

DETERMINACIÓN DE LA VIDA UTIL DEL AJO EN POLVO DE LA
COMPAÑÍA EL TREBOL ROJO

LISETH NATALIA GONZÁLEZ PALACIO

Informe de pasantía para optar al título de
INGENIERA QUÍMICA

DIRECTORES

NELSON JAVIER BENAVIDES ARCOS

Ingeniero Químico

NUBIA LILIANA BECERRA OSPINA

Ingeniera Química

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERIA QUIMICA

BOGOTÁ D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nelson Javier Benavides Arcos
Firma del director 1

Nubia Liliana Becerra Ospina
Firma del director 2

Iván Ramírez Marín
Firma Docente Jurado 1

Diana Milena Morales Fonseca
Firma Docente Jurado 2

Bogotá D.C., febrero de 2023

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García-Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectoría Académica de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretaría General

Ing. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad de Ingenierías

Ing. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director del Programa de Ingeniería Química

Ing. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	8
OBJETIVOS	9
INTRODUCCIÓN	10
1. MARCO CONCEPTUAL	11
1.1.Composición química del ajo	11
1.2.Reacciones cinéticas para predecir la pérdida de calidad de los alimentos	11
1.3.Influencia de la temperatura en la vida útil	13
1.4.Conservación del ajo deshidratado	14
2. METODOLOGÍA	16
2.1 Análisis físico, químicos y fisicoquímicos	16
2.1.1 Análisis químico	16
2.1.2 Análisis fisicoquímico	18
2.1.3 Análisis físicos	18
2.2 Determinación de la cinética para la obtención de humedad en el ajo deshidratado	18
2.2.1 Determinación de la isoterma de adsorción del ajo deshidratado a diferentes temperaturas	19
2.2.2 Determinación de la permeabilidad del polietileno a diferentes condiciones de almacenamiento	19
2.2.3 Pronostico de la ganancia de humedad	19
2.3 Determinación de la influencia de la humedad y temperatura en la pérdida de alicina del ajo deshidratado mediante cinética	19
2.4 Determinación de la actividad de agua crítica del ajo deshidratado	19
2.5 Determinación de la vida útil del ajo deshidratado	20
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	22
3.1 Caracterización de los métodos de análisis químicos, físicos y fisicoquímicos	21
3.1.1 Análisis químicos	21
3.1.2 Análisis físicos	22

3.2	Determinación de la cinética para la obtención de humedad en el ajo deshidratado	23
3.2.1	<i>Determinación de la isoterma de adsorción del ajo deshidratado a diferentes temperaturas</i>	23
3.2.2	<i>Determinación de la permeabilidad del polietileno a diferentes condiciones de almacenamiento</i>	24
3.2.3	<i>Predicción de la ganancia de humedad</i>	26
3.3	Determinación de la influencia de la humedad y temperatura en la pérdida de alicina del ajo deshidratado mediante cinética	27
3.4	Determinación de la actividad de agua del ajo deshidratado	31
3.5	Determinación de la vida útil del ajo deshidratado	33
4.	CONCLUSIONES	36
	BIBLIOGRAFÍA	44
	ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Curva patrón	23
Figura 2 Isotherma de adsorción	25
Figura 3 Permeabilidad	26
Figura 4 Variación de alicina 15°C	29
Figura 5 Variación de alicina 24°C	30
Figura 6 Variación de alicina 35°C	30
Figura 7 Influencia de la actividad de agua sobre el deterioro en alimentos	34

LISTADO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química del ajo	11
Tabla 2. Análisis químico proximal	22
Tabla 3. Resultado análisis granulométrico	23
Tabla 4. Humedad de equilibrio del ajo en polvo a diferentes temperaturas	24
Tabla 5. Valores de permeabilidad al vapor de agua	26
Tabla 6. Valores experimentales del modelo de cinética para la ganancia de humedad	27
Tabla 7. Variación del contenido de alicina a diferentes temperaturas y humedades	28
Tabla 8. Diseño factorial	31
Tabla 9. Análisis sensorial	32
Tabla 10. Análisis de comparación múltiple	33
Tabla 11. Valores usados para la determinación de vida útil del ajo	35
Tabla 12. Resultados obtenidos de la determinación de vida útil en el ajo en polvo del programa SLAP (programa para modelado numérico de procesos)	36
Tabla 13. Características polietileno de alta densidad	41
Tabla 14. Análisis d regresión líneas (15°C)	41
Tabla 15. Análisis de varianza	42
Tabla 16. Análisis d regresión líneas (24°C)	42
Tabla 17. Análisis de varianza	42
Tabla 18. Análisis d regresión líneas (35°C)	42
Tabla 19. Análisis de varianza	43

RESUMEN

Dentro del proceso de pasantía realizado en la compañía “El Trébol Rojo”, empresa del sector alimenticio, se realizó una serie de estudios a uno de sus productos, el ajo deshidratado, con el fin de poder determinar qué factores intervienen en la calidad de este producto y en su durabilidad o vida útil. Lo anterior fue posible gracias a la aplicación de pruebas físicas, químicas y fisicoquímicas al producto ajo deshidratado, con lo cual se pudo determinar un rango de vida útil de este determinado por variaciones ambientales como la humedad y la temperatura en dos regiones geográficas distintas (Bogotá y Cali). Se logró determinar un rango en la vida útil del ajo en polvo correspondiente a 74 – 134 días.

Palabras Clave: Ajo deshidratado, durabilidad, vida útil, variación ambiental, calidad.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la influencia de la humedad y la temperatura sobre la vida útil del ajodeshidratado

Objetivos específicos

- Evaluar la pérdida de calidad en el ajo deshidratado mediante reacciones cinéticas
- Realizar análisis físico, químico y fisicoquímico para evaluar la vida útil del ajo deshidratado
- Evaluar el efecto que tiene la pérdida de alicina en el ajo deshidratado.

INTRODUCCIÓN

Para la compañía El Trébol Rojo es de gran importancia la subsistencia de la calidad y el mejoramiento de sus productos, como es el caso de sus productos como la canela, el ajo en polvo, el color, el comino, romero, entre otros para cumplir este propósito, se realiza análisis fisicoquímico, sensorial y determinación de vida útil. En este caso particular, se estudiaron estos factores de uno de sus productos como es el polvo de ajo deshidratado. La metodología utilizada fueron las pruebas aceleradas que tienen el objetivo de acelerar el tiempo de detrimento de un producto sin alterar el orden de los cambios en el producto en condiciones normales de almacenamiento [1] por el método acelerado como un análisis sensorial donde se determina la influencia de la actividad de agua en este mismo.

Considerando que las reacciones que ocurren en el consumo de alimentos están estimuladas por el nivel de satisfacción del consumidor [2], se realizó principalmente la revisión bibliográfica de dos tesis una en donde se realizan pruebas aceleradas de un producto extruido, está realizada en Perú en el año 2019 y la segunda una recopilación de estudios de vida útil de la compañía NOEL realizada en Colombia en el año 2011, de donde se obtuvieron las metodologías para determinar la vida útil de alimentos y las pruebas aceleradas correspondientes. De otra parte, se aplicaron los conceptos del análisis sensorial como disciplina que se dedica a estudiar formas de compendiar estas observaciones, teniendo en cuenta cuando un alimento es aceptado o no. [2]

Finalmente, se presentan los resultados del análisis de la pérdida de la calidad del ajo de donde se puede evidenciar que a medida que aumentan la humedad y la temperatura de almacenamiento disminuye el tiempo de la vida útil del ajo en polvo y bajo las condiciones estudiadas el tiempo de duración es de 74 días con una humedad relativa del 85% a 35°C y de 134 días con una humedad relativa del 80% a 15°C

Mediante este trabajo se pretende desarrollar un precedente en donde se indique la información del estudio de vida útil al ajo deshidratado para mejorar este producto y que en futuro tenga una mejor calidad tanto en Bogotá como en otros sectores de Colombia.

