



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO**

**ESCUELA DE POST GRADO**

**MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA**

**ESPECIALIDAD POSTCOSECHA Y MARKETING**



**“DETERMINACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL DE  
GALLETAS ENRIQUECIDAS CON KANIHUA  
(*Chenopodium pallidicaule* Sp) POR PRUEBAS  
ACELERADAS DE ALMACENAMIENTO”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR :**

**Ing. THOMAS ANCCO VIZCARRA**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:**

**MAGÍSTER SCIENTIAE**

**EN**

**POSTCOSECHA Y MARKETING**



**PUNO - PERÚ**

**2008**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO	
BIBLIOTECA	CENTRAL
Fecha	04 OCT. 2012
Nº	00222

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO  
ESCUELA DE POST GRADO  
MAESTRÍA EN AGRICULTURA ANDINA  
ESPECIALIDAD POSTCOSECHA Y MARKETING

TESIS

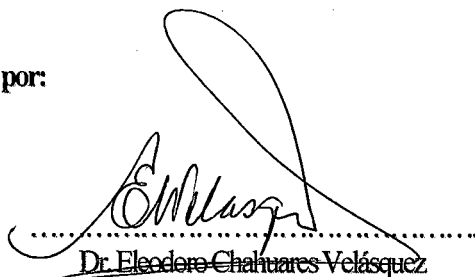
DETERMINACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL DE GALLETAS  
ENRIQUECIDAS CON KAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule Sp*) POR PRUEBAS  
ACELERADAS DE ALMACENAMIENTO

Tesis presentada por Thomas Ancco Vizcarra a la escuela de Post Grado, Dirección de la Maestría en Agricultura Andina de la UNA-PUNO Para optar el Grado Académico de:

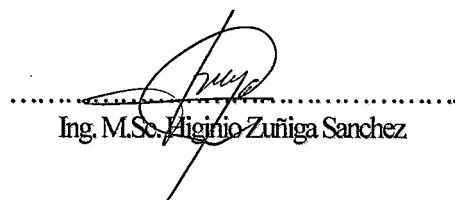
MAGISTER SCIENTIAE  
EN  
POSTCOSECHA Y MARKETING

Sustentado y aprobado ante el jurado integrado por:

Presidente:

  
.....  
Dr. Eleodoro Chahuares Velásquez

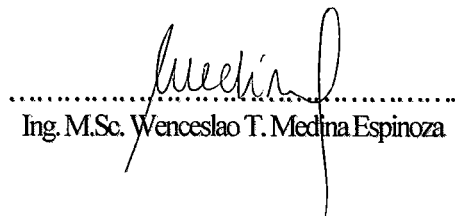
Primer Miembro:

  
.....  
Ing. M.Sc. Higinio Zuñiga Sanchez

Segundo Miembro:

  
.....  
Lic. M.Sc. Maritza Choque Quispe

Asesor:

  
.....  
Ing. M.Sc. Wenceslao T. Medina Espinoza

Con frecuencia la ignorancia engendra más confianza que el conocimiento: son los que saben poco, y no los que saben mucho, los que aseveran positivamente que éste o aquel problema nunca será resuelto por la ciencia

Charles Darwin

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano, por la oportunidad otorgada para realizar los estudios de Maestría que me ha permitido lograr mi crecimiento profesional.

Al MSc. Ing. Wenceslao T. Medina Espinoza por su especial tutoría y dirección, su comprensión y permanente disponibilidad, por todas sus cualidades personales y científicas, y por el trato siempre afectuoso y accesible sin las cuales muy difícilmente habríamos realizado el presente trabajo

A los profesores. Doctor Eleodoro Chahuares Velásquez, Ing. MSc. Higinio Zuñiga Sanchez y Lic. MSc. Maritza Choque Quispe, por el apoyo inmensurable, paciencia y atención personal fruto de sus incomparables cualidades como maestros y excelentes personas que con su contribución y aporte incondicional se culmine la tesis.

Al profesor, Ing. MSc. Pablo Pari Huarcaya por su sabios consejos y recomendaciones al encaminarme en la senda del saber en Postcosecha y Marketing.

A todos mis compañeros de estudios de la escuela de Postgrado en Postcosecha y Marketing con los que he compartido grandes momentos en especial para a Víctor, Luís, Roger, Augusto, David, Jhony, Alfredo.

A todos mi amigos mi más profundo agradecimiento.

## DEDICATORIA

A Dios todo poderoso que todo lo puede y guía nuestras vidas en este mundo. A Lucio, y Trinidad, con su ejemplo, trabajo y tesón, sacrificio y cariño me sacaron adelante, en aquellos tiempos difíciles para que yo fuera lo que ellos no pudieron ser. A mi esposa Maritza, por su amor, paciencia y apoyo incondicional en todos los proyectos de mi vida. A mis hijos Seidman, Christian y Gary por darme tantas alegrías y por esas muchas horas dedicada a mi trabajo que he dejado de compartir con ellos. A mis padres que me dieron la esencia de vida. A mis hermanos por su apoyo moral.

A mi esposa e hijos, Muchas Gracias por todo lo que han hecho y siguen haciendo por mi; sacrificios continuos imposibles de retribuir mientras sigo en esta aventura por el saber.

## INDICE DE CONTENIDOS

	Pa g.
LISTA DE ANEXOS.....	viii
INDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....</b>	<b>3</b>
2.1. GALLETAS ENRIQUECIDAS.....	3
2.1.1. Métodos para la elaboración de galletas.....	6
A. El Cremado (Creaming Up).....	6
B. El Mezclado "Todo en Uno".....	6
C. El Método del Amasado.....	7
2.2. KAÑIHUA.....	7
2.3. CALIDAD Y VIDA UTIL DE LOS ALIMENTOS.....	10
2.3.1. Calidad.....	10
2.3.2. Vida útil y/o vida en anaquel.....	10
2.3.3. Efecto del tratamiento térmico sobre la degradación de los atributos sensoriales .....	13
2.3.4. Degradación de los atributos sensoriales y nutrimentales durante el tratamiento térmico .....	14
A. Color .....	15
B. Degradación de la Vitamina C.....	19
C. Degradación del valor nutricional.....	22
2.4. PRUEBAS ACELERADAS DE VIDA UTIL.....	23
2.4.1. Pruebas aceleradas de estabilidad .....	23
2.4.2. Cinética de deterioro de la calidad.....	26
2.4.3. Velocidad de reacción.....	27
2.4.4. Orden de reacción.....	30
2.4.5. Efecto de la temperatura en la velocidad de deterioro.....	32
2.5. ALMACENAMIENTO Y CAMBIOS QUÍMICOS.....	35
2.5.1. Cambios en Acidez.....	36
2.5.2. Pérdida de nutrientes.....	37
2.5.3. Rancidez.....	37
A. La rancidez hidrolítica.....	38
B. La rancidez cetónica.....	39
C. La rancidez oxidativa.....	40
2.5.4. Otros cambios.....	46
2.5.5. Factores Implicados en el deterioro durante el almacenamiento.....	46
2.6. ENVASADO.....	48

<b>CAPITULO III</b> .....	56
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	56
3.1. LUGAR DE EJECUCION.....	56
3.2. MATERIALES Y METODOS.....	56
3.2.1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS.....	57
3.2.2. MAQUINARIA, EQUIPOS Y MATERIALES.....	58
3.2.3. METODOLOGÍA PARA ELABORACIÓN DE GALLETAS.....	61
3.2.4. METODOLOGÍA DE ANALISIS.....	61
3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	63
3.4. METODOLOGÍA DE DISEÑO ESTADÍSTICO.....	
3.4.1. Diseño estadístico para la evaluación de la temperatura, envase y sustitución sobre índice de peróxidos y acidez de galletas fortificadas durante el almacenamiento.....	63
3.4.2. Metodología para Análisis y determinación de la velocidad y/o cinética de deterioro bajo pruebas aceleradas de almacenamiento.....	64
3.4.3. Metodología para determinar la correlación de la temperatura, nivel de sustitución y días de almacenamiento sobre el índice de peróxidos y acidez de las galletas enriquecidas que garanticen la vida útil.....	65
	66
<b>CAPITULO IV</b> .....	66
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b> .....	
4.1. EVALUACION DE LA TEMPERATURA, ENVASE Y SUSTITUCION SOBRE LA ACIDEZ E ÍNDICE DE PERÓXIDOS DE LAS GALLETAS FORTIFICADAS DURANTE EL ALMACENAMIENTO.....	66
4.2. EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE ALMACENAMIENTO. ....	75
4.3. DETERMINACION DE LA CORRELACION DE LA TEMPERATURA, NIVEL DE SUSTITUCIÓN Y DÍAS DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL ÍNDICE DE PEROXIDOS Y ACIDES DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS.....	87
<b>CONCLUSIONES</b> .....	98
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	99
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	100
<b>ANEXOS</b> .....	111



## LISTA DE ANEXOS

		Pag.
<b>ANEXO 1.</b>		
TABLA 1.	FORMULAS DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS CON CAÑIHUA.....	111
TABLA 2.	CALCULO DEL RATIO QUIMICO DE LA SUSTITUCION S1.....	111
TABLA 3.	CALCULO DEL APOORTE NUTRICIONAL DE LA SUSTITUCION S1.....	111
TABLA 4.	CALCULO DEL RATIO QUIMICO DE LA SUSTITUCION S2.....	112
TABLA 5.	CALCULO DEL APOORTE NUTRICIONAL DE LA SUSTITUCION S2.....	112
<b>ANEXO 2.</b>		
TABLA 6.	RESULTADOS DEL ANALISIS DE ACIDEZ E INDICE DE PEROXIDOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO PRUEBAS ACELERDAS DE GALLETAS ENRIQUECIDAS CON KAÑIHUA.....	113
TABLA 7.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PEROXIDOS.....	114
TABLA 8.	MEDIAS PARA PERÓXIDOS.....	114
TABLA 9.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ACIDEZ.....	115
TABLA 10.	MEDIAS PARA ACIDEZ AL 95% DE NIVEL DE CONFIANZA.....	115
TABLA 11.	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDEZ POR ENVASE.....	115
<b>ANEXO 3.</b>		
TABLA 12.	VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBL-S1-ORDEN CERO.....	116
TABLA 13.	VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBL-S1-ORDEN UNO.....	116
TABLA 14.	VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBO-S1-ORDEN CERO.....	117
TABLA 15.	VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBO-S1-ORDEN UNO.....	117
TABLA 16.	VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBL-S2-ORDEN CERO.....	118
TABLA 17.	VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBL-S2-ORDEN UNO.....	118
TABLA 18.	VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBO-S2-ORDEN CERO.....	119
TABLA 19.	VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBO-S2-ORDEN UNO.....	119
<b>ANEXO 4.</b>		
TABLA 20.	VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBL-S1-ORDEN CERO.....	120
TABLA 21.	VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBL-S1-ORDEN UNO.....	120

TABLA 22.	VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBO-S1-ORDEN CERO.....	121
TABLA 23.	VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBO-S1-ORDEN UNO.....	121
TABLA 24.	VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBL-S2-ORDEN CERO.....	122
TABLA 25.	VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBL-S2-ORDEN UNO.....	122
TABLA 26.	VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBO-S2-ORDEN CERO.....	123
TABLA 27.	VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBO-S2-ORDEN UNO.....	123

## INDICE DE CUADROS

		Pag.
CUADRO 1.	VALOR NUTRITIVO DE LA CAÑIHUA COMPARADO CON OTROS GRANOS ANDINOS EXPRESADO EN g/100g DE GRANO.....	7
CUADRO 2.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS GRANOS DE CAÑIHUA.....	9
CUADRO 3.	COMPARACIONES MÚLTIPLES DE DUNCAN DE ACIDEZ SEGÚN TEMPERATURA.....	68
CUADRO 4.	CONTRASTES DE ACIDEZ ENTRE TEMPERATURAS EN ESTUDIO.....	68
CUADRO 5.	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA PERÓXIDOS POR ENVASE.....	70
CUADRO 6.	CONTRASTE ENTRE DEL INDICE DE PERÓXIDOS ENTRE ENVASE.....	70
CUADRO 7.	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA PERÓXIDOS POR SUSTITUCIÓN.....	70
CUADRO 8.	CONTRASTES DEL INDICE DE PERÓXIDOS ENTRE SUSTITUCIÓN.....	71
CUADRO 9.	PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDEZ POR TEMPERATURA.....	74
CUADRO 10.	CONTRASTES DE ACIDEZ ENTRE TEMPERATURAS.....	74
CUADRO 11.	CONSTANTE K DE PARA EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS DE GALLETAS ENRIQUECIDAS ORDEN CERO.....	77
CUADRO 12.	TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN AÑOS EN TÉRMINOS DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS PARA GALLETAS ENRIQUECIDAS - ORDEN CERO.....	80
CUADRO 13.	CONSTANTE K DE PARA EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS DE GALLETAS ENRIQUECIDAS ORDEN UNO.....	81
CUADRO 14.	TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN AÑOS EN TÉRMINOS DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS PARA GALLETAS ENRIQUECIDAS - ORDEN UNO.....	82
CUADRO 15.	CONSTANTE K DE PARA LA ACIDEZ DE GALLETAS ENRIQUECIDAS ORDEN CERO.....	83
CUADRO 16.	TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN AÑOS EN TÉRMINOS DE ACIDEZ PARA GALLETAS ENRIQUECIDAS - ORDEN CERO.....	85
CUADRO 17.	CONSTANTE K DE PARA LA ACIDEZ DE GALLETAS ENRIQUECIDAS ORDEN UNO.....	86
CUADRO 18.	TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN AÑOS EN TÉRMINOS DE ACIDEZ PARA GALLETAS ENRIQUECIDAS - ORDEN UNO.....	87
CUADRO 19.	ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE T-S-D SOBRE EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....	88
CUADRO 20.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA VARIABLES T-S-D EN EL ORDEN AJUSTADO.....	89
CUADRO 21.	EVALUACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO	

	AJUSTADO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DE T-S-D SOBRE EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS A INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95.0%.....	90
CUADRO 22.	ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL POR LA CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE PERÓXIDOS.....	93
CUADRO 23.	ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ACIDEZ DE LAS GALLETAS.....	94
CUADRO 24.	EVALUACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO AJUSTADO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DE T-S-D SOBRE EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS A INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95.0%.....	95

## INDICE DE FIGURAS

		Pag.
Figura 1.	Reacciones de pardeamiento de Maillard .....	17
Figura 2.	Reacción del Ácido Ascórbico (Oxidante Intermedio).....	20
Figura 3.	Pérdida constante de vida en anaquel.....	29
Figura 4.	Primer orden de degradación.....	31
Figura 5.	Ploteo Arrhenius.....	33
Figura 6.	Rompimiento de la molécula y separación de los triacilglicéridos en sus ácidos gr.....	38
Figura 7.	Iniciación con formación de radical libre o radical lipo.....	42
Figura 8.	Propagación con formación de hidroperóxidos.....	42
Figura 9.	Arreglo del Isomerismo geométrico de los ácidos grasos.....	45
Figura 10.	Diagrama de Flujo de elaboración de galletas enriquecidas con cañihua.....	58
Figura 11.	Diseño experimental para la evaluación de vida en anaquel por pruebas aceleradas de galletas enriquecidas.....	62
Figura 12.	Constante K para PPBL-S1-ORDEN CERO.....	78
Figura 13.	Constante K para PPBO-S1-ORDEN CERO.....	78
Figura 14.	Constante K para PPBL-S2-ORDEN CERO.....	79
Figura 15.	Constante K para PPBO-S2-ORDEN CERO.....	79
Figura 16.	Constante K para PPBL-S1-ORDEN CERO.....	83
Figura 17.	Constante K para PPBO-S1-ORDEN CERO.....	84
Figura 18.	Constante K para PPBL-S2-ORDEN CERO.....	84
Figura 19.	Constante K para PPBO-S2-ORDEN CERO.....	85
Figura 20.	Índice de Peróxidos: Días vs Temperatura.....	91
Figura 21.	Índice de Peróxidos: Sustitución vs Temperatura.....	91
Figura 22.	Índice de Peróxidos: Días vs Sustitución.....	92
Figura 23.	Porcentaje de Acidez: Días vs Temperatura.....	96
Figura 24.	Porcentaje de Acidez: Sustitución vs Temperatura.....	96
Figura 25.	Porcentaje de Acidez Días vs Sustitución.....	97

## RESUMEN

El estudio se desarrolló en la Ciudad de Puno, tuvo como objetivo determinar la vida en anaquel de galletas enriquecidas con kañihua (*Chenopodium pallidicaule Sp*) por pruebas aceleradas de almacenamiento, se evaluó la temperatura, el nivel de sustitución, el tipo de envase durante los días de almacenamiento; los resultados de índice de peróxidos y acidez, fueron evaluados bajo un DCA, sometiéndose a análisis de covarianza ANCOVA, y se efectuó correlación múltiple para determinar la dependencia de los factores temperatura, sustitución y días de almacenamiento al 95% de nivel de confianza. Los resultados de almacenamiento en pruebas aceleradas, evidenciaron el efecto directo de la temperatura, a 15°C el deterioro fue menor que a 25°C y 35°C para el índice de peróxidos y acidez. Se manifestó menor deterioro en el nivel de sustitución S2 (9.75%) conservándose mejor las galletas enriquecidas en envase de Polipropileno bilaminado (PPBL), observándose incremento lineal del índice de peróxidos y acidez durante los días de almacenamiento bajo pruebas aceleradas; llegando a la conclusión que en conservación de galletas enriquecidas con kañihua bajo pruebas aceleradas de almacenamiento, la temperatura, influencia directamente sobre el incremento de peróxidos y acidez, obteniéndose 2.18 meq/kg de grasa y 0.089% de acidez expresado en ácido sulfúrico a 35°C y 2.07 meq/kg de grasa y 0.082 % de acidez expresado en ácido sulfúrico a 15°C, con mayor incremento de acidez y peróxidos a sustitución S2 y menor deterioro del producto en envase de PPBL. Por pruebas aceleradas de vida útil se determinó para el nivel de sustitución S1 un máximo de 179 días de vida útil en PPBL y 164 días de vida útil para PPBO; para sustitución S2, un máximo de 237 días de vida en anaquel en PPBL y 186 días en PPBO para una reacción de orden cero; en relación a acidez titulable en las galletas enriquecidas, se determinó para la sustitución S1 un máximo de 540 días de vida útil en PPBL y 456 días de vida útil para PPBO; para sustitución S2, un máximo de 558 días de vida en PPBL y 526 días en PPBO. Por correlación múltiple, se estimó tiempo de vida útil dentro de las exigencias establecidas por el INS y el CENAN de 3.7 meses por el índice de peróxidos y 5.8 meses por el contenido de acidez titulable en galletas fortificadas al 95% de nivel de confianza.

## SUMMARY

The study I develop in Puno's City, it had as aim determine the life in shelf of cookies enriched with kañihua (*Chenopodium pallidicaule* Sp) for intensive tests of storage, there was evaluated the temperature, the level of substitution, the type of packing during the days of storage; The results of index of peroxides and acidity, they were evaluated under a DCA, surrendering to analysis of covariaza ANCOVA, and multiple correlation was effected to determine the dependence of the factors temperature, substitution and days of storage to 95 % of confidence level. The results of storage in intensive tests, demonstrated the direct effect of the temperature, to 15°C the deterioration was minor that to 25°C and 35°C for the index of peroxides and acidity. Minor demonstrated I spoil in the level of substitution S2 (9.75 %) remaining better the cookies enriched in packing(package) of Polipropileno bilaminado (PPBL), Being observed linear increase of the index of peroxides and acidity during the days of low storage intensive tests; Coming to the conclusion that in conservation of cookies enriched with kañihua under intensive tests of storage, the temperature, it influences directly on in increase of peroxides and acidity, 2.18 being obtained meq/kg from fat and 0.089 % of acidity expressed in sulphuric acid to 35°C and 2.07 meq/kg from fat and 0.082 % of acidity expressed in sulphuric acid to 15°C, With major increase of acidity and peroxides to substitution S2 and minor deterioration of the product in PPBL's packing. For intensive tests of useful life I determine for the level of substitution S1 a maximum of 179 days of useful life in PPBL and 164 days of useful life for PPBO; For substitution S2, a maximum of 237 days of life in shelf in PPBL and 186 days in PPBO for a reaction of order zero; In relation to acidity titulable in the enriched cookies, I determine for the substitution S1 a maximum of 540 days of useful life in PPBL and 456 days of useful life for PPBO; For substitution S2, a maximum of 558 days of life in PPBL and 526 days in PPBO. For multiple correlation, it was estimated time of useful life inside the requirements established by the Instiruto Nacional of Health and the National Center of Nourishment and Nutrition of 3.7 months by the index of peroxides and 5.8 months by the content of acidity titulable in cookies strengthened to 95 % of confidence level.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

La vida útil es definida como el tiempo que transcurre entre la producción - envasado del producto y el punto en el cual se vuelve inaceptable y su consumo implique un riesgo para la salud del consumidor, uno de los indicadores de deterioro y rechazo sensorial de las galletas y productos de bollería es la descomposición química, debido a la oxidación de lípido, siendo los ácidos grasos insaturados, como el oleico, el linoléico los mas susceptibles.

La oxidación de grasas, es el proceso principal de degradación de los alimentos secos como las galletas por su alto contenido en grasas saturadas e insaturadas que en presencia de oxígeno atmosférico, reaccionan en cadena; donde los radicales hidroperóxidos al reaccionar con nuevos ácidos grasos generan peróxidos hasta llegar a un valor máximo y transformarse en aldehídos, cetonas y ácidos grasos de cadena corta, responsables del aroma típico a rancio.

La calidad comercial de las galletas enriquecidas después de la producción, está muy relacionada con su capacidad de manejo al que serán sometidos, es considerada también como uno de los productos más versátiles clasificados como de "consumo masivo"(Baduí S, 1984).

Las Galletas son consideradas como producto de primera necesidad debido a la alta aceptabilidad que tiene entre los grupos de todas las edades, sus características de calidad que se toman en cuenta en una galleta son el sabor, textura y apariencia, en particular la textura descriptor sensorial que determina el grado de sustitución de las grasas y harinas, porque es el principal atributo en



la determinación de la aceptabilidad en todos los productos horneados, lo cual es influenciado por la combinación de ingredientes y factores de procesamiento (Payne, 1985 y Estévez *et al.*, 1995).

La evaluación del deterioro de calidad en alimentos, genéricamente se realizan cuando se trata de evaluar el comportamiento de los productos en desarrollo, a los que se les ha hecho algún cambio en su formulación o en el proceso, estudios que se desarrollan por un tiempo determinado, a temperaturas variadas; donde las pruebas aceleradas constituyen un método práctico y confiable para predecir la calidad en alimentos.

Los objetivos del estudio fueron:

- Evaluar la temperatura, tipo de envase y nivel de sustitución que permita maximizar la conservación de galletas enriquecidas con kañihua.
- Determinar la cinética de deterioro y tiempo de vida útil de de galletas enriquecidas con kañihua.
- Determinar la correlación matemática para el índice de peróxidos y acidez para estimar la vida comercial de las galletas.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### 2.1. GALLETAS ENRIQUECIDAS

Las galletas son productos de consistencia más o menos dura y crocante, de forma variable, obtenidas por el cocimiento de masa preparada con harina, con o sin leudantes, leches, féculas, sal, huevos, agua potable, azúcar, mantequilla, grasas comestibles, saborizantes, colorantes, conservadores y otros ingredientes permitidos debidamente autorizados (INDECOP, 1992).

Estos productos son muy bien aceptados por la población, tanto infantil como adulta, siendo, consumidos preferente entre las comidas, pero muchas veces también reemplazando la comida habitual de media tard, sus ingredientes son principalmente harina, azúcar y materias grasas, además de leche y huevos en algunos casos, esta composición química declarada hace suponer que estos productos constituirían fuente calórica para el hombre y en especial para el niño (Zuccarelli et al., 1984).

Othon (1996) menciona que las galletas pueden ser dulces o suaves, con altas en azúcar y manteca vegetal y relativamente bajas en agua, lo que le confiere la textura ideal para la laminación de la masa, su troquelado y

formación. El polvo para hornear, generalmente contiene agentes acidulantes ya que las harinas no son clorinadas. Industrialmente las galletas son formadas con moldeadores rotativas, troqueladas y cortadas en el mismo equipo.

Según INDECOPI (1992) las galletas se clasifican:

**Por su Sabor:**

- Saladas, Dulces y de Sabores Especiales.

**Por su Presentación:**

- Simples: Cuando el producto se presenta sin ningún agregado posterior luego del cocido.
- Rellenas: Cuando entre dos galletas se coloca un relleno apropiado.
- Revestidas: Cuando exteriormente presentan un revestimiento o baño apropiado. Pueden ser simples y rellenas.

**Por su Forma de Comercialización:**

- Galletas Envasadas: Son las que se comercializan en paquetes sellados de pequeña cantidad. :
- Galletas a Granel: Son las que se comercializan generalmente en cajas de cartón, hojalata o teknopor.

Los siguientes requisitos se deben de considerar en la fabricación de galletas:

- a. Deberán fabricarse a partir de materias sanas y limpias, exentas de impurezas de toda especie y en perfecto estado de conservación.
- b. Será permitido el uso de colorantes naturales y artificiales, conforme a

la norma técnica 22:01-003 Aditivos Alimentarios.

- c. Requisitos Fisicoquímicos: Deberá presentar los siguientes valores, los que se indican como cantidades máximas permisibles.

Humedad 12%, Cenizas totales 3%, Índice de Peróxido 5 mg/Kg,

Acidez (expresado en ácido láctico) 0.10%

La galleta enriquecida, es un alimento de consumo directo en cuya composición puede tener mezcla de harinas cereales, granos andinos, leguminosas, tubérculos, azúcar, manteca vegetal, leudante, derivados lácteos u otra proteína de origen animal, sulfato ferroso, etc., mediante los cuales se obtiene un producto final de consistencia crocante, buena textura, suave en su masticación, de sabor y aroma definido y de aprobada aceptabilidad por los niños. Como requisitos físico – químicos de la ración debe tener 300 Kcals como mínimo, proteína 08 % y grasa 25 – 35% de la energía total, carbohidratos la diferencia; y 10% de proteína de origen animal del total; humedad 5%, acidez 0.40 % expresado en ácido sulfúrico, hierro mínimo 5 mg; índice de peróxido 5 meq/Kg grasa máximo. (INS, 2007).

En los países en desarrollo, las dietas deficientes en proteína representan un serio problema cuya magnitud podría disminuirse por la adición de proteína de alto valor biológico a la dieta diaria (Pellegrino, 2004). En productos de panadería, las galletas son un buen vehículo para la fortificación con proteínas de la sangre (Alizo., *et al.*, 1994 y Márquez *et al.*, 1998).

### **2.1.1. Métodos para la elaboración de galletas**

Existen tres métodos básicos empleados en la elaboración de galletas: cremado, "mezcla en uno" y amasado (Smith, 1972 citado por Meneses, 1994), los que se especifican a continuación:

#### **A. El Cremado (Creaming Up)**

Los ingredientes son mezclados con la grasa para obtener una crema, se adiciona la harina, en dos o tres etapas. El proceso de dos etapas consiste en mezclar todos los ingredientes incluyendo el agua (a menudo como agente emulsificante) con excepción de la harina y el agente químico durante 4 a 10 minutos de acuerdo al tipo y velocidad del mezclador; posteriormente se añade el bicarbonato de sodio y harina continuando con el mezclado hasta adquirir una consistencia deseada. En el caso de tres etapas, se mezcla la grasa, azúcar, jarabe, líquido (leche o agua), cocoa, etc. hasta obtener una crema suave, agregándose el emulsificador y mayor cantidad de agua. Posteriormente se añade la sal, saborizante, colorante y el resto de agua, mezclándose seguidamente con el propósito de mantener la crema, para finalmente añadir la harina los agentes químicos y los otros ingredientes (Smith, 1972 citado por Meneses, 1994)

#### **B. El Mezclado "Todo en Uno"**

Todos los ingredientes son mezclados en una sola etapa incluyendo el agua; parte del agua se utiliza para disolver los agentes químicos, saborizantes, colorantes, y todo se mezcla hasta obtener una masa satisfactoria (Smith, 1972 citado por Meneses, 1994).

### C. El Método del Amasado

Consta de dos etapas: primero, la grasa, azúcar, jarabes, harinas y ácidos son mezclados hasta obtener una crema corta; Luego se añade agua y/o leche agentes alcalinos, sal, mezclándose hasta alcanzar una masa homogénea. En la primera etapa, la harina es cubierta con la crema para actuar como una barrera contra el agua, formando el gluten con la proteína (Smith, 1972 citado por Meneses, 1994).

### 2.2. KAÑIHUA

Según Cahuana (2003) la kañihua es un grano de pequeño tamaño con un embrión bastante desarrollado, en el cual se concentra una importante cantidad de proteínas y grasa, y son más altos que el de otros cereales, lo cual se puede observar en el Cuadro 1.

CUADRO 1.  
VALOR NUTRITIVO DE LA KAÑIHUA COMPARADO CON OTROS  
GRANOS ANDINOS EXPRESADO EN g/100g DE GRANO.

Elemento	Quinua(a)	Kañihua(a)	Amaranto(b)	Trigo (b)	Cebada(a)
Humedad	11.20	12.20	12.30	14.50	12.10
Proteína	11.70	14.00	12.90	8.60	10.40
Grasa	6.30	4.30	7.20	1.50	2.10
Carbohidratos	68.00	64.00	65.10	73.70	76.00
Ceniza	2.80	5.40	2.50	1.70	2.20
Fibra	5.20	9.80	6.70	3.00	6.00

Fuente: Morón (1999)

(a) Valores promedios de las variedades de la tabla de composición de los alimentos peruanos (Ministerio de Salud/Instituto Nacional de Salud/Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, 1996).

(b) FAO/OMS/ONU

Según FAO (1992) el grano de cañihua tiene un elevado contenido en proteínas (14 a 18%) y una proporción importante de aminoácidos azufrados, se distingue de los demás por su buen contenido de minerales, pero su verdadero valor radica en la calidad de su proteína, contiene aproximadamente el doble de lisina y metionina, presenta ventajas por no poseer saponinas, presenta una apreciable cantidad de fibra, y cuyo perisperma no es digerible.

Tapia (1997) indica que existe una gran variación en la composición química de los granos de cañihua, debido a su variabilidad genética, la edad de maduración, la localización del cultivo, la fertilidad del suelo.

Canahua (2003) menciona que, las proteínas de los granos difieren en cantidad y calidad, la composición química proximal y de micro nutrientes se presenta en el Cuadro 2.

Según el CIED (1998) la cañihua es aprovechada de diversas formas, las hojas verdes en guisos y sus granos en tostado, reventado y molido, es consumido por el hombre como cañihuaco, harina que se consume en leche o añadiendo agua y azúcar al gusto, se emplea también en panificación y pastelería, la semilla seca y hecha harina con la adición de vinagre se ingiere para el tratamiento tradicional de la fiebre tifoidea, el cañihuco contrarresta el mal de altura.

Canahu (2003) menciona que en estudios sobre panificación la sustitución es de 10 a 15%, sin desmejorar la textura y sabor del pan; la agroindustria promueve el consumo de quinua y cañihua en forma de expandidos bañados con dulces, saborizantes y chocolates, los que tiene aceptación especialmente por niños.

