

Efecto de las Condiciones de Almacenamiento en el Tiempo de Vida Útil de Productos de Consumo Masivos de Baja Humedad Empacados en Películas Plásticas

Vivian Álvarez Álvarez¹, Fabiola Cornejo Zuñiga²

¹Ingeniera en Alimentos 2006, email: valvarez@espol.edu.ec

²Directora de Tesis. Ingeniera en Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2000, Masterado EEUU, Universidad Massachussets 2004, Profesor de ESPOL desde 1995., email: fcornejo@espol.edu.ec

Resumen

Nuestro país tiene una diversidad climática que favorece a la agricultura, sin embargo afecta las condiciones de almacenamiento, empaquetamiento y estabilidad de algunos productos alimenticios debido a la acción de la humedad relativa del ambiente sobre el empaque. Los productos elegidos fueron Fideos, Harina y Caldo soluble de gallina, por las siguientes razones: son alimentos que tienen un bajo contenido de humedad y se ven altamente afectados por un exceso de humedad y son de consumo masivo. En este estudio se determino cual es el comportamiento de los productos al ganar humedad en condiciones ambientales de Guayaquil y Quito; para el efecto, se determinaron Isotermas de Absorción a dos condiciones de Humedad Relativa y Temperatura. Además, se cuantifico la Humedad Crítica, en donde los productos pierden sus características organolépticas como color, olor, textura y crujencia y se determino mediante una Evaluación Sensorial, análisis microbiológicos y físico-químicos. Adicionalmente se determino la Humedad de Equilibrio en las dos condiciones ambientales; conjuntamente, se analizo la relación que tienen los empaques con los productos con respecto a la transmisión de vapor de agua máxima que puede soportar un producto durante el almacenamiento y distribución. Se cuantifico el tiempo de vida útil de los productos con diferentes barreras de empaque, sencillos de una sola lámina y multicapas a la Humedad Relativa de Guayaquil (80% HR) y a condiciones extremas de almacenamiento (97-100% HR) y se considero el efecto de la mala manipulación del empaque a condiciones extremas en la “vida útil” del producto.

Palabras Claves: Humedad Relativa, condiciones ambientales y almacenamiento.

Abstract

Our country has a climatic diversity that favors agriculture; however it also affects the storage conditions, packaging and stability of some food products owing to the action of the relative humidity of the atmosphere on the packing. The selected products were Noodles, Flour and Soluble Chicken Broth, for the following reasons: they are foods that have low moisture content, they are highly affected by an excess of humidity and they are widely consumed. This study determines the behavior of the products when exposed to humidity under the environmental conditions of Guayaquil and Quito; therefore, the Isotherm of Absorption was determined for two conditions of Relative Humidity and Temperature. The study also quantifies the Critical Humidity where the products lose their characteristic organoleptics such as color, scent, texture and crispness, determined by means of a Sensorial Evaluation, using microbiological and physical-chemical analysis. Additionally it determines the Balance Humidity under two environmental conditions; jointly analyzing the relationship of the packaging with the products with respect to the transmission of the maximum water vapor that a product can support during storage and distribution. It quantifies the shelf life of the products with different packaging barriers; simple ones of a single sheet and multilayered ones, when exposed to the Relative Humidity of Guayaquil (80% RH) and to extreme storage conditions (97-100% RH), and considers the effect of damaged packaging under extreme conditions in the shelf life of the product.

1. Introducción

La industria de alimentos es un gran usuario de la industria de plásticos. La tecnología de empackado se ha introducido en el mundo moderno, produciendo un avance positivo en la higiene y almacenamiento de los alimentos, en la actualidad, la Industria de Plásticos no realiza un estudio en conjunto con la Industria de Alimentos con respecto a elaborar un empaque en el cual se pre-defina el tiempo de vida útil según las condiciones ambientales de distribución; existiendo la interrogante, referente a la reducción del tiempo de vida útil que sufre el producto por la cantidad de humedad o vapor de agua absorbido del ambiente hacia el empaque plástico así como, el efecto que se produce cuando el material de empaque ha tenido una previa manipulación. También se considera que los productos alimenticios analizados tienen la característica de un bajo contenido de humedad lo que implica muchas ventajas técnico-económicas en el almacenamiento y costos de transportación, en la preservación del producto al asegurar y aumentar su vida útil muy superior al del material fresco original, no requieren refrigeración, otro aspecto a considerar con respecto a su vida útil sería el material de empaque del alimento, sus características mecánicas y barreras de humedad que garantizaría el tiempo de vida, definido según el producto.

