



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**“EFECTO DE DOS MÉTODOS DE FRITADO EN LAS
PROPIEDADES TEXTURALES, SENSORIALES Y COMPOSICIÓN
PROXIMAL DEL SNACK DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) CON
ADICIÓN DE LACTOSUERO”**

Yaquely Vilcapaza Quispe

Edith Calla Charrez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesor: M.Sc. Lenin Quille Quille



JULIACA – PERÚ, 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**“EFECTO DE DOS MÉTODOS DE FRITADO EN LAS
PROPIEDADES TEXTURALES, SENSORIALES Y COMPOSICIÓN
PROXIMAL DEL SNACK DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) CON
ADICIÓN DE LACTOSUERO”**

Yaquely Vilcapaza Quispe
Edith Calla Charrez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesor: M.Sc. Lenin Quille Quille



JULIACA – PERÚ, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE DOS MÉTODOS DE FRITADO EN LAS
PROPIEDADES TEXTURALES, SENSORIALES Y COMPOSICIÓN
PROXIMAL DEL SNACK DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) CON
ADICIÓN DE LACTOSUERO”**

Yaquely Vilcapaza Quispe

Edith Calla Charrez

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesor: M.Sc. Lenin Quille Quille

Juliaca, 2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Vilcapaza, Y. y Calla, E. (2025). *Efecto de dos métodos de fritado en las propiedades texturales, sensoriales y composición proximal del snack de quinua (Chenopodium quinoa) con adición de lactosuero*. [tesis de pregrado en ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca]. Juliaca

AUTORES: Yaquely Vilcapaza Quispe

Edith Calla Charrez

TÍTULO: Efecto de dos métodos de fritado en las propiedades texturales, sensoriales y composición proximal del snack de quinua (*Chenopodium quinoa*) con adición de lactosuero.

PUBLICACIÓN: Juliaca 2025

DESCRIPCIÓN: Cantidad de paginas (187 pp)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias – Universidad Nacional de Juliaca

CÓDIGO: 03-00050-03/C17

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: M.Sc. Lenin Quille Quille

PALABRAS CLAVES: Fritado convencional, fritado por aire caliente, lactosuero, quinua tostada, snack, fracturabilidad.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS**

**“EFECTO DE DOS MÉTODOS DE FRITADO EN LAS PROPIEDADES
TEXTURALES, SENSORIALES Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DEL
SNACK DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*)
CON ADICIÓN DE LACTOSUERO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentada por:

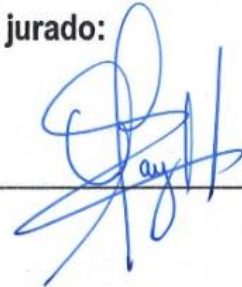
YAQUELY VILCAPAZA QUISPE

EDITH CALLA CHARREZ

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

D.Sc. Olivia Magaly Luque Vilca

PRESIDENTE DE JURADO



M.Sc. José Manuel Prieto

JURADO (secretario)



2º MIEMBRO

Mg. Carlos Ricardo Hanco Cervantes

JURADO (Vocal)



3º MIEMBRO



M.Sc. Lenin Quille Quille

ASESOR DE TESIS

Yaquely Vilcapaza Quispe Edith Calla Charrez

EFECTO DE DOS MÉTODOS DE FRITADO EN LAS PROPIEDADES TEXTURALES, SENSORIALES Y COMPOSICIÓN...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::3117:597674692

194 páginas

Fecha de entrega

5 jun 2026, 2:55 p.m. GMT-5

42.341 palabras

Fecha de descarga

5 jun 2026, 3:14 p.m. GMT-5

206.934 caracteres

Nombre del archivo

EFECTO DE DOS MÉTODOS DE FRITADO EN LAS PROPIEDADES TEXTURALES, SENSORIALES Y COMP....pdf

Tamaño del archivo

4.4 MB



Firmado digitalmente por HUANCA
SUAQUITA JHON RICHARD
DNI:40818674
Motivo: Doy V° B°
Fecha: 05.06.2026 16:13:53 -05:00




