laminado es el que - brinda mayor protección, tanto en el área metropo - litana como en zonas tropicales en las dos presen - taciones de 250g y 6g como se muestra en el mismo cuadro. Además se tienen otras alternativas que se pueden seleccionar en base al tiempo de comercialización del producto.

CUADRO 9.

ESTIMACION TEORICA DE LA VIDA DE ANAQUEL EN
DIFERENTES ALTERNATIVAS DE ENVASE PARA CONCEN
TRADO DE POLLO EN POLVO

MATERIAL	CONTENIDO EN EL ENVASE (gramos)	VIDA DE ANAQUEL (días)	
		23°C/50% H.R.	35°C/80% H.R.
BOPP doble	250	347	68
	6	20	1
BOPP sencillo	250	192	15
	6	11	-----
PP	250	83	7
	6	5	-----
PE ₁	250	86	6
	6	5	-----
PE ₂	250	27	3
	6		-----
CE/PE/AL/PE	250	3 años	1 año
	6	276	25
PEAD/PEBD	250	156	12
	6	9	-----

----- La vida de anaquel en estos materiales y condiciones,
fué menor de un día.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES

Analizando los resultados obtenidos, se establecen las siguientes conclusiones.

1. La utilización del modelo matemático para la selección de envases plásticos de productos deshidratados muestra grandes ventajas para conocer en corto tiempo, el comportamiento de este tipo de productos en diferentes alternativas de envase, de las cuales el industrial puede seleccionar el mejor, considerando primeramente los requerimientos de protección del producto, así como, el tiempo de comercialización, condiciones ambientales, necesidades socioeconómicas y disponibilidad de materiales de envase existentes en el país.

Todos los estudios de vida de anaquel implican un largo tiempo de estudio y por consiguiente, un elevado costo. Siendo esta una manera económica de seleccionar el mejor material de envase, debido a que en el modelo matemático se conjugan todas las variables mencionadas anteriormente.

2. En el caso de los productos deshidratados es necesario conocer su comportamiento mediante su isoterma de adsorción que es característica para cada producto dada su composición química, la cual variará si el producto no mantiene una calidad constante.
3. La caracterización del material de envase juega un papel muy importante en la estabilidad del producto, ya que si no cumple con las especificaciones requeridas para la protección al alimento, la vida de anaquel no será la esperada. Por lo que se requiere un control de calidad estricto durante la fabricación del material y durante el envasado del alimento, especialmente en las áreas de sellado.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso del modelo matemático en la industria de los alimentos deshidratados para seleccionar el envase que más convenga a sus intereses.

Los parámetros más importantes para la selección de una película de envase a ser considerados para cualquier tipo de alimento deben ser; propiedades de la película de envase, requerimientos de protección y composición química del producto, condiciones ambientales a las cuales será expuesto, así como, de las necesidades socioeconómicas del consumidor e industrial y tiempo de comercialización.

2. Una vez que se tienen los resultados de la estimación teórica en los diferentes materiales para un alimento dado, seleccionar el que cumpla satisfactoriamente con la función de un envase y de la disponibilidad de los materiales en el país, se recomienda la necesidad de verificar prácticamente esta vida de anaquel, antes de la comercialización de cualquier producto.
3. Es recomendable e importante conocer las características y propiedades de los nuevos y diferentes materiales de envases plásticos que con sus costos coadyuvan al buen desarrollo de la economía de la industria de los alimentos en el país.

BIBLIOGRAFIA

1. DE LA ROSA EVERARDO
Seminario del Envase Plástico Flexible
Auditorio CANACINTRA. Cámara Nacional de la Industria
de la Transformación. México, D.F.
Octubre 15, 1980.
2. PROF. CHAIM MANNHEIM. Instituto de Tecnología de Israel.
Departamento de Ingeniería y Tecnología de Alimentos.
Haifa-Israel
III Seminario Sobre Embalagem de Alimentos.
ITAL-Campinas. 14 y 15 de Setembro de 1976.
3. MANNIING (W.), CROSS (C.) (PIRA), QUEVEDO (L).
Departamento de Información y Proyectos (LANFI), para
la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Industrial (ONUDI). Oficina Ejecutiva del Programa
Nacional de Desarrollo.
Pronóstico a Corto y Mediano Plazo del Consumo de Envases
y Embalajes en la República Mexicana.
Diciembre 15, 1981.
4. GARZA ALACORTE G. (Sin año). Materiales Plásticos más
Utilizados en la Manufactura de Envases. Capacitación
Técnica de Comercio Exterior.
5. KAREL (M), HEIDELBAUGH (N.) 1975. Effects of Packaging
on Nutrients. Second Edition, Wesport, The AVI Publishing
Company. pp. 412-462.
6. QUAST, D.G. Transformaciones que Ocurren Durante el Almacén
de los Alimentos.
Curso Latinoamericano de Envase y Embalaje.
LANFI. Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial

Ciudad de México

29 de Septiembre al 22 de Octubre, 1980.