2. Contenido

Para realizar el presente estudio, primero se tuvo que determinar el contenido de humedad de los productos a utilizar, el fideo, la tapioca y el caldo soluble de gallina 14%, 10.6% y 5.02% de humedad respectivamente comparado con la norma INEN NTE 1 375:2000 Primera Revisión. Conociendo el contenido de humedad inicial de los productos, se procede a la construcción de Isotermas de absorción para cada producto, aplicando el Método Isopiéstico, implica someter las muestras a diferentes humedades relativas y observar la ganancia de humedad que retiene el producto debido a su estructura.

Se observó que la forma de la Isoterma del fideo y la tapioca es muy similar debido a su alto contenido de almidones, presentando una forma sigmoide.

Los almidones son los constituyentes más afectados por la captación de agua debido a su hinchamiento y retro-degradación en la gelatinización, el fideo está conformado por almidón de trigo en cambio la tapioca es una mezcla de almidón de yuca y almidón de maíz. El almidón de maíz presenta un menor hinchamiento en su estructura que los otros almidones tales como los almidones de papa, sorgo céreo y los modificados.

A continuación, se muestra un gráfico que enseña el comportamiento de alimentos con alto contenido de almidones (forma sigmoide), así como la forma de la Isoterma de Absorción para el caldo soluble de gallina (forma semi-parabólica creciente).

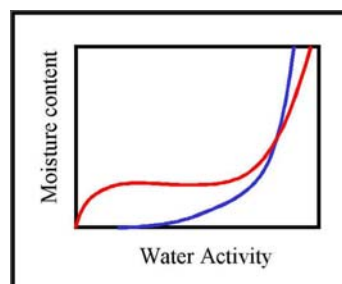


Figura 1. Modelo de Isotermas de Absorción.

En base a la Isoterma de Absorción, se puede observar el contenido de agua ganado por el producto a diferentes humedades relativas a la misma temperatura 32°C.

Se puede observar la degradación del producto a medida que la Humedad relativa del ambiente aumenta, para este efecto determinaremos en que contenido de humedad el producto se presenta inaceptable al consumidor.

Determinación de la Humedad Crítica

Para determinar la Humedad Crítica del producto se lo realizó mediante una Evaluación sensorial, análisis microbiológico y análisis físico-químico.

Evaluación Sensorial

Conjuntamente con la Isoterma de Absorción, se realizó una evaluación sensorial de fideos a diferentes contenidos de humedad (Tabla 1).

Para determinar el punto de Humedad Crítica en el cual, el producto empieza a perder sus características organolépticas, el factor evaluado en el fideo es la textura y apelmazamiento.

Tabla 1. Contenidos de humedad para las pruebas de Humedad Crítica en fideos.

Muestra	%Xf	g/100 g Base seca
A	14.077	16,383
B	14.247	16,615
C	14.671	17,194
D	16.211	19,348

La evaluación sensorial fue realizada mediante una Prueba de Comparaciones Múltiples, cuyo objetivo es determinar la diferencia significativa que representa cada porcentaje de humedad respecto a la humedad inicial del fideo. Es decir, el grado de afectación mediante un análisis de varianza.

Se observó que las muestras B y C son muy similares entre sí, pero son significativamente diferentes a la muestra A y D. En las muestra B y C, se observa un ligero apelmazamiento y una ligera deformación en los fideos y la muestra D, presenta un apelmazamiento y deformación más notoria que las otras tres muestras, el contenido de humedad final se elevó hasta un 16,21%. Por consiguiente se definió en este punto la **Humedad Crítica** de los fideos.