CUADRO 2.  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS GRANOS DE KAÑIHUA

Componente	Cañihua amarilla	Cañihua Gris	Cañihua Hojuelas	Cañihua parda
Energia Kcal	340.00	344.00	379.00	340.00
Agua g.	12.00	12.40	8.10	12.30
Proteina g.	14.30	14.00	17.60	13.80
Grasa g.	5.00	4.50	8.30	3.50
Carbohidratos g.	62.80	64.00	61.70	65.20
Fibra g.	9.40	9.80	11.70	10.20
Ceniza g.	5.90	5.10	4.30	5.30
Calcio mg.	87.00	110.00	171.00	141.00
Fosforo mg.	337.00	375.00	496.00	387.00
Hierro mg.	10.80	13.00	15.00	12.00
Tiamina mg.	0.62	0.47	0.57	0.67
Riboflavina mg.	0.51	0.65	0.75	0.30
Niacina mg.	1.20	1.13	1.56	1.45
Acido ascórbico mg.	2.20	1.10	0.00	0.00

Fuente: Tapia (1997)

Según la LEY N° 28477 (2005) la cañihua es considerada como patrimonio nacional por sus incomparables propiedades funcionales y Encarga al Ministerio de Agricultura, en coordinación con los Gobiernos Regionales y Gobiernos Locales y otras entidades públicas y privadas, la responsabilidad del registro, la difusión, conservación y promoción del material genético, el fomento de las actividades de producción, industrialización, comercialización y consumo interno y externo de los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas detalladas en el Anexo de la presente Ley, dentro de un enfoque de sostenibilidad y sustentabilidad.



## **2.3. CALIDAD Y VIDA UTIL DE LOS ALIMENTOS**

### **2.3.1. Calidad**

La calidad de los alimentos cuando llegan al consumidor depende no sólo de las condiciones iniciales, sino también de los cambios físicos, químicos y microbiológicos que se producen durante el procesado y el almacenamiento del producto, estos cambios son muy diversos y están estrechamente ligados a la composición del alimento, así como a las condiciones ambientales que lo rodean (Karen, 1984).

Saguy y Karel (1980) indican que la calidad es una función multiparamétrica y que viene determinada no sólo por las propiedades organolépticas, tales como color, sabor y textura, sino también por el contenido en nutrientes, un fabricante de alimentos para garantizar la calidad, debe tener en cuenta la estabilidad microbiana, las propiedades físicas y sensoriales y la velocidad de los cambios químicos que conducen a la pérdida de vida útil. Todos estos factores dependen en gran medida del contenido en humedad y de la actividad de agua. Esto se explica teniendo en cuenta que la actividad de agua influye en la cinética de muchas de las reacciones que se producen en los alimentos; excepto en los procesos de oxidación de los lípidos, en los que la velocidad de reacción aumenta a medida que disminuye la actividad de agua (Labuza, 2003; Labuza y Hyman, 1998).

### **2.3.2. Vida útil y/o vida en anaquel**

La vida útil de un alimento se puede definir como el período de tiempo desde su preparación o fabricación durante el cual el producto es

apto para el consumo, este período esta en función de las condiciones ambientales que rodean al alimento y de la variación máxima en los parámetros de calidad que no afecta a su aceptabilidad (Richardson, 1976).

Para poder establecer la vida útil se requiere un análisis preciso de los factores de calidad, la determinación del orden de las cinéticas de los procesos de deterioro, la realización de un test acelerado de vida útil y la valoración de la evolución de los parámetros de calidad mediante criterios razonables (Labuza, 2003).

Cuando un alimento no es apto para el consumo debido a un deterioro microbiológico se convierte en perjudicial para la salud; sin embargo, cuando la causa es un deterioro en la calidad o en el valor nutritivo, el producto generalmente, no es necesariamente perjudicial (Cardelli y Labuza, 2001).

Muchos de los alimentos contenidos en envases permeables al oxígeno pierden vida útil a medida que aumenta la concentración de éste. Así, por ejemplo, el ácido ascórbico reacciona con el oxígeno que penetra a través del envase. Los procesos de respiración del producto fresco y la oxidación de lípidos son otros ejemplos del deterioro influenciado por el oxígeno. En ambos casos, por encima de un cierto nivel crítico de oxígeno, un aumento de su concentración no altera la velocidad de deterioro (Bell *et al.*, 1992).

Dethmers, (1979) señala que la vida en anaquel de un producto está básicamente determinada por su sistema de componentes, el proceso de elaboración, el método de empaçado, el tiempo y la humedad relativa durante el transporte y almacenamiento. El control de estos factores va a retardar o prevenir los siguientes efectos:

1. La acción bacteriana o enzimática que produce sustancias indeseables en el producto que no son inhibidas por tratamientos térmicos, baja actividad de agua, o métodos químicos.
2. Pérdida de calidad estética como son: color, aroma, textura y apariencia general.
3. Penetración de insectos o ataques a los productos empacados.
4. Cambios físicos que se refieren a la evaporación de la humedad, que conduce a la formación de costras o superficies deshidratadas.
5. Reacciones químicas como son: oxidación, hidrólisis, reversión de grasas, oxidación de pigmentos, desnaturalización de proteínas que conduce a cambios de textura, pérdida de agua incorporada y cambios en las proteínas funcionales, rancidez y pardeamiento no enzimático.
6. Contaminación ambiental debido a polvos y a agentes volátiles.
7. Pérdidas de valor nutritivo, esto es, las pérdidas de vitaminas y la desnaturalización proteica.
8. Interacción entre el producto y el empaque.
9. Pérdida de las propiedades nutricionales.

Por ello en la industria alimentaria, es de suma importancia conocer la vida en anaquel de sus productos. Esto ha sido problema importante debido principalmente a que se desea que los alimentos sean lo más estable a los diferentes cambios de ambiente a que son expuestos durante su distribución y/o venta. (Cruz, 1997).

### **2.3.3. Efecto del tratamiento térmico sobre la degradación de los atributos sensoriales**

Karel (1984) menciona que la calidad de un alimento no solamente depende del cuidado que hay que tener después del proceso, sino que esta calidad muchas veces puede deteriorarse en el mismo proceso, y las galletas al ser productos obtenidos por un proceso térmico de cocción en hornos a temperaturas que oscilan entre 180 a 230°C, estas sufren alteraciones que muchas veces no son perceptibles y solamente con un análisis instrumental estas pueden cuantificarse e identificar su naturaleza; y es ahí donde las evaluaciones sensoriales, sirven como medidas preventivas que permite advertir que el producto ha sufrido alteraciones por efecto del tratamiento térmico sobre los atributos sensoriales, los cuales se ponen de manifiesto en el color, textura, sabor, aroma y pueden tener lugar a lo largo del tratamiento térmico o durante el almacenamiento, como consecuencia de la severidad del tratamiento recibido, del pH, del contenido de iones metálicos o de otros factores, tales como temperatura de almacenamiento, presencia de luz, cantidad de oxígeno disuelto o permeabilidad a los gases del empaque utilizado (Rodrigo *et al.*, 1980).

El sabor y aroma de los alimentos sometidos a tratamientos térmicos se modifica por el efecto de la cocción. Hay muchos alimentos ácidos, por ejemplo, las frutas, que requieren de poca cocción, pues lo que interesa es conservar al máximo su aroma y sabor naturales.

La cocción inadecuada ocasiona efectos indeseables sobre el sabor, olor y otros factores de calidad que pueden deberse a las siguientes causas:

1. Oscurecimiento debido a reacciones de Maillard entre aminoácidos y

azúcares reductores a consecuencia de los cuales pueden producirse importantes alteraciones en el sabor y olor de las frutas sometidas a tratamientos de pasterización.

2. Caramelización causada por el efecto del calor sobre los azúcares y otros compuestos que además de provocar coloraciones oscuras que modifican el color, alteran el sabor y aroma.
3. Oxidación y polimerización del ácido ascórbico, con el desarrollo de aromas y sabores impropios del alimento
4. Polimerización de aldehídos que provocan también compuestos oscuros y sabores extraños.

Existen algunos reportes en la bibliografía acerca de la dependencia en la temperatura de la degradación de algunos atributos sensoriales y su relación con la inactivación de las enzimas responsables del deterioro en productos, se ha demostrado que los procesos térmicos diseñados para inactivar a la pectinmetilesterasa aseguran la estabilidad microbiológica y cambios mínimos en las características sensoriales (Nath Y Ranganna, 1977, 1989, 1983; Argañiz y López, 1995 Y 1996).

#### **2.3.4. Degradación de los atributos sensoriales y nutrientes durante el tratamiento térmico**

Los cambios más importantes que pueden afectar los atributos sensoriales y las características nutrimentales de productos sometidos a tratamientos térmico se pueden resumir en:

1. Cambios en el color, donde el oscurecimiento es a partir de las reacciones que predomina.

2. Cambios en sabor y olor, debido a desarrollo de sabores y olores a oxidado.
3. Cambios texturales, tales como sedimentación, espesamiento o gelación.
4. Cambios en el contenido de nutrimentos, debido principalmente a la pérdida de vitaminas y minerales.

(Lewis y Heppell, 2000).

### **A. Color**

El color es la sensación experimentada por un individuo cuando la energía en forma de radiación (380-770 nm) le llega a la retina. La radiación electromagnética interacciona con el ojo humano. La sensación de color es tridimensional. El ojo aprecia tres características o atributos bien diferenciados: tono (color, matiz), pureza (intensidad, saturación, croma) y claridad (luminosidad, valor) (Kramer et al., 1962). De ahí que una definición de color sea "la parte de la energía radiante que el humano percibe mediante las sensaciones visuales que se generan por la estimulación de la retina del ojo (Kramer *et al.*, 1970).

El color es una de las características sensoriales más importante de los alimentos, ya que es la primera impresión que usualmente se tiene de un alimento y en gran medida condiciona su aceptación o rechazo. El color está correlacionado en muchos casos con otras características de calidad tal como la textura, grado de madurez, procesamiento adecuado (Kramer *et al.*, 1962). Su calidad depende del grado de estabilidad de los pigmentos presentes en ellos y de los posibles cambios químicos tales como el

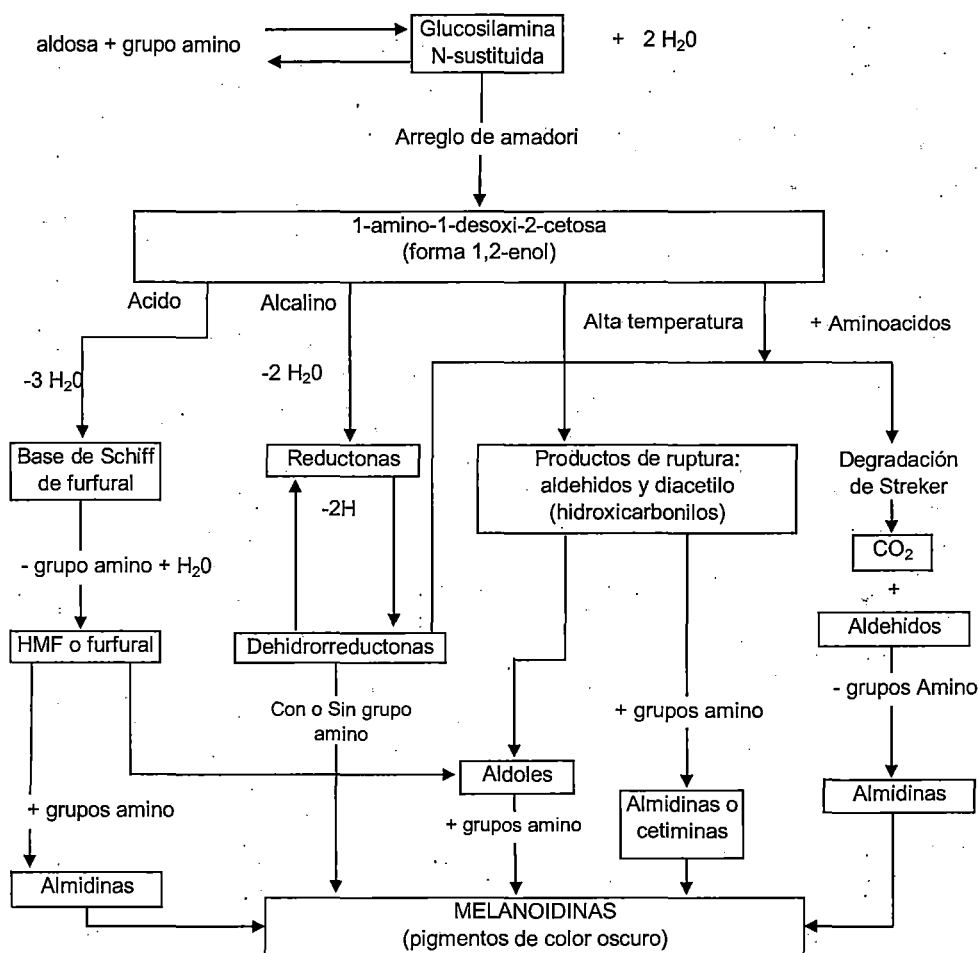
oscurecimiento y la caramelización que puedan haberse desarrollado durante el procesamiento y almacenamiento. En el caso de alimentos líquidos claros como aceites y bebidas, el color se debe a la transmisión de la luz, mientras que en alimentos opacos, el color se deriva de la reflexión (De Man, 1980).

Saenz *et al.*, (1993) menciona que los colores de los alimentos se deben a distintos compuestos principalmente orgánicos, algunos que se producen durante su manejo y procesamiento y otros que son pigmentos naturales o colorantes sintéticos agregados; cuando se someten a tratamientos térmicos, los alimentos desarrollan tonalidades que van desde un ligero amarillo hasta un café intenso, mediante las reacciones de Maillard y de caramelización, (Badui, 1999). Las indicadas reacciones de pardeamiento de maillard, se pueden observar en la Figura 1.

Los alimentos, tanto en forma natural como procesada, presentan un color característico y bien definido mediante el cual el consumidor los identifica; cualquier cambio que éste sufra puede causar rechazo de los productos.

Existen varios factores que son los responsables de la pérdida del color por ejemplo: condiciones de proceso tales como pH, acidez material de empaque y duración y temperaturas de almacenamiento (Ahmed y Shivare, 2001).

Figura 1. Reacciones de pardeamiento de Maillard (Hodge, 1953), citado por Casp y Abril, (1999).



Los carotenoides son relativamente estables durante el almacenamiento y manejo clásico. Los carotenoides fácilmente se oxidan debido al número de dobles enlaces conjugados que contienen. Tales reacciones producen pérdidas de color en los alimentos y son el principal mecanismo de degradación, su estabilidad frente a la oxidación depende muchísimo del medio en que se encuentra; debido a su estructura altamente conjugada e insaturada de los carotenoides, y sus procesos de degradación son muy complejos (Peiser y Yang, 1979).



Durante la oxidación, inicialmente se forman epóxidos y compuestos carbonilo. Cuando la oxidación continúa, se forman compuestos mono y dioxigenados de cadena corta, entre ellos la epoxi- $\beta$ -ionona. Cuando la autooxidación es extensa, ocurre el blanqueo de los carotenoides y la pérdida de color (Peiser y Yang, 1979).

En general, los dobles enlaces conjugados de los carotenoides existen en configuración trans. Los isómeros cis de unos pocos carotenoides se pueden hallar en los tejidos vegetales, las reacciones de isomerización son fácilmente inducidas por tratamientos térmicos (O'neil y Schwartz, 1992).

Aunque históricamente se ha considerado que el caroteno es muy estable durante el calentamiento, ahora se sabe que la esterilización induce a reacciones de isomerización cis-trans. Para disminuir la isomerización excesiva, deberá minimizarse la intensidad del tratamiento térmico cuando sea posible. En los casos de cocción por extrusión y el calentamiento a altas temperaturas en aceite no sólo se isomerizan los carotenoides, sino que se produce su degradación térmica. Temperaturas muy altas pueden dar productos de fragmentación que son volátiles (Fennema, 2000).

Los productos que se generan a consecuencia del calentamiento intenso del  $\beta$ -caroteno en presencia de aire, son similares a aquellos que se forman durante la oxidación del  $\beta$ -caroteno a altas temperaturas. Cuando se generan isómeros cis, solamente ocurren ligeros desplazamientos espectrales y, por consiguiente, el color del producto apenas se ve afectado; sin embargo, se produce un descenso de la actividad provitamina A (Fennema, 2000).

## B. Degradación de la Vitamina C

La vitamina C, también es conocida como ácido ascórbico, ácido antiescorbútico. La vitamina C es una acetona cíclica que corresponde a la forma enólica de la 3-ceto-1-gulofuranolactona; contiene un enol entre los carbonos 2 y 3 que la hace un agente ácido y muy reductor, por lo que se oxida fácilmente (Mondy y Leja 1986).

Las principales fuentes de vitamina C de la dieta son las frutas, hortalizas, zumos y alimentos fortificados. El Acido Ascórbico es un conjunto de cuatro estereoisómeros, los cuales sólo el isómero L-treo-AA o vitamina C posee actividad como mejorador de harinas. El Acido Ascórbico es un reductor que debe pasar a su forma oxidada (ácido Dehidro Ascórbico) para poder ejercer su efecto reforzador de la masa. Desde el punto de vista cinético, el Acido Ascórbico, actuando como DHAA, es un oxidante de velocidad intermedia. En un primer paso interviene una enzima presente en la harina, llamada L-Ascórbico-Oxidasa. Posteriormente, en una segunda etapa y debido a la presencia de otra enzima en la harina, la Dehidro-L-Ascórbico -Reductasa (utilizando Glutación como cofactor), el Dehidro Ascórbico reacciona sobre los grupos tiol (-SH) formando los puentes disulfuro (-S-S) regenerándose al mismo tiempo el Acido L-treo-AA. (Fennema, 2000), cuya reacción se presenta en la Figura 2.

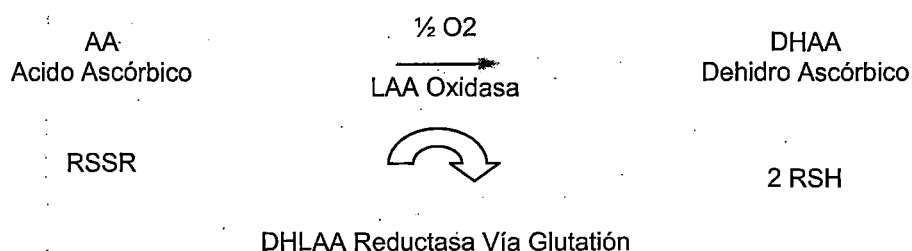


Figura 2. Reacción del Ácido Ascórbico (Oxidante Intermedio)

La vitamina C, en productos alimenticios procesados se pierde considerablemente, esta pérdida también a un almacenamiento prolongado a temperatura ambiente (Aurand *et al.*, 1987). Por ejemplo las heridas o cortes que sufren un vegetal, provocan un gran aumento en la actividad respiratoria y de la división celular, que van acompañadas de un incremento de la vitamina C. El frío inhibe su síntesis, mientras que la temperatura ambiente y la oscuridad la favorecen (Mondy y Leja 1986). De todas las vitaminas, la vitamina C es la más inestable y lábil, su retención disminuye con el aumento de la temperatura y el tiempo de almacenamiento (Nagy y Rouseff, 1986).

Su actividad biológica es muy variada y en este sentido es la vitamina que más controversias causa; se sabe que es indispensable para la síntesis del tejido conectivo, formación de huesos, de la dentina de los dientes, entre otros (Clydesdale, 1998). Las deficiencias de esta vitamina en la dieta puede provocar muchos malestares que en estado avanzado se agrupan en la enfermedad llamada escorbuto que vuelve al individuo muy susceptible a contraer diversas infecciones, el que ser humano no sintetiza la vitamina C por lo que requiere consumirla a diario (Rusell, 1986).

Dentro de las recomendaciones de vitamina C permitidas se tienen 60 mg para adultos, 45 mg para niños y 35 mg para infantes (Aurand *et al.*, 1987). Por esta razón, el consumo rutinario de alimentos debe aportar la vitamina C requerida diariamente, ya que, al ser hidrosoluble el humano la almacena escasamente. Por ejemplo, el jugo de 1 ó 2 naranjas contiene aproximadamente 80 mg/100g de vitamina C suficiente para satisfacer las necesidades diarias recomendadas (Mondy y Leja 1986).

La vitamina C puede agregarse a los alimentos como ácido no disociado o como sal sódica neutralizada (ascorbato sódico). La conjugación de vitamina C con compuestos hidrófobos confiere al resto del ácido ascórbico un carácter liposoluble, los ésteres de ácidos grasos como el palmitato de ascorbilo y los acetales de ácido ascórbico son liposolubles y pueden proporcionar un efecto antioxidante directo en los entornos lipídicos (Fennema, 2000).

Es difícil generalizar el efecto del calor sobre las vitaminas presentes en los alimentos, ya que cada una posee características propias y por lo tanto, reaccionan de manera diferente durante la aplicación de tratamientos térmicos. En general, la vitamina C. tiene gran importancia no sólo por su importancia en el valor nutritivo, sino también por constituir un índice de apreciación de las pérdidas de otras vitaminas y servir como criterio válido de la conservación de otros componentes sensoriales y nutrimentales como pigmentos naturales y sustancias aromáticas (Rodrigo *et al.*, 1980b).

En su destrucción, la vitamina C provee grupos carbonilos para que continúe la reacción. En esta serie de transformaciones también se generan diversos compuestos, algunos de bajo peso molecular, que contribuyen al

olor característico del alimento que ha sufrido esta modificación. Este mecanismo se complica considerablemente si hay azúcares reductores y aminoácidos que favorecen diversas rutas de degradación. Es decir, la pérdida del ácido ascórbico, además de sus consecuencias nutricionales, también lleva consigo una generación de olores indeseables y un oscurecimiento (Tatum *et al.*, 1975).

Roja y Gerschenson (1997) encontraron, que la degradación de ácido ascórbico en sistemas modelo consistentes de ácido ascórbico y glucosa o sacarosa, siguió una cinética de reacción de primer orden.

### **C. Degradación del valor nutricional**

Las proteínas sufren desnaturalización, cuando es sometido al calor. (Belitz y Grosch , 1988, Dondero, 1990), Al aplicar tratamientos térmicos a los alimentos se causa alteración química de residuos de aminoácidos y se produce formación de nuevos enlaces covalentes intra o intermoleculares. Estos cambios pueden alterar las propiedades nutritivas y funcionales de las proteínas (Phillips y Finley, 1989) y dependen de las condiciones de tiempo y temperatura de los tratamientos aplicados (Fennema, 1985 y Chan, 1993).

La calidad nutritiva puede ser evaluada por digestibilidad de proteínas y por lisina disponible, que se usan como indicadores, el contenido de lisina disminuye por efecto del calor, lo que se atribuye a una reacción que ocurre entre el grupo amino de lisina y el grupo amino de asparragina y glutamina, ocasionando un enlace cruzado que disminuye el valor nutritivo por impedimento del ataque enzimático (Batterham y Darnell, 1986). Por efecto del calor también se producen reacciones de entrecruzamiento entre

cadena de polipéptidos por acilación de grupos amino libres, lo que da como resultado una disminución de lisina disponible (Kwok K-Ch *et al.*, 1998).

## **2.4. PRUEBAS ACELERADAS DE VIDA UTIL**

### **2.4.1. Pruebas aceleradas de estabilidad**

Las pruebas aceleradas de estabilidad, están diseñados con el fin de aumentar la velocidad de degradación química o física de un producto, empleando condiciones extremas de almacenamiento, en su empaque primario definitivo. Estos estudios tienen como objeto determinar los parámetros cinéticos de los procesos de degradación y/o predecir el período de validez, en condiciones reales o naturales de almacenamiento.

El desarrollo de pruebas aceleradas efectivas es un problema aun para ser resuelto la dependencia de la cinética de la pérdida de calidad sobre los factores medioambientales varia de producto a producto y de proceso a proceso, por consiguiente debe ser estable para cada caso específico.

El problema de desarrollar pruebas aceleradas para la estabilidad de nutrientes durante el procesamiento del alimento es encontrar las formas mas rápida y conveniente para obtener la constante cinética para las reacciones de deterioro, utilizando modelos para la evaluación rápida de las constantes de transferencia de masa y para la distribución de temperatura.

Las pruebas aceleradas para predecir estabilidad de almacenamiento en alimentos puede ser realizado por los siguientes métodos:

- Elevación de la temperatura: típicamente los alimentos son almacenados a 37°C y 51°C, usualmente basado en el concepto  $Q_{10}$

para extrapolar los resultados a las temperaturas de almacenamiento esperados.

- Presiones elevadas de oxígeno: las reacciones que implican oxidación, pueden algunas veces ser aceleradas conduciendo pruebas de estabilidad de alta presión de oxígeno.
- Contenido elevado de humedad: las pruebas aceleradas, están facilitadas por el contenido de humedad elevado para acelerar la reacción.

La predicción de la vida en anaquel puede abordarse de dos modos generales:

1. El método más común consiste en seleccionar una simple condición extrema, exponer el alimento a dicha condición durante diversos tiempos de almacenamiento, evaluar la calidad generalmente por métodos sensoriales y, a continuación, extrapolar los resultados a las condiciones de almacenamiento normales.
2. El proceder alternativo consiste en utilizar un diseño más elaborado basado en los principios de la cinética química y determinar la dependencia de la temperatura real de diversos atributos de calidad (Fennema, 2000).

Las pruebas aceleradas de vida en anaquel ASLT (Accelerated Shelf-Testing of Food), constituyen el método que mayores satisfacciones ha dado a investigadores y tecnólogos en alimentos. Estas pruebas consisten en experimentos en almacenamiento a temperaturas relativamente altas, con el fin de predecir con un cierto margen de certeza, la vida en anaquel del alimento procesado en las condiciones bajo las cuales será

transportado, distribuido o comercializado, en un periodo mucho mas corto que con los métodos tradicionales (Núñez y Chumbiray, 1991).

Para que la predicción de vida en anaquel, se acerque a la verdadera vida en anaquel del alimento es necesario conocer la naturaleza de éste y su comportamiento a diferentes condiciones ambientales.

La velocidad de las reacciones químicas se incrementa a medida que se eleva la temperatura, y la relación puede cuantificarse en las ecuaciones de Arrhenius, como una guía general, la velocidad de reacción es duplicada por cada incremento de 10 °C en la temperatura (IFT, 1974).

Para la determinación de vida en anaquel de productos alimenticios, mediante pruebas aceleradas ASLT, se requieren tres temperaturas de almacenamiento diferentes, las más recomendables son:  $T^{\circ}_{amb} - 10^{\circ}\text{C}$ ,  $T^{\circ}_{amb}$  y  $T^{\circ}_{amb} + 10^{\circ}\text{C}$  (donde  $T^{\circ}_{amb}$  es la temperatura ambiente), con las cuales se obtiene un gráfico de vida en anaquel vs el tiempo (Núñez y Chumbiray, 1991).

Los modelos matemáticos han sido utilizados en la cinética de alimentos para describir cuanto más rápidamente se llevará a cabo una reacción si el producto es mantenido a una temperatura elevada determinada. Si se conoce el factor temperatura-aceleramiento, luego la extrapolación a temperaturas más bajas, podrá predecir la vida en anaquel del producto; este factor es llamado  $Q_{10}$  (cuando el cociente de temperatura es para una diferencia de temperatura de 10 °C), que se expresa como un cociente de temperatura y se define como la relación existente entre la velocidad de cambio a una temperatura y la velocidad a una temperatura especificada menor o mayor (Lau Chang, 1992).



#### 2.4.2. Cinética de deterioro de la calidad

Cuando se trata de evaluar el comportamiento del alimento y la degradación de sus componentes; el estudio de cinética de los procesos de transformación de alimentos ha sido objeto de gran atención durante los últimos años, principalmente para optimizar la calidad de los productos durante el procesado y el almacenamiento. Aunque tradicionalmente la cinética química se ha aplicado para explicar los cambios químicos que ocurren en un sistema, también se puede aplicar a cambios físico-químicos. Por ejemplo, los cambios en la textura y el color que sufren los alimentos también pueden describirse por medio de asimilación a las velocidades de reacción (Villota y Hawkes, 1992).

Los alimentos pueden considerarse en general como sistemas discontinuos, es decir; la velocidad de aparición o desaparición de alguna sustancia necesita ser adaptada a cada sistema, y es función principalmente de la composición y temperatura. La influencia de la temperatura ésta se representa a través de la constante cinética o velocidad específica (Jonson *et al.*, 1995).

Escardino y berna (2003); indican que de singular importancia en el campo de las cinéticas es la determinación del orden de reacción; es así que dentro de las reacciones de orden cero en el proceso de deterioro en alimentos se pueden asimilar a las reacciones de pardeamiento no enzimático, la inhibición del enranciamiento y los procesos de pérdida de calidad desarrollados en los alimentos (Gekas, 1992); en estas reacciones, la velocidad es independiente de la concentración; Es decir, la concentración del componente disminuye linealmente con el tiempo hasta

su agotamiento; en tanto un gran número de procesos en alimentos responden a cinéticas de primer orden, como por ejemplo la degradación de la vitamina C o la pérdida de aminoácidos y azúcares reductores debida al pardeamiento no enzimático (Bell *et al.*, 1992), y también la degradación del color durante el procesado y almacenamiento de distintos tipos de alimentos, por que son procesos irreversibles. (Ahmed *et al.*, 2002; Gunawan y Barringer, 2000).

Cardelli y Labuza (2003), establecieron una ecuación general que describe la pérdida de calidad de un alimento la misma que expresa matemáticamente que la velocidad de degradación de la calidad, es función de factores de composición, tales como las concentraciones de las especies que reaccionan, niveles de microorganismos, catalizadores, inhibidores, pH y actividad de agua, así como de factores ambientales, tales como la temperatura, humedad relativa, luz, stress mecánico y presión total.

#### 2.4.3. Velocidad de reacción

Núñez y Chumbiray (1991), señalan que la mayor parte de las reacciones de deterioro que ocurren en los productos alimenticios, en condiciones de almacenamiento, se ajustan a la siguiente expresión matemática:

$$\frac{dA}{dt} = KA^n \quad (01)$$

Donde:

A = Factor de calidad medido

t = Tiempo

K = Constante que depende de la temperatura y la  $a_w$  de agua

$n$  = Factor de potencia llamado el orden de la reacción, que define si la

velocidad es dependiente de la cantidad presente de A. En el caso de alimentos varía entre 0 y 2.

$dA/d\theta$  = Velocidad de cambio de A con respecto al tiempo. El signo negativo es utilizado si el deterioro es una pérdida de A y un signo positivo si es por producción de un producto final indeseable.

Usualmente, los resultados de los estudios de vida en anaquel no son obtenidos como una velocidad sino más bien como la calidad de A como una función del tiempo.

Así para obtener la velocidad de deterioro, uno debe transformar los datos dentro de un gráfico cinético. Desafortunadamente, la mayor parte de los datos en la literatura para alimentos no han sido analizados de esta manera y pueden conducir a resultados erróneos en la predicción de la verdadera vida en anaquel.

La oxidación de lípidos es aplicable directamente para las reacciones de orden cero ( $n=0$ ).