1. MARCO CONCEPTUAL

1.1 Composición química del ajo

En la siguiente tabla se muestran la composición química del ajo antes del proceso de obtención del ajo en polvo.

Tabla 1.

Composición química del ajo

Componente	Valor
Potasio (mg)	530
Magnesio (mg)	134
calorias (Kcal)	114
Agua (ml)	64
Yodo (mcg)	40
Vitamina B6 (mg)	20
Proteinas (g)	5,3
Fibra (g)	1,2

Nota. Composición química del ajo. Tomado de: Ajo: Propiedades y características. Pregón Agropecuario. <https://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=9217>

1.2 Reacciones cinéticas para predecir la pérdida de calidad de los alimentos

La pérdida de la calidad de los alimentos esta expresada mediante la siguiente ecuación:

$$\pm \frac{dA}{d\theta} = K_{AT}C^n$$

Donde:

C: Factor de calidad medible

θ : Tiempo

K_{AT} : Constante dependiente de la actividad de agua y la temperatura

n : Factor de potencia

$\frac{dA}{d\theta}$: Velocidad del cambio de A con el tiempo (Si el signo es - significa que hay pérdida de la calidad y si es + hay formación de un producto indeseable)

- Reacción de orden cero:

En una reacción de orden cero la concentración del reactivo no afecta a la velocidad de reacción, por lo tanto, el valor de n es cero, estableciendo la vida útil mediante la siguiente ecuación:

$$A_e = A_0 - K_{AT}\theta_s$$

Donde:

A_0 : Valor inicial de la calidad

A_e : Valor final de la calidad

θ_s : vida útil

K_{AT} : Constante dependiente de la actividad de agua y la temperatura

- Reacción de orden uno:

La vida media de una reacción de orden uno depende únicamente del valor de K. Esto implica una depreciación exponencial de la cinética del desperfecto de la calidad, el valor de n es uno, su ecuación es:

$$\ln\left(\frac{A_e}{A_0}\right) = -K\theta_s$$

Donde:

A_0 : Valor inicial de la calidad

A_e : Valor final de la calidad

K : Constante de velocidad

θ_S : vida útil

Los tipos de detrimento que tiene una reacción de orden uno son rancidez en aceites, crecimiento microbiano, limo, pérdida de vitamina en carne y pescado fresco la pérdida de la calidad en alimentos secos

1.3 Influencia de la temperatura en la vida útil

La temperatura interviene sobre la velocidad de la disminución de calidad en alimentos y por consiguiente sobre su vida útil; el método más utilizado es el de Arrhenius. El uso de la aproximación termodinámica de Arrhenius propone que, en muchos sistemas, y en cualquier instante, existe un nivel de distribución de energía entre las moléculas. La influencia de la temperatura sobre la velocidad de reacción está dada por:

$$K = A_f e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Donde:

A_f : Factor de frecuencia

E_a : Energía de activación

K : Constante de velocidad

R : Constante de los gases

T : Temperatura absoluta

1.4 Conservación del ajo deshidratado

Los empaques plásticos presentan migraciones, sin importar el producto. Los componentes que se transfieren son monómeros como el propileno, etileno y cloruro de vinilo; estos compuestos por ser moléculas pequeñas pueden ser desplazados fácilmente hacia el alimento al interior o exterior del empaque, hasta alcanzar un potencial químico. Según la Ley de Fick la velocidad de los monómeros sigue siendo proporcional a la concentración inicial.

$$\frac{dW}{d\theta} = \frac{k}{x} A (P_{out} - P_{in})$$

Donde:

p_{out} : Presión de vapor del medio ambiente

p_m : Presión de vapor del alimento

A: Área

$\frac{K}{X}$: Permeabilidad del empaque

$\frac{dw}{d\theta}$: Velocidad de transferencia en gramos de agua ganada o perdida

Un modelo de evaluación del tiempo necesario para alcanzar un específico contenido de humedad en alimentos empacados sería:

$$\theta = \frac{\text{Ln} \frac{m_e - m_i}{m_e - m}}{\frac{k/x A P_o}{W_s b}}$$

Donde:

m_e : Contenido de humedad que puede alcanzar el alimento a un %HR externo

m_i : Contenido de humedad inicial

m : Contenido de humedad a un tiempo θ

$\frac{K}{X}$: Permeabilidad del empaque

W_x : Peso de solidos en gramos de cada muestra empacada

P_o : Presión de vapor de agua pura a la temperatura externa

b : Pendiente de la isoterma lineal

A : Area

2. METODOLOGIA

2.1 Análisis físicos, químicos y fisicoquímicos

Para determinar la vida útil del ajo en polvo se realizaron los siguientes análisis:

2.1.1 Análisis químico

2.1.1.a. Análisis químico proximal. Se determinó de manera cuantitativa la humedad, proteína, grasa, cantidad de sólidos totales y ceniza del ajo deshidratado, esto mediante el método AOAC (1990) [Association of Analytical Communities].

2.1.1.b Determinación espectrofotométrica en el ajo. Para la determinación de pungencia del producto se manejó el método espectrofotométrico diseñado por Weston y Schwimmer, donde se cuantifica el piruvato en presencia de agua. Este método radica en:

5.1.1.b.i Construcción de la curva patrón. La curva patrón se construyó basándose en los siguientes pasos realizados en el laboratorio:

- Disolver 110 mg de hidróxido de sodio en una fiola con 100 ml de agua destilada (A).
- De A se toman 10 ml y se lleva a 100 ml con agua destilada (B).
- Se colocan 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1 ml de B en tubos de ensayo con 2 ml de agua y se añade reactivo de Brady disuelto en HCl.
- Se realiza un baño maría con los 10 tubos de ensayo a 37°C por 10min, con el objetivo de acelerar la reacción.
- A cada tubo se le agregan 5 ml de solución NaOH 0.6N y se hacen lecturas en el espectrofotómetro.

Nota: El reactivo Brady fue preparado en el laboratorio.

- Determinación de piruvato de sodio
 - Se mezclan 5 g del ajo deshidratado con 5 ml de agua destilada (C).
 - En dos tubos se coloca 2.8g de C y 5 ml de ácido tricloroacético, se deja en reposo 1h.

- Se filtra al vacío el contenido de cada tubo y se lleva a 200 ml con agua.
- Se agrega 1g de carbón activado, se agita por 30 min y se lleva a la centrifugadora por 5 min.
- En un tubo de ensayo se coloca 1 ml de sobrenadante, 1 ml de agua y 1 ml de reactivo Brady disuelto en HCl 2N.
- Se realiza un baño maría a 37°C por 10min, y se agregan 5 ml de la solución NaOH 0.6N.
- Se hacen las lecturas en el espectrofotómetro utilizando como blanco agua destilada.