Ahora se reforzara este resultado mediante un análisis microbiológico y físico-químico.

Para los análisis microbiológicos se considero los contenidos de humedad B, C y D; por la diferencia que existe en su textura y contenido de agua con respecto a la muestra de original, los resultados de los análisis indicaron que el crecimiento de mesófilos no es significativo en ninguno de las muestras porque se encuentra dentro de los requisitos microbiológicos para las pastas alimenticias o fideos secos. En el caso de las siembras microbiológicas para Mohos y levaduras en PDA no produjo ningún crecimiento por lo tanto, la Humedad crítica esta definida principalmente por el análisis sensorial en el cual se califica la textura y la apariencia.

La Prueba de texturización del fideo se realizo con cuatro diferentes contenido de humedad y la muestra original para realizar una comparación.

Se observó que la textura del fideo original al ser cocinado, presenta una mejor apariencia de soltura y firmeza con respecto a las muestras B, C y D, por consiguiente se demuestra una afectación en el producto por captación de humedad del ambiente.

En el caso de la Tapioca, la tabla 2 muestra el porcentaje de humedad en base seca de las muestras seleccionadas para su estudio.

Tabla 2. Contenidos de humedad para las prueba de Humedad Crítica en Tapioca.

Muestra	% Xf	g/100 g Base seca
A	10,84	12.1622
B	11,11	12.4975
C	12,58	14.39722
D	13,25	15.2776

En base a la evaluación sensorial, se observó que entre las muestras C y D no hay diferencia significativa entre ellas por lo tanto son similares

entre si, pero diferentes a las otras muestras, al igual que las muestras A y B; por consiguiente se observa que los contenidos de humedad ganados entre la muestra C y D son diferentes a las muestras A y B.

Las primeras dos muestras son muy parecidas en apariencia a la muestra original, la grumosis se empieza a observar ligeramente en la muestra C pero más notoria en la muestra D.

La muestra D tiene una apariencia más desagradable y grumosa comparada a las otras muestras, entonces el contenido de humedad de la muestra C es considerado la humedad crítica sensorialmente.

Este resultado se comprobó microbiológicamente y se observó que el crecimiento de mesófilos con respecto a las muestras B, C y D es aceptable con respecto a la norma y en el análisis de Mohos y Levaduras no se obtuvo crecimiento de estos microorganismos. Además se realizó un análisis físico-químico relacionado con la retro-degradación de la gelatinización de los almidones en la tapioca debido a la ganancia de humedad relativa del ambiente.

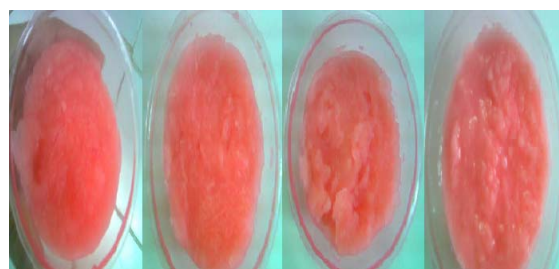


Figura 2. Retro-degradación de los almidones en la Tapioca

Gráficamente se puede observar la degeneración en el espesamiento o gelatinización de almidones en mayor cantidad a partir de la muestra C, afectando la viscosidad del alimento en la preparación y presentando una mayor exudación de agua en las muestras C y D.

Y para el Caldo soluble de gallina, la tabla 3 muestra el porcentaje de humedad para la evaluación de la Humedad crítica sensorialmente.

Tabla 3. Contenidos de humedad para las pruebas de humedad crítica en Caldo soluble de gallina.