13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A nuestros padres, por ser el sostén más firme en nuestras vidas y la mayor fuente de motivación. A nuestros hermanos y hermanas, por su apoyo constante, su comprensión y su ánimo permanente. Sin su cariño y respaldo, este logro no habría sido posible alcanzado, a todos los profesores que, con su condición, compartieron sus conocimientos y orientaron nuestro desarrollo académico. A nuestros mentores, cuyo acompañamiento, experiencia y estímulo nos impulsaron a avanzar y superarnos a lo largo de este proceso formativo.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca, por brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestra formación académica y profesional en sus distinguidas aulas, contribuyendo significativamente a nuestro crecimiento intelectual y humano. asimismo, reconocemos la valiosa labor de los docentes, cuyo compromiso, dedicación y enseñanzas fortalecieron nuestra preparación profesional a lo largo de nuestra etapa universitaria.

Manifestando nuestra profunda gratitud a nuestro asesor, el M.Sc Lenin Quille Quille, por su permanente orientación, disposición, paciencia y apoyo constante durante el desarrollo de la presente investigación. Sus valiosos consejos y confianza depositada en nosotras fueron fundamentales para hacer posible la culminación de este importante proyecto académico.

De igual manera, agradecemos a los miembros del jurado por sus aportes académicos, observaciones y recomendaciones pertinentes, las cuales contribuyeron de manera significativa al fortalecimiento y mejora de calidad de esta investigación.

A nuestros padres, hermanos y hermanas, expresamos nuestro eterno agradecimiento por su apoyo incondicional, comprensión y motivación constante. Su ejemplo, enseñanzas y acompañamiento en los momentos importantes de nuestra formación constituyeron un pilar esencial para alcanzar la culminación satisfactoria de este trabajo de investigación.

Finalmente, extendemos un sincero reconocimiento al equipo del laboratorio de reología, al responsable del taller de panificación y a todos los participantes involucrados. Su respaldo incondicional y la transferencia de sus conocimientos no solo facilitaron el desarrollo del trabajo de campo, sino que resultaron determinantes para el cumplimiento de los objetivos de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	xviii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.	PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1.	PREGUNTA GENERAL.....	2
1.1.2.	PREGUNTAS ESPECÍFICAS.....	2
1.2.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	3
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	3

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.	ANTECEDENTES	5
2.2.	QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA).....	8
2.2.1.	GENERALIDADES	8
2.2.2.	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	8
2.2.3.	BENEFICIOS DEL CONSUMO DE LA QUINUA	9
2.2.4.	VARIEDADES DE QUINUA.....	10
2.2.5.	COMPOSICIÓN DE LA QUINUA	11
2.2.6.	HARINA DE QUINUA.....	12
2.2.7.	COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LA HARINA DE QUINUA.....	12
2.2.8.	ANTI NUTRIENTES DE LA QUINOA.....	13
2.2.9.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA HARINA DE QUINUA TOSTADA	13
2.3.	LACTOSUERO.....	14
2.3.1.	TIPOS DE LACTOSUERO	15
2.3.2.	SUERO DULCE.....	15
2.3.3.	SUERO ACIDO	15
2.3.4.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL LACTOSUERO	16
2.3.5.	PROTEÍNAS DE LACTOSUERO	16
2.3.6.	MINERALES DE LACTOSUERO.....	17
2.3.7.	AMINOÁCIDOS DEL LACTOSUERO.....	17
2.3.8.	CONTAMINACIÓN DEL LACTOSUERO	18
2.3.9.	APROVECHAMIENTO DEL LACTOSUERO EN LA INDUSTRIA.....	19
2.4.	COMPLEMENTOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE SNACK A BASE DE HARINA DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) TOSTADA CON ADICIÓN DE LACTOSUERO	19
2.4.1.	LA SAL	19
2.4.2.	LA CAL.....	19
2.4.3.	ACEITE COMO MEDIO DE FRITURA.....	20