La mayor parte de la información de los alimentos, asume el valor de reacción ( $n=0$ ), llamándose plan de reacción de orden cero, esto implica que la velocidad de pérdida a temperatura constante y actividad de agua ( $a_w$ ) es constante, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$-\frac{dA}{dt} = k \quad (02)$$

La cual nos indica que el porcentaje de pérdida de vida en anaquel por día es constante a alguna temperatura constante, donde el signo menos indica que el deterioro está disminuyendo, y la velocidad de deterioro es constante e independiente. La ecuación de velocidad puede integrarse entre  $A_0$ , cuando  $t=0$  y  $A_t$  después de  $t$  horas.

$$\int_{A_0}^{A_t} dA = -k \int_0^t dt$$

Matemáticamente, si la ecuación resultante es

$$A_t - A_0 = -kt$$

$$A_t = A_0 - kt \quad (03)$$

Algunas de las formas de deterioro son aplicables directamente para la cinética de orden cero, éstos incluyen:

- Degradación enzimática (frutas y vegetales frescos, algunos alimentos congelados, algunas pastas refrigeradas);
- Pardeamiento no enzimático (cereales secos, productos lácteos, deshidratados, pérdida del valor nutricional proteínico, etc.)
- Oxidación de lípidos (desarrollo de rancidez en partes, alimentos secos, alimentos congelados, alimentos para mascotas).

Cuando el orden de la reacción es cero, la pérdida de calidad es lineal; donde el valor  $k$  es la pendiente, como se aprecia en la Figura 3.

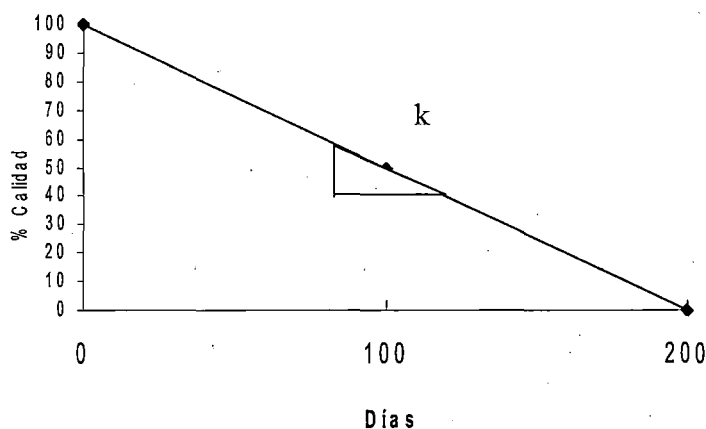


Figura 3. Pérdida constante de vida en anaquel

#### 2.4.4. Orden de reacción

La vida en anaquel en muchos casos no sigue una simple velocidad constante de degradación, en efecto el valor de n puede variar para muchas reacciones desde cero hasta cualquier valor fraccional o entero sobre 2, muchos alimentos que no se deterioran por orden cero siguen un orden uno que resulta en un crecimiento exponencial en la velocidad de pérdida como calidad decreciente, esto no significa que la vida en anaquel de alimentos que siguen este diseño es mas larga que aquellos con una velocidad constante, desde que el valor de la velocidad constante k es diferente, siendo la velocidad de pérdida la siguiente:

$$\frac{dA}{dt} = kA^1 \quad (04)$$

Integrando la ecuación entre  $A_0$  cuando  $t=0$ , y A en un tiempo posterior t.

$$\int_{A_0}^A \frac{dA}{A} = -k \int_0^t dt$$

$$\ln A_t - \ln A_0 = -k(t - 0)$$

$$\ln A_t = \ln A_0 - k(t - 0)$$

$$\ln \frac{A_t}{A_0} = -kt \quad (05)$$

Para efectos de encontrar K, en función a los parámetros de la ecuación plotear  $\ln \frac{A_t}{A_0}$  Vs t, Pasando a antilogaritmos, se obtiene la siguiente

ecuación:

$$\text{Log} A_t = \text{Log} A_0 - \frac{kt}{2.303}$$

$$k = \frac{2.303}{t} \text{Log} \frac{A_0}{A_t}$$

En su forma exponencial la ecuación obtenida resultante es:

$$A_t = A_0 e^{-kt}$$

Los tipos de reacción que siguen este comportamiento son:

- Rancidez (grasas saladas o vegetales secos).
- Crecimiento microbiano (carne y pescado fresco) y mortalidad (tratamiento térmico).
- Producción microbiana de sabores indeseables y limo, tal como en carne, pescado y aves.
- Pérdida de vitaminas (alimentos envasados y secos).
- Pérdida de calidad proteica (alimentos secos).

Otra manera de representar el deterioro exponencial es ploteando las pérdidas de calidad versus tiempo sobre un papel semilogarítmico, como se nota en la Figura 4, donde la pendiente de esta línea a temperatura constante es el valor  $k$ .

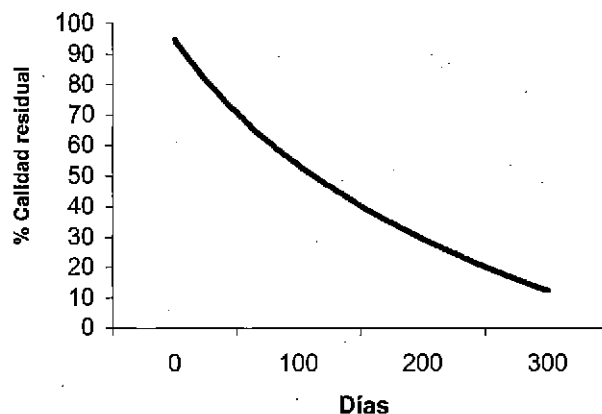


Figura 4. Primer orden de degradación.

Existen muy pocos datos para describir la degradación de alimentos por otras órdenes diferentes de cero o primer orden. Lee *et al.*, (1995) y Sing *et al.*, (1994), describieron la degradación de la vitamina C en alimentos líquidos o fórmulas envasadas para infantes por una reacción de segundo orden. En este caso, la reacción es dependiente del ascorbato y oxígeno; así, mientras que el oxígeno es agotado la velocidad de pérdida del ascorbato se vuelve menor que aquel precedido por una reacción de primer orden.

Labuza (1971) revisó el campo de la cinética de oxidación de lípidos y estableció que el consumo de oxígeno generalmente sigue una reacción de orden medio con respecto al oxígeno para lípidos relativamente puros.

#### 2.4.5. Efecto de la temperatura en la velocidad de deterioro

Núñez y Chumbiray (1991) manifiestan que la temperatura dependiente a partir de la ecuación de cero o primer orden es la velocidad constante  $k$ , teóricamente  $k$  cumple una relación de Arrhenius que indica:

$$k = A_0 e^{\frac{E_a}{RT}} \quad (06)$$

Donde:

$A_0$  = Constante pre-exponencial.

$E_a$  = Energía de activación en cal/mol.

$R$  = Constante de los gases en cal/mol °K igual a 1.986.

$T$  = temperatura en °K.

En su forma lineal la ecuación se resultante es:

$$\ln k = \ln A_0 e^{\frac{E_a}{RT}}$$

$$\ln k = \ln A_0 - \frac{E_a}{RT}$$

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T} \right) + \ln A_0$$

Donde  $Y=mx+b$

Así, un ploteo de la velocidad constante en papel semilogarítmico como una función de la recíproca de la temperatura absoluta ( $1/T$ ) dará una línea recta; como un ejemplo tres sistemas son teóricamente representados en el Figura 5.

La pendiente de cada línea es igual a la energía de activación dividido por  $R$ . Una excesiva pendiente de la temperatura; es decir, mientras que la temperatura se incrementa, la velocidad se incrementa a una velocidad más rápida. En la Figura 5, B y C tienen la misma dependencia de la temperatura, y se incrementa a velocidad más rápidamente que A según se incrementa la temperatura.

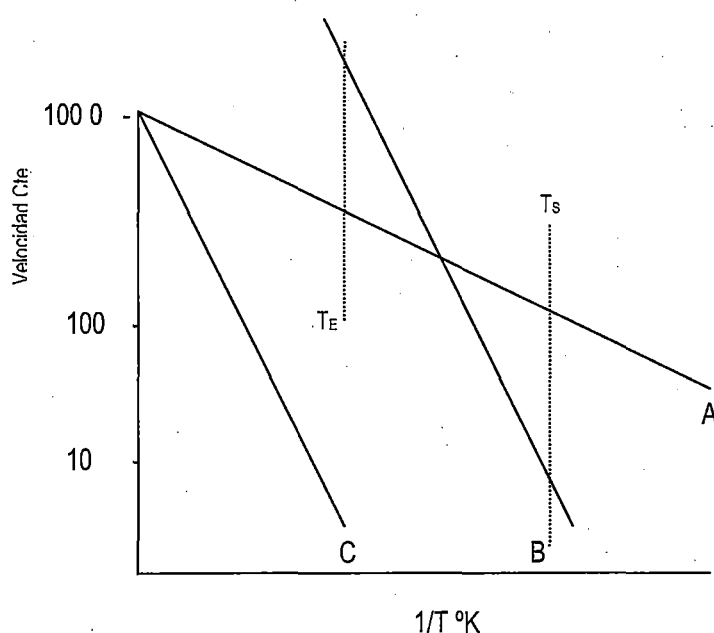


Figura 5. Ploteo Arrhenius



Si un alimentos fuese estudiado a la temperatura  $T_E$ , y si la pérdida de calidad estuviese medido por mecanismos presentados en las líneas A y B, B sería mas veloz que A, con la que podríamos estimar comportamientos de vida en anaquel en alimentos durante pruebas de almacenamiento acelerado.

Es obvio según el gráfico que a mayor inclinación mayor pendiente, el más sensible a cambios de temperatura es el alimento (o la reacción). Una medida de esta sensibilidad es llamada factor  $Q_{10}$  de la reacción, que es definida como:

$$Q_{10} = \frac{K_{t+10}}{K_t} \quad (07)$$

Donde:

$K_t$  = constante de velocidad de reacción a la temperatura  $T$

$K_{t+10}$  = constante de velocidad de reacción a la temperatura  $T+10^\circ\text{C}$ .

Entre el valor  $Q_{10}$  y la energía de activación  $E_a$  existe una relación como se demuestra a continuación considerando la Ecuación (06)

$$k_{T+10} = A_0 e^{\left(\frac{E_a}{R(T+10)}\right)}$$

$$k_T = A_0 e^{\left(\frac{E_a}{RT}\right)}$$

$$Q_{10} = \frac{K_{T+10}}{K_t} = \frac{A_0 e^{\left(\frac{E_a}{R(T+10)}\right)}}{A_0 e^{\left(\frac{E_a}{RT}\right)}} = e^{\frac{E_a}{RT} - \frac{E_a}{R(T+10)}}$$

$$\ln Q_{10} = \frac{E_a}{RT} - \frac{E_a}{R(T+10)} = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T+10} \right)$$

$$\text{Ln}Q_{10} = \frac{Ea}{R} \left[ -\frac{10}{R(T+10)} \right]$$

El  $Q_{10}$  puede ser calculado desde el gráfico de vida en anaquel como:

$$Q_{10} = \frac{\text{Vida en anaquel a } T}{\text{Vida en anaquel a } (T+10^{\circ}\text{C})} \quad (08)$$

Para cualquier diferencia de temperatura  $\theta$  que no sea  $10^{\circ}\text{C}$ , aquello se convierte en:

$$Q^{\theta/10} = \frac{\text{Vida en anaquel a } T_1}{\text{Vida en anaquel a } T_2} \quad (09)$$

Los cuales asumen que la velocidad es inversamente proporcional a la vida en anaquel. Para una reacción cero esto es exactamente verdadero desde que:

$$\text{Velocidad} = K = \frac{\text{Cantidad de pérdida en el punto final}}{\theta_s} \quad (10)$$

## 2.5. ALMACENAMIENTO Y CAMBIOS QUÍMICOS

El tema de almacenamiento esta ligada directamente a la preservación y conservación de las cosechas; representan hoy en día una cuestión vital; toda la reserva que se destina a la alimentación del agricultor y su familia debe ser cuidadosamente conservada durante el almacenamiento para que no se altere su valor nutritivo; por lo tanto, el propósito del almacenamiento es preservar la calidad de los productos agrícolas después de su cosecha, limpieza y secado (FAO, 1993).

Los alimentos, requieren cuidados especiales para que sus cualidades se preserven durante el almacenamiento, el deterioro no se puede evitar

completamente, con el uso de técnicas adecuadas de producción, cosecha, secado, beneficio, almacenaje y manejo; es de vital importancia considerar para el almacenamiento de alimentos el contenido de humedad, la temperatura, los hongos, los insectos, las impurezas presentes en la masa, los daños físicos y los roedores que son factores que influyen en su conservación, los factores que influyen en el deterioro de los alimentos son la temperatura y el contenido de humedad, en general, mientras más seco y frío se conserva el alimento durante el almacenamiento, mayor será el período que permanecerá en buenas condiciones, cada producto debe tener un contenido de humedad adecuado para que pueda ser almacenado con seguridad (Jamieson, 1975).

### **2.5.1. Cambios en acidez**

Durante el almacenamiento de productos surgen una serie de cambios químicos, el más importante es el aumento del índice de acidez a consecuencia de la actividad lipásica sobre los triglicéridos del aceite y grasas, el aumento del índice de acidez durante el almacenamiento es proporcional al incremento en el contenido en humedad, aumento de la temperatura y contaminación fúngica (Loeb y Mayne, 1952).

El índice de acidez aumenta más rápidamente y hasta un valor final más elevado en las partículas finas que en las semillas partidas y mucho más rápidamente y hasta un valor final más elevado en los productos partidos que en las intactas (Sauer y Christensen, 1992).

### 2.5.2. Pérdida de nutrientes

La pérdida de nutrientes durante el almacenamiento depende en gran medida de la temperatura y de la atmósfera de envasado. Las reacciones que suponen una pérdida del valor nutricional durante el almacenamiento se pueden clasificar como indica a continuación:

- Destrucción directa de los nutrientes como efecto de la temperatura y concentración de las reacciones.
- Alteraciones entre los compuestos producidos y los distintos nutrientes que da como resultado un deterioro biológico.

### 2.5.3. Rancidez

Rancidez es el término derivado del latín rancidus que significa "mal oliente" y es utilizado para describir los olores y sabores objetables de las grasas (Hamilton, 1999). Estos sabores y olores son el resultado del proceso de lipólisis u oxidación de lípidos (Pike, 2003). La rancidez es considerada mediante una apreciación organoléptica subjetiva de la producción de "off-flavors", que constituyen el deterioro primario de calidad durante la oxidación de lípidos (Hultin, 1992).

Las galletas, comparativamente con los granos; por su alto contenido de lípidos, son más susceptible a la oxidación de los lípidos y el desarrollo de sabores a rancio (Kulp, 1979), ocasionado por la ruptura de los lípidos, y desde el punto de vista económico, es de interés en la industria alimentaria, puesto que provoca el desarrollo de malos sabores y malos aromas en los aceites comestibles y en los alimentos que contienen grasas, y que normalmente se conoce como enranciamiento (Navar, 1985), estos cambios

hacen los alimentos desagradables o reduce su vida útil (Núñez, 1998).

En los alimentos que contienen grasas se producen dos tipos de rancidez: oxidativo e hidrolítico; por otro lado la rancidez se clasifica mediante la causa de su origen, de esta manera se reconocen tres tipos de rancidez: rancidez hidrolítica, rancidez cetónica y rancidez oxidativa.

### A. La rancidez hidrolítica

Es causada por la hidrólisis de triglicéridos mediada por enzimas y debida a la presencia de humedad (Hamilton, 1999; Botta, 1995), esta hidrólisis de triglicéridos, se refiere al rompimiento de la moléculas y separación de los triacilglicéridos de sus ácidos grasos por una degradación orgánica en la que participan las enzimas (catalizadores biológicos) llamadas lipasas, como se observa en la Figura 6.

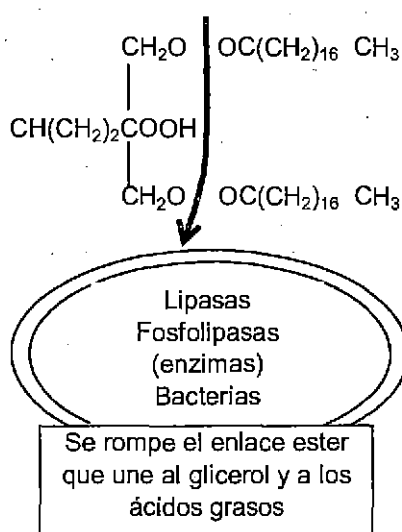


Figura 6. Rompimiento de la molécula y separación de los triacilglicéridos en sus ácidos grasos

El mecanismo consiste en la liberación de ácidos grasos de la molécula de glicerol por acción de lipasas y fosfolipasas, provenientes de los microorganismos. Esta alteración apenas influye en el sabor, pero si se observa durante la cocción ya que se genera aromas y el desprendimiento de humos es proporcional a la cantidad de ácidos grasos libres.

En tanto el enranciamiento hidrolítico se caracteriza por la hidrólisis de enlaces triglicéridos por el agua con la liberación de los componentes básicos, glicerol y ácidos grasos libres, los ácidos grasos libres de cadena corta son olorosos e incrementan el sabor y aroma rancio de las grasas y aceites; el enranciamiento hidrolítico se distingue fácilmente del enranciamiento oxidativo puesto que se produce en ausencia de oxígeno, sin embargo, se favorece por la presencia de humedad, temperaturas elevadas y por las lipasas endógenas (Potter, 1986).

Labuza (1985) cita un caso en el estudio sobre pizza, en que el enranciamiento hidrolítico era un problema debido a los enzimas naturales presentes en el producto. Las lipasas están presentes en el queso, la pasta, la salsa de tomate y las hortalizas. Las lipoxigenasas están presentes en las especias, las salsas, la harina de trigo y las hortalizas. Estas enzimas catalizan la oxidación de las grasas insaturadas, produciendo peróxidos, así como compuestos volátiles. Son estables frente al calor y pueden soportar el horneado y el precocinado.

## **B. La rancidez cetónica**

Corresponde a la oxidación de ácidos grasos saturados de bajo peso molecular por acción de hongos y bacterias con desprendimiento de CO<sub>2</sub>

con olor y sabor frutal

### **C. Rancidez Oxidativa**

El enranciamiento oxidativo implica un ataque sobre los ácidos grasos insaturados por el oxígeno, por medio de un mecanismo autocatalítico de radicales libres. Esto da lugar a la liberación de productos olorosos como resultado de la ruptura de los ácidos grasos insaturados (Potter, 1986). Entre estos compuestos se pueden incluir aldehidos, cetonas y ácidos grasos de cadena corta. Es suficiente la oxidación de cantidades pequeñas de grasa para que se detecte el enranciamiento. Los radicales libres y los peróxidos que se producen en la oxidación pueden: reaccionar con los pigmentos y decolorarlos; destruir las vitaminas C, E y A; provocar la degradación de las proteínas, resultando de peor calidad; inducir el oscurecimiento de las grasas; producir sustancias tóxicas que están relacionadas con la carcinogénesis en animales.

El enranciamiento oxidativo puede acelerarse por un incremento de la temperatura en el almacenamiento y un incremento en la actividad de agua ( $a_w$ ). Los alimentos muy húmedos o semisecos son más susceptibles al enranciamiento oxidativo, los alimentos también están expuestos al enranciamiento en los que un incremento de 10°C en la temperatura puede incrementar la velocidad de oxidación entre el 600 y el 1000%. Este tipo de enranciamiento puede evitarse o retrasarse mediante una completa eliminación del oxígeno o por la adición de antioxidantes químicos como butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT) o el ácido etilendiamino tetraacético (EDTA) (Potter, 1986).

Cuando la oxidación ocurre en un alimento se dan lugar a reacciones entre los compuestos formados por la oxidación con otros del propio alimento (proteínas, aminoácidos, vitaminas) lo que provoca la disminución del valor nutritivo del alimento. Estas reacciones en algunos tipos de alimentos pueden ser favorables hasta un cierto grado como puede ocurrir en los embutidos, quesos madurados, e incluso carne cocinadas para que aparezcan aromas agradables, pero en general se intenta evitar la reacción de oxidación, por que los productos primarios de la autooxidación son los hidroperóxidos; estos se caracterizan por no poseer olor ni sabor y ser compuestos inestables que se descomponen en radicales alcoxi formando productos secundarios (Hamilton, 1999; Ho y Chen, 1994), los productos secundarios como los aldehídos, cetonas, alcoholes y ésteres son los causantes de la rancidez oxidativa (Hamilton, 1999).

Según Karahadian y Lindsay (1989) citado por Lindsay (1994), los productos volátiles de la descomposición de hidroperóxidos son parte de la producción de olores característicos "fishy" u olores rancios, según dicha investigación los productos derivados de la descomposición de n-3 ácidos grasos poliinsaturados como 2,4,7-decatrienes, son los más importantes contribuyentes del olor rancio.

La rancidez oxidativa ocurre en tres etapas: iniciación, propagación y terminación (Eskin y Przybylski, 2000; Fennema, 1996; Vercellotti *et al.*, 1992).

**Iniciación:** La presencia de ácidos grasos insaturados hace que el hidrógeno adyacente al doble enlace, que es muy lábil, forme radicales



libres. Esta fase no es espontánea ya que necesita la presencia de oxígeno o de metales pesados (hierro, cobalto, manganeso), temperatura elevada y especialmente la presencia de luz que va a favorecer la oxidación. Por lo tanto en esta fase se lleva a cabo la acumulación de radicales libre.

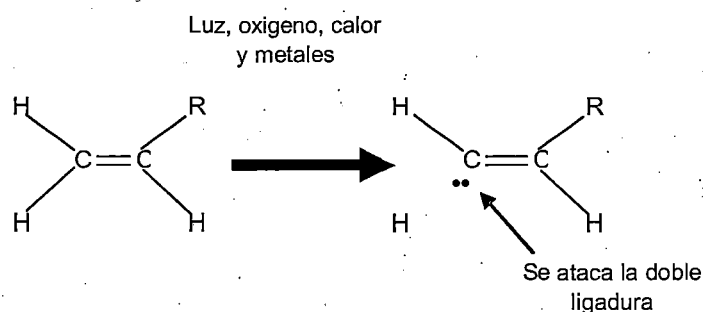


Figura 7. Iniciación con formación de radical libre o radical lipo

**Propagación:** En esta segunda etapa los radicales libres dan lugar a la formación de radicales peróxidos que a su vez dan lugar a hidroperóxidos que son los compuestos primarios de la oxidación. Los hidroperóxidos tienen la capacidad de alterar enzimas, pueden dar lugar a lesiones en el aparato digestivo y pueden ser mutagénicos. Esta segunda fase se da en cadena y se producen gran cantidad de hidroperóxidos y radicales.

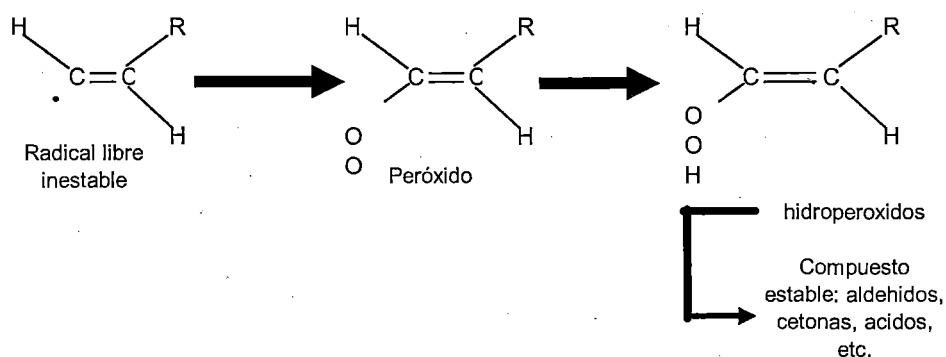
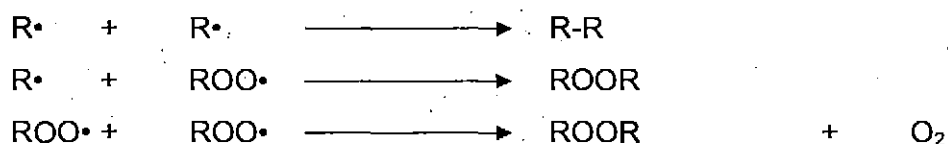


Figura 8. Propagación con formación de hidroperóxidos

**Terminación:** La presencia de radicales libres produce dímeros. Esta fase de reacción en cadena de la segunda fase, da lugar a compuestos estables que son volátiles o no volátiles que serán responsables de aromas, sabor etc. Los compuestos mayoritarios son los aldehidos que se detectan muy fácilmente por el olfato.



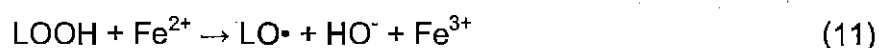
Existen varios factores que promueven o retardan la autooxidación y el grado de rancidez oxidativa. Éstos pueden ser factores intrínsecos, propios del tejido, o factores extrínsecos, provenientes del ambiente y condiciones que rodean al alimento. Entre los factores extrínsecos está la temperatura de almacenamiento. La rapidez de las reacciones de oxidación aumenta con el incremento de la temperatura. Por el contrario, al bajar la temperatura al alimento se reducen las reacciones de oxidación de lípidos mediante la inmovilización de agentes catalíticos y retardación de los cambios de post-matanza (Hultin, 1994).

La naturaleza del ácido graso y su grado de insaturación afectan la oxidación de lípidos. El sustrato primario para la reacción de autooxidación es el ácido graso insaturado. A mayor cantidad de ácido graso insaturado, existe mayor probabilidad de llevar a cabo autooxidación (Harris y Tall, 1999).

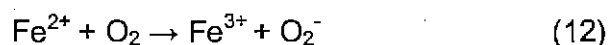
El enranciamiento oxidativo también puede provocar problemas con la decoloración del color rojo a un color anaranjado, la reacción se ve favorecida por trazas de metales como el cobre y el hierro, (Fennema,

1996; Hamilton, 1999).

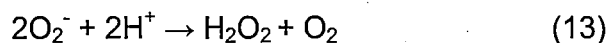
La presencia de metales como hierro y cobre, ya sean de la composición del producto, provenientes del agua o equipos de proceso, pueden acelerar las reacciones de oxidación. Los metales de transición son los activadores primarios de uno de los sustratos de la oxidación de lípidos, el oxígeno molecular. Cuantitativamente, el hierro que puede encontrarse asociado a pigmentos, proteínas y metabolitos de bajo peso molecular (Hultin, 1994). El ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) puede estimular la oxidación de lípidos reaccionando con hidroperóxidos ya formados, cuando el hierro se oxida y rompe el hidroperóxido generando un radical alcoxi ( $\text{LO}\cdot$ ) (Ecuación 11) (Kanner *et al.*, 1986).



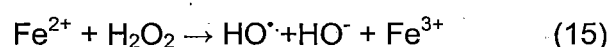
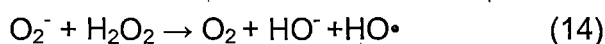
El ion de hierro (II) también puede formar especies reactivas de oxígeno, que participan en las reacciones de oxidación como el anión superóxido ( $\text{O}_2^-$ ), peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) y radicales hidroxilos ( $\text{OH}^-$ ). Los electrones no apareados de los metales de transición, en el caso de hierro es el ion ferroso, reaccionan rápidamente con oxígeno molecular produciendo un anión superóxido (Ecuación 12).



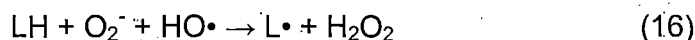
A pesar de que el anión superóxido es poco reactivo para reaccionar con lípidos, este anión puede ser protonado y luego reaccionar con un radical hidroperóxido para formar peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) (Ecuación 13):



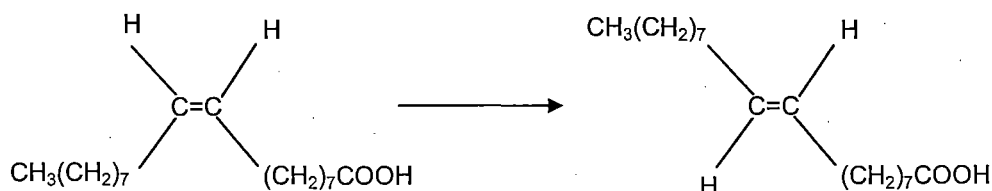
Los radicales hidroxilo se forman a partir del anión superóxido en la reacción Haber-Weiss (Ecuación 14) o de peróxido de hidrógeno en la reacción de Fenton (Ecuación 15). Ambas reacciones requieren la presencia del ion ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) (Acworth y Bailey, 1995).



Al producir radicales hidroxilo se estimula la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados (LH) (Ecuaciones 16).



En procesos de cocción a altas temperaturas, en términos generales se deben tener presente que, las grasas insaturados de configuración cis presentan temperaturas de fusión menores que los correspondientes trans, para el mismo tamaño de molécula, por ejemplo el ácido oleico, a baja temperatura permanece líquido y el ácido eláidico se funde a  $44^\circ\text{C}$ , como se puede observar en la Figura 9, y la presencia de cada uno de ellos influye considerablemente en las características físicas y químicas.



Acido oleico punto de fusión  $14^\circ\text{C}$     Acido eláidico punto de fusión  $44^\circ\text{C}$

Figura 9. Arreglo del Isomerismo geométrico de los ácidos grasos

La FAO/OMS a través del CODEX ALIMENTARIUS establece que es aceptable para el consumo humano un índice de peróxidos de hasta 10 meq/kg de grasa extraíble, si el grado de peróxido sobrepasa a 10 meq/Kg en el alimento, puede causar toxicidad en caso que sea consumido el alimento en esas condiciones.

#### **2.5.4. Otros cambio**

Los cambios físico-químicos que ocurren en los productos de panadería y repostería también acortan su vida comercial, entre ellos destaca la retrogradación del almidón que ocasiona el endurecimiento de la masa. Este fenómeno afecta mayoritariamente a los productos de panadería y es menos frecuente en la bollería con un alto contenido en grasas y azúcares.

Otros problemas son la pérdida de humedad que da lugar al endurecimiento del producto, a la cristalización de los azúcares y a la sinéresis y variaciones de color en los rellenos a causa de la degradación de los pigmentos (Ortolá, (1998).

Por otra parte, también se acelera la velocidad de "turnover" (recambio) de vitamina "E" en el organismo, lo que aumenta sus requerimientos (Vicario, 1993).

#### **2.5.5. Factores implicados en el deterioro durante el almacenamiento**

Entre los factores que influyen en la velocidad de deterioro se ha identificado a el tiempo de duración del almacenamiento, temperatura de almacenamiento, (más rápidos entre 6.6°C y 10°C, mas lentos entre 18°C, temperaturas de almacenamiento elevadas (Temperatura mayor a 43°C,

predominan malos sabores y crecimiento microbiano) (Kulp, 1979), la velocidad de reacción en la oxidación de lípidos es dependiente de la temperatura, la velocidad aumenta desde 30% a 300% al aumentar 10°C en la temperatura de almacenamiento para alimentos secos (Núñez, 1998).

Las temperaturas bajas pueden reducir las velocidades de reacciones, sin embargo, la temperatura no puede ser excesivamente baja, La temperatura de almacenamiento óptima sería la que minimizara los procesos de deterioro sin causar alteraciones fisiológicas (Lee *et al.*, 1995). La temperatura también afecta al valor nutritivo del alimento. Así lo corroboran Rosselló *et al.*, (1994) en ensayos en deshidratado para su almacenamiento, donde observaron una pérdida gradual de proteínas solubles a 4 y 11°C; produciéndose las mayores pérdidas en las muestras a temperatura ambiente, en las que al final del período de conservación aquéllas eran ya indetectables. Mcdaniel *et al.*, (1990) analizaron la influencia de la temperatura en las propiedades sensoriales y apreciaron el olor en mayor medida a 2°C que en las de 20°C. Samaniego *et al.*, (1991<sup>b</sup>) estudiaron la cinética del pardeamiento no enzimático, comprobando que la dependencia de la velocidad de reacción de estos procesos con la temperatura se ajusta a la ecuación de Arrhenius.