Muestra	% Xf	g/100 g Base seca
A	6,338	6.7668
B	6,707	7.1889
C	7,534	8.1481
D	8,33	9.0874

Se observo, que el contenido de humedad es mayor en las muestras C y D, por lo tanto el apelmazamiento es más severo en estas muestras comparado con las otras, además al realizar diluciones de las muestras dentro de un mismo volumen de agua, se pudo degustar una pérdida de sabor y olor en cada muestra, las muestras A y B son ligeramente diferentes con respecto a las estándar.

Lo siguiente es realizar el análisis microbiológico, en este caso se observo el crecimiento de aerobios totales en cada uno de los contenidos de humedad definidos para el caldo soluble

Lo que indica que el producto contiene una alta carga microbiana debido a que son mezclas de especies que se pueden contaminar durante el empaque. Adicionalmente el consumo de este producto es en caliente pudiendo eliminar los microorganismos presentes en el alimento. En análisis físico-químico se evaluó la Pérdida de Peso debido a la ganancia de humedad del ambiente.

La cantidad en peso seco de la muestra de Referencia original del Ranchero es 9.5 gramos de Peso Seco/10 gramos de Producto, la tabla 4 muestra el comportamiento del peso del producto a medida que gana humedad.

Tabla 4. Pérdida de Peso del Caldo soluble de gallina

Muestra	Peso Seco
A	7.96 g.
B	7.59 g.
C	6.58 g.
D	6.22 g.

Se puede concluir que el caldo soluble pierde peso a medida que capta humedad o vapor de agua del ambiente, de manera que se produce una solubilización de las moléculas del producto, dando como resultado formación de Grúmulos notorios en la superficie del producto. La Humedad crítica del producto esta definida en la muestra **B**, sensorial y microbiológicamente.

Análisis a Películas Plásticas

Para el este análisis, se realizo un experimento que involucra la cantidad de humedad absorbida a través de la película plástica hacia el interior del empaque donde se encuentra el producto. Los empaques fueron sometidos a 2 diferentes condiciones ambientales, primero para Guayaquil con 80% de HR y a condiciones atmosféricas extremas 97 - 100% HR a 32°C.

En el caso de fideos, se utilizo empaques Laminado, Polietileno y Polipropileno para realizar la experimentación.

Para determinar la máxima humedad permitida ganada desde un estado inicial hasta un abuso de condiciones se utiliza una tendencia de permeabilidad para denotar la humedad crítica del

producto en el empaque ($\ln B_{\rho_c}$) al exterior y se puede hallar con la fórmula:

$$\ln B_{\rho_c} = \ln \frac{m_e - m_i}{m_e - m_i}$$

En el caso del fideo, la Isoterma de Absorción muestra que la $m_e = 21.53$ g/100 g contenido de humedad en base seca (80%HR, 32°C), $m_i = 16.28$ g/100 gramos contenido de humedad en base seca y $m_c = 19.34$ g/100 g contenido de humedad crítico definido sensorialmente y microbiológicamente en Base seca.

Por consiguiente reemplazando valores, se obtiene $\ln B_{\rho_c} = 0.87513$

El valor de $\ln B_{\rho_c}$ cambia debido a la Humedad relativa de equilibrio del ambiente circundante (m_e) (5). Por lo tanto re-definiendo una nueva m_e para un 97-100% HR, en la Isoterma de Absorción es 41.0619 g/100 g contenido de humedad en Base seca. Se mantiene la m_i y m_c , hallamos que $\ln B_{\rho_c} = 0.1319$.

A condiciones extremas (97-100%HR), se adiciona un experimento en el cual las películas plásticas han sido arrugadas y rayados tanto externamente como internamente para comprobar la eficacia del empaque con respecto a la protección del ingreso de humedad y poder cuantificar el tiempo de vida útil a esas condiciones.

Por lo tanto, a estas condiciones ambientales y según el tipo de empaque usado se determinó el tiempo de vida útil del fideo:

Tabla 5. Tiempo de vida útil para el fideo.