Para el cálculo de la cantidad de piruvato se utilizó la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Ab}{(b * M)}$$

Donde:

C: Micromoles de piruvato de $\frac{\text{sodio}}{g}$ muestra

Ab: Absorbancia

b: Pendiente de la curva patron

M: Gramos de ajo presente en la muestra analizada

Para el cálculo del contenido de alicina, este se determinó al multiplicar el contenido del piruvato por el valor que constituye la relación entre el piruvato y los pesos moleculares de la alicina [14], dando como resultado que:

$$\text{micromoles de alicina} = C * \frac{\text{Malicina}}{M_{\text{piruvato}}}$$

$$\text{micromoles de alicina} = C * \frac{162}{110.04}$$

$$\text{micromoles de alicina} = C * 1.47$$

Donde el equivalente de los gramos de alicina presentes en el ajo en polvo de la compañía el trébol rojo equivale a 162 y los gramos presentes del piruvato de sodio equivalen a 110.04.

2.1.2 Análisis fisicoquímico

2.1.2.a Determinación de pH y acidez titulable. Para los análisis de pH y acidez titulable que se realizaron en el ajo deshidratado se utilizaron los métodos de la AOAC (Association of Analytical Communities).

2.1.2.b Determinación de las isothermas de adsorción. Para el cálculo de las isothermas de adsorción del ajo en polvo se utilizaron temperaturas de 15°, 24° y 35°C, se graficaron mediante el método gravimétrico estático de soluciones de sales saturadas

2.1.3 Análisis físicos

2.1.3.a Análisis granulométrico. Se ejecutó el análisis granulométrico utilizando los tamices N° 120 (0.0049in), 80 (0.0070in), 70 (0.0083in) y 60 (0.0098in)

2.2 Determinación de la cinética para la obtención de humedad en el ajo deshidratado

La ganancia de humedad de la muestra de ajo fue calculada de acuerdo al siguiente modelo matemático:

$$\ln \frac{m_e - m_i}{m_e - m} = \frac{K}{x} \frac{A}{W_s} \frac{P_o}{b} \theta$$

Donde:

m_e: contenido de humedad del alimento en base seca, basado en la isoterma lineal

m_i: contenido de humedad inicial

m: Contenido de humedad al tiempo *e*

b: Pendiente de la isoterma de adsorción lineal (*m*
= b(aw) + 1), donde 1 es la intercepción y *b* es la pendiente

A: Área superficial total del empaque

P_o: Presión de vapor del agua pura a la temperatura *T* del ambiente

θ: Tiempo

W_s: Peso de sólidos de cada muestra empacada

$\frac{K}{x}$: Permeabilidad del empaque (anexo 3)

2.2.1 Determinación de la isoterma de adsorción del ajo deshidratado a diferentes temperaturas

Para la determinación de las isotermas se determinó la humedad inicial en base seca y se acondiciono el almacenamiento del producto a humedades relativas proporcionada por las soluciones saturadas de sales como LiCl, CH₃CO₂K, MgCl₂, K₂CO₃, NaNO₂, NaCl, (NH₄)₂SO₄, K₂CrO₄ a diferentes temperaturas como 15, 25 y 35°C.

2.2.2 Determinación de la permeabilidad del polietileno a diferentes condiciones de almacenamiento

La permeabilidad al vapor de agua, se evaluó con las temperaturas de 15°, 25° y 35°C según el método de la ASTM (American Society for Testing and Materials).

2.2.3 Pronostico de la ganancia de humedad

La estadística de la adecuación del modelo de cinética para el pronóstico de la ganancia de humedad se realizó utilizando la prueba t-student a los valores experimentales de humedad en base seca.

2.3 Determinación de la influencia de la humedad y temperatura en la pérdida de alicina del ajodeshidratado mediante cinética

Con la intención de determinar si la temperatura y la humedad relativa afectan a la cinética para la pérdida de alicina en el ajo deshidratado se establecieron los datos de contenido de alicina sometiénolos a un análisis factorial 3².

2.4 Determinación de la actividad de agua del ajo deshidratado

La actividad de agua en el ajo deshidratado se determinó mediante un análisis sensorial del aspecto de las muestras con diferentes contenidos de humedad.

La evaluación sensorial se realizó con un panel y una escala de 5 puntos, donde 1 corresponde a un

mal aspecto y 5 a un excelente aspecto. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos del análisis sensorial realizado con el fin de determinar la calidad aceptada por el consumidor.

2.5 Determinación de la vida útil del ajo deshidratado

La determinación de la vida útil fue predicha mediante un programa denominado SLAP (programa para modelado numérico de procesos) que incluye el modelo de ganancia de humedad y el valor crítico de agua del ajo en polvo.

Los valores obtenidos por el programa SLAP (programa para modelado numérico de procesos) fueron predichos mediante la siguiente ecuación:

$$m = m_e - \left((m_e - m_o) * \exp \left(\frac{-k}{x} * \frac{A}{W} * \frac{P_o}{b} * \theta \right) \right)$$

Donde:

m : Humedad en base seca del ajo deshidratado al tiempo θ . $\left[g \frac{H_2O}{g} m.s \right]$

m_e : Humedad de equilibrio en base seca del ajo deshidratado, a las temperaturas y humedades relativas del almacenamiento

m_o : Humedad inicial del ajo deshidratado

m : Contenido de humedad al tiempo e

b : Pendiente de la isoterma lineal

A : Área

P_o : Presión de vapor del agua

W : Peso

$\frac{K}{x}$ o K : Permeabilidad

3. RESULTADOS Y ANALISIS

3.1 Caracterización de los métodos de análisis químicos, físicos y fisicoquímicos.

3.1.1 Análisis químicos

3.1.1.a. Análisis químico proximal. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos del análisis proximal

Tabla 2.

Análisis químico proximal para 100g del ajo deshidratado

Componentes	(g)
Humedad	5,34
Proteinas	9,11
Grasa	2,20
Solidos totales	94,66
Ceniza	3,62
acidez titulable (acido piruvico)	0,26
pH	6,40

Nota. pH medido en una dilución 1:10 y acidez titulable expresada en (g/100ml)

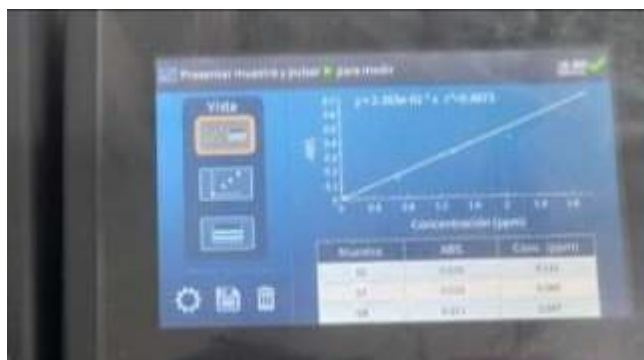
Estos resultados pueden variar dependiendo de las propiedades del ajo antes de su transformación al ajo en polvo ya que las propiedades salutíferas del ajo se deben a unos componentes de naturaleza azufrada. [13]

Se puede observar que la humedad del producto (ajo deshidratado) es baja y es lógico que al eliminarel agua habrá una concentración mayor de los otros elementos.

3.1.1.b. Construcción curva patrón. De este procedimiento realizado en el laboratorio de la universidad de América se obtiene la gráfica de la imagen 1, en esta se tiene que $y=2.363e^{(-0.1)*x}$ $r^2=0.9873$.

Figura 1

Curva patrón



Nota. Curva patrón. Tomado del espectrofotómetro

3.1.2 Análisis físicos

3.1.2.a Análisis granulométrico. A continuación, se muestran los resultados del análisis granulométrico y su respectivo cálculo del módulo de finura.