2.5.	SNACK.....	22
2.5.1.	SNACKS FRITOS.....	23
2.5.2.	VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS EN PRODUCTOS COMO EL SNACK.....	24
2.5.3.	FACTORES QUE AFECTAN LA VIDA ÚTIL DE LOS SNACKS	24
2.6.	EMPAQUE EN LA INDUSTRIA DEL SNACK	26
2.6.1.	POLIPROPILENO – POLIPROPILENO BIORIENTADO	27
2.6.2.	POLIPROPILENO BIORIENTADO METALIZADO	27
2.6.3.	COEXTRUIDO POLIETILENO – POLIAMIDA	27
2.7.	DETERMINACIÓN DE VIDA EN ANAQUEL DE “SNACKS” ALIMENTO	28
2.7.1.	PRUEBAS SENSORIALES.....	28
2.7.2.	PRUEBAS INSTRUMENTALES.....	28
2.7.3.	PRUEBAS QUÍMICAS	28
2.7.4.	ÍNDICE DE PERÓXIDO	29
2.7.5.	PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS	29
2.8.	VIDA ÚTIL	30
2.8.1.	VIDA ÚTIL EN ALIMENTOS EMPACADOS	30
2.9.	PRUEBAS ACELERADAS.....	31
2.10.	APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN DE ARRHENIUS.....	31

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.	ÁMBITO DE ESTUDIO	35
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	35
3.3.	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	35
3.3.1.	MATERIALES DE LABORATORIO Y UTENSILIOS.....	35
3.3.2.	EQUIPOS	36

3.3.3.	REACTIVOS	36
3.4.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.4.1.	METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LA HARINA DE QUINUA TOSTADA	37
3.4.2.	METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE LACTOSUERO DULCE A PARTIR DEL QUESO TIPO PARIA	39
3.4.3.	METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE SNACK DE HARINA DE QUINUA TOSTADA CON ADICIÓN DE LACTOSUERO	41
3.5.	DIAGRAMA EXPERIMENTAL GENERAL	43
2.5.1.	FORMULACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE SNACK	44
3.6.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL POR OBJETIVOS	46
3.6.1.	PARA EL OBJETIVO 1.....	46
3.6.2.	PARA EL OBJETIVO 2.....	49
3.6.3.	PARA EL OBJETIVO 3.....	51
3.6.4.	PARA EL OBJETIVO 4:	53
3.7.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.7.1.	HIPÓTESIS GENERAL.....	55
3.7.2.	HIPÓTESIS ESPECIFICA.....	55

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1.	RESULTADOS	56
4.1.1.	EFEECTO DE MÉTODOS DE FRITADO TFC Y TFPAC EN LAS PROPIEDADES TEXTURALES Y SENSORIALES DEL SNACK.....	56
4.1.2.	COMPOSICIÓN PROXIMAL DE SNACK CON LAS MEJORES PROPIEDADES TEXTURALES Y SENSORIALES.....	65
4.1.3.	EFEECTO DEL TIEMPO, TEMPERATURA Y ESPESOR FRITADO POR AIRE CALIENTE	68

4.1.4.	DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS.....	76
4.2.	DISCUSIONES	87
4.2.1.	OBJETIVO ESPECÍFICO 1.....	87
4.2.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO 2.....	88
4.2.3.	OBJETIVO ESPECÍFICO 3.....	89
4.2.4.	OBJETIVO ESPECÍFICO 4.....	90

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES.....	92
RECOMENDACIONES	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
ANEXO	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Variedades nativas de quinuas cultivadas en el altiplano de Puno	11
Tabla 2.	Composición porcentual de la harina de quinua	12
Tabla 3.	Composición química estimada de la harina de quinua tostada.....	14
Tabla 4.	Composición del lactosuero dulce y ácido	16
Tabla 5.	Contenido de minerales del lactosuero.....	17
Tabla 6.	Composición en aminoácidos.....	18
Tabla 7.	Contenido de vitaminas de lactosuero.....	18
Tabla 8.	Perfil nutricional del aceite girasol.....	22
Tabla 9.	Factores de control de calidad que afectan la vida útil de los alimentos	25
Tabla 10.	Orden de reacción.....	33
Tabla 11.	Formulación para la elaboración de snack de harina de quinua tostada con 0% de lactosuero	44
Tabla 12.	Formulación para la elaboración de snack de harina de quinua tostada con 50% de lactosuero	45
Tabla 13.	Formulación para la elaboración de snack de harina de quinua tostada con 100% de lactosuero	45
Tabla 14.	Resultados de balance de materia en base húmeda del snack de quinua con adición de lactosuero del método más aceptable	45
Tabla 15.	Matriz de experimento factorial 2 ³	47
Tabla 16.	Matriz de experimento factorial 2x3 y número de tratamientos para la elaboración del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero	47
Tabla 17.	Matriz del diseño completamente al azar respecto a la composición proximal del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero ...	50
Tabla 18.	Resultados de las propiedades mecánicas de dureza y fracturabilidad	56
Tabla 19.	Resultados de la composición proximal del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero al 100%.....	66