Empaques	80%HR (Nuevo)	100%HR (Nuevo)	100%HR (Manipulado)
Polipropileno	544 días	100 días	95 días
Polietileno	593 días	52 días	34 días
Laminado 1	4695 días	1571 días	258 días

Para la obtención del Gamma Crítico para la tapioca, se precisa la m_e en condiciones de 80 y 100% HR por medio de la Isoterma de Absorción 18,885 y 49.429 g/100 g Contenido de Humedad en Base seca, respectivamente. Se mantiene la $m_i = 11,9395$ y la $m_c = 14,3872$ que es la misma en ambas condiciones y se obtiene que para Guayaquil el $\ln B_{\rho_c} = 0,43454$ y para Condiciones atmosféricas extremas el $\ln B_{\rho_c} = 0.06752$.

Los tipos de películas utilizados para la experimentación fueron 2 tipos de laminado y polietileno de alta densidad, la diferencia entre los dos laminados es su composición el laminado 1 esta formado por varias capas de Polietileno, aluminio y polipropileno y el laminado 2 por capas de Poliéster, polipropileno y polietileno.

Por consiguiente, a estas condiciones ambientales y según el tipo de empaque usado se determinó el tiempo de vida útil de la tapioca.

Tabla 6. Tiempo de vida útil para Colada “Tapioca”

Empaques	80%HR	100%HR	100%HR
	(Nuevo)	(Nuevo)	(Manipulado)
Laminado 1	1144 días	487 días	470 días
Laminado 2	237 días	101 días	75 días
Polietileno	88 días	82 días	17 días

Y por último para el Caldo soluble de gallina, En el caso del Ranchero, la humedad de equilibrio es 20,2443 y 39,3084 g/100 g Contenido de Humedad en Base seca para 80 y 97% HR, respectivamente.

La $m_i = 5,29197$ y la $m_c = 7,1889$; siendo la misma en ambas condiciones y se observa que para Guayaquil el $\ln Bp_c = 0,13566$ y para Condiciones atmosféricas extremas el $\ln Bp_c = 0,0497$.

Los tipos de películas plásticas utilizadas en esta determinación son laminado 1, laminado 2 con las mismas composiciones descritas en el literal de la tapioca, además polietileno de baja densidad y papel laminado. Por lo tanto, la tabla 7 muestra el tiempo de vida útil a condiciones ambientales 80 y 100% humedad relativa, además las películas plásticas previamente manipuladas a 100% HR.

Tabla 7. Tiempo de vida útil para Caldo soluble de gallina

Empaques	80%HR	100%HR	100%HR
	(Nuevo)	(Nuevo)	(Manipulado)
Laminado 1	240 días	147 días	27 días
Laminado 2	159 días	40 días	20 días
Polietileno	14 días	6 días	3 días
Papel laminado	19 días	7 días	4 días

3. Conclusiones:

1. Un factor importante a controlar son las condiciones de almacenamiento (HR y °T) debido a que el tiempo de vida útil en el alimento se reduce por el aumento de permeabilidad de vapor de agua, en el empaque hacia el producto, tal como se puede observar en el tiempo de vida útil de fideos, tapioca y caldo soluble de gallina.
2. La permeabilidad del empaque no es la misma cuando el empaque ha sido previamente manipulado ya sea arrugado o rayado, ya que esta aumenta permitiendo mayor ganancia de humedad y reduciendo el tiempo en percha del alimento en un 80%.
3. El tiempo de vida útil de cada producto difiere debido al diferencial de Presión que existe entre el ambiente circundante del empaque y la presión interna del alimento dentro del mismo, hasta su punto de Humedad crítica en el cual se ven afectados sus características organolépticas tal como se demostró en la evaluación sensorial, pruebas microbiológicas y físico-químicas.

4. Referencias:

1. V. Álvarez, “Efecto de las Condiciones de Almacenamiento en el Tiempo de Vida útil de Productos de Consumo Masivos de Baja Humedad Empacados en Películas Plásticas” (Tesis, Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)
2. T. P. Labuza, Moisture Sorption: Practical Aspects of Isotherm Measurement and Use, (Department of Food Science and Nutrition University of Minnesota, St Paul, 1985), pp 1-72