Tabla 3

Resultado análisis granulométrico

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% acumulado	% que pasa
60	0,25	47,73	8,78	8,78	91,22
70	0,21	6,40	1,18	9,96	90,04
80	0,18	23,47	4,32	14,28	85,72
120	0,13	8,53	1,57	15,85	84,15
Plato		13,87	2,55		
Total		100	18,4	48,87	

Nota. Resultado del análisis granulométrico

Para el cálculo del módulo de finura se deben sumar los porcentajes retenidos acumulados en los tamices y dividiendo la suma entre 100. Esto se hace según la norma ASTM C33 [15]

$$Finura = \frac{8.78 + 9.96 + 14.28 + 15.85}{100} = \frac{48.87}{100} = 0.49$$

Para las harinas un módulo de finura percibido entre 0 - 2, pertenece a una harina catalogada como fina, pero para el ajo en polvo no existe una clasificación, entonces como un modo de identificación, se puede clasificar como de tipo fino con 0.49 de módulo de finura.

3.2 Determinación de la cinética para la obtención de humedad en el ajo deshidratado

3.2.1 Determinación de la isoterma de adsorción del ajo deshidratado a diferentes temperaturas

La determinación de las isotermas es importante para el estudio y diseño de varios procesos de transformación de alimentos como lo es el secado, en este caso para el ajo en polvo. Además, son importantes para predecir los cambios en la estabilidad de los alimentos y en la elección del material de empaque adecuado

Los resultados obtenidos de la humedad del ajo deshidratado a 15°, 24° y 35° C se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4

Humedad de equilibrio del ajo en polvo a diferentes temperaturas.

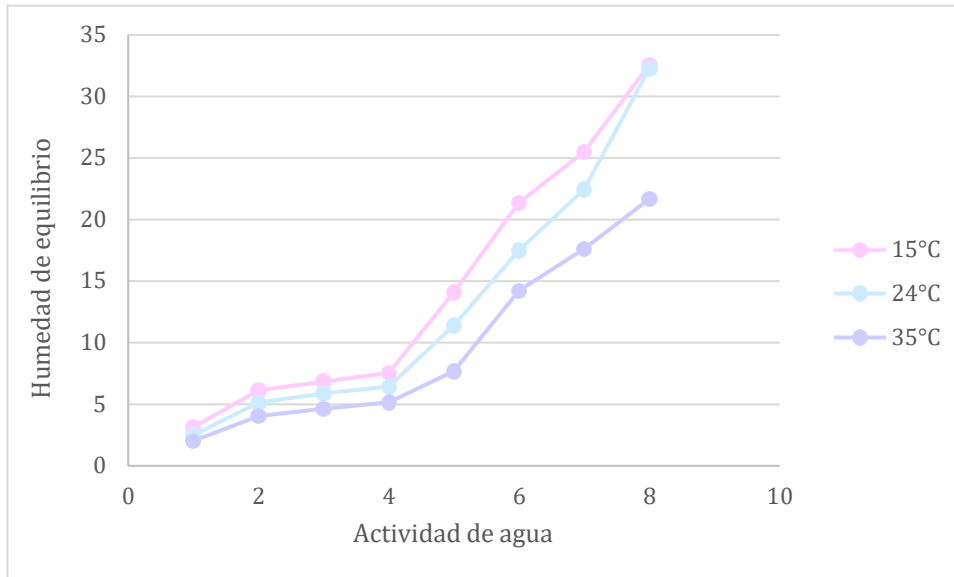
Solución saturada	Porcentaje de humedad en base seca		
	15°C	24°C	35°C
Cloruro de litio	3,13	2,48	2,00
Acetato de potasio	6,13	5,13	4,03
Cloruro de magnesio	6,84	5,87	4,63
Carbonato de potasio	7,54	6,43	5,15
Nitrito de sodio	14,08	11,38	7,68
Cloruro de sodio	21,37	17,50	14,23
Sulfato de amonio	25,51	22,43	17,59
Cromato de potasio	32,56	32,24	21,67

Nota. Humedad de equilibrio del ajo en polvo a diferentes temperaturas.

En la siguiente gráfica, se puede observar que las isotermas de adsorción del ajo deshidratado a 15°, 24° y 35°C, tienen una tendencia lineal de actividad de agua en un rango de 2 a 4 y otra de 4 a 6.7, por lo que fue posible el ajuste de los valores a una isoterma lineal (anexo 4).

Figura 2.

Isoterma de adsorción



Nota. Isoterma de adsorción a diferentes temperaturas

La isoterma de adsorción constituye la cinética de un alimento que adsorbe humedad y se hidrata, por lo tanto, se puede evidenciar que la actividad de agua aumenta con la temperatura con cualquier contenido de humedad, según SARAVACOS (1986), explica éste comportamiento en base a que la concentración de la sustancia adsorbida disminuye con el incremento de la temperatura, esto se debe a que la adsorción es un proceso exotérmico.

3.2.2 Determinación de la permeabilidad del polietileno a diferentes condiciones de almacenamiento

La permeabilidad al vapor de agua, se evaluó con las temperaturas de 15°, 25° y 35°C según el método de la ASTM (American Society for Testing and Materials).

En la siguiente tabla se expresan los valores de permeabilidad al vapor de agua del polietileno utilizado en el empaque del ajo deshidratado y los datos de aumento de peso y los análisis de regresión lineal que demuestran la representación del 1 y 5% de confianza en las determinaciones de permeabilidad.

Tabla 5.

Valores de permeabilidad al vapor de agua

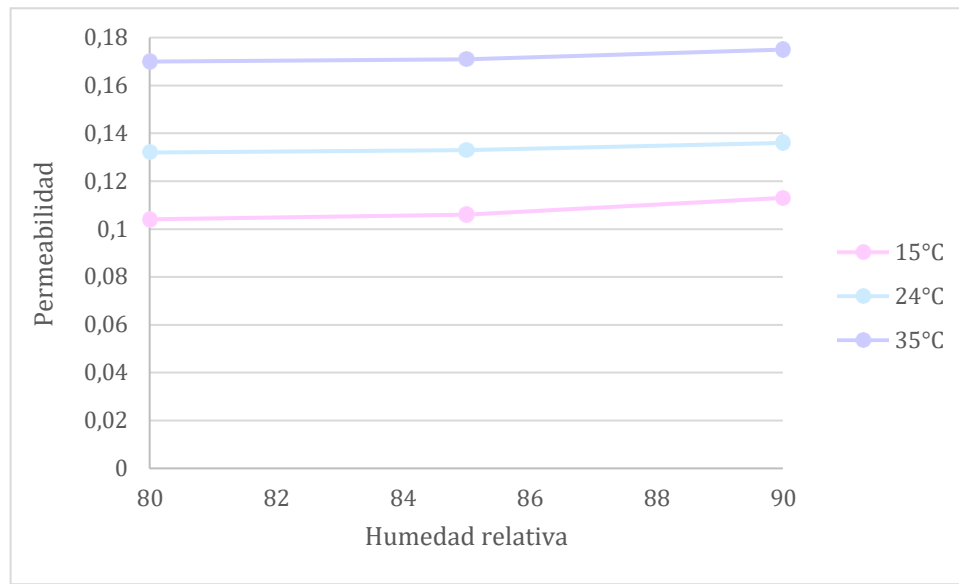
Humedad relativa (%)	Permeabilidad al vapor de agua		
	15°C	24°C	35°C
80	0,104	0,132	0,170
85	0,106	0,133	0,171
90	0,113	0,136	0,175

Nota. Valores de permeabilidad al vapor de agua

Como se observa en la tabla, la tasa de permeabilidad del polietileno aumenta con la humedad relativa para las temperaturas evaluadas, según Labuza y Cardozo (1983), presentan que éste comportamiento tiende a ser lineal para valores de humedad relativa mayores del 30%, el aumento de la permeabilidad con altas humedades relativas es el resultado del aumento de hidratación de los componentes de la película, siendo la parte hidrofílica muy sensible con humedades altas, la permeabilidad al vapor de agua, se ve afectada por la humedad relativa externa en empaques de carácter hidrofílico, como lo son el polietileno, sarán y celofán. Además, la permeabilidad no es una constante para cada material, sino que puede ser afectada por las condiciones ambientales.