Tabla 20.	Matriz de diseño factorial para tres factores y dos niveles por factor.....	68
Tabla 21.	Coefficiente de correlación empleados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema	77
Tabla 22.	Constante de velocidad de incremento del porcentaje de humedad (k) en los snacks, determinadas a temperaturas 15° C y 25°C	78
Tabla 23.	Valor del parámetro asociado a la energía de activación E_a/R en el proceso de ganancia de humedad en los snacks	79
Tabla 24.	Coefficiente de correlación utilizados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema	83
Tabla 25.	Constante de velocidad de incremento del porcentaje de peróxidos (k) en los snacks, determinada a temperaturas 15°C y 25°C.....	83
Tabla 26.	Valor del parámetro relacionado con la energía de activación (E_a/R) en el proceso de incremento del índice de peróxidos en los snacks	85
Tabla 27.	Resultados del tiempo de vida útil del snack laborado con harina de quinua con adición de lactosuero	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Formas de grano de quinua: 1) lenticular; 2) cilíndrica; 3) elipsoidal y; cónica, respectivamente.....	9
Figura 2.	Vista inferior de la semilla de (Chenopodium quinoa) observada mediante microscopio	10
Figura 3.	Corte longitudinal central del fruto de quinua que muestra la distribución de minerales en la estructura de su semilla.....	10
Figura 4.	Flujograma para la obtención de harina de quinua tostada	37
Figura 5.	Diagrama de flujo para la obtención de lactosuero dulce.....	39
Figura 6.	Diagrama de flujo para la elaboración de snack de quinua por dos métodos	41
Figura 7.	Metodología experimental de la elaboración del snack de quinua tostada con adición de lactosuero	44
Figura 8.	Diseño experimental del objetivo 1	46
Figura 9.	Diseño experimental del objetivo 2	49
Figura 10.	Diseño estadístico del objetivo 3	52
Figura 11.	Diseño experimental del objetivo 4.....	54
Figura 12.	Comparación de Fracturabilidad y dureza.....	57
Figura 13.	Intervalos de porcentaje de lactosuero vs. Dureza	58
Figura 14.	Intervalos de porcentaje de lactosuero vs. Fracturabilidad.....	59
Figura 15.	Grado de aceptabilidad del atributo COLOR del snack	61
Figura 16.	Grado de aceptabilidad del atributo OLOR del snack.....	62
Figura 17.	Grado de aceptabilidad del atributo SABOR del snack	63
Figura 18.	Grado de aceptabilidad del atributo de APARIENCIA GENERAL del snack.	64
Figura 19.	Grafica de puntuación de los siguientes tratamientos	65

Figura 20.	Grafica de proyección doble (biplot) en función a los atributos sensoriales	65
Figura 21.	Composición proximal de los métodos de fritado TFPAC Y TFC	66
Figura 22.	Comparación de dureza y fracturabilidad de los siguientes tratamientos	69
Figura 23.	Diagrama de pareo estandarizado para la dureza (N) de los snacks.....	70
Figura 24.	Efectos principales respecto a la dureza (N)	70
Figura 25.	Diagrama de pareo estandarizado para la fracturabilidad (gf) de los snacks	71
Figura 26.	Efectos principales respecto a la fracturabilidad (gf)	71
Figura 27.	Grado de aceptabilidad del atributo COLOR del snack	72
Figura 28.	Grado de aceptabilidad del atributo OLOR del snack.....	73
Figura 29.	Grado de aceptabilidad del atributo SABOR del snack	73
Figura 30.	Grado de aceptabilidad del atributo de APARIENCIA GENERAL del snack	74
Figura 31.	Grafica de puntuación de los tratamientos	75
Figura 32.	Grafica de doble proyección de las pruebas sensoriales.....	75
Figura 33.	Cinética de Orden cero de la absorción de humedad del snack en función del tiempo y temperatura aplicadas en dos tipos de envase	76
Figura 34.	Cinética de primer orden de la absorción humedad del snack en función del tiempo y temperatura aplicadas en dos tipos de envase	77
Figura 35.	Linealización de Arrhenius Ln (k) Vs (1/T) para el porcentaje de humedad en el snack almacenado en envase de polipropileno	78
Figura 36.	Linealización de Arrhenius Ln (k) Vs (1/T) para el porcentaje de humedad en el snack almacenado en envase de polipropileno metalizado.....	79
Figura 37.	Cinética de Orden cero para el % índice de peróxido del snack en función del tiempo y temperatura aplicadas en dos tipos de envase	82
Figura 38.	Cinética del primer orden para el % índice de peróxido del snack en función del tiempo y temperatura aplicadas en dos tipos de envase	82