7. KAREL (M.). 1973. Recent Research and Development in the field Low-Moisture and Intermediate-Moisture Foods. Critical Reviews in Food Technology 3 (3), 329-373.
8. HART, F.L.; FISHER, H.J. (Sin año). Análisis Moderno de los Alimentos. Ed. Acribia.
9. CABRAL, D.A.; FERNANDEZ, C.M. 1978. Aspectos Generales sobre la Vida de Anaquel en Productos Alimenticios. ITAL. Campinas.
10. KAREL (M.). 1975. Water Activity and Food Preservation in Principles of Food Science. Part II-Physical Principles of Food Preservation Ed. Owen R. Fennema Cap.8 pp. 237-263.
11. BONE (D.). 1973. Water Activity in Intermediate Moisture Foods. Food Technology 27 (4), 71-76.
12. FRAZIER, W.C. 1976. Microbiología de los Alimentos 2a. Edición. Ed. Acribia.
13. LABUZA, T.P.; CASSIL, S.; SINSKEY, A.J. 1972. Stability of Intermediate Moisture Foods. 2 Microbiology-J. Food Sci. 37, 169-162.
14. LABUZA (T.). 1968. Sorption Phenomena in Foods. Food Technology. 22 (3), 15-24.
15. LABUZA (T.), ACOTT (K.), LEE (R.), FLINK (J.), McCALL (W.). 1976. Water Activity Determination: a collaborative study of different methods. Journal of Food Science, 41 (4), 910-917.

16. DR. FRANCISCO PIÑAGA O. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Valencia España.
Curso Sobre Deshidratación de Alimentos.
ENCB. Cd. de México. Del 19 al 30 de Julio de 1982
17. ACKER (L.). 1970. Water Activity and Enzyme Activity
Food Technology 23 (10), 27-40
18. LABUZA, T.P. 1973. Effects of Dehydration and Storage
Food Technology, 27 (1), 20-26.
19. LABUZA, T.P. 1972. Nutrient Losses During Drying and
Storage of Dehydrated Foods. C.R.C. Critical Reviews in
Food Technology 3 (3), 217-240.
20. JAMIESON (M) JOBBER (P.). Vol. 1 Manejo de los alimentos;
Ecología del Almacenamiento.
Editorial Pax-México, 1974.
21. LABUZA, (T.P.), McNALLY (L.), GALLAGHER (D.), HAWKES -
(J.), HURTADO (F.). 1972. Stability of Intermediate Moisture
Foods. 1. Lipid Oxidation. Journal of Food Science,
37, 154-159.
22. SALISBURY (J.). ONUDI. Principales Propiedades de las
Películas y Laminados Utilizados para Envases de Productos
Alimenticios.
Seminario. Uso de Envases Flexibles en la Industria de
Alimentos.
CANACINTRA. Cámara Nacional de la Industria de la Transformación.
Ciudad de México, del 11 al 12 de Junio de 1981.
23. MILTZ (J.). Structure, Properties and Applications of -
Polymers Used as Packaging Material.

Department of Food Engineering and the Packaging Laboratory. Technology.

Haifa-Israel.

24. American Society for Testing and Materials. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials in Sheet Form E 96-66 Part 21.
25. MADI, L.F.C.; CABRAL, A.C.D. & SOLER, R.M. 1976. Técnicas de Laboratorio de Embalagem para Alimentos. ITAL. Instituto de Tecnología de Alimentos. Campinas-Brasil.
26. PASSY (N.) & MANNEHEIM (Ch). Vida de Anaquel para Alimentos. Presentado en el: I Congreso Brasileño de Envasse. Sao Paulo-Brasil. Marzo de 1977.
27. MANNHEIM (Ch). Shelf Life of Foods. Seminario de Envases para Alimentos. Auditorio de la Cámara Nacional de la Industria Textil. Ciudad de México, del 27 al 29 de Agosto de 1980.
28. Institute of Food Technologists. 1974 Shelf Life of Food Technology 28 (8), 44-47.
29. A Scientific Status Summary by Institute of Food Technologists Expert Panel on Food Safety and Nutrition, 1974.
30. NOM-F-26-1971. Norma Oficial de Calidad para Leche en Polvo.
31. NOM-F-23-S-1980. "Pasta de Harina de Trigo y/o Semolina para Sopa y sus Variedades".

32. NOM-F-158-S-1980. "Caldo de Pollo (Granulado, Polvo, Tabletas o Cubos").
33. D.G.N.-F-58-1968. Sopas Deshidratadas.
34. A.O.A.C. 1980. Association of Oficial Agricultural Chemists. 13th. Ed. Washington, D.G.
35. MADI, L.F.C.; QUAST, D.G.; SOLER, R.M.; GAZETTA, E.F. - ORTIZ, S.A.; ALVIM, D.D. 1978 Manual de Projetos de Embalagens para Alimentos, com Base na Permeabilidade a Gases e ao Vapor de Agua.
ITAL-Instituto de Tecnologia de Alimentos.
36. CAIRNS, J.A.; OSWIN, C.R. & PAINE, F.A. 1974.
Packaging for Climatic Protection.
38. LABUZA, T.P. 1982. Moisture Gain and Loss in Packaged Foods. Food Technology, 36, 92-97.
39. KAREL (M.) Prof. del Massachusetts Institute of Technology. Area de Ingenieria en Alimentos.
Seminario sobre: Avances en Ingenieria en Alimentos.
Sede: Campo 1. Facultad de Estudios Superiores-Cuautitlán, U.N.A.M. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
Del 1 al 3 de Diciembre de 1981.
40. JAMIESON (M.), Jobber (P.). Vol.2. Manejo de los Alimentos; Técnicas de Conservación.
Editorial Pax-México, 1975.
41. QUAST (D.), TEXEIRA Neto (R.). 1976. Moisture Problems of Foods in Tropical Climates. Food Technology, 30 (5): 98-105.

42. McCUNE, T.D.; LANG, K.W. and STEIBERG, M.P. 1981.
Water Activity Determination with the Proximity
Equilibration Cell. Journal of Food Science Vol. 46,
1978-1979.