Figura 3.

Permeabilidad



Nota. Permeabilidad del polietileno

En esta gráfica, se puede observar que el efecto de la temperatura sobre la permeabilidad es directo, esto puede ser explicado por el declive de la solubilidad del gas en el material de empaque y al aumento de la velocidad de difusión.

3.2.3 *Pronóstico de la ganancia de humedad*

Los valores de humedad fueron predichos mediante la siguiente ecuación:

$$m = m_e - \left((m_e - m_o) * \exp\left(\frac{-k}{x} * \frac{A}{W_s} * \frac{P_o}{b} * \theta\right) \right)$$

Donde:

m: Humedad en base seca del ajo deshidratado al tiempo θ . $\left[g \frac{H_2O}{g} m.s \right]$

m_e: Humedad de equilibrio en base seca del ajo deshidratado, a las temperaturas y humedades relativas del almacenamiento

m_o: Humedad inicial del ajo deshidratado

m: Contenido de humedad al tiempo e

b: Pendiente de la isoterma lineal

A: Área

P_o: Presión de vapor del agua

W_s: Peso

$\frac{K}{x}$ o *K:* Permeabilidad

Los datos utilizados para la predicción de ganancia de humedad, de acuerdo con la ecuación anterior, semuestran en la siguiente tabla

Tabla 6.

Valores experimentales del modelo de cinética para la ganancia de humedad.

	%HR	me	k/x	Po	b	mo	Ws	A
15°C	80	15,4866	0,1693	12,788	18,8385	6,2973	4,7092	0,00525
	85	16,4318	0,1696	12,788	18,8385	6,2973	4,7076	0,00525
	90	17,3838	0,1735	12,788	18,8385	6,2973	4,7076	0,00525
24°C	80	12,8803	0,0130	23,756	14,7957	5,4852	4,736	0,00525
	85	13,6201	0,0260	23,756	14,7957	5,4852	4,7387	0,00525
	90	14,3599	0,0380	23,756	14,7957	5,4852	4,7321	0,00525
35°C	80	8,8970	0,0140	42,175	8,8091	4,8971	4,7726	0,00525
	85	9,3375	0,0317	42,175	8,8091	4,8971	4,7724	0,00525
	90	9,7779	0,0383	42,175	8,8091	4,8971	4,7713	0,00525

Nota. valores experimentales del modelo de cinética para la ganancia de humedad. %HR: humedad relativa

3.3 Determinación de la influencia de la humedad y temperatura en la pérdida de alicina del ajodeshidratado mediante cinética

Para esto se tuvo en cuenta la variación de contenido de alicina en el ajo deshidratado, durante su almacenamiento a temperaturas de 15°, 24° y 35°C y humedades relativas de 85, 85 y 90%, los resultados semuestran en la siguiente tabla con sus respectivas gráficas.

Tabla 7.

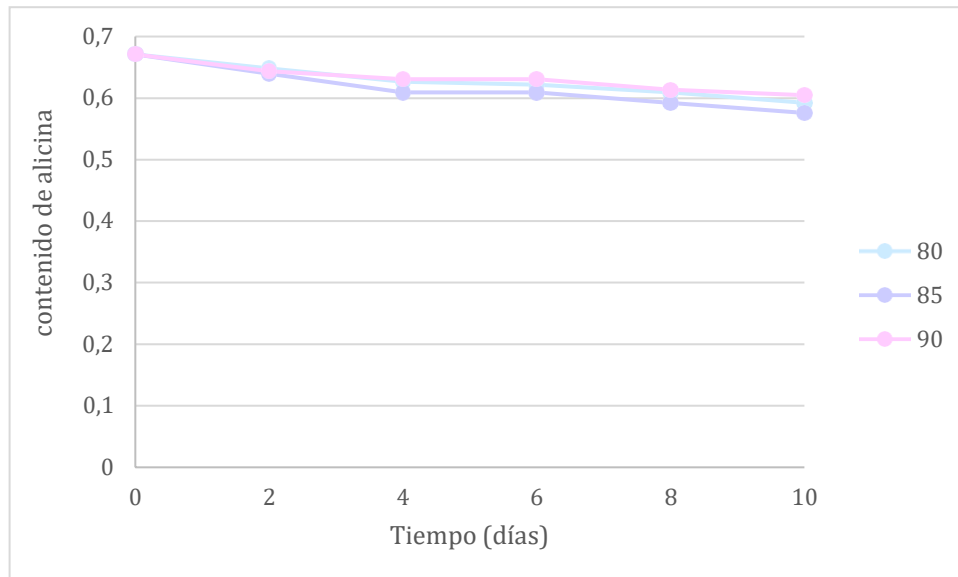
Variación del contenido de alicina a diferentes temperaturas y humedades

Temperatura (°C)	%HR	Tiempo de almacenamiento (días)					
		0	2	4	6	8	10
15	80	0,6709	0,6482	0,6261	0,6218	0,6089	0,5921
	85	0,6709	0,6393	0,6089	0,6089	0,5921	0,5756
	90	0,6709	0,6437	0,6305	0,6305	0,6132	0,6046
24	80	0,6709	0,5921	0,5938	0,5797	0,5756	0,5675
	85	0,6709	0,6174	0,6132	0,6046	0,5879	0,5797
	90	0,6709	0,6482	0,6305	0,6132	0,6046	0,5962
35	80	0,6663	0,6393	0,5838	0,5797	0,5715	0,5515
	85	0,6663	0,6218	0,6174	0,6004	0,5675	0,5515
	90	0,6663	0,6482	0,6218	0,6004	0,5962	0,5715

Nota. Variación del contenido de alicina a diferentes temperaturas y humedades %HR: Porcentaje de humedad relativa

Figura 4.

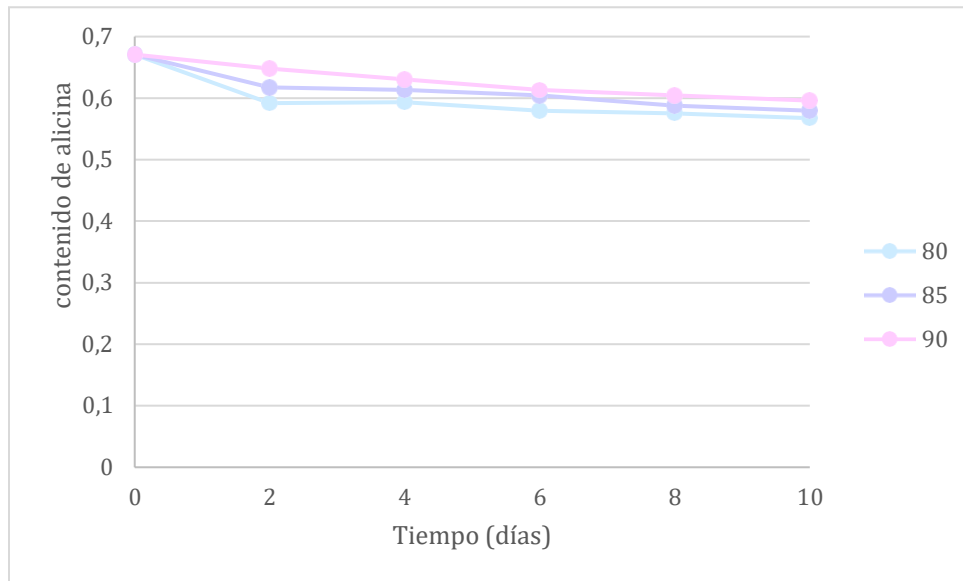
Variación de alicina a 15°C



Nota. Variación de alicina a 15°C

Figura 5.