Otros factores que aceleran la oxidación son la luz, absorción de oxígeno, este último influye en el incremento de peróxidos generando radicales libres que destruyen vitaminas liposolubles y reaccionan con uniones sulfhidrilo de las proteínas, reduciendo así el contenido de aminoácidos azufrados (Alexande, 1986).

Otros factores a tener en cuenta son el sistema de almacenamiento y

envasado hasta su venta, ya que si son inapropiados, permiten además de lo mencionado anteriormente, el deterioro oxidativo de grasas (autooxidación) por exposición a temperaturas, aire y luz originando compuestos químicos como peróxidos y malonaldehído (MDA) que producen cambios perjudiciales en el alimento (pérdida del valor nutritivo, desarrollo de sabores u olores extraños) y en el organismo deterioro de lípidos tisulares, inactivación de enzimas, destrucción de membranas e inhibición de síntesis de prostaglandinas que aumentan la coagulación de la sangre en el proceso de aterogénesis, aún en bajas concentraciones (Cheftel y Cheftel, 1978, Halliwell, 1997, Kajimoto, 1976), el consumo de grasas deterioradas, puede ocasionar también desde flatulencia, diarreas intensas, hasta arteriosclerosis, hipertrofia del hígado y cáncer

Cuando se trata el tema de descomposición microbiológica, los factores importantes en el crecimiento de los microorganismos se incluyen a la humedad, temperatura, suministro de sustancias nutritivas, presencia de antisépticos y desinfectantes, concentraciones elevadas de sales y azúcares, disponibilidad de oxígeno y de luz, por lo que la mayoría de los productos de panadería están protegidos frente a las bacterias debido a su bajo contenido en humedad, pero pueden influir otros factores, especialmente temperatura y humedad. (Pylar, 1973).

## **2.6. ENVASADO**

Eli (2003) indica que en la lengua española se entiende por envasar a colocar en vasos o vasijas un líquido u otro, es decir que contiene, retiene (el producto toma la forma del envase) y empacar hacer pacas, sinónimo de

empaquetar, lo que le da un matiz de flexibilidad al material que rodea o envuelve o algo sólido (el empaque toma la forma del producto); envase es, según la Directiva Europea 94/62/CE, todo producto fabricado con cualquier material de cualquier naturaleza que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, y desde el fabricante hasta el usuario o consumidor. Los objetos desechables con estos mismos fines se considerarán también envases. Tal y como se puede observar en la definición anterior los envases han de cumplir las funciones: contener el alimento, proteger el alimento de las acciones físicas, químicas y microbiológicas, conservar la calidad y salubridad del alimento, evitar fraudes, acondicionar el producto para la manipulación comercial, presentar e identificar el producto, informar al consumidor de las características del alimento, vida útil, (Catala, 1997).

Lockhart (1997) afirma que el envasado es una disciplina socio-científica que opera en la sociedad para garantizar la entrega del producto al consumidor último en las mejores condiciones posibles para su uso. Se establece así un sistema formado por el producto, el envase y la distribución dentro de un entorno físico, atmosférico y humano. En cada uno de ellos, el envase interviene en tres funciones: protección, utilidad y comunicación. Las funciones interactúan con los entornos de tal forma que puede considerarse como una matriz, en la que cada función reacciona con cada entorno en alguna medida.

Para la comercialización de cualquier producto. En las últimas décadas el envasado ha adquirido un papel fundamental desde el punto de vista del marketing y de la conveniencia para el consumidor. Por una parte, los



métodos modernos de marketing necesitan un envasado atractivo que comunique algo al consumidor para que de esta forma el consumidor adquiera el producto (Fernandez, 1992). En segundo lugar los envases han cambiado a lo largo de los años como respuesta a los cambios en la forma de vida y la industria del envasado ha tenido que responder a esos cambios. Algunos de estos cambios son el crecimiento de la población, la urbanización, la necesidad de evitar pérdidas y desperdicios de alimentos, la incorporación de la mujer al trabajo, el comercio internacional, la creciente preocupación por la higiene y por el consumo de alimentos naturales, el deterioro del medio ambiente, (Catala y Gavara, 2001). Todo esto supone una innovación continua en la tecnología del envasado para intentar satisfacer estas demandas.

Una mejor comprensión de la distinción entre las funciones protectoras y las de marketing que proporciona el envase, así como de los aspectos económicos asociados a estas dos funciones, puede proporcionar una importante mejora en el uso del envase para reducir las pérdidas y el deterioro del alimento, aumentando con ello la seguridad alimentaria (Marsh, 2001).

El envase ejerce una influencia directa sobre la aceptabilidad del alimento. Su atractivo, funcionalidad y sensación de seguridad respecto a su contenido, son factores que el consumidor tiene muy en cuenta, sobre todo cuanto más desarrollada económicamente sea la sociedad en que vive (Costell, 1992).

Hoy en día se utilizan ampliamente los plásticos para el envasado de los alimentos, debido a su bajo coste y funcionalidad. Son mucho más ligeros

que el vidrio o el metal y requieren menos energía para fabricar y transportar (Hernández y Giacín, 1998), presentando además un amplio intervalo de características en términos de permeabilidad a los gases, velocidades de transmisión de vapor de agua, elasticidad, dureza, (Kader *et al.*, 1989). Los materiales plásticos en raras ocasiones constituyen una barrera total para el movimiento de las moléculas de gases y vapores en su interior. Esto es debido a la existencia de microcavidades, poros o espacios intermoleculares en su estructura (Jaime, 2002).

Dentro de los materiales de los que se fabrican envases resalta el polipropileno orientado biaxialmente (biorientado), posee una excelente resistencia a la flexión, constituye una buena barrera frente a la humedad, manifiesta una buena impermeabilidad al oxígeno; se utiliza por su resistencia y su impermeabilidad (Price, 1994).

Un aspecto de gran interés en la elección de un film para un proceso concreto de envasado es el conocimiento de las interacciones entre el producto alimenticio y el material de envasado. En este sentido, Nielsen *et al.*, (1992); realizaron mediciones de absorción comparativa en cinco tipos de films de diez productos de bajo peso molecular constituyentes del aroma a manzana. Observaron que los factores que afectan a la absorción son principalmente el tamaño de la molécula del producto y la polaridad del polímero y del compuesto; cuanto mayor es la molécula en mayor grado se produce su retención. Encontraron que el polipropileno absorbía el doble que el polietileno de baja densidad; la poliamida y el poliéster absorbían muy poca cantidad de aromas. En cuanto a los productos absorbidos, ésteres y aldehídos lo eran en un grado mucho mayor que los alcoholes.

Para la mayor parte de los materiales se alcanzaba el equilibrio en el proceso de absorción en el plazo de una semana.

Van Willige (2002) estudió el efecto que sobre la permeabilidad al oxígeno a 40°C de diversos polímeros y consecuentemente sobre la vida útil del alimento, tiene una mezcla de distintos compuestos responsables del sabor en los alimentos limoneno, hexil acetato, entre otros, encontrando que la permeabilidad al oxígeno aumentaba para el polipropileno un 130% y para el polietileno de baja densidad un 21% después de 8 h. de exposición; en el caso del policarbonato, la permeabilidad se reducía un 11% después de 21 días de exposición; esta propiedad no se vio afectada en el polietilentereftalato.

La permeabilidad de un material plástico es función directa de dos factores claves. El primero es la forma en que las cadenas de polímero están unidas entre sí y el tipo de atracción que se establece entre polímero y permeante; cuanto mayor sea la cohesión interna y menor la atracción por el permeante, mejor barrera será el material en cuestión. El segundo factor es el volumen libre que queda entre las cadenas. La difusión del penetrante a través del polímero se realiza alcanzando los huecos que las cadenas dejan libres y pasando de una a otra cavidad mediante saltos activados. Obviamente, cuando menos y menores sean los huecos, menos posibilidades de encontrar paso tendrá el permeante (Aucejo, 2000).

Los alimentos contenidos en envases permeables, representan un sistema complejo debido a que simultáneamente se está produciendo un proceso de difusión de oxígeno y otro de consumo del mismo, como consecuencia de las reacciones de deterioro, tales como la degradación de

la vitamina C (Barron *et al.*, 1993). El número y tipo de films plásticos utilizados para el envasado de alimentos ha proliferado en los últimos años y nuevos tipos están en constante desarrollo. Así, por ejemplo, el polietileno de baja densidad y el cloruro de polivinilo, junto con el poliestireno son los más utilizados, hasta ahora, para el envasado de frutas y hortalizas. En cambio, el poliéster presenta una baja permeabilidad a los gases, por lo que únicamente deberían emplearse para aquellos productos que tengan una actividad respiratoria muy baja (Kader, 1992).

En el caso de los alimentos deshidratados, la mayor parte no requieren un alto grado de protección contra el oxígeno, sino más bien una mayor protección frente a la pérdida o ganancia de humedad. Frecuentemente necesitan también protección frente a la pérdida o absorción de sabores y olores no deseados (Jenkins y Harrington, 1991). La selección de un film capaz de mantener la atmósfera adecuada es fundamental para una buena conservación. Así, no sólo es importante la permeabilidad al oxígeno, dióxido de carbono y vapor de agua, sino también la difusión del etileno producido durante la respiración (Savoie *et al.*, 1993). Cameron *et al.*, (1995) destacan que el film ha de tener una permeabilidad predecible, que no se vea afectada demasiado por la presencia de agua; además debe ser consistente, económico, fácil de usar, flexible para deslizarse por las máquinas de envasado, fácil de sellar, resistente a la punción y transparente, para visualizarse el interior; también es deseable que sea reciclable. (Carlin *et al.*, 1990). Algunos alimentos son relativamente poco susceptibles a la actividad del oxígeno o a la humedad relativa mientras otros requieren tiempos de conservación cortos. Los polímeros de

estructura más sencilla, tales como poliamidas o poliésteres, presentan unos niveles de barrera aceptables para una adecuada conservación de un gran número de productos durante un período de comercialización medio. Cuando se necesita un envase con propiedades de impermeabilidad mayor, lo habitual es utilizar estructuras con múltiples capas (Catalá y Gavara, 1996). En estas estructuras, cada capa contribuye a conseguir un requerimiento específico del alimento envasado. Así, por regla general, los films utilizados en la industria alimentaria son laminados de diferentes tipos de plásticos, proporcionando cada uno un beneficio concreto. Sin embargo, este tipo de materiales tienen diversos inconvenientes como son la posible deslaminación en el transcurso del almacenamiento o del uso y el complicado proceso de fabricación. Es por ello que Goldade *et al.*, (1995) desarrollaron un tipo de film polimérico de una sola capa, cuya principal característica es que su densidad y su estructura varían a través del espesor; este film posee entonces las funciones de uno multicapa, pero sin los inconvenientes de éstos.

Los productos de panadería y repostería cuentan con una vida útil bastante limitada, sobre todo, cuando se distribuyen y comercializan a temperatura ambiente y sin envasar. Las tecnologías de envasado en atmósfera protectora incrementan su tiempo de vida, en muchos casos sin recurrir a la refrigeración, mediante el control que ejercen sobre el crecimiento microbiano y las reacciones fisico-químicas de deterioro.

Dentro de este sector el empleo del envasado en atmósfera protectora se extiende a una amplia variedad de productos: pan común y panes especiales (de semillas, de varios cereales, con frutos secos, sin gluten),

bollería (magdalenas, bizcochos), productos rellenos y recubiertos (napolitanas, croissants), pasteles y tartas y otros productos de baja actividad de agua (galletas, pastas de té). Cada uno de ellos presenta unos requerimientos distintos para su conservación que condicionan las características de la atmósfera protectora (Ortolá, 1998).

Con respecto a los materiales de envasado se seleccionan láminas con buenas propiedades barrera frente al oxígeno y al vapor de agua. Éstos evitan la pérdida excesiva de humedad lo que ralentiza el endurecimiento de la masa (Kotsianis *et al.*, 2002).

Los equipos de envasado más extendidos en este sector son los sistemas de formadollenado-sellado del tipo Flow-pack. Estas líneas trabajan con el método de barrido con gas de manera que no realizan vacío para evacuar el aire y, por tanto, no ocasionan deformaciones en el producto. No obstante, para las piezas con una sensibilidad al oxígeno elevada (productos ricos en grasas, con frutos secos) se recomiendan equipos que generen la atmósfera protectora con la técnica de vacío compensado (Ortolá, 1998).

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCION.**

La elaboración de galletas enriquecidas se realizó en Industrias Alimentarias M&B EIRL, Ubicada en la Ciudad de Juliaca; planta con certificación y habilidad sanitaria. Las evaluaciones de almacenamiento del producto se hicieron en las instalaciones de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial laboratorio de Ingenierías, ubicadas en Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano de la Ciudad de Puno y los laboratorios de la estación experimental del Instituto Nacional de Investigación Agraria INIA

#### **3.2. MATERIALES Y METODOS**

##### **3.2.1. MATERIAS PRIMAS E INSUMOS**

Se emplearon las siguientes materias primas e insumos:

- Harina de trigo nicolini
- Harina de soya
- Harina de kañihua
- Azúcar rubia paramonga
- Manteca vegetal

- Leche entera en polvo
- Lecitina de soja
- Bicarbonato de sodio
- Sulfato ferroso como fuente de hierro
- Cloruro de sodio
- Bicarbonato de amonio
- Esencia vainilla
- Agua

### **3.2.2. MAQUINARIA, EQUIPOS Y MATERIALES**

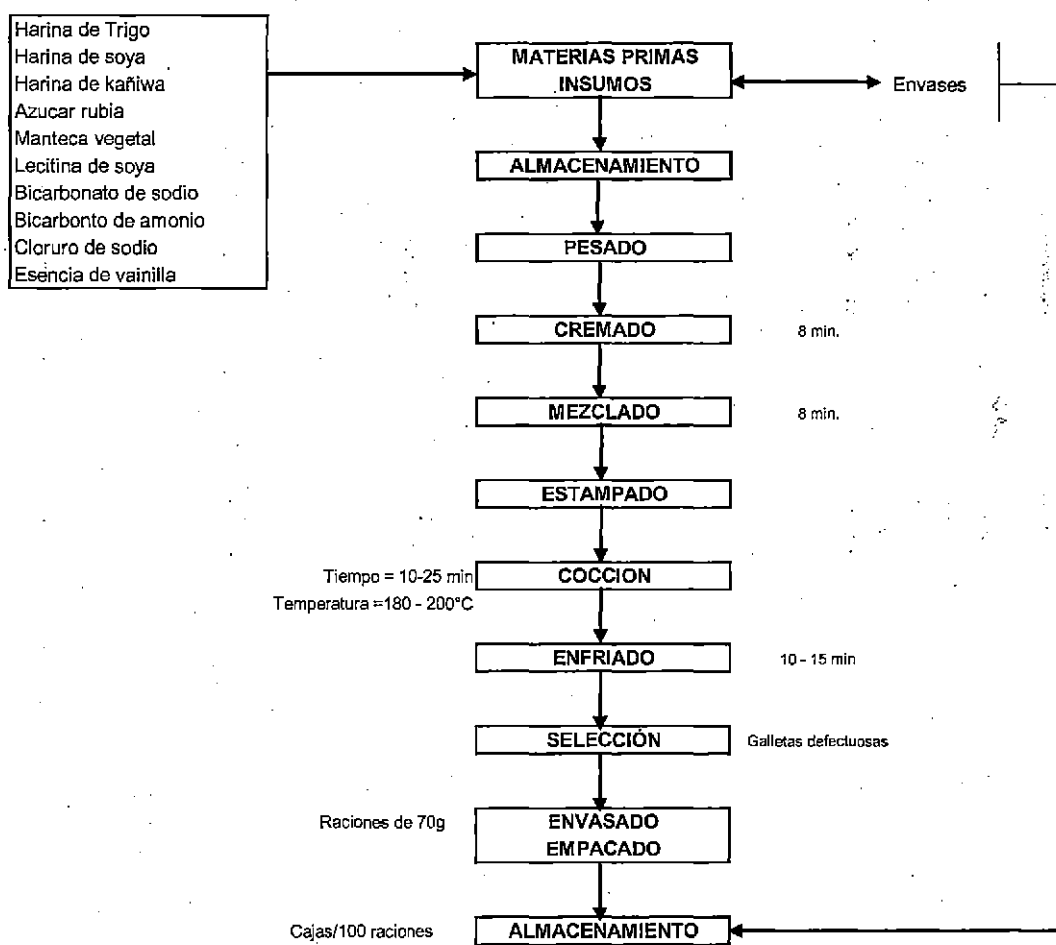
- Balanza digital de 60 kg, marca Alexander Mobba
- Balanza de 5 kilos, Alexander Mobba
- Balanza de precisión marca Sartorius
- Cremadora de Capacidad 16 kilos, marca NOVA
- Batidora mezcladora Capacidad 80 kilos, marca FARMAPAL
- Troqueladora de masa seca capacidad 10 latas/minuto/60 raciones, Marca YARLEQUE
- Horno de cocción capacidad 32 bandejas/60 raciones marca NOVA
- Envasadora automática capacidad 100 raciones/min marca LOBOPACK
- Estufas marca LMIN
- Equipo shoxlet
- Equipo jeldhal
- Mufla
- Bolsas de OPP y PPBL



### 3.2.3. METODOLOGÍA PARA ELABORACIÓN DE GALLETAS

La metodología empleada en la elaboración de las galletas enriquecidas se presenta en la Figura 10.

Figura 10. Diagrama de Flujo de elaboración de galletas enriquecidas con kañihua



Las operaciones unitarias para el estudio desarrollado es el siguiente:

#### a. Materias primas e insumos

Las materias primas, como harinas de trigo, soja, kañihua, e insumos azúcar rubia, manteca vegetal, leche en polvo, lecitina de soja,

bicarbonato de sodio y amonio, sulfato ferroso, cloruro de sodio, y esencias, fueron adquiridas de la empresa BERTY. EIRL Ltda, a excepción de la harina de cañihua, que se adquirió de la Planta de Procesos Agroindustriales el ALTIPLANO. Las mismas que cuentan con fichas técnicas y protocolos de análisis de laboratorio que evidencian su calidad y la garantía para el proceso productivo.

**b. Almacenamiento de materias primas e insumos**

Las materias primas e insumos se almacenaron temporalmente conjuntamente con los insumos químicos (micronutrientes, leudantes) además de los envases para el momento de su procesamiento.

**c. Pesado**

El pesado se realizó de acuerdo a la formulación presentada en Anexo 1, tablas 1,2,3,4 y 5, utilizando una balanza digital de 60 kilos para las materias primas y una balanza de 200 gramos para los insumos químicos empleados en la elaboración de galletas fortificadas.

**d. Cremado**

El cremado consistió en batir y mezclar la manteca, el azúcar, esencia y lecitina, por un tiempo de 8 minutos; con la que logró obtener una crema de consistencia y color característico, todo ello para facilitar la disolución del azúcar granulado y poner a punto de nieve la margarina y distribuir uniformemente la lecitina en la crema obtenida.

**e. Mezclado**

En esta etapa se procedió primeramente a disolver en agua, sal, saborizante de vainilla, adicionando a esta mezcla parte de la harina y se mezcló con el bicarbonato de Sodio y amonio, una vez homogenizado se

adicionó la harina de cañihua, harina de trigo, es decir de menor a mayor participación hasta obtener una mezcla homogénea; finalmente se agregó la crema, mezclándose todo por un tiempo de 8 minutos, hasta obtener una mezcla con humedad uniforme de aproximadamente del 10%.

**f. Estampado**

La masa obtenida se cargó con la ayuda de un depósito de acero inoxidable a la tolva de alimentación de la estampadora, donde la mezcla de harinas e insumos cae por gravedad al medio de los rodillos para ser estampada por el sistema de sus moldes rotativos, los pesazos de masa y/o moldes de galleta de forma cuadrangular, caen por simple gravedad a las bandejas de acero inoxidable y son cargados a los anaqueles y/o respectivos coches de horneado.

**g. Cocción**

Las bandejas donde se colocaron los moldes de galletas troqueladas, fueron cargadas al horno eléctrico marca Bertan a razón de 38 latas/batch, controlándose el tiempo de residencia en su interior por 10 a 25 minutos a temperatura de 180 a 200°C.

**h. Enfriado/Selección**

Las galletas procedentes del horno eléctrico, fueron enfriadas con la ayuda de un ventilador por un tiempo de 10 a 15 minutos aproximadamente; seleccionándose en forma manual, las galletas que no reunían características sensoriales de, color, olor, sabor, textura; peso, forma física.

### **i. Envasado/Empacado/Almacenamiento**

El envasado y sellado se realizó en una envasadora LOBOPACK, controlándose la temperatura y velocidad de las mordazas de corte y sellado, las galletas envasadas en Polipropileno bilaminado (PPBL) y Polipropileno bioorientado (PPBO), fueron embaladas manualmente en cajas de cartón corrugado a razón de 100 raciones/caja; todo esto previa identificación y/o codificación de la caja. Seguidamente se sellan las cajas con cinta de empaque para su almacenamiento y evaluaciones de vida en anaquel y pruebas sensoriales.

### **3.2.4. METODOLOGÍA DE ANALISIS.**

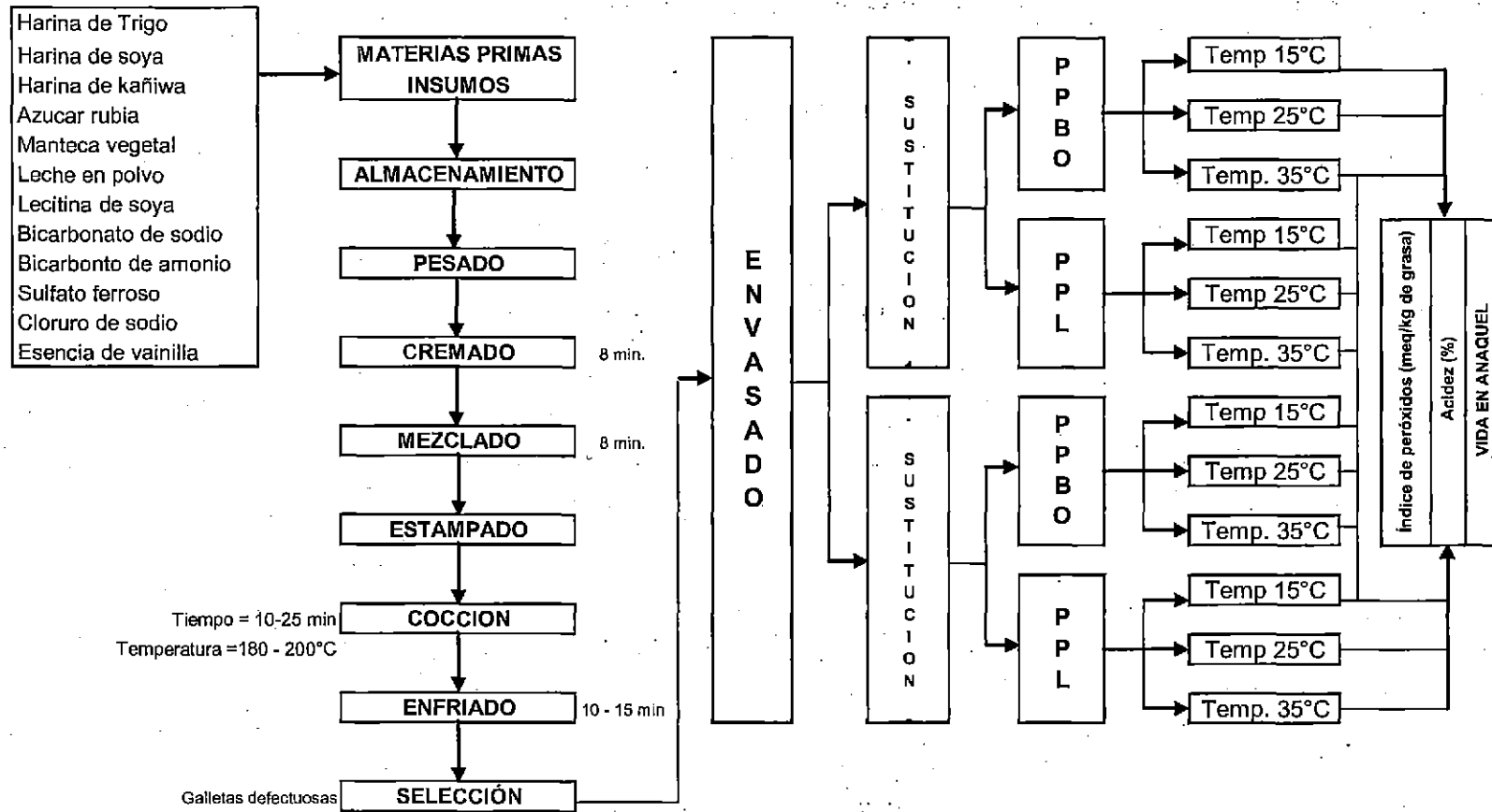
La metodología para los análisis de Humedad, índice de peróxidos y acidez fueron de acuerdo a las Normas Técnicas Peruanas NTP, para galletas y expandidos siendo estas las siguientes:

- Determinación de Humedad NTP 206.011 – 1981, por el método gravimétrico.
- Determinación de peróxidos NTP 206.016 – 1981, por el método gravimétrico.
- Determinación de Acidez 206.013 – 1981, por el método volumétrico.

### **3.3. DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental, del estudio se presenta en la Figura 11, donde se presenta los factores en estudio y los tratamientos respectivos para su análisis estadístico.

Figura 11. Diseño experimental para la evaluación de vida en anaquel por pruebas aceleradas de galletas enriquecidas.



### **3.4. METODOLOGÍA DEL DISEÑO ESTADÍSTICO**

#### **3.4.1. Diseño estadístico para la evaluación de la temperatura, envase y sustitución sobre índice de peróxidos y acidez de galletas fortificadas durante el almacenamiento**

Para evaluar y determinar la implicancia de los factores temperatura, envase, sustitución, como covariante se considero los días de almacenamiento (D). Los datos fueron distribuidos bajo un DCA, los datos obtenidos de índice de peróxidos (meq/kg de grasa) y acidez (%), se sometieron a análisis de covarianza (ANCOVA) al 95% de nivel de confianza; los estudios se complementaron con pruebas de comparaciones múltiples para evaluar el efecto de la temperatura, envase y nivel de sustitución, sobre la estabilidad en galletas enriquecidas en el tiempo de almacenamiento, considerándose par el análisis de covarianza o siguiente:

##### **Variables independientes**

- Temperatura de almacenamiento (T)
  - T1: 15°C
  - T2: 25°C
  - T3: 35°C
  
- Tipo de envase utilizado (E)
  - PPBL : Polipropileno Bilaminado de 25 micras
  - PPBO : polipropileno biorientado de 25 micras
  
- Nivel de Sustitución de harina de cañihua (S)
  - Sustitución (S1): 15 kg/batch de 84 kilos de masa (17.78%)
  - Sustitución (S2): 7.5 kg/batch de 84 kilos de masa (9.76%)
  
- Días de almacenamiento (D) = 10 días (covariante)

### Variables dependientes

- Índice de peróxidos (meq/kg de grasa)
- Acidez (%)

### 3.4.2. Metodología para Análisis y determinación de la velocidad y/o cinética de deterioro bajo pruebas aceleradas de almacenamiento

Para evaluar la velocidad de deterioro de las galletas, se empleó la metodología matemática descrita por Labuza, (1999), ajustándose y determinándose por regresión la constante K y Ea, independientemente para cada temperatura y cada envase en estudio.

$$K = A_0 e^{-\frac{E_a}{RT}}$$

donde:

A= Factor exponencial

Ea= Energía de activación.

R= Constante de los Gases

El tiempo de vida Útil se determinara por la ecuación siguiente.

$$TF = \frac{PF_g - PI_g}{K}$$

donde:

TF= tiempo de vida Útil

PFg= Índice de peróxidos final de la galleta

PFi= Índice de peróxidos Inicial de la galleta

### 3.4.3. Metodología para determinar la correlación de la temperatura, nivel de sustitución y días de almacenamiento para estimar la vida útil en índice de peróxidos y acidez de las galletas enriquecidas.

Para determinar la correlación o dependencia del índice de peróxidos y acidez como variable dependiente de la temperatura, nivel de sustitución y días de almacenamiento como variables independientes, se realizaron análisis de regresión múltiple, efectuándose representaciones en 3D del efecto de cada factor sobre las variables dependientes, para lo cual se empleo el paquete estadístico Statgraphics Plus centurión versión V, Statistical y SAS. Para el contraste de los resultados.

#### Modelo de regresión para la correlación matemática

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

Donde:

$X_1$ =Temperatura

$X_2$ =Nivel de Sustitución

$X_3$ =Días de Almacenamiento

$Y_1$ =Índice de peróxidos (meq/kg de grasa)

$Y_2$ =Acidez (%)

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  = Son los parámetros desconocidos estimados

$\varepsilon$ = es el error residual o perturbación



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. EVALUACION DE LA TEMPERATURA, ENVASE Y SUSTITUCION DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS SOBRE LA ACIDEZ E ÍNDICE DE PERÓXIDOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

En Anexo 2, Tabla 6, se presenta los valores del índice de peróxidos, expresado en mili equivalente por kilogramo de grasa extraída y los valores de acidez en porcentaje de ácido sulfúrico, obtenido en el tiempo de almacenamiento bajo pruebas aceleradas en la Tabla 7 se presenta el análisis de covarianza (ANCOVA), de la evaluación de la temperatura (T), envase (E) y Sustitución (S) con las covariantes de días de almacenamiento. Observamos en el ANCOVA que las temperatura, tipo de envase y nivel de sustitución resultaron estadísticamente influyentes en el índice de peróxidos durante el almacenamiento, así como las interacciones temperaturas por envases (TE), temperatura por sustitución (TS), y envase por sustitución (ES) que mostraron también efecto significativo sobre el índice de peróxidos de las galletas enriquecidas al 95% de nivel de confianza.

En la Tabla 8 del Anexo 2, se presentan la tabla de medias determinados por mínimos cuadrados para el índice de peróxidos con

intervalo de confianza de 95% para la temperatura, tipo de envase, sustitución, las interacciones temperatura por envase, temperatura por sustitución y envase por sustitución; obteniéndose bajo el estudio de pruebas aceleradas de almacenamiento, un promedio de 2.1043 meq/kg de grasa extraíble, reporte que no logró superar al estándar establecidos de 5 meq/kg de grasa extraíble según la Norma Técnica 206.016, (1981), INDECOPI (1992), INS, (2007).