Figura 39.	Linealización de Arrhenius $\ln(k)$ Vs $(1/T)$ para el porcentaje de humedad en el snack almacenado en envase de polipropileno	84
Figura 40.	Linealización de Arrhenius $\ln(k)$ Vs $(1/T)$ para el porcentaje de humedad en el snack almacenado en envase de polipropileno metalizado.....	84
Figura 41.	Muestra de análisis generalmente realizado en el perfil de textura.....	110

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Fotografía de la obtención de lactosuero dulce	105
Anexo 2.	Fotografías del proceso de elaboración del snack	105
Anexo 3.	Proceso de laminado de la masa del snack de quinua	106
Anexo 4.	Proceso de fritado convencional de los snacks.....	106
Anexo 5.	Fotografías de la evaluación sensorial de los 6 tratamientos.....	107
Anexo 6.	Fotografías del análisis del perfil de textura (dureza y fracturabilidad).....	107
Anexo 7.	Fotografías de la vida útil en función al análisis fisicoquímico	108
Anexo 8.	Fotografías del proceso de Índice de peróxidos	108
Anexo 9.	Pesado y saturación del yoduro de potasio.....	108
Anexo 10.	Fotografías del proceso de solución acética - cloroformo.....	109
Anexo 11.	Fotografías del proceso de titulación	109
Anexo 12.	Resultados finales del snack	109
Anexo 13.	Propiedades mecánicas dureza y fracturabilidad.....	110
Anexo 14.	Datos de resultados del perfil de textura	110
Anexo 15.	Reportes de ensayo en Bluehill Universal propiedades mecánicas	111
Anexo 16.	Análisis de varianza (ANOVA) parámetro dureza.....	112
Anexo 17.	Análisis de varianza (ANOVA) parámetro fracturabilidad.....	112
Anexo 18.	Ficha para la evaluación de la aceptabilidad sensorial	114
Anexo 19.	Puntuación de los 100 jueces del atributo Color	115
Anexo 20.	Puntuación de los 100 jueces del atributo olor	116
Anexo 21.	Puntuación de los 100 jueces del atributo sabor.....	118
Anexo 22.	Puntuación de los 100 jueces del atributo apariencia general	120
Anexo 23.	Análisis de varianza (ANOVA) atributo apariencia general	121
Anexo 24.	Análisis de varianza (ANOVA) atributo color	122
Anexo 25.	Análisis de varianza (ANOVA) atributo olor.....	123