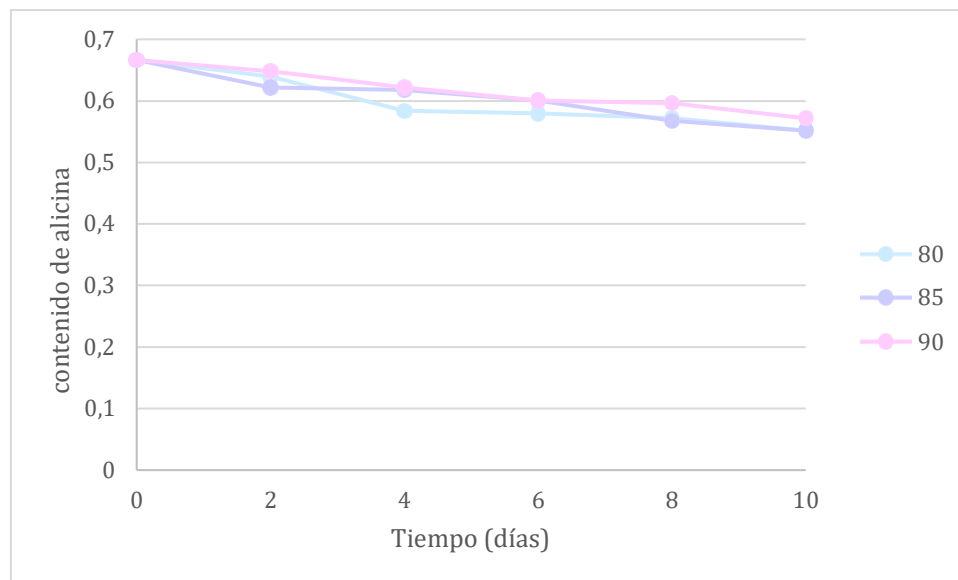
Variación de alicina a 24°C



Nota. Variación de alicina a 24°C

Figura 6.

Variación de alicina a 35°C



Nota. Variación de alicina a 35°C

Como se mencionó anteriormente, se realizó un análisis factorial con el objetivo de evaluar la influencia de la humedad sobre el contenido de alicina. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8.

Diseño factorial.

Fuente de Variación	SC	GL	CM	Fo
Efectos principales:				
A: Temperatura	0,0026	2	0,0013	1
B: Humedad	0,0031	2	0,0016	1,2307
Interacción:				
AB	0,0021	4	0,0005	0,3846
Residual	0,0581	45	0,0013	

Nota. Diseño factorial

Con estos resultados se puede concluir que los niveles de temperatura y humedad relativa evaluados no influyen de manera significativa sobre el contenido de alicina del ajo deshidratado, por lo tanto, se tiene que:

El bajo nivel de actividad de agua del ajo deshidratado impide la acción enzimática de la alinasa, reduciendo la formación de la alicina responsable del flavor del ajo. Asimismo la ganancia de humedad en el 10 días (tiempo utilizado en la evaluación experimental) no produce cambios representativos en el nivel de actividad de agua; éste fenómeno explica por qué la influencia de la humedad es mayor que el de la temperatura

Con la inactivación de la alinasa y disminución de los precursores del flavor del ajo, durante la deshidratación deberá esperarse un aumento en el contenido de alicina durante el almacenamiento el cual mediante un proceso de difusión producirá la reducción de la calidad odorífica del ajo en polvo empacado. De acuerdo a la tabla anterior, el contenido disminuye, esto puede ser explicado en función a la disolución que sufren los componentes por ganancia de humedad y al contenido residual de alicina en el producto.

Debido a esto, la metodología utilizada para calcular el contenido de alicina y el tiempo de almacenamiento determinado para las pruebas aceleradas, no fue posible definir la velocidad de pérdida de alicina ni el orden de la reacción del ajo deshidratado empacado.

3.4 Determinación de la actividad de agua del ajo deshidratado

En la siguiente tabla se evidencia el análisis sensorial elaborado para el ajo deshidratado con diferentes niveles de humedad.

Tabla 9.

Análisis sensorial

Panelistas	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
1	5	4	3	2
2	4	3	3	2
3	5	4	3	2
4	4	4	3	1
5	5	4	2	2
6	5	2	3	2
7	5	4	2	1
8	4	4	3	2

Nota. Análisis sensorial T1 - 6.7% /T2- 6.9% /T3 - 7.3% /T4 - 6.12%

Los resultados la tabla 9, fueron analizados estadísticamente mediante un diseño en bloque completamente al azar, donde se muestra que existe una diferencia con un alto nivel de significancia entre tratamientos, por este motivo los datos fueron sometidos a una prueba de comparación múltiple de Duncan, los resultados de esta muestra se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10.

Análisis de comparación múltiple

Tratamiento	Media
T1	4,63
T2	3,63
T3	2,75
T4	1,75

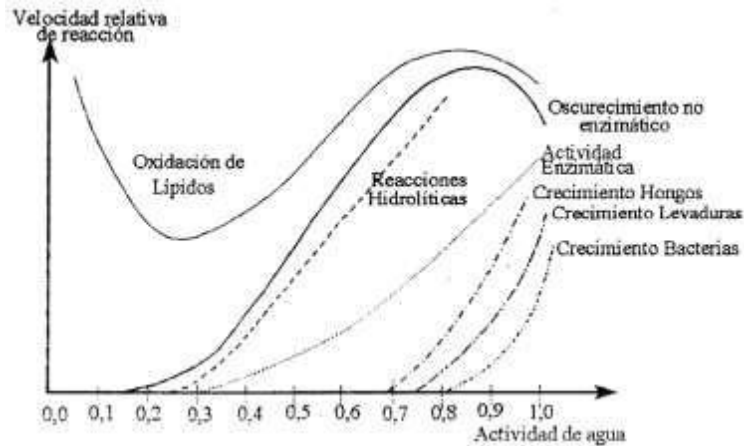
Nota. Análisis de comparación múltiple

Con la prueba de Duncan se puede identificar que el tratamiento N°3, recibió para la propiedad de apariencia el un promedio de 2.75 correspondiente a "ni bueno ni malo", que pertenece a un nivel de humedad en base seca del 7.3 %. Este resultado se llevó a la gráfica de las isothermas de adsorción y se estableció la actividad de agua crítica con un valor de 0.40 – 0.50 para los escenarios evaluadas, Labuza (1981) indica que la ganancia de humedad en el ajo en polvo, provoca variaciones de la apariencia, que se presenta por la formación de grumos o aglomerados, lo que puede ser evidenciado como un factor de la calidad en la determinación de la vida útil de este, además, declara que esta alteración se suele presentar en productos con un alto contenido de carbohidratos, como es el caso del ajo deshidratado, que contiene un 81 % de carbohidratos.