El Cuadro 3, se presenta las pruebas de múltiple rango de DUNCAN al 95% de confiabilidad estadística, para el índice de peróxidos por temperatura, donde observamos que a 15°C, presento 2.0273 meq/kg de grasa, en el índice de peróxidos promedio en las evaluaciones de almacenamiento, seguido de 25°C con 2.10271 meq/kg de grasa y 35°C con 2.18303 meq/kg de grasa, observándose en el Cuadro 4, los contrastes del índice de peróxidos, entre temperaturas de almacenamiento, determinándose que entre T15°C y T25°C, existe una diferencia significativa de -0.0754083, entre T15°C y T25°C, -0.155725, y entre T25°C y T35°C, -0.0803167 respectivamente; indicándonos que el comportamiento del índice de peróxidos presento variaciones durante las pruebas de almacenamiento por efecto de la temperatura al 95% de nivel de confianza, observando similar efecto el IFT, (1974), por tanto la variación de la degradación de la calidad en alimentos almacenados son atribuidos a la temperatura, que es considerado como función principal del incremento de peróxidos, (Jonson *et al.*, 1995), y afectan sobre el valor nutritivo del alimento, Lee *et al.*, (1995) y Rosello *et al.*, (1994), y en estudios del efecto de la temperatura sobre el contenido de proteína soluble, se determino que efectivamente tiene afecto

sobre las propiedades sensoriales, McDaniel *et al.*, (1990) y Samaniego *et al.*, (1991)

**CUADRO 3.**  
**COMPARACIONES MÚLTIPLES DE DUNCAN DE ACIDEZ SEGÚN**  
**TEMPERATURA**

Temperatura (°C)	Recuento	Media	Desviación	Grupo Homogéneo
15	120	2.0273	0.00510194	a
25	120	2.10271	0.00510194	b
35	120	2.18303	0.00510194	c

**CUADRO 4.**  
**CONTRASTES DE ACIDEZ ENTRE TEMPERATURAS EN ESTUDIO**

Contraste	Diferencias
15 – 25	-0.0754083 *
15 – 35	-0.155725 *
25 – 35	-0.0803167 *

En el Cuadro 5 se presenta las pruebas de múltiple rango para el índice de peróxidos por el tipo de envase, donde podemos observar que el deterioro de grasa de las galletas enriquecidas se dio indistintamente por el tipo de envase, presentando en PPBL un índice de peróxidos de 2.093 meq/kg de grasas, en PPBO 2.1154 meq/kg de grasas, mostrando diferencias estadísticas significativas al 95% de nivel de confianza, con una variación de -0.0221111 entre ambos envases estudiados como se observa en el Cuadro 6 de contraste. Estos resultados hacen presumir que los

materiales plásticos en raras ocasiones constituyen una barrera total para el movimiento de las moléculas de gases y vapores en su interior, debido a su micro porosidad conocidas como permeabilidad a los gases, del PPBL y PPBO, manifiesta variaciones en el índice de peróxidos de las galletas enriquecidas, (Jaime, 2002), y con menor deterioro de la grasa en el PPBL, característica principal de los envases de polipropileno bilaminado. (Catala y Gavara, 1996), a diferencia del PPBO, como lo indica Price, (1994). Proporcionando cada envase estudiado diferente comportamiento en cuando al deterioro de la grasa como lo indica Golde *et al.*, (1995); esta diferencia radica también en la difusión del oxígeno a través del polímero, alcanzando los huecos que las cadenas dejan libres y pasando de una a otra cavidad mediante saltos activados. Obviamente, cuando menos y menores sean los huecos, menos posibilidades de encontrar paso tendrá el permeante como lo indica Aucejo, (2000). Por tanto se deben de seleccionar envases adecuados que presten las garantías del caso y contribuyan con conservar la calidad de las galletas enriquecidas, como lo indica, Kotsianis *et al.*, (2002). Por tanto el envase ejerce una influencia directa sobre la aceptabilidad del alimento de que en muchas ocasiones dependen su atractivo, funcionalidad y sensación de seguridad respecto a su contenido, elementos que el mercado consumidor tiene muy en cuenta, sobre todo cuanto más desarrollada económicamente sea la sociedad en que vive como lo manifestado por Costell, (1992).

**CUADRO 5.**  
**PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA PERÓXIDOS POR ENVASE**

Envase	Recuento	Media	Desviación	Grupos Homogéneos
PPBL	180	2.09329	0.00416572	a
PPBO	180	2.1154	0.00416572	b

**CUADRO 6.**  
**CONTRASTE ENTRE DEL INDICE DE PERÓXIDOS ENTRE ENVASE**

Contraste	Diferencia	Sig.
PPBL-PPBO	-0.0221111	*

En el Cuadro 7 se presenta la prueba de múltiple rango para el índice de peróxidos por nivel de sustitución; determinándose que entre los niveles de sustitución existen diferencias estadísticas significativas al 95% de nivel de confianza en el comportamiento del índice de peróxidos durante el tiempo que fueron puestos en observación bajo pruebas aceleradas las galletas enriquecidas.

**CUADRO 7.**  
**PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA PERÓXIDOS POR SUSTITUCIÓN**

Sustitución	Recuento	Media	Desviación	Grupos Homogéneos
7.5	180	2.02158	0.00416572	a
15	180	2.18711	0.00416572	b

Observamos en el Cuadro 8, una diferencia estadística de -0.165522 meq/kg de grasa entre la sustitución de 7.5 y 15 kilos de harina de cañihua empleada en la formulación de las galletas enriquecidas como se observa en el Cuadro 7.

**CUADRO 8.**  
**CONTRASTES DEL INDICE DE PERÓXIDOS ENTRE SUSTITUCIÓN**

Contraste	Diferencia	Sig.
7.5 - 15	-0.165522	*

De los resultados obtenidos en cuando al efecto del nivel de sustitución, concuerdan con lo manifestado por Karel, (1984), quien indica que la calidad de un alimento en el tiempo depende mucho de la composición y el mayor incremento de harina de cañihua en la galleta afecta directamente sobre el índice de peróxidos, además del aporte de hierro característica intrínseco de la cañihua, aceleran el deterioro del producto como lo manifestado por Fennema, (1996); Hamilton, (1999), quienes manifiestan también, que la reacción es favorecida por trazas de metales como el cobre y el hierro, y la oxidación de lípidos ocurre por un mecanismo de radicales libres y reacciones con oxígeno molecular llamado autooxidación de la materia grasa de las galletas enriquecidas, es decir el ataque del oxígeno sobre los ácidos grasos insaturados, por medio del mecanismo auto catalítico de radicales libres como lo indica Potter, (1986), por tanto el estudio de vida en anaquel esta determinado por el sistema de componentes, el proceso de elaboración, el método de empaçado, y la humedad del producto frente al tiempo que permanecerá en almacenamiento y las condiciones adversas de transporte, las que incrementaran en alguna medida el índice de peróxidos como lo indica Bell *et al.*, (1992), Dethmers, (1979), por ello cuando se procesan alimentos es de suma importancia el conocimiento de la vida útil para que los alimentos sean lo mas establemente posibles a los diferentes cambios de ambientes a

los que serán expuesto como lo indica Cruz, (1997).

En el Anexo 2, Tabla 9 se presenta el análisis de varianza para el índice de acidez donde podemos observa que existen diferencias estadísticas significativas con un 95.0% de nivel de confianza en efectos principales Temperatura(T), Sustitución (S), efectos simples TE, TS, ES Y TES, excepto para el tipo de Envase (E), indicándonos que no hubo variación directa por efecto del envase en el que fueron empacados las galletas enriquecidas con kañihua, en la Tabla 10 del Anexo 2, se presenta las medias por mínimos cuadrados, para acidez con intervalo de confianza del 95%, donde se determinó que la acidez alcanzada en promedio en todo el estudio de almacenamiento bajo pruebas aceleradas fue de 0.085 % expresado en ácido sulfúrico y observándose que a temperatura de 15°C la acidez fue de  $0.0822\% \pm 0.000164$ , existiendo la posibilidad de variación en el intervalo de 0.0819% a 0.0825%, a 25°C una acidez de 0.0861%, pudiendo variar en el intervalo de 0.0857972% a 0.0864% y para 35°C, 0.089% con intervalo de confianza 0.0891% a 0.0897%; en tanto la acidez sujeto al tipo de envase fue para PPBL, 0.0859% que puede variar entre 0.0856 % a 0.0862 y en PPBO, 0.0858% con la posibilidad de variar entre los límites de confianza de 0.0856301% a 0.0861599%; referido al efecto de la sustitución en el promedio de acidez alcanzado fue para S1(15Kg) de 0.0847 en el intervalo de confianza de 0.0844% a 0.0850% y para S2(7.5Kg) de 0.0870, en el intervalo de confianza de 0.0868% a 0.0873% respectivamente.

En el Cuadro 9 se presenta la prueba de comparaciones de múltiple rango para la acidez por temperatura estudiada, donde se determinó, que

entre 15°C, 25°C y 35°C, existen diferencias estadística significativas de la acidez al 95% de nivel de confianza, determinándose, para 15°C un índice de acidez de 0.0822%, seguido de 25°C con 0.0861% y 35°C 0.0894% de acidez, observándose que a medida que se incrementa la temperatura el índice de acidez incrementa significativamente, pero no supera lo establecido por el INDECOPI 1992, norma técnica peruana 206.013 (1981), la cual varía de acuerdo al grupo etareo según las normas del INS (2007), donde la acidez varía de 0.2 a 0.4 % expresado en ácido sulfúrico, esta variación de acidez por grupo homogéneo se observa en la Tabla 9 del Anexo 2, donde observamos que la temperatura tiene efecto directo, sobre la acidez como lo indica Othon (1996), Loeb y Mayne, (1952), siendo la fracción mas abundante en las galletas la grasa específicamente triglicéridos, los cuales por efecto de la temperatura de almacenamiento y la composición del producto son atacados por las lipasas liberando ácidos grasos, por tanto un deficiente almacenamiento con llevan a la formación de acidez por los ácidos grasos libres que bajan el pH, por tanto son mas susceptibles de oxidarse o enranciarse y por tanto a producir olores y sabores indeseables, como lo indica Ahmed y Shivare, (2001), y esta acidez incrementan proporcionalmente con la temperatura, Sauer y Christensen, (1992)



**CUADRO 9.**  
**PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDEZ POR**  
**TEMPERATURA**

Temperatura	Recuento	Media	Desviación	Grupos Homogéneos
15	120	0.0822358	0.000164944	a
25	120	0.0861217	0.000164944	b
35	120	0.0894292	0.000164944	c

En el Cuadro 10 se observa que entre 15°C y 25°C, existe una diferencia estadísticamente significativa de -0.00388%, entre 15°C y 35°C, -0.00719% y entre 25°C y 35°C, -0.00330%, evidenciándose así el efecto de la temperatura sobre los cambios durante el almacenamiento de las galletas enriquecidas con kañihua.

**CUADRO 10.**  
**CONTRASTES DE ACIDEZ ENTRE TEMPERATURAS**

Contraste	Diferencia	Sig.
15 - 25	-0.00388583	*
15 - 35	-0.00719333	*
25 - 35	-0.0033075	*

En la Tabla 11 del Anexo 2, se presenta las comparaciones múltiples de acidez por tipo de envase, donde observamos que entre tipos de envase, no existen diferencias estadísticas significativas al 95% de nivel de confianza, determinándose 0.085895% par el envase PPBO y 0.0859628% para PPBL respectivamente, cuya diferencia de 0.0000677778% es indiferente entre si como se observa en la Tabla 12 del Anexo 2, por tanto,

el envase de PPBL y PPBO, no muestran efecto alguno en el deterioro de la acidez de las galletas enriquecidas, y opcionalmente estas pueden ser almacenados en PPBL ó PPBO, un envase adecuado, proporciona importante mejora, reduce pérdidas y deterioro del alimento, aumentando con ello la seguridad alimentaria como lo indica Marsh, (2001).

En Tabla 10 Anexo 2, se presenta las pruebas de comparaciones múltiples de acidez por sustitución donde observamos que la sustitución en la formulación de las galletas enriquecidas, presento diferencias estadísticas significativas los valores de acidez durante el almacenamiento bajo pruebas aceleradas, obteniéndose 0.0847639% de acidez para la sustitución S2 y 0.0870939% para S1 respectivamente, mostrando entre si una diferencia mínima significativa de -0.00233% sobre el índice de acidez. Lo cual es propio de los alimentos donde su composición es compleja y con alto contenido de grasa, buen balance de proteínas, aminoácidos y vitaminas. Como lo indica Hamilton, (1999); Ho y Chen, (1994) los cuales pueden ser favorables hasta cierto punto, por que ayudan al desarrollo de sabores y aromas característicos de productos almacenados.

#### **4.2. EVALUACIÓN DE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS BAJO CONDICIONES ACELERADAS DE ALMACENAMIENTO.**

Para seleccionar y/o determinar el tipo de envase que permita el almacenamiento y mayor vida útil con mejor estabilidad del índice de peróxidos y acidez, se evaluó los resultados bajo modelos de reacción de orden cero y orden uno, en función a los promedios obtenidos de los

resultados de la Tabla 6, Anexo 2 y la determinación de las constantes de deterioro (k) y el tiempo de vida útil se presentan en las Tablas 12 al 27, observándose también la energía de activación (EA) para cada caso particular.

En el Cuadro 11, se presenta el resumen de los resultados de la constante de la velocidad de deterioro (k) en función al índice de peróxidos, donde podemos observar que la velocidad de deterioro de la grasas que forma parte del producto incrementa su velocidad de deterioro a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento, y difiere esta velocidad de acuerdo al tipo de envase empleado en su empacado, y por el nivel de sustitución de harina de kañihua empleada en su formulación, observándose que la constante de deterioro (k) a temperatura de  $15^{\circ}\text{C}=0.0168428$ , a  $25^{\circ}\text{C}=0.0283412$ , a  $35^{\circ}\text{C}=0.0548976$ , en galletas empacadas en PPBL, sustitución S1, los cuales son menores a la constante de deterioro de las galletas empacadas en PPBO, sustitución S1; donde se determino para  $15^{\circ}\text{C}=0.0185513$ ,  $25^{\circ}\text{C}=0.0267301$ , y  $35^{\circ}\text{C}=0.0565861$  para la reacción de orden cero, en tanto para la sustitución S2 - PPBL, las constantes determinadas fueron;  $15^{\circ}\text{C}=0.0132384$ ,  $25^{\circ}\text{C}=0.0180404$ ,  $35^{\circ}\text{C}=0.0320101$  respectivamente y S2 en PPBO,  $15^{\circ}\text{C}=0.0169513$ ,  $25^{\circ}\text{C}=0.0242808$ ,  $35^{\circ}\text{C}=0.0349115$ . Observándose que a mayor sustitución de kañihua mayor es la constante de deterioro, como se puede observar en las figuras 12 a 15, lo que se explica con el deterioro de las grasas y el incremento de acidez en el producto a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, debido a la reactividad de los peróxidos producidos en la primera etapa del proceso, por lo que estos peróxidos son inestables y

tienden a descomponerse fácilmente; por la oxidación del  $Fe^{2+}$  que da cuenta de la actividad de los hidroperóxidos (Hultin, 1994; Kanner *et al.*, 1986), y durante el proceso oxidativo se da la formación de dienos conjugados a partir de los ácidos grasos insaturados, generándose durante esta descomposición de peróxidos, aldehídos, que son considerados productos secundarios de oxidación, como lo indican Gray, (1992), Fennema, (1985), Hamilton, (1999), dienos que le confiere al producto características sensoriales indeseables con sabor a rancio y con sensación de acidificación de las galletas enriquecidas, afectando directamente sobre la vida útil del producto, como manifestado Navar, (1985), de aquí la importancia de la evaluación precisa de la oxidación, Fennema, (1985), Gray, (1978),

**CUADRO 11.  
CONSTANTE K DE PARÁ EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS DE  
GALLETAS ENRIQUECIDAS ORDEN CERO**

Temperatura (°C)	Sustitución 1		Sustitución 2	
	PPBL	PPBO	PPBL	PPBO
<b>15</b>	0.0168428	0.0185513	0.0132384	0.0169513
<b>25</b>	0.0283412	0.0267301	0.0180404	0.0242808
<b>35</b>	0.0548976	0.0565861	0.0320101	0.0349115

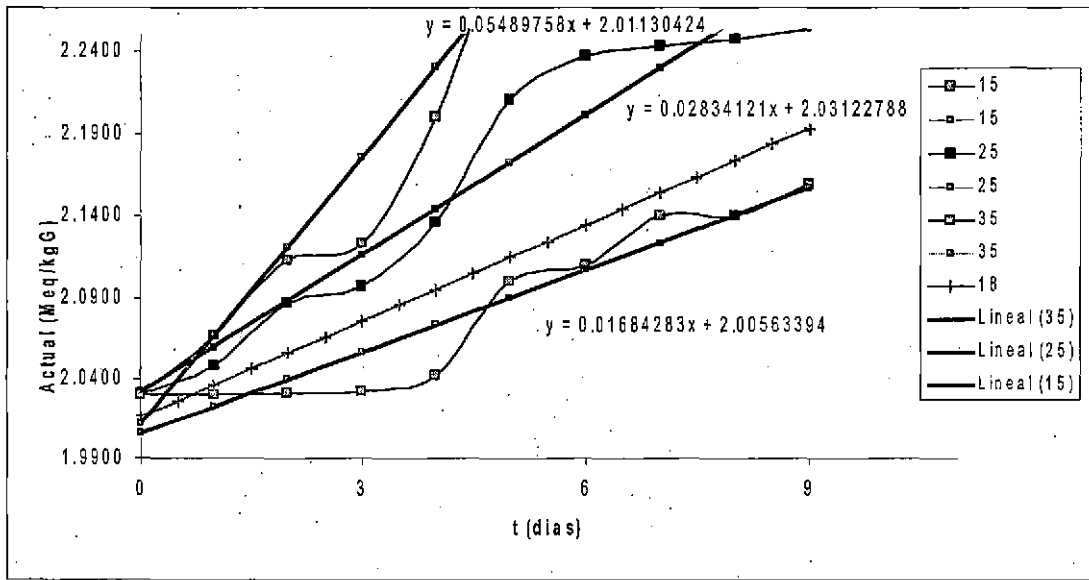


Figura 12. Constante K para PPBL-S1-ORDEN CERO

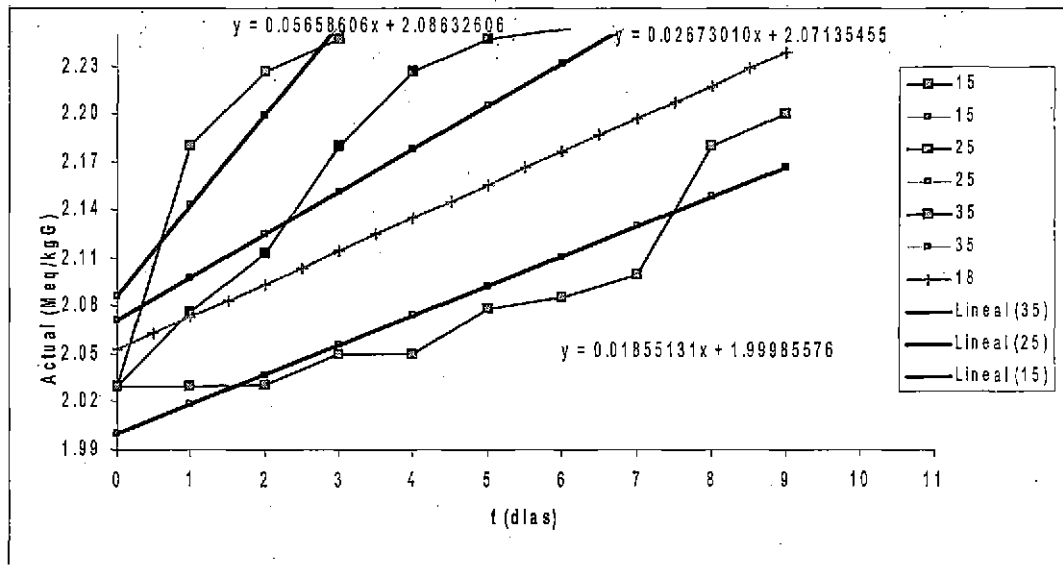


Figura 13. Constante K para PPBO-S1-ORDEN CERO

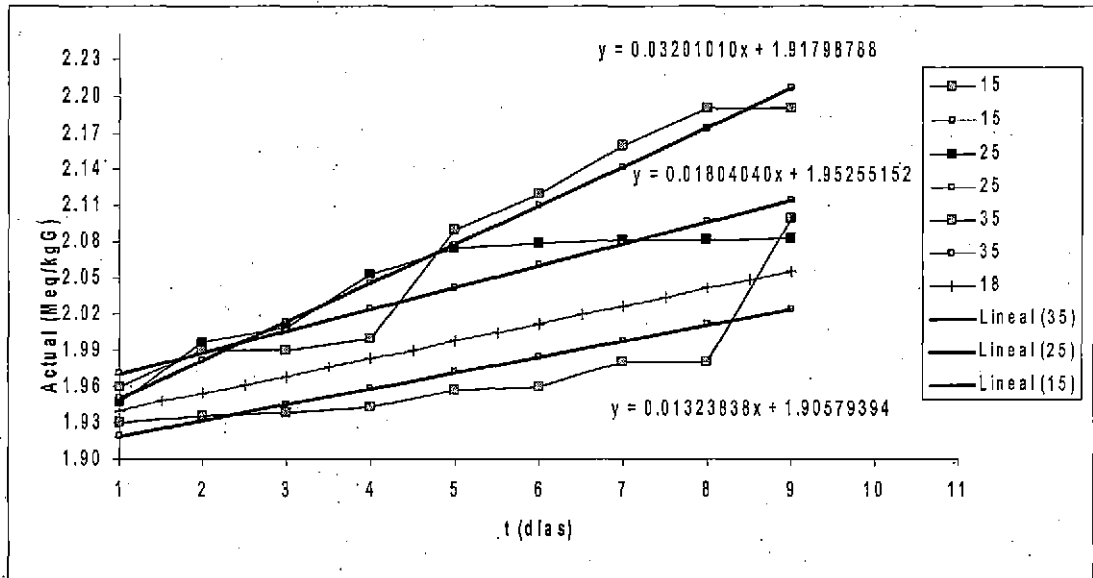


Figura 14. Constante K para PPBL-S2-ORDEN CERO

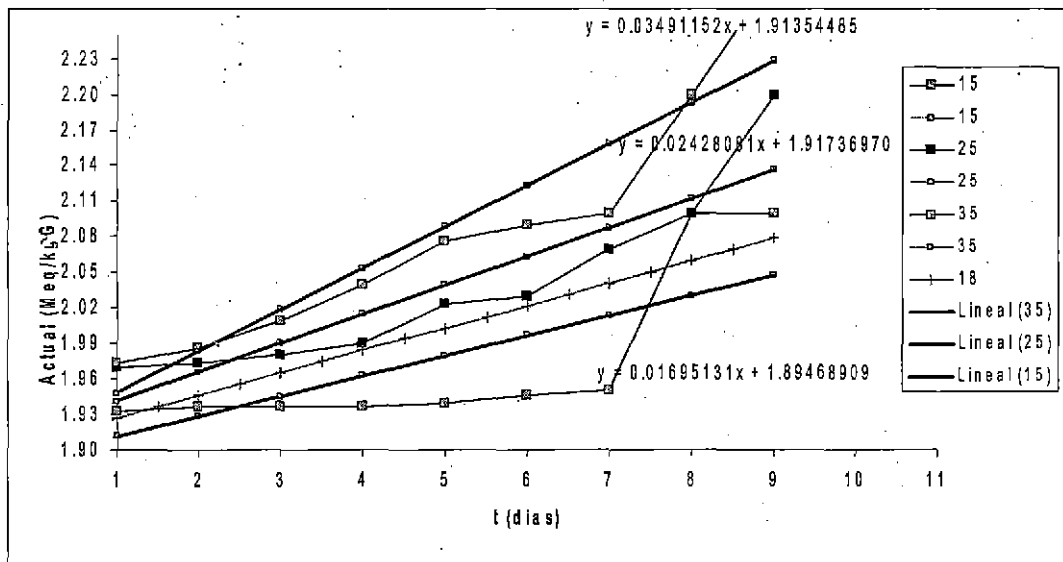


Figura 15. Constante K para PPBO-S2-ORDEN CERO

En el Cuadro 12, para el orden de reacción cero, a 15°C la vida útil del producto para el envase de PPBL y PPBO al nivel S1 es 0.49 y 0.45 años y en PPBL y PPBO al nivel S2, 0.65 y 0.51 años, observándose que a menor sustitución mayor vida útil del producto, se presenta el mismo efecto para galletas almacenadas a, 25°C( PPBL y PPBO al nivel S1) 0.29 y 0.30 años y a 25°C (PPBL y PPBO al nivel S2) 0.47 y 0.35 años; a 35°C( PPBL y PPBO al nivel S1) 0.15 y 0.14 años, a35°C( PPBL y PPBO al nivel S2) 0.27 y 0.24 años de vida útil respectivamente. Con influencia de la temperatura frente al nivel de sustitución; es decir el deterioro de las grasas manifestado por el incremento del índice de peróxidos esta relacionado directamente a la sustitución de kañihua en la formulación, y hacen que el índice de peróxidos incremente con el tiempo linealmente hasta su agotamiento, estos cambios en el índice de peróxidos son irreversible, por lo que existe un efecto directo de la constante de degradación (K) en función de la sustitución del producto determinado tambien por Ahmed et al., (2002); Gunawa y Brriger, (2000)

**CUADRO 12.**  
**TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN AÑOS EN TÉRMINOS DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS PARA GALLETAS ENRIQUECIDAS – ORDEN CERO**

Temperatura (°C)	Sustitución 1		Sustitución 2	
	PPBL	PPBO	PPBL	PPBO
<b>15</b>	0.49	0.45	0.65	0.51
<b>25</b>	0.29	0.30	0.47	0.35
<b>35</b>	0.15	0.14	0.27	0.24

Cuando se incrementa en uno el orden de reacción para evaluar la velocidad de deterioro de las galletas, observamos en el Cuadro 13, que la constante de deterioro (k) a temperatura de 15°C.=0.00806440, 25°C=0.01319150, 35°C=0.024407, en galletas empacadas en PPBL-S1, son menores a la constante de deterioro de las galletas empacadas en PPBO-S1; en los que se determino para 15°C=0.0088223, 25°C=0.0123571, y 35°C=0.0243497, para la sustitución S2 - PPBL, las constantes determinadas fueron; 15°C.=0.0066329, 25°C=0.0089493, 35°C=0.0155072 respectivamente y S2-PPBO, 15°C.=0.0084256, 25°C=0.0118554, 35°C=0.0166796, Observándose que a mayor sustitución de kañihua un orden mayor de velocidad de reacción, por tanto la velocidad de reacción es mas intensa y el tenor graso se deteriora a mayor velocidad con mayor incremento de peróxidos en el producto a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, este incremento del índice de peróxidos le confiere al producto menor vida útil por que el proceso es a temperatura constante y Aw constante como lo indica (Nuñez y Chumbiray, 1991)

**CUADRO 13.  
CONSTANTE K DE PARA EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS DE  
GALLETAS ENRIQUECIDAS ORDEN UNO**

Temperatura (°C)	Sustitucion 1		Sustitucion 2	
	PPBL	PPBO	PPBL	PPBO
15	0.00806940	0.0088223	0.0066329	0.0084256
25	0.01319150	0.0123571	0.0089493	0.0118554
35	0.02440700	0.0243497	0.0155072	0.0166796



En el Cuadro 14, se observa la vida en anaquel, para 15°C, donde la vida útil del producto tanto para el envase de PPBL y PPBO al nivel S1 es 0.31 y 0.29 años en PPBL y PPBO al nivel S2, 0.40 y 0.32 años, observándose que a menor sustitución mayor vida útil del producto, a 25°C (PPBL y PPBO al nivel S1) es 0.19 y 0.20 años, a 25°C (PPBL y PPBO al nivel S2) 0.29 y 0.22 años, y a 35°C (PPBL y PPBO al nivel S1) 0.10 años, a 35°C (PPBL y PPBO al nivel S2) 0.17 y 0.16 años de vida útil respectivamente.

**CUADRO 14.**  
**TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN AÑOS EN TÉRMINOS DE ÍNDICE DE PERÓXIDOS PARA GALLETAS ENRIQUECIDAS – ORDEN UNO**

Temperatura (°C)	Sustitución 1		Sustitución 2	
	PPBL	PPBO	PPBL	PPBO
<b>15</b>	0.31	0.29	0.40	0.32
<b>25</b>	0.19	0.20	0.29	0.22
<b>35</b>	0.10	0.10	0.17	0.16

En el Cuadro 15, se presenta los resultados de la constante de deterioro (k), en función a la acidez de las galletas enriquecidas, donde podemos observar que el deterioro de la acidez incrementa su velocidad a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento, y difiere esta velocidad de acuerdo al tipo de envase empleado en su empaclado, además es afectado por el nivel de sustitución de harina de cañihua empleada en su formulación, determinándose constantes de velocidad para el incremento de acidez para la reacción de orden cero, en el siguiente orden: 15°C(PPBL-PPBO-S1) 0.00022424 y 0.0002646, a 25°C(PPBL-PPBO-S1) 0.00086141 y

0.0008671, 35°C(PPBL-PPBO-S1) 0.00134606 y 0.0012711; 15°C(PPBL-PPBO-S2) 0.00215 y 0.000228, 25°C(PPBL-PPBO-S2) 0.000553 y 0.000687, 35°C(PPBL-PPBO-S2) 0.001331 y 0.001040, observándose que por cada incremento en la temperatura en diez grados Celsius, la constante de velocidad en deterioro de acidez del producto incrementa, influenciado por el nivel de sustitución de harina de cañihua, efecto que puede observarse en las figuras 16 a 19.