Anexo 26.	Análisis de varianza (ANOVA) atributo sabor	123
Anexo 27.	Grafica de telaraña en función de los atributos sensoriales objetivo 1.....	124
Anexo 28.	Componentes principales en función a los atributos sensoriales objetivo 1	124
Anexo 29.	Descripción del análisis químico proximal	126
Anexo 30.	Tablas de resultados del perfil de dureza y fracturabilidad.....	130
Anexo 31.	Reportes de ensayo en Bluehill Universal propiedades mecánicas.....	131
Anexo 32.	Análisis de varianza (ANOVA) parámetro dureza.....	132
Anexo 33.	Análisis de varianza (ANOVA) parámetro fracturabilidad.....	133
Anexo 34.	Datos obtenidos por el método TFPAC del atributo COLOR.....	133
Anexo 35.	Datos obtenidos por el método TFPAC del atributo OLOR	136
Anexo 36.	Datos obtenidos por el método TFPAC del atributo SABOR.....	140
Anexo 37.	Datos obtenidos por el método TFPAC del atributo de APARIENCIA GENERAL	143
Anexo 38.	Tablas estadísticas de la determinación de propiedades sensoriales	146
Anexo 39.	Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color	146
Anexo 40.	Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo olor	147
Anexo 41.	Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sabor.....	147
Anexo 42.	Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo de apariencia general	148
Anexo 43.	Grafica de telaraña en función a los atributos sensoriales objetivo 3.....	149
Anexo 44.	Componentes principales en función a los atributos sensoriales objetivo 3	149
Anexo 45.	Determinación de la vida útil en función de los análisis fisicoquímicos.....	151
Anexo 46.	Modelos matemáticos para determinar la vida útil.....	152
Anexo 47.	Datos obtenidos de la determinación de vida útil en función a la humedad	153

Anexo 48.	Datos obtenidos de la determinación de vida útil en función al índice de peróxidos	153
Anexo 49.	Certificado del análisis proximal del método frito convencional (TFC).	154
Anexo 50.	Certifica del análisis proximal del método de frito por aire caliente (TFPAC).....	155
Anexo 51.	Balance de humedad.....	156
Anexo 52.	Balance de energía.....	157
Anexo 53.	Costo del producto más aceptable método (B) TFPAC snack de quinua con adición de lactosuero.	159
Anexo 54.	Imágenes de las pruebas preliminares de los snacks de quinua con adición de lactosuero	160
Anexo 55.	Norma técnica peruana	161

RESUMEN

La creciente demanda de snack ha impulsado al desarrollo de nuevas alternativas de investigación empleando productos andinos de elevado valor nutricional. El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el efecto de dos métodos de fritado en las propiedades texturales, sensoriales y composición proximal del snack de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero. Se emplearon dos métodos de fritado: fritado convencional (TFC) y fritado por aire caliente método (TFPAC) y tres niveles de adición de lactosuero dulce (0%, 50% y 100%), bajo un diseño factorial 2x3. En las propiedades texturales el tratamiento T2 presento mayor dureza y fracturabilidad. En el análisis sensorial, se evaluaron color, olor, sabor y apariencia general mediante ANOVA y prueba Tukey (5%), resultando el tratamiento T6 como el más aceptado. En cuanto a la composición proximal, el TFC mostro mayor contenido de humedad (8.30%), mientras que el TFPAC registro mayores niveles de proteína (8.73%) y carbohidratos (71.26%). El contenido de cenizas fue similar en ambos métodos. Adicionalmente, se evaluaron ocho tratamientos en el método TFPAC considerando tiempo (5 y 10 min), temperatura (170 y 180° C) y espesor (1 y 2 mm). Los resultados indicaron que un espesor de 2 mm incrementa la dureza y reduce la fracturabilidad, mientras que 1mm produce una textura más crocante. Sensorialmente, hubo diferencias significativas en color, sabor y apariencia general, pero no en olor. La vida útil se determinó mediante pruebas aceleradas basadas en la ecuación de Arrhenius, evaluando humedad e índice de peróxido. El envase de polipropileno metalizado mostro mayor humedad e índice de peróxido. El envase de polipropileno metalizado mostro mayor estabilidad, alcanzando hasta 240.81 días a 15° C superando al polipropileno convencional. En conclusión, el fritado por aire caliente y el uso de envases metalizados mejoran la calidad nutricional y vida útil del snack.

Palabras claves: Fritado convencional, fritado por aire caliente, lactosuero, quinua tostada, snack, fracturabilidad.