Basándose en la gráfica (figura 6) adaptada de Badui (1995), donde se puede observar la influencia que tiene la actividad de agua sobre la rapidez de detrimento de los alimentos, se puede concluir que el nivel de actividad del agua crítica determinada en este caso para la propiedad de apariencia, tiene una probabilidad de una aparición de actividades enzimáticas, como lo es el caso de la alinasa, la cual podría germinar como un factor de la calidad en la determinación de la vida útil del ajo deshidratado; no obstante se debe instar en el impedimento de usar la falta de alicina como un factor de la calidad para determinar la vida útil del producto mediante pruebas ASLT (pruebas de vida útil acelerada).

Figura 7.

Influencia de la actividad de agua sobre el deterioro en alimentos



Nota. Influencia de la actividad de agua sobre el deterioro en alimentos. Tomado de: S. Badui, Química de los alimentos, 4a ed. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN, 2006. [En línea]. Disponible: https://www.academia.edu/31337237/Química_de_los_Alimentos_4_Edición_Salvador_Badui_Dergal

3.5 Determinación de la vida útil del ajo deshidratado

Este programa permitió determinar la vida útil del ajo deshidratado teniendo en cuenta la ganancia de humedad y la humedad crítica en el ajo deshidratado. Parte del código utilizado en este programa se podrá evidenciar en los anexos. En este programa suministraron al sistema datos de almacenamiento del ajo en polvo, el porcentaje de humedad que se obtuvo anteriormente, peso inicial del producto, entre otros. A continuación, se muestran los valores utilizados en el programa mencionado anteriormente

Tabla 11.

Valores usados para la determinación de vida útil del ajo deshidratado en el programa SLAP (programa para modelado numérico de procesos).

	%HR	K	mo	W	A
15°c	80	0,104	6,2973	5,0058	0,00525
	85	0,1057	6,2973	5,0040	0,00525
	90	0,1128	6,2973	5,0040	0,00525
24°c	80	0,1318	5,4852	5,0063	0,00525
	85	0,1327	5,4852	5,0092	0,00525
	90	0,1356	5,4852	5,0022	0,00525
35°c	80	0,1698	4,8971	5,0063	0,00525
	85	0,1709	4,8971	5,0061	0,00525
	90	0,1754	4,8971	5,0050	0,00525

Nota. Valores usados para la determinación de vida útil del ajo deshidratado en el programa SLAP (programa para modelado numérico de procesos).

Donde:

mo: Porcentaje de humedad inicial

A: Área

W: Peso

K: Permeabilidad

En la tabla 11, se evidencia los datos de almacenamiento tanto del ajo deshidratado como del empaque del programa SLAP (programa para modelado numérico de procesos) para la determinación de la vida útil del producto empacado en polietileno, utilizando los datos de la tabla 10.

Tabla 12.

Resultados obtenidos de la determinación de vida útil en el ajo en polvo del programa SLAP (programa para modelado numérico de procesos)

Temperatura (°C)	%Humedad relativa		
	80	85	90
15	134	120	103
24	116	103	92
35	85	74	64

Nota. Resultados obtenidos de la determinación de vida útil en el ajo en polvo del programa SLAP (programa para modelado numérico de procesos)

Con estos resultados se puede indicar que a medida que aumenta tanto la humedad relativa como la temperatura de almacenamiento disminuye el tiempo de la vida útil del ajo en polvo; esto se debe al efecto que tiene la temperatura en las características del efecto de ambas variables y de la adsorción, sobre la permeabilidad del empaque.

4. CONCLUSIONES

Al utilizar el programa SLAP (programa para modelado numérico de procesos) y las pruebas aceleradas (ASLT) para la determinación de vida útil del ajo deshidratado se ocasionan menos pérdidas para la empresa ya que permite deducir un tiempo en el que el producto pueda estar almacenado en estantería sin que haya daños o pérdidas de este mismo.

Con las condiciones utilizadas en el presente proyecto se determinó que la vida útil del producto se encuentra en un rango de 74 días con una humedad relativa del 85% a 35°C y de 134 días con una humedad relativa del 80% a 15°C

Debido a las pruebas aceleradas no fue posible definir la velocidad de pérdida de alicina, el orden de la reacción del ajo deshidratado ni evidenciar si el contenido de alicina como afecta en la vida útil del ajo, a pesar de que estudios demuestran que la alicina es activa contra bacterias grampositivas y gramnegativas, [14]

La tasa de permeabilidad del polietileno aumenta con la humedad relativa para las temperaturas de 15, 24 y 35°C, este comportamiento tiende a ser lineal para valores de humedad relativa mayores del 30%, indicando que el aumento de la permeabilidad es la consecuencia del aumento de hidratación de los componentes haciendo el empaque muy sensible a altas humedades

De acuerdo a los resultados obtenidos en las isotermas de adsorción se concluye que el material más adecuado para el empaque del producto es el polietileno de alta densidad, empaque que ya utiliza la empresa.

Debido a que no se utilizó el método convencional en la determinación de la vida útil del ajo en polvo, al contrario, se utilizó un método acelerado, en consecuencia, no fue posible definir un orden de reacción, por lo que sin este dato no se pudo establecer la cinética, teniendo este objetivo inconcluso.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Evaluación de la vida útil en productos alimenticios. (s. f.). TecnoSoluciones Integrales - TSI Group. <https://tecnosolucionescr.net/blog/307-evaluacion-de-la-vida-util-en-productos-alimenticios>
- [2] Facial hedonic scale adaptation to measure food preferences among preschool children. (2008). *Chil Nutr*, 35(1), 38–42. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182008000100005#:~:text=La%20aplicación%20de%20la%20escala,en%20grupos%20de%20bajo%20poder
- [3] O. O. Ajibola, "Desorption isotherms for plantain at several temperatures", *Journal of Food Science*, vol. 51, n.º 1, pp. 169–171, enero de 1986. Accedido el 31 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1986.tb10862.x>
- [4] A. S. f. T. a. Materials, *Selected ASTM Standards on Packaging*, 4ª ed. Philadelphia: ASTM, 1994.
- [5] S. Badui, *Química de los alimentos*, 4ª ed. Mexico: Pearson Educación, 2006. [En línea]. Disponible: https://www.academia.edu/31337237/Química_de_los_Alimentos_4_Edición_Salvador_Badui_Dergal
- [6] B. C, "Evaluación de la calidad Odorífica de ajos (*Allium sativum*) deshidratados por el método de aire caliente", Trabajo de grado, UNALM, Perú, 1985.
- [7] O. R. Fennema, *Química de los alimentos*, 4ª ed. Mexico: Acribia, 2019.
- [8] M. Nuñez, "Metodología Para La Estimación De La Vida Útil De Los Alimentos. I. Procedimiento general/methodology to estimate the shelf-life of foods. I. general procedure.", *Ciencia y tecnología de los alimentos*, vol. 27, abril de 2017. [En línea]. Disponible: <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=googlescholar&id=GALE|A636225214&v=2.1&it=r&sid=googleScholar&asid=f799e7fd>
- [9] J. O. Ragnarsson y T. P. Labuza, "Accelerated shelf-life testing for oxidative rancidity in foods—A review", *Food Chemistry*, vol. 2, n.º 4, pp. 291–308, octubre de 1977. Accedido el 30 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible: [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(77\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0308-8146(77)90047-4)
- [10] R. Rodríguez, "Estudio de deshidratación y almacenamiento del ajo (*Allium sativum*)", Trabajo de grado, UNALM, Perú, 1994.
- [11] "Determinación de la vida útil mediante pruebas aceleradas de un producto extruido enriquecido con concentrado