**CUADRO 15.**  
**CONSTANTE K DE PARA LA ACIDEZ DE GALLETAS**  
**ENRIQUECIDAS ORDEN CERO**

Temperatura (°C)	Sustitución 1		Sustitución 2	
	PPBL	PPBO	PPBL	PPBO
15	0.00022424	0.0002646	0.000215	0.000228
25	0.00086141	0.0008671	0.000553	0.000687
35	0.00134606	0.0012711	0.001331	0.001040

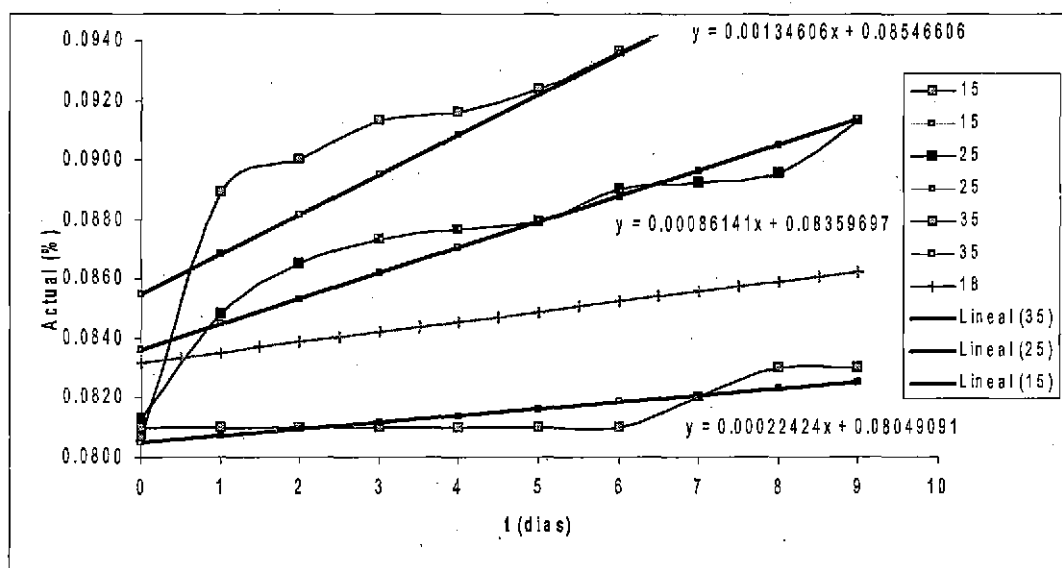


Figura 16. Constante K para PPBL-S1-ORDEN CERO

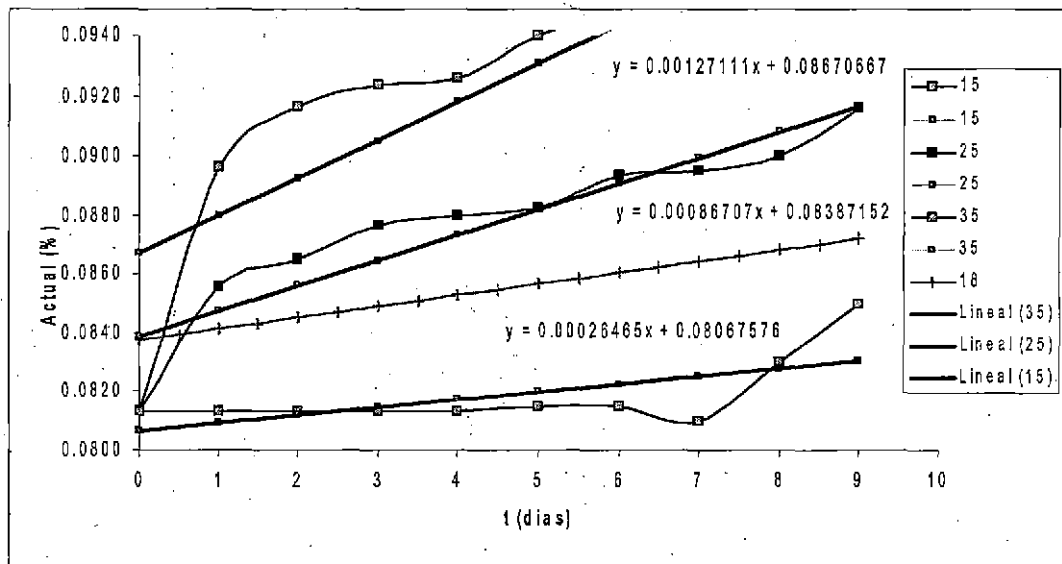


Figura 17. Constante K para PPBO-S1-ORDEN CERO

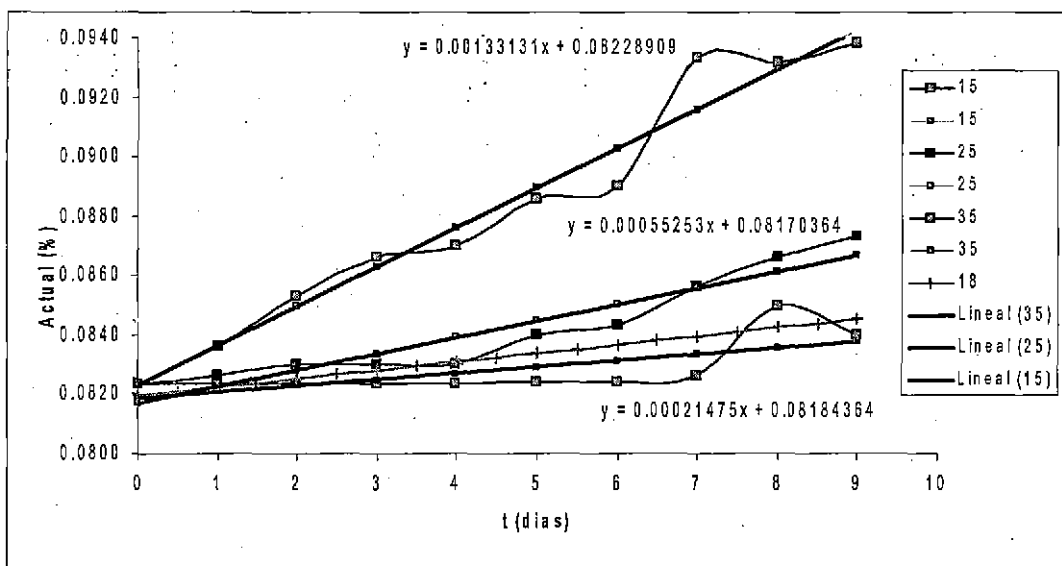


Figura 18. Constante K para PPBL-S2-ORDEN CERO

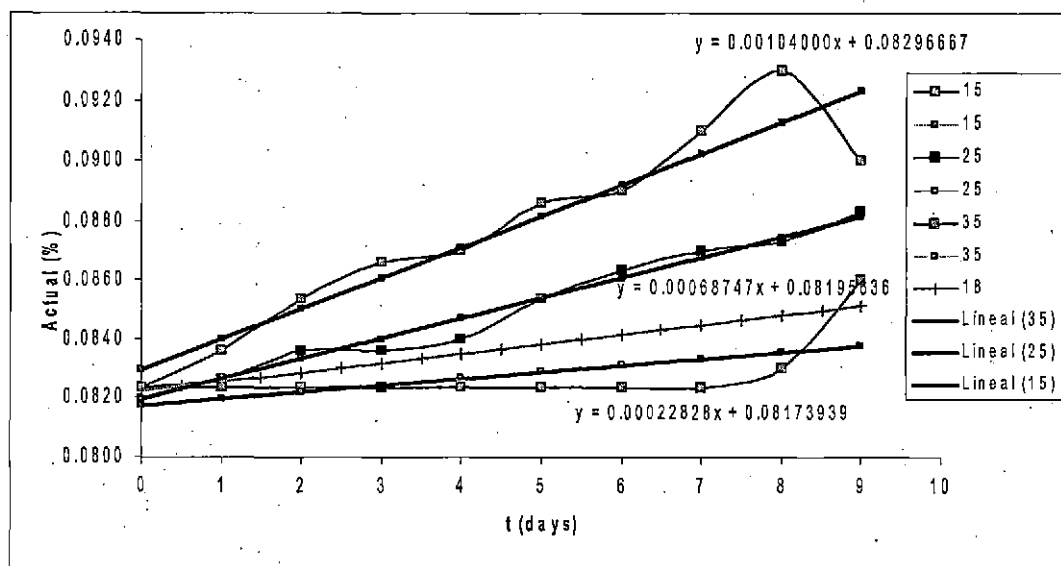


Figura 19. Constante K para PPBO-S2-ORDEN CERO

En el Cuadro 16, se presenta los resultados de la vida útil de las galletas enriquecidas determinándose para 15°C (PPBL y PPBO - S1) 1.48 y 1.25 años, a 25°C (PPBL y PPBO - S1) 0.38 y 0.37 años, a 35°C (PPBL y PPBO - S1) 0.24 y 0.25 años; a 15°C (PPBL y PPBO - S2) 1.53 y 1.44 años, a 25°C (PPBL y PPBO - S2) 0.59 y 0.48 años, finalmente a 35°C (PPBL y PPBO - S2) 0.24 y 0.31 años, observándose que a mayor sustitución menor vida útil de las galletas enriquecidas, presentando mayor tiempo de vida útil las galletas empacadas en PPBL tanto para S1 y S2 respectivamente.

**CUADRO 16.**  
**TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN AÑOS EN TÉRMINOS DE ACIDEZ**  
**PARA GALLETAS ENRIQUECIDAS - ORDEN CERO**

Temperatura (°C)	Sustitución 1		Sustitución 2	
	PPBL	PPBO	PPBL	PPBO
15	1.48	1.25	1.53	1.44
25	0.38	0.37	0.59	0.48
35	0.24	0.25	0.24	0.31

En el Cuadro 17, se presenta que la constante de deterioro (k) para la acidez evaluada bajo orden uno, donde se determino valores de acidez para 15°C(PPBL-PPBO-S1) 0.00273710 y 0.0031909, a 25°C(PPBL-PPBO-S1) 0.00993830 y 0.0099776, a 35°C(PPBL-PPBO-S1) 0.01500020 y 0.0140926; a 15°C(PPBL-PPBO-S2) 0.002575 y 0.002719, a 25°C(PPBL-PPBO-S2) 0.006530 y 0.008072, a 35°C(PPBL-PPBO-S2) 0.015078 y 0.011911, respectivamente, observándose que al incrementar la temperatura durante el almacenamiento la constante de velocidad en deterioro de acidez del producto incrementa, influenciado por el nivel de sustitución de harina de cañihua y tipo de envase.

**CUADRO 17.**  
**CONSTANTE K DE PARA LA ACIDEZ DE GALLETAS**  
**ENRIQUECIDAS ORDEN UNO**

Temperatura (°C)	Sustitución 1		Sustitución 2	
	PPBL	PPBO	PPBL	PPBO
15	0.00273710	0.0031909	0.002575	0.002719
25	0.00993830	0.0099776	0.006530	0.008072
35	0.01500020	0.0140926	0.015078	0.011911

En el Cuadro 18, se presenta los resultados de la vida útil de las galletas enriquecidas determinándose para 15°C(PPBL- PPBO - S1) 0.92 y 0.79 años, 25°C(PPBL- PPBO - S1) 0.24 y 0.24 años, a 35°C(PPBL - PPBO - S1) 0.15 y 0.16 años; a 15°C(PPBL - PPBO - S2) 0.96 y 0.91 años, a 25°C(PPBL - PPBO - S2) 0.38 y 0.31 años, a 35°C(PPBL - PPBO - S2) 0.16 y 0.20 años respectivamente, observándose que a mayor sustitución

menor vida útil de las galletas enriquecidas, presentando mayor tiempo de vida útil las galletas empacadas en PPBL-S1, seguido de PPBL-S2 y desde el punto de vista económico, esta ruptura de ácidos grasos y radicales libres con formación de ácidos y efectos sobre la vida en anaquel. (Nuñez, 1998) le atribuyen sabores, aromas y olores desagradables, y las galletas enriquecidas con kañihua tendrán menor capacidad de almacenamiento como lo indicado por (Kilt, 1979).

**CUADRO 18.**  
**TIEMPO DE VIDA ÚTIL EN AÑOS EN TÉRMINOS DE ACIDEZ**  
**PARA GALLETAS ENRIQUECIDAS – ORDEN UNO**

Temperatura (°C)	Sustitución 1		Sustitución 2	
	PPBL	PPBO	PPBL	PPBO
<b>15</b>	0.92	0.79	0.96	0.91
<b>25</b>	0.24	0.24	0.38	0.31
<b>35</b>	0.16	0.16	0.16	0.20

**4.3. DETERMINACION DE LA CORRELACION DE LA TEMPERATURA, NIVEL DE SUSTITUCIÓN Y DÍAS DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL ÍNDICE DE PEROXIDOS Y ACIDEZ DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS.**

En el Cuadro 19 se presenta, el análisis de varianza para evaluar la correlación entre los factores temperatura (T), nivel de sustitución (S) de harina sucedánea de kañihua por harina de trigo y días(D) de almacenamiento sobre el índice de peróxidos de las galletas enriquecidas, los resultados muestran que existe una relación estadísticamente significativa en el modelo; por tanto rechazamos la hipótesis nula de que la

variabilidad en el índice de peróxidos sea explicable por razones por el azar, y admitimos que existe algún tipo de asociación y/o correlación entre la variable dependiente índice de peróxidos y las variables independientes T, S y D con un nivel de confianza del 95.0%.

Observando el estadístico del modelo de correlación múltiple entre T-S-D, el R-Cuadrada indica que el modelo ajustado explica 81.7002% de la variabilidad en peróxidos durante las pruebas de almacenamiento de las galletas enriquecidas. Con una desviación estándar de los residuos de 0.0632494, en tanto el estadístico de Durbin-Watson (DW) 0.603452 (P=0.0000) indica que efectivamente existe una correlación positiva al nivel de confianza del 95.0% en los factores, debido a que la regla estadística indica que un valor próximo a 2 indica escasa auto correlación; un valor entre 2 y 0 indica una auto correlación positiva mientras que un valor entre 2 y 4 indica auto correlación negativa.

**CUADRO 19.**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA REGRESIÓN MÚLTIPLE DE T-S-D SOBRE EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS**

Fuente	GI	S. Cuadrados.	C. Medio	Fc	Valor-P
Modelo	3	6.35827	2.11942000	529.79	0.0000
Residuo	356	1.42417	0.00400049		
Total	359	7.78245			

R-cuadrada = 81.7002 por ciento

Error estándar del est. = 0.0632494

Estadístico Durbin-Watson = 0.603452 (P=0.0000)

En el Cuadro 20, se presenta el análisis de varianza para las variables temperatura, sustitución y días de almacenamiento, donde

observamos que existen diferencias estadísticas altamente significativas al 95% de probabilidades, lo que implica alta correlación y en conjunto influenciaran sobre el incremento del índice peróxidos de las galletas enriquecidas durante su almacenamiento, para determinar una estimación del incremento del índice de peróxidos al 95% de confiabilidad, se debe emplear la formula,  $\text{Peróxidos} = 1.50384 + 0.00778625 \cdot \text{temperatura} + 0.0220696 \cdot \text{sustitución} + 0.0286478 \cdot \text{días}$ ; La ecuación presentada explica que el índice de peróxidos, es influenciado en 0.00778625 por cada incremento en temperatura, mas 0.0220696 por cada kilo de sustitución mas 0.0286478 por cada día que permanece el alimento bajo condiciones aceleradas de almacenamiento.

**CUADRO 20.**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA PARA VARIABLES T-S-D EN EL**  
**ORDEN AJUSTADO**

Fuente	Gl	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Valor-P
Temperatura	1	1.45502	1.45502	363.71	0.0000
Sustitución	1	2.46578	2.46578	616.37	0.0000
Días	1	2.43747	2.43747	609.29	0.0000
Modelo	3	6.35827			

En el Cuadro 21 se presenta la evaluación de los coeficientes del modelo ajustado de regresión múltiple de T-S-D sobre el índice de peróxidos a Intervalos de confianza del 95.0% observando que la prueba de t y los coeficientes determinados son significativos y de interés, importantes para ser considerados y pronosticar el incremento del índice de peróxidos en galletas enriquecidas con kañihua.



**CUADRO 21.**

**EVALUACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO AJUSTADO DE  
REGRESIÓN MÚLTIPLE DE T-S-D SOBRE EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS A  
INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95.0%**

Parámetro	Estimación	Límite Inferior	Límite Superior	Estadístico t	Valor-P
CONSTANTE	1.5038400	1.4723700	1.5353100	93.9810	0.0000
Temperatura	0.0077862	0.0069833	0.0085891	19.0712	0.0000
Sustitución	0.0220696	0.0203214	0.0238179	24.8268	0.0000
Días	0.0286478	0.0263653	0.0309303	24.6839	0.0000

En la Figura 20, observamos la dependencias del índice de peróxidos en función a los días de almacenamiento vs la temperatura de almacenamiento, el comportamiento de las graficas que a medida que incrementa la temperatura, y transcurren los días de almacenamiento el índice de peróxidos incrementa, demostrándose en la figura que tanto la temperatura, el tiempo de almacenamiento influyen directamente sobre el incremento de peróxidos en el producto, lo mismo se puede observar cuando graficamos la dependencia del índice de Peróxidos, frente al nivel de sustitución vs temperatura (Figura 21) y el índice de Peróxidos frente a los días vs el nivel de sustitución (Figura 22), observamos la misma dependencia e influencia marcada sobre el deterioro de la calidad de las galletas enriquecidas en términos de índice de peróxidos como factor de calidad, observándose que es directamente la influencia del nivel de sustitución vs días que el índice de peróxidos manifiesta variaciones marcadas en el producto.

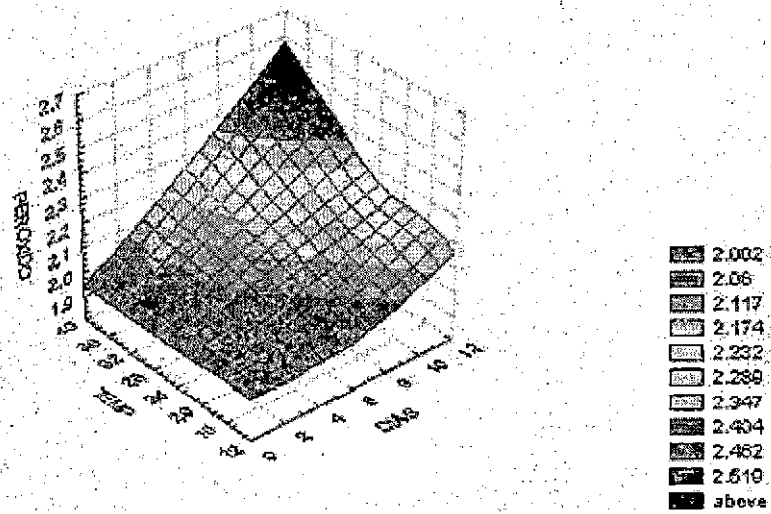


Figura 20. Índice de Peróxidos: Días vs Temperatura

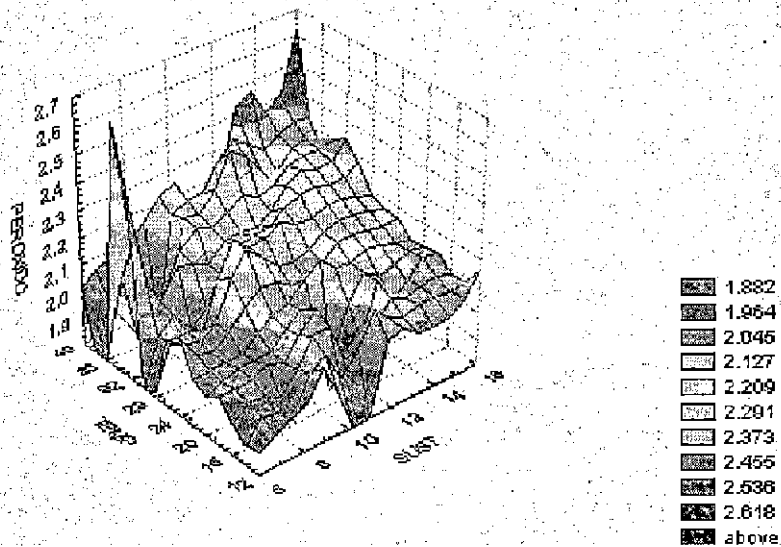


Figura 21. Índice de Peróxidos: Sustitución vs Temperatura

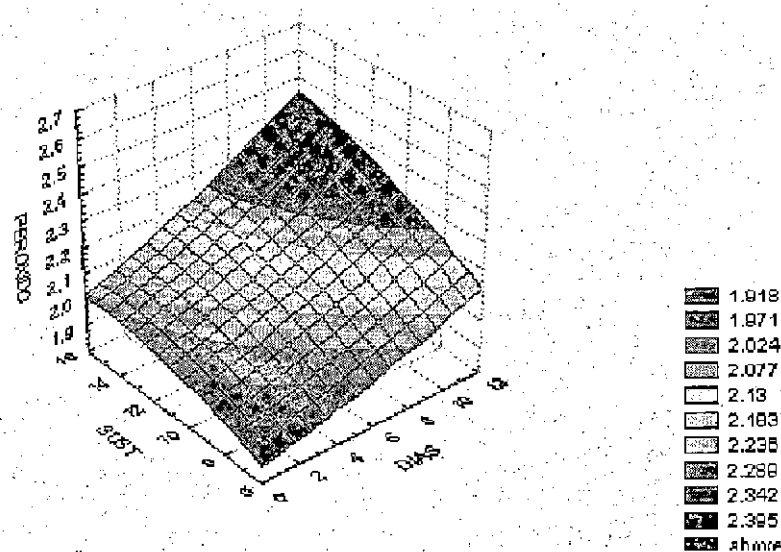


Figura 22. Índice de Peróxidos: Días vs Sustitución

En el Cuadro 22 observamos que los distintas temperaturas, niveles de sustitución y considerando una máximo de índice de peróxidos de 5 meq/kg de grasa extraíble, el tiempo de vida útil determinado fluctúa entre 103.7 a 112.2 días, valores que en alguna medida se ajustan a las exigencias del CENAN y el INS, (2008) quienes exigen un tiempo máximo de consumo de este tipo de productos de 3 meses dentro de los cuales consideran como aptos para consumo en grupos heteros que oscilan entre 7 a 13 años de edad.

**CUADRO 22.**  
**ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL POR LA CORRELACIÓN DEL ÍNDICE DE**  
**PERÓXIDOS**

TEMP °C	SUSITUCION (kilos)	Vida útil *	Límite de Peróxidos	vida útil días	Vida Útil en meses
15	15	178,9	5	106,4	3,5
15	15	164,3	5	106,4	3,5
15	7,5	237,3	5	112,2	3,7
15	7,5	186,2	5	112,2	3,7
25	15	105,9	5	103,7	3,5
25	15	109,5	5	103,7	3,5
25	7,5	171,6	5	109,5	3,6
25	7,5	127,8	5	109,5	3,6
35	15	54,8	5	101,0	3,4
35	15	51,1	5	101,0	3,4
35	7,5	98,6	5	106,7	3,6
35	7,5	87,6	5	106,7	3,6

\* Vida útil estimada por la metodología de reacción cinética de orden cero

En el Cuadro 23 se presenta, el análisis de varianza para evaluar la correlación entre los factores temperatura (T), nivel de sustitución (S) de harina sucedánea de cañihua por harina de trigo y días(D) de almacenamiento sobre la acidez de las galletas enriquecidas, los resultados muestran que existe una correlación significativa en el modelo, por tanto rechazamos la hipótesis nula de que la variabilidad en acidez sea explicable por razones por el azar, y admitimos que existe algún tipo de asociación y/o correlación entre la variable dependiente acidez y las variables independientes T, S y D con un nivel de confianza del 95.0%.

**CUADRO 23.**  
**ANÁLISIS DE VARIANZA PALA ACIDEZ DE LAS GALLETAS**

Fuente	SC	GL	CM	Fc	P-Valor
Modelo	0.00509525	3	0.00169842	321.66	0.0000
Residuo	0.00187973	356	0.00000528013		
Total	0.00697498	359			

R-cuadrado = 73.0504 porcentaje

Error estándar de est. = 0.00229785, Error absoluto medio = 0.00181294

Estadístico de Durbin-Watson = 0.461021 (P=0.0000)

Observando el estadístico del modelo de correlación múltiple entre T-S-D, el R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 73% de la variabilidad en la acidez durante las pruebas de almacenamiento de las galletas enriquecidas. Con una desviación estándar de los residuos de 0.00229785. Asimismo el estadístico de Durbin-Watson (DW) 0.461021 (P=0.0000) nos indica que existe una correlación positiva al nivel de confianza del 95.0%.

En el Cuadro 24 se presenta la evaluación de los coeficientes del modelo ajustado de regresión múltiple de T-S-D sobre el contenido de acidez de galletas enriquecidas, a Intervalos de confianza del 95.0% observando que la prueba de t y los coeficientes determinados son significativos e importantes y deben de ser considerados para pronosticar el incremento de acidez en galletas enriquecidas con cañihua para estimar su vida útil, en un conglomerado de factores de interés, debido a que la alta correlación de los coeficiente beta, en conjunto influenciaran sobre el incremento de acidez durante su almacenamiento, para determinar el incremento de acidez al 95% de confiabilidad, se debe emplear la formula,

Acidez =  $0.0695309 + 0.000359667 \cdot \text{temperatura} + 0.000310667 \cdot \text{sustitución} + 0.000711145 \cdot \text{días}$ ; La ecuación presentada explica que el la acidez, es influenciado en 0.000359667 por cada incremento en temperatura, mas 0.000310667 por cada kilo de sustitución mas 0.000711145 por cada día que permanece el alimento bajo condiciones aceleradas de almacenamiento.

#### CUADRO 24.

##### EVALUACIÓN DE LOS COEFICIENTES DEL MODELO AJUSTADO DE REGRESIÓN MÚLTIPLE DE T-S-D SOBRE EL ÍNDICE DE PERÓXIDOS A INTERVALOS DE CONFIANZA DEL 95.0%

Parámetro	Estimación	Límite Inferior	Límite Superior	Estadístico t	Valor-P
CONSTANTE	0.06953090	0.0683876	0.0706742	119.605	0.0000
Temperatura	0.00035966	0.0003304	0.0003888	24.2484	0.0000
Sustitución	0.00031066	0.0002471	0.000374	9.61955	0.0000
Días	0.00071114	0.0006282	0.0007940	16.8661	0.0000

En la Figura 23, observamos la dependencias de comportamiento de la acidez del producto frente a los días de almacenamiento vs la temperatura de almacenamiento, donde observamos que a medida que incrementa la temperatura, y transcurren los días de almacenamiento la acidez en el producto incrementa, lo mismo se puede observar cuando graficamos la dependencia la acidez, frente al nivel de sustitución vs temperatura (Figura 24) y la acidez frente a días vs el nivel de sustitución (Figura 25), en esta ultima observamos que en algún tiempo llegara a sobre pasar los limites permisibles de acides, influenciando directamente sobre la palatabilidad atribuyéndole mayor astringencia con sensación a acido.

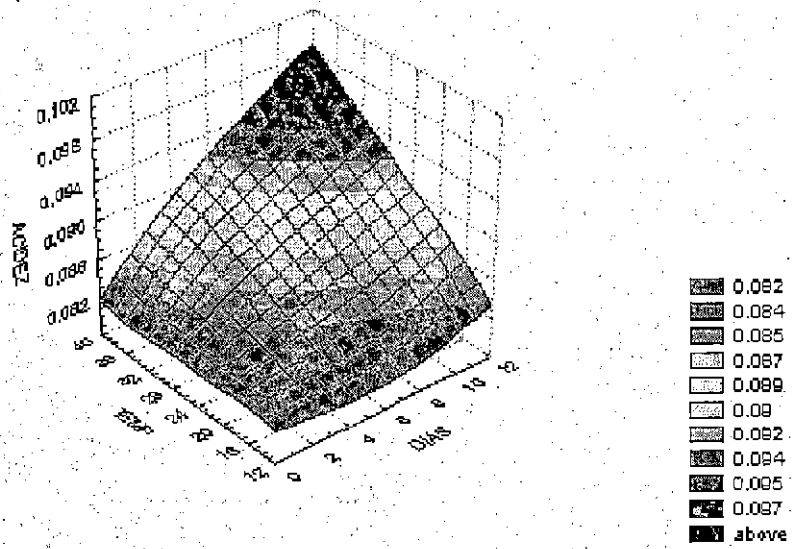


Figura 23. Porcentaje de Acidez: Días vs Temperatura

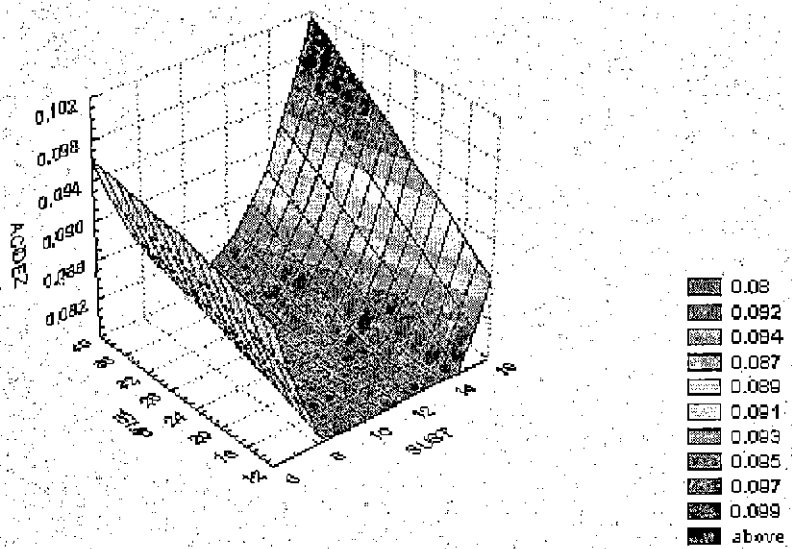


Figura 24. Porcentaje de Acidez: Sustitución vs Temperatura

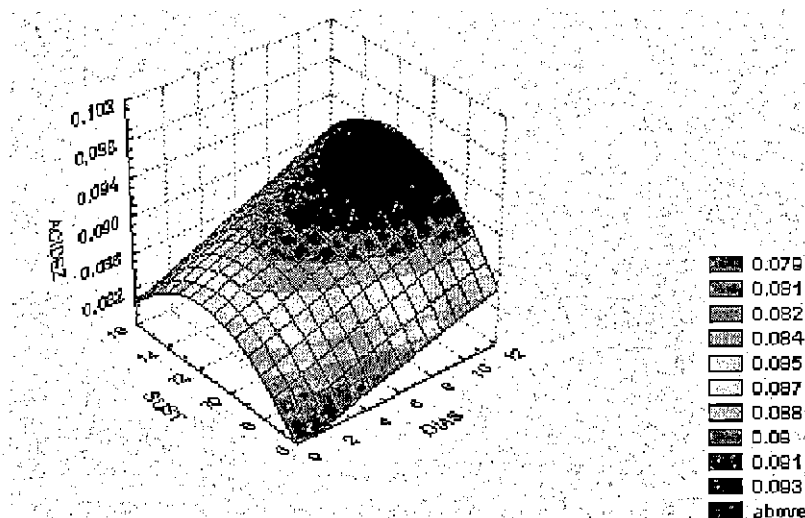


Figura 25. Porcentaje de Acidez Días vs Sustitución

En el Cuadro 25 observamos que los para las distintas temperaturas, niveles de sustitución y considerando una máximo de índice de acidez de 0,2% expresado en ácido sulfúrico, observándose que el tiempo de vida útil en función a la acidez titulable fluctúa entre 162.5 a 172.6 días de vida útil, valores que también se ajustan a las exigencias del CENAN y el INS, (2008).

**CUADRO 25.**  
**ESTIMACIÓN DE VIDA ÚTIL EN FUNCION A LA ACIDEZ**

TEMP °C	SUSITUCION (kilos)	vida util *	Limite de Peroxidos	vida util dias	Vida Utíl en meses
15	15	178.9	0.2	169.3	5.6
15	15	164.3	0.2	169.3	5.6
15	7.5	237.3	0.2	172.6	5.8
15	7.5	186.2	0.2	172.6	5.8
25	15	105.9	0.2	164.3	5.5
25	15	109.5	0.2	164.3	5.5
25	7.5	171.6	0.2	167.5	5.6
25	7.5	127.8	0.2	167.5	5.6
35	15	54.8	0.2	159.2	5.3
35	15	51.1	0.2	159.2	5.3
35	7.5	98.6	0.2	162.5	5.4
35	7.5	87.6	0.2	162.5	5.4



## CONCLUSIONES

De los resultados se concluye:

En la conservación de las galletas enriquecidas con kañihua, la temperatura, influencia directamente sobre el incremento de peróxidos y acidez, obteniéndose 2.18 meq/kg de grasa y 0.089% de acidez expresado en ácido sulfúrico a 35°C y 2.07 meq/kg de grasa y 0.082 % de acidez expresado en ácido sulfúrico a 15°C, con mayor incremento de acidez y peróxidos a sustitución S2 con menor deterioro del producto en envase de PPBL.

Por las pruebas aceleradas de vida útil se determinó para el nivel de sustitución S1 un máximo de 179 días de vida útil en PPBL y 164 días de vida útil para PPBO; para la sustitución S2, un máximo 237 días de vida en PPBL y 186 días en PPBO con relación al índice de peróxidos bajo una reacción de orden cero.

Por las pruebas aceleradas de vida útil en relación a la acidez titulable de las galletas enriquecidas, se determinó para el nivel de sustitución S1 un máximo de 540 días de vida útil en PPBL y 456 días de vida útil para PPBO; para la sustitución S2, un máximo de 558 días de vida en PPBL y 526 días en PPBO.

Por correlación múltiple, se estima tiempo de vida útil dentro de las exigencias establecidas por el Instituto Nacional de Salud y el CENAN, de 3.7 meses por el índice de peróxidos y 5.8 meses por el contenido de acidez titulable en galletas fortificadas al 95% de nivel de confianza.

## RECOMENDACIONES

Del estudio efectuado, se recomienda:

En estudios de vida útil con cultivos andinos, por los costos que esta implica, elegir el parámetro de calidad más adecuado, lo cual dependerá del conocimiento pleno de la composición del producto, es decir su composición, el proceso al que es sometido y los productos que se generan en cada etapa de la cadena alimentaria para su acertada elección y evaluación del parámetro de calidad determinante considerado como factor de calidad, ya que un estudio de esta envergadura implica un costo elevado.

Establecer e implementar con módulos de vida en anaquel para estudios de productos de la zona que se encuentran en el mercado para su mejor comprensión de los factores que influyen en su deterioro de la calidad.

Establecer modelos correlaciones, de preferencia si se tiene conocimiento pleno de las variables que afectan en su comportamiento para que estos sean confiables y valideros de preferencia por tipo de producto por ser complejos químicos compuestos y formados de naturalezas variadas.

## BIBLIOGRAFIA

- ACWORTH, I. N. Y B. BAILEY (1995) The Handbook of Oxidative Metabolism. ESA, Inc.
- AHMED, J., KAUR, A. Y SHIVHARE, U. S. (2002) Colour Degradation Kinetics of Sultana Grapes. J. Foods. Sci.
- ALEXANDER, J. C. (1986) Heated and oxidized fats. Editorial Alan R. Liss. New York (EE.UU). 209 pp.
- ALIZO, M.; MÁRQUEZ, E. (1994.) Estudios sobre las formas de presentación de una galleta nutritiva a base de proteína de plasma sanguíneo de bovino para niños de edad escolar. Rev. Científ. FCV-LUZ. IV(2):143-146.
- ARGAIZ, A. (1995) Cinética de primer cambio en sabor, desarrollo de sabor a cocido e inactivación de pectinestearasa en néctares y purés de mango y papaya. Revista Española de Tecnología de Alimentos. 35(1): 92-100.
- ARGAIZ, A. Y LÓPEZ-MALO, A. (1996) Kinetics of first change on flavor, cooked flavour development and pectinesterase inactivation on mango and papaya nectar y purees. Fruit Processing 6:145, 148-150.
- AUCEJO, S. (2000) Estudio y caracterización del efecto de la humedad en las propiedades barrera de estructuras poliméricas hidrofílicas. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- AURAND, L. W., WOODS, A. E. Y WELLS, M. R. (1987) Food composition and analysis. Van Nostrand Reinhold Co. New York, E. U. A. pp. 283-379.
- BADUI, D. S. (1999) Química de los Alimentos. Pearson Educación. México.
- BADUI, S. (1984) Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Alhambra. México. 6.
- BARRON, F.H., HARTE, B., GIACIN, J., HERNÁNDEZ, R. Y SEGERLIND, L. (1993) Finite element computer simulation of oxygen diffusion in packaged liquids. Packaging Technol. Sci., 6, 311-321.
- BATTERHAM ES Y DARNELL RE (1986) Effect of pressure and

- temperature on the availability of lysine in meat and bone meal as determined by slope-ratio assays with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *Br J Nutr*; 55, 441-453
- BELITZ HD Y GROSCH W, (1988) *Química de los Alimentos*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España; 19-20, 233.
- BELL, L. N., FU, B. Y LABUZA, T. P. (1992.) *Criteria for Experimental Kinetic Desing and Prediction of Food Shelf life*. CRP. Press, Boca Raton.
- BOTTA, J. R. 1995. *Evaluation of Seafood Freshness Quality*. VCH Publishers, Inc., New York.
- CAMERON, A.C., TALASILA, P.C. Y JOLES, D.W. (1995) Predicting film permeability needs for modified atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, 30, (1), 25-34.
- CANAHUA M. A., (2003) *Beneficios Nutritivos y formas de consumo de la quinua y kañihua*. Primera edición. Editorial lago azul. Puno - Peru
- CARDELLI, C. Y LABUZA, T. P. (2001) *Aplication of Weibull Hazard Análisis to the Determination of the Shel Life of Roasted and Ground Coffee*. *Lebensm – wiss. U. – Technol*.
- CARDELLI, C. Y LABUZA, T. P. (2003) *Predicting Algorithms for Oxigen Uptake and Shel Life of dry Foods and the Aplication to Coffee*.
- CARLIN, F., NGUYEN-THE, C., HILBERT, G. Y CHAMBROY, Y. (1990) Modified atmosphere packaging of fresh, "ready-to-use" grated carrots in polymeric films. *J. Food Sci.*, 55, (4), 1033-1038.
- CATALÁ, R. (1997) *La importancia del envasado en la comercialización de frutas y hortalizas*. URL: <http://www.horticom.com/fitech2/ponencia/rcatala.html>
- CATALÁ, R. Y GAVARA, R. (1996) Review: Alternative high barrier polymers for food packaging. *Food Sci. and Technol. Intern.* 2, 281-291.
- CATALA, R.; Gavara, R. (2001) New packages. From the passive protection to the active defense of the packed foods. *Arbor CLXVIII*, 661: 109-127.
- CHAN J.K, GILL TA Y PAULSON A.T. (1993) Thermal aggregation of

- myosin subfragments from cod and herring. *J Food Sci.* 58 (5): 1057 - 1061.
- CHEFTEL, J.; CHEFTEL, H. (1978) *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Vol II.* Acribia.
- CLYDESDALE, F.M. (1998) Color: origin, stability, measurement and quality. En *Food storage stability*, ed. I.A. Taub and R.P. Singh. CRC Press, Boca Raton, 175-190.
- COSTELL E., (1992) Influencia del Envase en la apetecibilidad de alimentos. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de alimentos* 32(5):493-507.
- CRUZ CASTELLANOS, J., (1997) Predicción de la vida en anaquel de jamón hipo sódico mediante modelos matemáticos. Instituto Tecnológico del Mar, XII Curso Internacional Tecnología de Procesamiento de productos pesqueros. Lima.
- DE MAN, M. J. (1980) *Principles of food chemistry.* The Avi Publishing Company Inc. Westport, Connecticut. EUA.
- DIRECTIVA 94/62/CE (1994) Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre, relativa a los envases y residuos de envases
- DONDERO M, (1990) *Bioquímica y tecnología de la aplicación del frío en alimentos.* Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso, Chile. pp 37-38, 41-43
- ELI, ATENCIA E. (2003) *Envase y Embalajes para Frutas y Hortalizas.* Tacna – Perú.
- ELLIS, M.; BERTOL, T. M. (2001) Efeitos do peso de abate sobre a qualidade de carne suína e da gordura. In: II. CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE CALIDAD DE CARNE, Concórdia. Embrapa: Suínos e aves.
- ESCARDINO, A. Y BERNA A. (2003) *Introducción a l'enginyeria dela reactors quimics.* Ed. Universitat de Valencia.
- ESKIN, N.A.M. y R. PRZYBYLSKI. (2000) Antioxidants and Shelf Life of Foods. En: N. A. M. Eskin y D. S. Robinson (eds.). *Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical and Microbiological Changes.* CRC Press, Boca Ratón, Florida.

- FAO (1993) Prevención de Pérdidas de Alimentos Poscosecha: Frutas, Hortalizas, Raíces y Tubérculos. Roma Italia.
- FAO (1992) Prevención de Pérdidas de Alimentos Poscosecha: Frutas, Hortalizas, Raíces y Tubérculos. Roma Italia.
- FENNEMA OR. (1985) Chemistry. 2th Ed. Marcel Dekker. Inc. U.S.A. pp246.
- FENNEMA, O. F. (2000) Food Chemistry. 3a Edit. Marcel Dekker, Inc. New York.
- FENNEMA, O. R. (1996) Food Chemistry. Marcel Dekker, Inc., New York.
- FERNANDES, L.I. Y MCLELLAN, M.R. (1992) Packaging effects on applesauce in multilayer polymeric films and glass. J. Food Sci., 57, (3), 671-674.
- FERNANDEZ, M. (2000) Review: Active food packaging. Food Science and Technology International, 6 (2): 97-108.
- FLICK, G. J., GI-PYO H. Y G. M. KNOBL. (1992) Lipid Oxidation of Seafood During Storage. En: A. J. St. Angelo (ed.). Lipid Oxidation in Food. American Chemical Society, Washington, D.C.
- GEKAS, V. (1992) Transport Phenomena of Foods and Biological Materials. CRC Press, Boca Raton.
- GOLDADE, V. A., ALESHKEVICH, E.N., BEZRUKOV, S.S., PINCHUK, L. S., RECHITS, G.V. Y KESTELMAN, V.N. (1995) Polymeric packaging film for food products. Packaging Technol. Sci., 8, 149-158.
- GUNAWAN, M. I. Y BARRINGER, S. A. (2000) Green Colour Degradation of Blanched Broccoli (*Brasica oleracea*) due to Acid and Microbial Growth. J. Foods Processing. And preservation.
- HALLIWELL, B. (1997). Antioxidants and human disease: a general introduction. Nutr. Rev Vol. 55: 544-552.
- HAMILTON, R. J. (1999) The Chemistry of Rancidity in Foods. En: J. C. Allen y J. H. Hamilton (eds.). Rancidity in Foods. Aspen Publishers, Inc., Maryland.
- HARRIS, P. Y J. TALL. (1999) Rancidity in Fish. En: J. C. Allen y J. H. Hamilton (eds.). Rancidity in Foods. Aspen Publishers, Inc., Maryland.

- HERNÁNDEZ, R. J. Y GIACIN, J. R. (1998) Factors affecting permeation, sorption and migration processes in package-product system. En Food storage stability, ed. I.A. Taub and R.P. Singh. CRC Press, Boca Raton, pp 269-329.
- HO, C.T. Y Q. CHEN. (1994) Lipids in Food Flavors. En: C. T. Ho y T. G. Thomas (eds.). Lipids in Food Flavors. American Chemical Society, Washington, D. C.
- HULTIN, H. O. (1992) Lipid Oxidation in Fish Muscle. En: G. J. Flick y R. E. Martin (eds.). Advances in Seafood Biochemistry: Composition and Quality. Technomic Publishing Company, Inc., Pennsylvania.
- IFT, (1974) Shelf life of foods. J. Food Sci.
- INDECOPI. (1992) Galletas - Requisitos. Norma Nacional 206 - 001. Perú.
- JAIME, M. P. (2002) Intercambio gaseoso en la conservación de productos vegetales en atmósferas protectoras. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- JAMIESON, M. F. S. (1975) Manejo de los Alimentos Vol I. Centro Regional de Ayuda Técnica. AIDF. Mexico.
- JENKINS, W.A. Y HARRINGTON, J.P. (1991) Packaging foods with plastics. Technomic Publishing Co. Inc. Lancaster (USA).
- JONSON J. R., BRADDOCK, R. J. Y CHEN, C. S. (1995) Kinetics of Ascorbic Acid loss and Nonsenzymatic browning in orange juice serum: experimental rate constants. J. Foods. Sci.
- KADER, A. A. (1992) Atmósferas modificadas durante el transporte y almacenamiento de frutas y hortalizas frescas. Alimentación, equipos y tecnología, Junio, 94-101.
- KAJIMOTO, G. (1976). Rancidity of fats and oils and their nutritive values. Kagaku To Kogyo (Osaka) Vol. 50: 165-171.
- KANNER, J., S. HAREL Y B. HAZAN. (1986) Muscle Membranal Lipid Peroxidation by an Iron Redox Cycle System: Initiation by Oxy Radicals and Site-Specific Mechanism. J. Agric. Food Chem. 34: 506-510.
- KARAHADIAN, C. Y R. C. LINDSAY. (1989) Role of Oxidative Processes in the Formation and Stability of Fish Flavors. En: Flavor Chemistry:

- Trends and Developments. M. J. Comstock (ed.). American Chemical Society, Washington, D. C.
- KAREL, M. (1984) Environmental effects on chemical changes in foods. Food Technol. 38, (3), 51.
- KOTSIANIS, I.S.; GIANNO, V. Y TZIA, C. (2002) Production and packaging of bakery products using MAP technology. Trends in Food Science & Technology, 13, pág. 319-324.
- KRAMER, A. Y TWINGG A. B. (1962) Fundamentals of Quality Control for the Food Industry Color and gloss. The Avi publishing company, Inc. Westport, Conn. EUA.
- KRAMER, A. Y TWINGG A. B. (1970) Fundamentals of Quality Control for the Food Industry Color and gloss. The Avi publishing company, Inc. Westport, Conn. EUA
- KULP, K. (1979) Staling of bread. QIB Research Departament Technical Bulletin Volumen I. Sigue 8, August.
- KWOK K-CH, SHIU Y-W, YEUNG C-H Y NIRANJAN K. (1998) Effect of thermal processing on available lysine, thiamine and riboflavin content in soymilk. J Sci Food Agric; 77: 473-478.
- LABUZA, T. p. (1985) An integrated Approach to Food Chemistry: Illustrative Cases, in Food Chemistry. Inc., New Cork
- LABUZA, T. P. (2003) Accelerated shelf life testing.
- LABUZA, T. P. y HYMAN, C. R. (1998) Moisture Migration and Control in Multi-Domain Foods.
- LAU CHANG, M., (1992) Determinación de la vida en anaquel mediante pruebas aceleradas en margarina vegetal. UNALM. Lima.
- LEE, L., ARUL, A., LENCKI, R. Y CASTAIGNE, F. (1995) A review on modified atmosphere packaging and preservation of fresh fruits and vegetables: physiological basis and practical aspects. Part I. Packag. Technol. Sci., 8, 315-331.
- LEWIS, M. Y HEPPELL N., (2000) Continuous Thermal Processing of Food. Pasteurization and UHT Sterilization. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland.
- LEY Nº 28477 (2005) Ley que declara a los cultivos, crianzas nativas y



especies silvestres usufructuadas Patrimonio Natural de la Nación  
Lima- Perú.

LINDSAY, R. C. FLAVOR OF FISH. (1994) En: Seafoods: Chemistry, Processing, Technology and Quality. F. Shahidi y J. R. Botta (eds.). Blackie Academic & Professional, Galsglow.

MÁRQUEZ, E.; BENÍTEZ, B.; MÉNDEZ, N.; RANGEL, L.; MEDRANO, I.; IZQUIERDO, P.; ROMERO, R.; CASTEJON, H. (1998) Características nutricionales de una galleta formulada con plasma sanguíneo de bovino como principal fuente proteica. Arch. Latin. Nutr. 48(3):250-255.

MARSH, K. S. (2001) Looking at packaging in a new way to reduce food losses. Food Technol. 55, (2), 48-52.

McDANIEL, M.R., LEDERER, C.L., FLORES, J.H. Y HEATHERBELL, D.A. (1990) Effect of sulphur dioxide and storage temperature on the sensory properties of clarified apple juice. J. Food Sci., 55, (3), 728-730,745.

MENESES V. (1994) Sustitución de harina de trigo (*triticum aestivum*) por harina de frijol ñuña (*phaseolus vulgaris L.*) en la elaboración de galletas dulces utilizando los métodos de horneado convencional y microondas. Tesis: Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM.Lima. Perú.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (1997) Compendio estadístico de producción de cultivos andinos

MIZHARI, S., LABUZA, T. P. Y KAREN, M. (1970) Feasibility of Accelerated Teca for Browning in Dehydrated Cabbage.

MONDY, N. I. Y LEJA, M. (1986) Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. J. Food Sci., 51: 355.

MORON, C., (1999) Importancia de los cultivos andinos en la seguridad alimentaria y nutrición. En: memorias reunión técnica y taller de formulación de proyecto regional sobre producción y nutrición humana en base a cultivos andinos. Arequipa-Perú, 20-24 de Julio 1998. Edit FAO, UNA, CIP. Universidad Nacional de San Agustín. Lima-Perú.

- NAGY, S. Y ROUSEFF, R. L. (1986) Charalambous G. Handbook of food and beverage stability, Chemical, biochemical, microbiological and nutritional aspects. Academic Press. pp. 719-743.
- NATH, N. Y RANGANNA S. (1981) Determination of thermal Schedule for acidified papaya. Journal of Food Technology. 46: 201,206,211.
- NAVAR, W. W. (1985) Lipids, in Foods Chemistry. New York.
- NIELSEN. T. J., JAGERSTAD, I. M., OSTE R. E. Y WESSLEN, B. O. (1992) Comparative Absortion of Low Molecular Aroma Compounds into Commonly used Food Packaging polymer films.
- NUÑEZ C. y CHUMBIRAY M. (1991) Determinación de vida en anaquel de productos alimenticios procesados mediante pruebas acelerada. Fundamentos teóricos de la vida en anaquel (SHELF-LIFE) de productos alimenticios. Universidad de Lima.
- NUÑEZ, C. (1998) Deshidratación y Determinación de vida en anaquel de productos agrícolas. Puno.
- O'NEIL, C. A., Y SCHWARTZ S. J. (1992) Chromatographic analysis of cis/trans carotenoid isomers. J. Chromatogr. 624: 235-252. Citado por Fennema 2000.
- ORTOLA, C., AND C. SANTACREU. (1998) Principios de aplicacio´n del envasado en atmo´sfera modificada a los productos de panificacio´n y bollería. Aliment. Equip. Tecnol. 7:111-117.
- OTHON SERNA SALDIVAR, S. R. 1996. Quimica, Almacenamiento e Industrializacio´n de los Cereales. A.G.T Editor, S.A. Mexico.
- PEISER, G. and YANG, S. F. (1979) Ethylene production sulfur dioxide injured plants. Plant Physiol. 63: 1142-1145.
- PELLEGRINO, N.; ALDAO, M.; SAMBUCETTI, M.E.; DE PORTELA, M. L. (2004) Fortificacio´n proteica de alimentos a partir de harina de trigo. Panad. Latinoamer. 167:1-7.
- PHILLIPS RD Y FINLEY JW. (1989) Protein quality and the effects of processing. Marcel Dekker, Inc, U.S.A. pp 1-7, 125-143.
- PIKE, O. A. (2003) Fat Characterization. En: S. S. Nielsen (ed.). Food Analysis, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York.
- POTTER, NORMAN (1986) Food Ciencia. 4th Editions, The avi Publishing

Company, Westport, Conn.

PRICE, J. M. (1994) *Envasado de los Alimentos en Atmósferas Modificadas*. Ediciones Madrid.

PYLER E.J. WATER. (1973) En: *Baking science and technology*. 1º ed. Chicago: Siebel Publishing Company. ; p. 546-585.

RICHARDSON, K. C. (1976) *Shelf Life of Packaged Foods*. CSIRO Fd Res. Q.

RODRIGO, M., LORENZO P. Y SAFÓN J., 1980. Optimización de las Técnicas de Esterilización de Alimentos por Calor. II. Concepto Actualizado de la Esterilización por Calor y Efectos de la misma sobre los alimentos. *Cinética y Parámetros. Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. 20(4): 425- 443.

ROJAS, A. M. Y GERSCHENSON, L. N. (1997) Ascorbic acid destruction in sweet aqueous model systems. *Lebensm-Wiss. Und. Technol.* 30:567-572. En iversen C. K. 1999. Black currant nectar : Effect of processing and storage on anthocianin and ascorbic acid content. *J. Food Sci.* 64(1):37-41.

ROSSELLÓ, C., MULET, A., SIMAL, S., TORRES, A. Y CAÑELLAS, J. (1994) Quality of dried apricots: effect of storage temperature, light and SO<sub>2</sub> content. *J. Sci. Food Agric.* 65, 121-124

RUSELL, L. F. (1986) High performance liquid chromatographic determination of vitamin C in fresh tomatoes. *J. Food Sci.* 51: 1567.

SAENZ, C. SEPULVEDA, ARAYA E, CALVA C. (1993) Color changes in concentrated juices of prickly pear(*Opuntia ficus indica*)during storage at different temperatures. *Lebensm. Wiss.-U- Technol.* 26:417-421. Frozen soursop puree. *J. Agriculture University Puerto Rico*. 54(2)220-236. Citado por Umme et al 2001.

SAGUY, I. Y KAREN, M. (1980) Modeling of Quality Deteriorating During Food Processing and Storage. *Food Technol.*

SALUNKHE, D.K. ET AL., (1990) En: *Dietary Tannins: Consequences and Remedies*. CRC Press.

SALUNKHE, D.K., DO, J.Y. Y BOLIN, H.R. (1973) Developments in technology and nutritive value of dehydrated fruits, vegetables and

- their products. *CRC Crit. Rev. Food Technol.*, November, 153-192.
- SAMANIEGO-ESGUERRA, C.M., BOAG, I.F. Y ROBERTSON, G.L. (1991) Kinetics of quality deterioration in dried onions and green beans as a function of temperature and water activity. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 24, (1), 53-58.
- SAUER, B. D., R. A. MERONUCK, AND C. M. CHRISTENSEN. (1992) Microflora. In: *Storage of Cereal Grains and Their Products*. 4th ed. Sauer, D. B. (ed.). Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, Minnesota. USA. pp: 313-340.
- SAUER, D. B., R. A. MERONUCK, AND C. M. CHRISTENSEN. (1992) Microflora. In: *Storage of Cereal Grains and Their Products*. Sauer, D. B. (ed.). 4 th ed. Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, Minn. pp: 313-340.
- SAVOIE, E., GAGNON, J.C., DOYON, G. J. y Brunet, F. (1993) Evaluation of the ethylene permeability of polyvinyl chloride (PVC). *Packaging Technol. Sci.*, 6, 195-202
- SINGH, R.P. (1994) Scientific principles of shelf life evaluation. En *Shelf life evaluation of foods*, ed. C.M.D. Man and A.A. Jones. Blackie Academic & Professional, London, pp 3-26.
- TAPIA, M. C., (1999) Valor Nutritivo y Patrones de Consumo. En cultivos andinos sub explotados y su aporte a la alimentacion. Editorial, Oficina Regional de la FAO para America Latina. Santiago de Chile.g
- TATUM, J. H., NAGY, S. Y BERRY, R. E. (1975) Degradation products formed in canned single strength orange juice during storage. *J. Food Sci.* 40: 707.
- TOROKY, T. Y A. KING. (1991) Thermal Inactivation Kinetics of Food Borne Yeasts. *Journal of Food Science* 56(1): 6-9.
- VAN WILLIGE, R. W. G. (2002) Effects of Flavour Absortion on Foods and their Packaging Materials. Tesis doctoral. Universidad de Wageningen, The Netherlands.
- VERCELLOTTI, J. R., A. J. ST. ANGELO Y A. M. SPANIER (1992) Lipid Oxidation in Foods: an Overview. En: A. J. St. Angelo (ed.). *Lipid*

Oxidation in Food. American Chemical Society, Washington, D.C.

VICARIO ROMERO, M. I. (1993) El ensayo del ácido 2-tiobarbitúrico (ATB) para medir la degradación autooxidativa de aceites vegetales comestibles. Editorial Universidad de Sevilla. 150 pp.

VILLOTA, R. Y HAWKES, J. G. (1992) Reaction kinetics in food systems and Handbook of Foods Engineering. New York.

VILLOTA, R., SAGUY, I. Y KAREN, M. (1980) An Equation Correlating Shelf Life of the Hydrated. Vegetable products with storage conditions. J. Food Sci.

ZUCCARELLI TERESA, WALDO JAÑA, BERNARDETTE HOURTON Y HERMANN SCHMIDT- HEBBEL. (1984) Estudio bromatológico de dos tipos de galletas con cobertura grasa. Revista Chilena de Nutrición. Vol.12 N° 3.Diciembre. pp. 208-211.

## ANEXO 1.

TABLA 1. FORMULAS DE LAS GALLETAS ENRIQUECIDAS CON CAÑIHUA

INSUMOS	Sustitución S1 (Kg)	%	Sustitución S2 (Kg)	%
Harina de Trigo	44,00	52,145	44,00	57,232
Harina de Soya	3,00	3,555	3,00	3,902
Harina de Cañihua	15,00	17,777	7,50	9,755
Azúcar rubia	8,50	10,073	8,50	11,056
Manteca	10,00	11,851	10,00	13,007
Leche des. Polvo	2,50	2,963	2,50	3,252
Lecitina de soja	0,30	0,356	0,30	0,390
Bicarbonato de Sodio	0,35	0,415	0,35	0,455
Bicarbonato de Amonio	0,35	0,415	0,35	0,455
Sulfato Ferrero	0,01	0,012	0,01	0,013
Cloruro de sodio (Sal)	0,20	0,237	0,20	0,260
Esencia vainilla	0,17	0,201	0,17	0,221
<b>TOTAL</b>	<b>84,38000</b>	<b>100,00</b>	<b>76,88000</b>	<b>100,00</b>

TABLA 2. CALCULO DEL RATIO QUIMICO DE LA SUSTITUCION S1

Alimento	Cantidad (gr)	Proteínas (gr)	N (gr)	Lisina (mg)	Met + Cis (mg)	Treonina (mg)	Triptófano (mg)
Trigo	52,145	5,475	0,876	113,885	219,009	147,174	58,694
Soya	3,555	1,138	0,182	71,903	35,861	44,962	15,655
Kañihua	17,777	2,489	0,398	164,854	87,205	118,265	27,078
L.D.P	2,963	1,019	0,160	72,366	35,145	42,014	14,218
<b>Totales</b>	<b>76,440</b>	<b>10,121</b>	<b>1,616</b>	<b>423,008</b>	<b>377,220</b>	<b>352,415</b>	<b>115,644</b>
<b>Aminoácidos por gramo de Nitrógeno</b>				261,759	233,425	218,076	71,561
<b>Computo de aminoácidos</b>				<b>0,7211</b>	<b>1,4963</b>	<b>1,0238</b>	<b>1,0371</b>

\* Leche descremada En polvo

TABLA 3. CALCULO DEL APORTE NUTRICIONAL DE LA SUSTITUCION S1

Alimento	Cantidad (gr)	Kcal	Proteínas	Grasas	Carbohidratos
H. Trigo	52,145	182,508	5,475	1,043	39,005
H. Soya	3,555	13,431	1,138	0,356	1,100
H. cañihua	17,777	62,663	2,489	0,800	11,377
Azucar	10,073	38,279	-	-	9,902
Manteca	11,851	103,698	-	11,733	
Leche des. Polv.	2,963	10,548	1,019	0,039	1,597
<b>APORTE DE MACRONUTRIENTES EN 100 g</b>			<b>PROTEINAS</b>	<b>GRASAS</b>	<b>ELN</b>
			10,121	13,970	62,980
<b>KILOCAL PROVENIENTE DE</b>			40,484	125,73	251,922
<b>KILOCAL TOTAL EN 100 gramos</b>					418,131
<b>APORTE DE MACRONUTRIENTES EN 70 g</b>			<b>PROTEINAS</b>	<b>GRASAS</b>	<b>ELN</b>
			7,085	9,779	44,086
<b>KILOCAL PROVENIENTE DE</b>			28,338	88,01	176,345
<b>KILOCAL TOTAL EN 70 gramos</b>					292,692
<b>Porcentaje %</b>			9,682	30,069	60,249

TABLA 4. CALCULO DEL RATIO QUIMICO DE LA SUSTITUCION S2

Alimento	Cantidad (gr)	Proteínas (gr)	N (gr)	Lisina (mg)	Met+ Cis (mg)	Treonina (mg)	Triptófano (mg)
Trigo	57,232	6,009	0,961	124,995	240,375	161,532	64,420
Soya	3,902	1,249	0,200	78,918	39,359	49,349	17,182
Kañihua	9,755	1,366	0,219	90,468	47,856	64,901	14,860
L.D.P.	3,252	1,119	0,175	79,426	38,573	46,113	15,605
<b>Totales</b>	<b>74,142</b>	<b>9,742</b>	<b>1,555</b>	<b>373,8068</b>	<b>366,1633</b>	<b>321,8941</b>	<b>112,0667</b>
<b>Aminoácidos por gramo de Nitrógeno</b>				240,3677	235,4527	206,9864	72,0618
<b>Computo de aminoácidos</b>				<b>0,6622</b>	<b>1,5093</b>	<b>0,9718</b>	<b>1,0444</b>

\* Leche descremada En polvo

TABLA 5. CALCULO DEL APORTE NUTRICIONAL DE LA SUSTITUCION S2

Alimento	Cantidad (gr)	kcal	Proteínas	Grasas	Carbohidratos
H. Trigo	57,232	200,312	6,009	1,145	42,810
H. Soya	3,902	14,742	1,249	0,390	1,207
H. kañihua	9,755	34,388	1,366	0,439	6,243
Azucar	11,056	42,014			10,868
Manteca	13,007	113,814		12,877	
Leche des. Polv.	3,252	11,576	1,119	0,042	1,753
<b>APORTE DE MACRONUTRIENTES EN 100 g</b>			<b>PROTEINAS</b>	<b>GRASAS</b>	<b>ELN</b>
			9,742	14,893	62,881
<b>KILOCAL PROVENIENTE DE</b>			38,970	134,04	251,524
<b>KILOCAL TOTAL EN 100 gramos</b>					424,534
<b>APORTE DE MACRONUTRIENTES EN 70 g</b>			<b>PROTEINAS</b>	<b>GRASAS</b>	<b>ELN</b>
			6,820	10,425	44,017
<b>KILOCAL PROVENIENTE DE</b>			27,279	93,83	176,067
<b>KILOCAL TOTAL EN 70 gramos</b>					297,174
<b>Porcentaje %</b>			9,179	31,573	59,247

## ANEXO 2.

**TABLA 6. RESULTADOS DEL ANALISIS DE ACIDEZ E INDICE DE PEROXIDOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO BAJO PRUEBAS ACELERADAS DE GALLETAS ENRIQUECIDAS CON KANIHUA**