- proteicode pota", Trabajo de grado, UNAM, Perú, 2019. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4195/vito-villa-jordan-jesus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [12] C. c. Posada Cardona, "Recopilación de estudios de tiempos de vida útil de productos nuevos y ya existentes de la compañía de galletas NOEL S.A.S", Trabajo de grado, Corporación universitaria Lasallista, Caldas, 2011.
- [13] Ajo: Propiedades y características. (24 de febrero de 2018). Pregon Agropecuario. <https://www.pregonagropecuario.com/cat.php?txt=9217>
- [14] Lopez, T. (2007). El ajo. Elsevier, 26(1), 78–81. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-el-ajo-13097334#:~:text=Se%20ha%20demostrado,%20in%20vitro,y%20el%20trisulfuro%20de%20dialilo>.
- [15] Sanboh Lee, H-Y Lee, I-F Lee, C-Y Teeng. Ink diffusion in water. Eur. J. Phys. 25. (2004), 331-336 [en línea]. Disponible:<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004EJPh...25..331L/abstract>
- [16] V. Medina. "El módulo de finura". Academia.edu - Share research. https://www.academia.edu/16452364/El_m%C3%B3dulo_de_finura#:~:text=El%20m%C3%B3dulo%20de%20finura%20se,dividiendo%20la%20suma%20entre%20100.
- [17] ZHANG, X.; XIE LIU, DE-XIANG GU, WEI ZHOU, -REN-LI WANG, PEN LIU. Desorption Isotherms of Some Vegetables. Journal Science Food Agriculture, v. 70, n. 3, p. 303-306, 1996.

ANEXOS

ANEXO 1.
CÓDIGO UTILIZADO EN EL PROGRAMA SLAP

```

Uses Crt,Dos,Ajos,graph;
Type
  Promp=^Prom;
  Prom =Record
    Fila,Colu :Word;
    Item :String;
    Mens :String;
    Sigc :Promp;
    Atra :Promp;
  End;
  huAw = array [0..100] of real;
Var
  i,j,t:integer;
  Tem,HR,Area,W,K,a,b,Po,mo,me,hbh,Ws,Expo:real;
  m,Aw : huAw;
  Actual,Primer,Previo,Ultimo : Promp;
  cadena,message:string;
Procedure Cursor(Tipo:Boolean);
Var
  Reg : Registers;
Begin
  if tipo then
    Begin
      With reg do
        Begin
          ah:=$01;
          ch:=14;
          cl:=15;
          end;
          Intr($10,reg)
        end
      end
    else
      with reg do
        begin
          ah:=$01;
          ch:=$20;
          cl:=$20;
          end;
          Intr($10,reg);
        end;
      End;
Procedure Ventana(x1,y1,x2,y2,atr:byte);
Begin
  for i:=x1 to x2 do
    Begin
      for j:=y1 to y2 do
        Begin
          gotoxy(i,j);textcolor(atr);WriteLn(" ");

```

```

          end;
        end;
      End;

Procedure Prompt(Xi,Yi:Word;Cadena,Message:String);
Var
  LonCad : Word;
  Nom,CadeAux,Vacio : SString;

Begin
  Nom:= #83+#111+#102+#116+#32+#77+#69+#71+#67+#45+#49+#57+#55;
  Vacio:= ' '+nom+ ' ';
  CadeAux:=Message;
  LonCad:=Length(CadeAux);
  Insert(Message,Vacio,1);
  Delete(Vacio,80,Loncad);
  Message:=Vacio;
  if Actual=NIL Then
    Begin
      New(Actual);
      Ultimo:=Actual;
      Primer:=Actual;
      Actual^.Atra :=Ultimo;
      Actual^.Sigc :=primer;
      Textcolor(15);TextBackground(5);
      GotoXY(Previo^.Colu,Actual^.Fila);Write(Actual^.Item);
    End
  Else
    Begin
      Previo:=ultimo;
      New(actual);
      Ultimo:=Actual;
      Previo^.Sigc:=Actual;
      Actual^.Sigc:=Primer;
      Primer^.Atra:=Ultimo;
      actual^.atra:=previo;
      TextColor(0);TextBackGround(15);
    End;
    Actual^.Colu:=Xi;
    Actual^.Fila:=Yi;
    Actual^.Item:=Cadena;
    Actual^.Mens:=Message;
    GotoXY(1,24);write(Primer^.mens);
    GotoXY(Actual^.Colu,Actual^.Fila);Write(Actual^.Item);
  End;

```

ANEXO 2.
FOTOS DE LOS LABORATORIOS REALIZADOS



ANEXO 3.

CARACTERÍSTICAS DEL POLIETILENO UTILIZADO PARA EMPACAR EL AJO
DESHIDRATADO (SUMINISTRADO POR LAEMPRESA)

Tabla 13.

Características polietileno de alta densidad

Características	
Permeabilidad (24°C, 90% H.R)	0,038 g H ₂ O/m ² día mmHg
Espesor	0,150 mm
Densidad	0,920 g/m ³

Nota. Características polietileno de alta densidad. Datos obtenidos de la empresa

ANEXO 4.

AJUSTE PARA UN MODELO LINEAL DE LAS ISOTERMAS DE ADSORCIÓN.

Tabla 14.

Análisis de regresión lineal (15°C)

Parámetros	Estimado	Error estandar
Intercepto	0,42	1,71
Pendiente	18,84	3,66

Nota. Análisis de regresión lineal (15°C)

Tabla 15.

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Modelo	1	37,53	37,53	26,46	5%
Error	2	2,84	1,42		
Total corregido	3	40,37			

Coeficiente de correlación = 9,9642 $r^2 = 0,9297$

Nota. Análisis de varianza

Tabla 16.

Análisis de regresión lineal (24°C)

Parámetros	Estimado	Error estandar
Intercepto	1,04	1,43
Pendiente	14,79	3,22

Nota. Análisis de regresión lineal (24°C)

Tabla 17.

Análisis de varianza

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Modelo	1	21,99	21,99	21,09	5%
Error	2	2,09	1,04		
Total corregido	3	4,08			

Coeficiente de correlación = 9,9557 $r^2 = 0,9134$

Nota. Análisis de varianza

Tabla 18.*Análisis de regresión lineal (35°C)*

Parametros	Estimado	Error estandar
Intercepto	1,85	0,67
Pendiente	8,81	1,56

Nota. Análisis de regresión lineal (35°C)**Tabla 19.***Análisis de varianza*

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc	Significancia
Modelo	1	7,30	7,30	31,73	5%
Error	2	0,46	0,23		
Total corregido	3	7,76			
Coeficiente de correlación = 9,9699			$r^2 = 0,9407$		

Nota. Análisis de varianza

ANEXO 5

RECOMENDACIONES

Determinar un proceso en el que haya una baja pérdida de contenido de alicina en la deshidratación del ajo.

Realizar la prueba con diferentes muestras de empaque utilizando la metodología clásica y comparar los resultados obtenidos con los del presente documento para comprobar una notabilidad mayor en el producto.

Realizar un estudio donde se tenga en cuenta la actividad de la alinasa utilizando las condiciones propuestas en este documento para así determinar la posibilidad de que haya una activación de la enzima antes de la aglomeración del producto.

Optimizar un proceso de secado que garantice el menor daño posible a los componentes activos importantes del ajo.