Sustitucion	S1						S2					
Envase	POLIPROPILENO BILAMINADO			POLIPROPILENO BIORENTADO			POLIPROPILENO BILAMINADO			POLIPROPILENO BIORENTADO		
Temperatura	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C	15°C	25°C	35°C
<b>INDICE DE PEROXIDOS Meq/Kg de grasa</b>												
0	2.0300	2.0300	2.0300	2.0300	2.0300	2.0300	1.9300	1.9300	1.9300	1.9300	1.9300	1.9300
1	2.0300	2.0483	2.0666	2.0300	2.0766	2.1800	1.9300	1.9467	1.9600	1.9333	1.9700	1.9733
2	2.0311	2.0863	2.1130	2.0303	2.1133	2.2266	1.9353	1.9967	1.9897	1.9366	1.9733	1.9866
3	2.0312	2.0966	2.1233	2.0500	2.1800	2.2466	1.9383	2.0100	1.9900	1.9366	1.9800	2.0100
4	2.0420	2.1366	2.2000	2.0500	2.2266	2.3466	1.9420	2.0533	2.0003	1.9366	1.9900	2.0400
5	2.1000	2.2100	2.3166	2.0780	2.2466	2.3700	1.9580	2.0750	2.0903	1.9400	2.0230	2.0766
6	2.1100	2.2366	2.3900	2.0850	2.2533	2.4166	1.9600	2.0790	2.1200	1.9466	2.0300	2.0900
7	2.1400	2.2433	2.4366	2.1000	2.2600	2.4433	1.9800	2.0820	2.1600	1.9500	2.0700	2.1000
8	2.1400	2.2466	2.4533	2.1800	2.2633	2.5500	1.9800	2.0820	2.1900	2.1000	2.1000	2.2000
9	2.1600	2.2533	2.4540	2.2000	2.2666	2.6000	2.1000	2.0827	2.1900	2.1000	2.2000	2.3000
<b>ACIDEZ%</b>												
0	0.0810	0.0813	0.0806	0.0813	0.0813	0.0813	0.0823	0.0823	0.0823	0.0823	0.0823	0.0823
1	0.0810	0.0848	0.0889	0.0813	0.0856	0.0896	0.0823	0.0826	0.0836	0.0823	0.0826	0.0836
2	0.0810	0.0865	0.0900	0.0813	0.0865	0.0916	0.0823	0.0830	0.0853	0.0823	0.0836	0.0853
3	0.0810	0.0873	0.0913	0.0813	0.0876	0.0923	0.0823	0.0830	0.0866	0.0823	0.0836	0.0866
4	0.0810	0.0877	0.0916	0.0813	0.0880	0.0926	0.0823	0.0830	0.0870	0.0823	0.0840	0.0870
5	0.0810	0.0879	0.0923	0.0815	0.0882	0.0940	0.0824	0.0840	0.0886	0.0823	0.0853	0.0886
6	0.0810	0.0890	0.0936	0.0815	0.0893	0.0948	0.0824	0.0843	0.0890	0.0823	0.0863	0.0890
7	0.0820	0.0892	0.0947	0.0810	0.0895	0.0950	0.0826	0.0856	0.0933	0.0823	0.0870	0.0910
8	0.0830	0.0896	0.0951	0.0830	0.0900	0.0963	0.0850	0.0866	0.0932	0.0830	0.0873	0.0930
9	0.0830	0.0913	0.0970	0.0850	0.0916	0.0966	0.0840	0.0873	0.0938	0.0860	0.0883	0.0900



TABLA 7. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PEROXIDOS

Fuente	Gl	S.C.	CM	Razón-F	Valor-P
<b>COVARIABLES</b>					
Días	1	2.43747	2.43747	780.35	0.0000 **
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
T: temperatura	2	1.4555	0.727749	232.99	0.0000 **
E: envase	1	0.0440011	0.0440011	14.09	0.0002 **
S: sustitución	1	2.46578	2.46578	789.41	0.0000 **
<b>INTERACCIONES</b>					
TE	2	0.0253212	0.0126606	4.05	0.0182 *
TS	2	0.217408	0.108704	34.80	0.0000 **
ES	1	0.0349281	0.0349281	11.18	0.0009 **
TES	2	0.0181518	0.00907591	2.91	0.0560 n.s.
RESIDUOS	347	1.08388	0.00312358		
TOTAL	359	7.78245			

TABLA 8. MEDIAS PARA PERÓXIDOS

Nivel	Casos	Media	Error estd.	L. inferior	L Superior
MEDIA GLOBAL	360	2.10434			
Temperatura (T)					
15	120	2.0273	0.00510194	2.01727	2.03733
25	120	2.10271	0.00510194	2.09267	2.11274
35	120	2.18303	0.00510194	2.17299	2.19306
Envase (E)					
1	180	2.09329	0.00416572	2.0851	2.10148
2	180	2.1154	0.00416572	2.10721	2.12359
Sustitución (S)					
7.5	180	2.02158	0.00416572	2.01339	2.02978
15	180	2.18711	0.00416572	2.17891	2.1953
Temperatura por Envase					
15,1	60	2.0234	0.00721524	2.00921	2.03759
15,2	60	2.0312	0.00721524	2.01701	2.04539
25,1	60	2.09627	0.00721524	2.08208	2.11046
25,2	60	2.10915	0.00721524	2.09496	2.12334
35,1	60	2.1602	0.00721524	2.14601	2.17439
35,2	60	2.20585	0.00721524	2.19166	2.22004
Temp. por Sustitución					
15,7.5	60	1.96818	0.00721524	1.95399	1.98237
15,15	60	2.08642	0.00721524	2.07223	2.10061
25,7.5	60	2.03018	0.00721524	2.01599	2.04437
25,15	60	2.17523	0.00721524	2.16104	2.18942
35,7.5	60	2.06638	0.00721524	2.05219	2.08057
35,15	60	2.29967	0.00721524	2.28548	2.31386
Envase por Sustitución					
1,7.5	90	2.02038	0.00589122	2.00879	2.03196
1,15	90	2.1662	0.00589122	2.15461	2.17779
2,7.5	90	2.02279	0.00589122	2.0112	2.03438
2,15	90	2.20801	0.00589122	2.19642	2.2196

TABLA 9. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA ACIDEZ

Fuente	Gl	S.C	C.M.	Razón-F	Valor-P
<b>COVARIABLES</b>					
Días	1	0.00150201	0.00150201	460.06	0.0000
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
T: temperatura	2	0.00311133	0.00155567	476.50	0.0000
E: envase	1	4.13444E-7	4.13444E-7	0.13	0.7222
S: sustitución	1	0.000488601	0.000488601	149.66	0.0000
<b>INTERACCIONES</b>					
TE	2	0.0000372534	0.0000186267	5.71	0.0036
TS	2	0.000596382	0.000298191	91.34	0.0000
ES	1	0.0000314471	0.0000314471	9.63	0.0021
TES	2	0.0000746557	0.0000373279	11.43	0.0000
<b>RESIDUOS</b>	347	0.00113289	0.0000032648		
<b>TOTAL</b>	359	0.00697498			

TABLA 10. MEDIAS PARA ACIDEZ AL 95% DE NIVEL DE CONFIANZA

Nivel	Casos	Media	Error estd	L. inferior	L. superior
<b>MEDIA GLOBAL</b>	360	0.0859289			
<b>Temperatura (T)</b>					
15	120	0.0822358	0.000164944	0.0819114	0.0825603
25	120	0.0861217	0.000164944	0.0857972	0.0864461
35	120	0.0894292	0.000164944	0.0891047	0.0897536
<b>Envase (E)</b>					
1	180	0.0859628	0.000134677	0.0856979	0.0862277
2	180	0.085895	0.000134677	0.0856301	0.0861599
<b>Sustitución (S)</b>					
7.5	180	0.0847639	0.000134677	0.084499	0.0850288
15	180	0.0870939	0.000134677	0.086829	0.0873588
<b>Temperatura por Envase</b>					
15,1	60	0.082155	0.000233267	0.0816962	0.0826138
15,2	60	0.0823167	0.000233267	0.0818579	0.0827755
25,1	60	0.0858317	0.000233267	0.0853729	0.0862905
25,2	60	0.0864117	0.000233267	0.0859529	0.0868705
35,1	60	0.0899017	0.000233267	0.0894429	0.0903605
35,2	60	0.0889567	0.000233267	0.0884979	0.0894155
<b>Temperatura por Sustitución</b>					
15,7.5	60	0.0827883	0.000233267	0.0823295	0.0832471
15,15	60	0.0816833	0.000233267	0.0812245	0.0821421
25,7.5	60	0.08462	0.000233267	0.0841612	0.0850788
25,15	60	0.0876233	0.000233267	0.0871645	0.0880821
35,7.5	60	0.0868833	0.000233267	0.0864245	0.0873421
35,15	60	0.091975	0.000233267	0.0915162	0.0924338
<b>Envase por Sustitución</b>					
1,7.5	90	0.0850933	0.000190461	0.0847187	0.0854679
1,15	90	0.0868322	0.000190461	0.0864576	0.0872068
2,7.5	90	0.0844344	0.000190461	0.0840598	0.084809
2,15	90	0.0873556	0.000190461	0.086981	0.0877302

TABLA 11. PRUEBAS DE MÚLTIPLE RANGOS PARA ACIDEZ POR ENVASE

envase	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
PPBO	180	0.085895	0.000134677	a
PPBL	180	0.0859628	0.000134677	a

## ANEXO 3.

TABLA 12. VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBL-S1-ORDEN CERO

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero
0	2.0300	2.006	0	2.0300	2.031	0	2.0300	2.011
1	2.0300	2.022	1	2.0483	2.060	1	2.0666	2.066
2	2.0311	2.039	2	2.0863	2.088	2	2.1130	2.121
3	2.0312	2.056	3	2.0966	2.116	3	2.1233	2.176
4	2.0420	2.073	4	2.1366	2.145	4	2.2000	2.231
5	2.1000	2.090	5	2.2100	2.173	5	2.3166	2.286
6	2.1100	2.107	6	2.2366	2.201	6	2.3900	2.341
7	2.1400	2.124	7	2.2433	2.230	7	2.4366	2.396
8	2.1400	2.140	8	2.2466	2.258	8	2.4533	2.450
9	2.1600	2.157	9	2.2533	2.286	9	2.4540	2.505
Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos
177		4.9868	104		4.9787	54		4.9758
rate const (k)		0.0168428	rate const (k)		0.0283412	rate const (k)		0.0548976
r <sup>2</sup>		0.8967076	r <sup>2</sup>		0.9350175	r <sup>2</sup>		0.9544901
r <sup>2</sup> at chosen order		0.96279	order (n)		0	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		10.398723	Q10 @ 18°C		1.817
r <sup>2</sup> at order 0		0.96279	Kcal/mole			k @ 18°C		0.01973

TABLA 13. VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBL-S1-ORDEN UNO

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO
0	2.0300	2.007	0	2.0300	2.033	0	2.0300	2.018
1	2.0300	2.023	1	2.0483	2.060	1	2.0666	2.068
2	2.0311	2.039	2	2.0863	2.087	2	2.1130	2.119
3	2.0312	2.056	3	2.0966	2.115	3	2.1233	2.172
4	2.0420	2.072	4	2.1366	2.143	4	2.2000	2.225
5	2.1000	2.089	5	2.2100	2.171	5	2.3166	2.280
6	2.1100	2.106	6	2.2366	2.200	6	2.3900	2.337
7	2.1400	2.123	7	2.2433	2.229	7	2.4366	2.394
8	2.1400	2.140	8	2.2466	2.259	8	2.4533	2.453
9	2.1600	2.158	9	2.2533	2.289	9	2.4540	2.514
Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos
113		4.9942	68		4.9850	37		4.9793
rate const (k)		0.0080694	rate const (k)		0.0131915	rate const (k)		0.024407
r <sup>2</sup>		0.8998962	r <sup>2</sup>		0.9302186	r <sup>2</sup>		0.9511879
R <sup>2</sup> at chosen order		0.96061	order (n)		1	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		9.7415759	Q10 @ 18°C		1.750
R <sup>2</sup> at order 0		0.96279	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00937

**TABLA 14. VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBO-S1-ORDEN CERO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero
0	2.0300	2.000	0	2.0300	2.071	0	2.0300	2.086
1	2.0300	2.018	1	2.0766	2.098	1	2.1800	2.143
2	2.0303	2.037	2	2.1133	2.125	2	2.2266	2.199
3	2.0500	2.056	3	2.1800	2.152	3	2.2466	2.256
4	2.0500	2.074	4	2.2266	2.178	4	2.3466	2.313
5	2.0780	2.093	5	2.2466	2.205	5	2.3700	2.369
6	2.0850	2.111	6	2.2533	2.232	6	2.4166	2.426
7	2.1000	2.130	7	2.2600	2.258	7	2.4433	2.482
8	2.1800	2.148	8	2.2633	2.285	8	2.5500	2.539
9	2.2000	2.167	9	2.2666	2.312	9	2.6000	2.596
Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos
161		4.9866	109		4.9849	51		4.9722
rate const (k)		0.0185513	rate const (k)		0.0267301	rate const (k)		0.0565861
R <sup>2</sup>		0.8357173	r <sup>2</sup>		0.8527588	r <sup>2</sup>		0.9696025
R <sup>2</sup> at chosen order		0.96615	order (n)		0	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		9.7902072	Q <sub>10</sub> @ 18°C		1.755
R <sup>2</sup> at order 0		0.96615	Kcal/mole			k @ 18°C		0.02067

**TABLA 15. VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBO-S1-ORDEN UNO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO
0	2.0300	2.001	0	2.0300	2.072	0	2.0300	2.093
1	2.0300	2.019	1	2.0766	2.097	1	2.1800	2.144
2	2.0303	2.037	2	2.1133	2.123	2	2.2266	2.197
3	2.0500	2.055	3	2.1800	2.150	3	2.2466	2.251
4	2.0500	2.073	4	2.2266	2.177	4	2.3466	2.307
5	2.0780	2.092	5	2.2466	2.204	5	2.3700	2.364
6	2.0850	2.110	6	2.2533	2.231	6	2.4166	2.422
7	2.1000	2.129	7	2.2600	2.259	7	2.4433	2.482
8	2.1800	2.148	8	2.2633	2.287	8	2.5500	2.543
9	2.2000	2.167	9	2.2666	2.315	9	2.6000	2.605
Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos
103		4.9659	71		4.9811	35		4.9072
rate const (k)		0.0088223	rate const (k)		0.0123571	rate const (k)		0.0243497
R <sup>2</sup>		0.8428866	r <sup>2</sup>		0.8420084	r <sup>2</sup>		0.9659364
R <sup>2</sup> at chosen order		0.96399	order (n)		1	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		8.9133109	Q <sub>10</sub> @ 18°C		1.669
R <sup>2</sup> at order 0		0.96615	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00975

**TABLA 16. VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBL-S2-ORDEN CERO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero
0	1.9300	1.906	0	1.9300	1.953	0	1.9300	1.918
1	1.9300	1.919	1	1.9467	1.971	1	1.9600	1.950
2	1.9353	1.932	2	1.9967	1.989	2	1.9897	1.982
3	1.9383	1.946	3	2.0100	2.007	3	1.9900	2.014
4	1.9420	1.959	4	2.0533	2.025	4	2.0003	2.046
5	1.9580	1.972	5	2.0750	2.043	5	2.0903	2.078
6	1.9600	1.985	6	2.0790	2.061	6	2.1200	2.110
7	1.9800	1.998	7	2.0820	2.079	7	2.1600	2.142
8	1.9800	2.012	8	2.0820	2.097	8	2.1900	2.174
9	2.1000	2.025	9	2.0827	2.115	9	2.1900	2.206
Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos
233		4.9903	168		4.9833	96		4.9910
rate const (k)		0.0132384	rate const (k)		0.0180404	rate const (k)		0.0320101
r <sup>2</sup>		0.6200616	r <sup>2</sup>		0.8532412	r <sup>2</sup>		0.9542554
r <sup>2</sup> at chosen order		0.90906	order (n)		0	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0.75	activ. energy (Ea)		7.754997	Q10 @ 18°C		1.561
r <sup>2</sup> at order 0.75		0.90923	Kcal/mole			k @ 18°C		0.01452

**TABLA 17. VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBL-S2-ORDEN UNO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO
0	1.9300	1.907	0	1.9300	1.953	0	1.9300	1.921
1	1.9300	1.920	1	1.9467	1.970	1	1.9600	1.951
2	1.9353	1.932	2	1.9967	1.988	2	1.9897	1.982
3	1.9383	1.945	3	2.0100	2.006	3	1.9900	2.013
4	1.9420	1.958	4	2.0533	2.024	4	2.0003	2.044
5	1.9580	1.971	5	2.0750	2.042	5	2.0903	2.076
6	1.9600	1.984	6	2.0790	2.060	6	2.1200	2.108
7	1.9800	1.998	7	2.0820	2.079	7	2.1600	2.141
8	1.9800	2.011	8	2.0820	2.098	8	2.1900	2.175
9	2.1000	2.024	9	2.0827	2.116	9	2.1900	2.209
Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos
145		4.9894	105		4.9973	61		4.9471
rate const (k)		0.0066329	rate const (k)		0.0089493	rate const (k)		0.0155072
r <sup>2</sup>		0.6259992	r <sup>2</sup>		0.8456955	r <sup>2</sup>		0.9558204
r <sup>2</sup> at chosen order		0.90921	order (n)		1	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0.75	activ. energy (Ea)		7.4596167	Q10 @ 18°C		1.535
r <sup>2</sup> at order 0.75		0.90923	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00725

**TABLA 18. VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBO-S2-ORDEN CERO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden Cero
0	1.9300	1.895	0	1.9300	1.917	0	1.9300	1.914
1	1.9333	1.912	1	1.9700	1.942	1	1.9733	1.948
2	1.9366	1.929	2	1.9733	1.966	2	1.9866	1.983
3	1.9366	1.946	3	1.9800	1.990	3	2.0100	2.018
4	1.9366	1.962	4	1.9900	2.014	4	2.0400	2.053
5	1.9400	1.979	5	2.0230	2.039	5	2.0766	2.088
6	1.9466	1.996	6	2.0300	2.063	6	2.0900	2.123
7	1.9500	2.013	7	2.0700	2.087	7	2.1000	2.158
8	2.1000	2.030	8	2.1000	2.112	8	2.2000	2.193
9	2.1000	2.047	9	2.2000	2.136	9	2.3000	2.228
Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos	Vida útil		Peróxidos
183		4.9968	126		4.9768	88		4.9858
rate const (k)		0.0169513	rate const (k)		0.0242808	rate const (k)		0.0349115
r <sup>2</sup>		0.5653627	r <sup>2</sup>		0.8647342	r <sup>2</sup>		0.9014532
r <sup>2</sup> at chosen order		0.85816	order (n)		0	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		2	activ. energy (Ea)		6.3665488	Q10 @ 18°C		1.441
r <sup>2</sup> at order 2		0.87125	Kcal/mole			k @ 18°C		0.01892

**TABLA 19. VELOCIDAD DE DETERIORO DEL INDICE DE PEROXIDOS Y VIDA UTIL EN PPBO-S2-ORDEN UNO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO	t (días)	peróxidos (meq/gg)	Orden UNO
0	1.9300	1.897	0	1.9300	1.920	0	1.9300	1.918
1	1.9333	1.913	1	1.9700	1.943	1	1.9733	1.951
2	1.9366	1.929	2	1.9733	1.966	2	1.9866	1.984
3	1.9366	1.945	3	1.9800	1.990	3	2.0100	2.017
4	1.9366	1.962	4	1.9900	2.013	4	2.0400	2.051
5	1.9400	1.978	5	2.0230	2.037	5	2.0766	2.085
6	1.9466	1.995	6	2.0300	2.062	6	2.0900	2.120
7	1.9500	2.012	7	2.0700	2.086	7	2.1000	2.156
8	2.1000	2.029	8	2.1000	2.111	8	2.2000	2.192
9	2.1000	2.046	9	2.2000	2.136	9	2.3000	2.229
Días		Acidez	Días		Acidez	Días		Acidez
115		4.9980	80		4.9570	57		4.9643
rate const (k)		0.0084256	rate const (k)		0.0118554	rate const (k)		0.0166796
r <sup>2</sup>		0.5735532	r <sup>2</sup>		0.8727413	r <sup>2</sup>		0.9102891
r <sup>2</sup> at chosen order		0.86494	order (n)		1	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		2	activ. energy (Ea)		6.0182762	Q10 @ 18°C		1.413
r <sup>2</sup> at order 2		0.87125	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00936

## ANEXO 4.

TABLA 20. VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBL-S1-ORDEN CERO

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	Acidez (%)	Orden Cero	t (días)	Acidez (%)	Orden Cero	t (días)	Acidez (%)	Orden Cero
0	0.0810	0.080	0	0.0813	0.084	0	0.0806	0.085
1	0.0810	0.081	1	0.0848	0.084	1	0.0889	0.087
2	0.0810	0.081	2	0.0865	0.085	2	0.0900	0.088
3	0.0810	0.081	3	0.0873	0.086	3	0.0913	0.090
4	0.0810	0.081	4	0.0877	0.087	4	0.0916	0.091
5	0.0810	0.082	5	0.0879	0.088	5	0.0923	0.092
6	0.0810	0.082	6	0.0890	0.089	6	0.0936	0.094
7	0.0820	0.082	7	0.0892	0.090	7	0.0947	0.095
8	0.0830	0.082	8	0.0896	0.090	8	0.0951	0.096
9	0.0830	0.083	9	0.0913	0.091	9	0.0970	0.098
Días		Acidez	Días		Acidez	Días		Acidez
532		0.1998	135		0.1999	85		0.1999
rate const (k)		0.0002242	rate const (k)		0.0008614	rate const (k)		0.0013461
r <sup>2</sup>		0.6382284	r <sup>2</sup>		0.8657782	r <sup>2</sup>		0.803406
r <sup>2</sup> at chosen order		0.93726	order (n)		0	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		15.882832	Q10 @ 18°C		2.490
r <sup>2</sup> at order 0		0.93726	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00034

TABLA 21. VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBL-S1-ORDEN UNO

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	Acidez (%)	Orden UNO	t (días)	Acidez (%)	Orden UNO	t (días)	Acidez (%)	Orden UNO
0	0.0810	0.080	0	0.0813	0.084	0	0.0806	0.085
1	0.0810	0.081	1	0.0848	0.084	1	0.0889	0.087
2	0.0810	0.081	2	0.0865	0.085	2	0.0900	0.088
3	0.0810	0.081	3	0.0873	0.086	3	0.0913	0.089
4	0.0810	0.081	4	0.0877	0.087	4	0.0916	0.091
5	0.0810	0.082	5	0.0879	0.088	5	0.0923	0.092
6	0.0810	0.082	6	0.0890	0.089	6	0.0936	0.093
7	0.0820	0.082	7	0.0892	0.090	7	0.0947	0.095
8	0.0830	0.082	8	0.0896	0.091	8	0.0951	0.096
9	0.0830	0.083	9	0.0913	0.091	9	0.0970	0.098
Días		Acidez	Días		Acidez	Días		Acidez
332		0.1997	87		0.1985	56		0.1979
rate const (k)		0.0027371	rate const (k)		0.0099383	rate const (k)		0.0150002
r <sup>2</sup>		0.6410577	r <sup>2</sup>		0.8602678	r <sup>2</sup>		0.7942899
r <sup>2</sup> at chosen order		0.93447	order (n)		1	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		15.078495	Q10 @ 18°C		2.377
r <sup>2</sup> at order 0		0.93726	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00410

**TABLA 22. VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBO-S1-ORDEN CERO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	Acidez (%)	Orden Cero	t (días)	Acidez (%)	Orden Cero	t (días)	Acidez (%)	Orden Cero
0	0.0813	0.081	0	0.0813	0.084	0	0.0813	0.087
1	0.0813	0.081	1	0.0856	0.085	1	0.0896	0.088
2	0.0813	0.081	2	0.0865	0.086	2	0.0916	0.089
3	0.0813	0.081	3	0.0876	0.086	3	0.0923	0.091
4	0.0813	0.082	4	0.0880	0.087	4	0.0926	0.092
5	0.0815	0.082	5	0.0882	0.088	5	0.0940	0.093
6	0.0815	0.082	6	0.0893	0.089	6	0.0948	0.094
7	0.0810	0.083	7	0.0895	0.090	7	0.0950	0.096
8	0.0830	0.083	8	0.0900	0.091	8	0.0963	0.097
9	0.0850	0.083	9	0.0916	0.092	9	0.0966	0.098
Días		Acidez	Días		Acidez	Días		Acidez
450		0.1998	133		0.1992	89		0.1998
rate const (k)		0.0002646	rate const (k)		0.0008671	rate const (k)		0.0012711
r <sup>2</sup>		0.426604	r <sup>2</sup>		0.8522236	r <sup>2</sup>		0.7454099
r <sup>2</sup> at chosen order		0.92240	order (n)		0	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		13.908582	Q10 @ 18°C		2.223
r <sup>2</sup> at order 0		0.92240	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00038

**TABLA 23. VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBO-S1-ORDEN UNO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	Acidez (%)	Orden UNO	t (días)	Acidez (%)	Orden UNO	t (días)	Acidez (%)	Orden UNO
0	0.0813	0.081	0	0.0813	0.084	0	0.0813	0.087
1	0.0813	0.081	1	0.0856	0.085	1	0.0896	0.088
2	0.0813	0.081	2	0.0865	0.086	2	0.0916	0.089
3	0.0813	0.081	3	0.0876	0.086	3	0.0923	0.090
4	0.0813	0.082	4	0.0880	0.087	4	0.0926	0.092
5	0.0815	0.082	5	0.0882	0.088	5	0.0940	0.093
6	0.0815	0.082	6	0.0893	0.089	6	0.0948	0.094
7	0.0810	0.083	7	0.0895	0.090	7	0.0950	0.096
8	0.0830	0.083	8	0.0900	0.091	8	0.0963	0.097
9	0.0850	0.083	9	0.0916	0.092	9	0.0966	0.098
Días		Acidez	Días		Acidez	Días		Acidez
284		0.1997	87		0.1998	59		0.1990
rate const (k)		0.0031909	rate const (k)		0.0099776	rate const (k)		0.0140926
r <sup>2</sup>		0.4296629	r <sup>2</sup>		0.8466161	r <sup>2</sup>		0.7342532
r <sup>2</sup> at chosen order		0.91938	order (n)		1	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		13.168079	Q10 @ 18°C		2.130
r <sup>2</sup> at order 0		0.92240	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00456



**TABLA 24. VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBL-S2-ORDEN CERO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	Acidez (%)	Orden Cero	t (días)	Acidez (%)	Orden Cero	t (días)	Acidez (%)	Orden Cero
0	0.0823	0.082	0	0.0823	0.082	0	0.0823	0.082
1	0.0823	0.082	1	0.0826	0.082	1	0.0836	0.084
2	0.0823	0.082	2	0.0830	0.083	2	0.0853	0.085
3	0.0823	0.082	3	0.0830	0.083	3	0.0866	0.086
4	0.0823	0.083	4	0.0830	0.084	4	0.0870	0.088
5	0.0824	0.083	5	0.0840	0.084	5	0.0886	0.089
6	0.0824	0.083	6	0.0843	0.085	6	0.0890	0.090
7	0.0826	0.083	7	0.0856	0.086	7	0.0933	0.092
8	0.0850	0.084	8	0.0866	0.086	8	0.0932	0.093
9	0.0840	0.084	9	0.0873	0.087	9	0.0938	0.094
Días	Acidez		Días	Acidez		Días	Acidez	
550	0.2000		214	0.1999		88	0.1994	
rate const (k)		0.0002147	rate const (k)		0.0005525	rate const (k)		0.0013313
r <sup>2</sup>		0.4931018	r <sup>2</sup>		0.8960099	r <sup>2</sup>		0.9631987
r <sup>2</sup> at chosen order		0.96446	order (n)		0	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		2	activ. energy (Ea)		16.084864	Q10 @ 18°C		2.519
r <sup>2</sup> at order 2		0.96524	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00029

**TABLA 25. VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBL-S2-ORDEN UNO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	Acidez (%)	Orden UNO	t (días)	Acidez (%)	Orden UNO	t (días)	Acidez (%)	Orden UNO
0	0.0823	0.082	0	0.0823	0.082	0	0.0823	0.082
1	0.0823	0.082	1	0.0826	0.082	1	0.0836	0.084
2	0.0823	0.082	2	0.0830	0.083	2	0.0853	0.085
3	0.0823	0.082	3	0.0830	0.083	3	0.0866	0.086
4	0.0823	0.083	4	0.0830	0.084	4	0.0870	0.088
5	0.0824	0.083	5	0.0840	0.084	5	0.0886	0.089
6	0.0824	0.083	6	0.0843	0.085	6	0.0890	0.090
7	0.0826	0.083	7	0.0856	0.086	7	0.0933	0.092
8	0.0850	0.084	8	0.0866	0.086	8	0.0932	0.093
9	0.0840	0.084	9	0.0873	0.087	9	0.0938	0.094
Días	Acidez		Días	Acidez		Días	Acidez	
347	0.2000		137	0.2000		58	0.1976	
rate const (k)		0.0025753	rate const (k)		0.0065301	rate const (k)		0.015078
r <sup>2</sup>		0.4951877	r <sup>2</sup>		0.9005509	r <sup>2</sup>		0.9635691
r <sup>2</sup> at chosen order		0.96503	order (n)		1	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		2	activ. energy (Ea)		15.583835	Q10 @ 18°C		2.447
r <sup>2</sup> at order 2		0.96524	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00343

**TABLA 26. VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBO-S2-ORDEN CERO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	Acidez (%)	Orden Cero	t (días)	Acidez (%)	Orden Cero	t (días)	Acidez (%)	Orden Cero
0	0.0823	0.082	0	0.0823	0.082	0	0.0823	0.083
1	0.0823	0.082	1	0.0826	0.083	1	0.0836	0.084
2	0.0823	0.082	2	0.0836	0.083	2	0.0853	0.085
3	0.0823	0.082	3	0.0836	0.084	3	0.0866	0.086
4	0.0823	0.083	4	0.0840	0.085	4	0.0870	0.087
5	0.0823	0.083	5	0.0853	0.085	5	0.0886	0.088
6	0.0823	0.083	6	0.0863	0.086	6	0.0890	0.089
7	0.0823	0.083	7	0.0870	0.087	7	0.0910	0.090
8	0.0830	0.084	8	0.0873	0.087	8	0.0930	0.091
9	0.0860	0.084	9	0.0883	0.088	9	0.0900	0.092
Vida útil		Acidez	Vida útil		Acidez	Vida útil		Acidez
518		0.2000	171		0.1995	112		0.1994
rate const (k)		0.0002283	rate const (k)		0.0006875	rate const (k)		0.00104
r <sup>2</sup>		0.3579458	r <sup>2</sup>		0.9735244	r <sup>2</sup>		0.8992502
r <sup>2</sup> at chosen order		0.93062	order (n)		0	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		13.431331	Q10 @ 18°C		2.163
r <sup>2</sup> at order 0		0.93062	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00032

**TABLA 27. VELOCIDAD DE DETERIORO DE ACIDEZ Y VIDA UTIL EN PPBO-S2-ORDEN UNO**

Temperatura 15°C			Temperatura 25°C			Temperatura 35°C		
t (días)	Acidez (%)	Orden UNO	t (días)	Acidez (%)	Orden UNO	t (días)	Acidez (%)	Orden UNO
0	0.0823	0.082	0	0.0823	0.082	0	0.0823	0.083
1	0.0823	0.082	1	0.0826	0.083	1	0.0836	0.084
2	0.0823	0.082	2	0.0836	0.083	2	0.0853	0.085
3	0.0823	0.082	3	0.0836	0.084	3	0.0866	0.086
4	0.0823	0.083	4	0.0840	0.085	4	0.0870	0.087
5	0.0823	0.083	5	0.0853	0.085	5	0.0886	0.088
6	0.0823	0.083	6	0.0863	0.086	6	0.0890	0.089
7	0.0823	0.083	7	0.0870	0.087	7	0.0910	0.090
8	0.0830	0.084	8	0.0873	0.087	8	0.0930	0.091
9	0.0860	0.084	9	0.0883	0.088	9	0.0900	0.092
Vida útil		acidez	Vida útil		acidez	Vida útil		acidez
329		0.2000	110		0.1993	73		0.1981
rate const (k)		0.0027187	rate const (k)		0.0080721	rate const (k)		0.0119105
r <sup>2</sup>		0.360361	r <sup>2</sup>		0.975134	r <sup>2</sup>		0.8944049
r <sup>2</sup> at chosen order		0.92917	order (n)		1	Temp. of interest °C		18
Order with max r <sup>2</sup>		0	activ. energy (Ea)		13.087465	Q10 @ 18°C		2.121
r <sup>2</sup> at order 0		0.93062	Kcal/mole			k @ 18°C		0.00382