ABSTRACT

The growing demand for snacks has driven the development of new research alternatives using Andean products with high nutritional value. The main objective of this research was to evaluate the effect of two frying methods on the textural, sensory, and proximate composition properties of toasted quinoa (*Chenopodium quinoa*) snack with added whey. Two frying methods were used: conventional frying (CFF) and hot air frying (HAFF), along with three levels of sweet whey addition (0%, 50%, and 100%), in a 2x3 factorial design. Regarding textural properties, treatment T2 exhibited greater hardness and fractality. In the sensory analysis, color, odor, flavor, and overall appearance were evaluated using ANOVA and Tukey's test (5%), with treatment T6 being the most accepted. As for proximate composition, CFF showed a higher moisture content (8.30%), while HAFF registered higher levels of protein (8.73%) and carbohydrates (71.26%). The ash content was similar in both methods. Additionally, eight treatments were evaluated using the TFPAC method, considering time (5 and 10 min), temperature (170 and 180°C), and thickness (1 and 2 mm). The results indicated that a thickness of 2 mm increases hardness and reduces fractality, while 1 mm produces a crispier texture. Sensory evaluation revealed significant differences in color, flavor, and overall appearance, but not in odor. Shelf life was measured using accelerated tests based on the Arrhenius equation, evaluating moisture and peroxide value. The metallized polypropylene packaging showed higher moisture and peroxide values. The metallized polypropylene packaging also demonstrated greater stability, reaching up to 240.81 days at 15°C, surpassing conventional polypropylene. In conclusion, hot air frying and the use of metallized packaging improve the nutritional quality and shelf life of the snack.

Keywords: Conventional frying, air-fried, whey, toasted quinoa, snack, fractureability.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los snacks o bocaditos son considerados productos poco saludables debido a que presentan elevados contenidos grasos, sal, azúcares, colorantes y saborizantes artificiales, además de poseer un bajo aporte nutricional. Estas características contribuyen significativamente al incremento de diversos problemas de salud en la población, por estos motivos los consumidores expresan su preferencia hacia productos que presenten atributos como: ingredientes naturales, libres de colorantes y sabores artificiales bajos en sodio, azúcar, grasa, calorías; altos en proteína, fibra y con granos enteros; libres de organismos genéticos modificados (Perez, 2017). Por lo tanto, elaborar snacks saludables y promocionar su consumo tendría como objetivo mantener una dieta nutritiva y balanceada, que permite reducir los índices de obesidad y otras patologías asociadas (Olalla, 2019). También se observa una transición nutricional hacia una alimentación hipercalórica con exceso de grasas y azúcares, lo que ha contribuido al crecimiento de la industria de alimentos procesados y ultra procesados (Martí et al., 2021).

Los alimentos fritos con aceites son de gran consumo entre la población debido a sus características sensoriales y al tiempo de preparación, la variedad de alimentos fritos va desde pollo crujiente hasta papas doradas, ya que cuentan con sabor y textura característicos que los convierten en los favoritos de muchos consumidores, sin embargo, el proceso de fritura puede afectar el valor nutricional y la salubridad de los alimentos (Chen, 2023). El cambio en los estilos de vida y los avances tecnológico han influido en los hábitos alimentarios, lo que amerita un seguimiento constante por parte de la industria alimentaria (Zaghi et al., 2019). Una opción para uso en el hogar, que ha surgido como alternativa al freído en aceite, es el uso de aire caliente para la elaboración de platillos con bajo contenido de aceites o grasas, sin embargo, es importante realizar estudios adicionales para analizar las características de los alimentos cocinados con este proceso, a través de la fritura con aire es posible obtener alimentos fritos mediante la pulverización de aire caliente alrededor de las materias primas con el objetivo de promover el contacto homogéneo entre los alimentos y la neblina de gotas de aceite contenidas en el flujo de aire (Yu et al., 2020). Con este proceso se reduce la cantidad de aceite para lograr una cocción efectiva, lo que conduce a obtener alimentos con bajo contenido de grasas y calorías (Wang et al., 2021).

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es valorada desde civilizaciones andinas precolombinas, considerada por los incas como un regalo divino, debido a sus variadas bondades para la salud y su elevada importancia nutricional (Abugoch, 2009). Tal es que contiene entre un 15 y 23 por ciento de proteínas, principalmente albúminas y globulinas, (Abugoch, 2009) y posee un perfil aminoacídico más extenso que el de los granos y legumbres, con aminoácidos como la lisina, isoleucina, metionina, fenilalanina, treonina, valina, leucina, histidina, arginina, alanina y glicina. Las semillas de quinua contienen ácidos grasos insaturados y una variedad de vitaminas y minerales esenciales, como calcio, hierro, zinc y fósforo, necesarios para diversas funciones fisiológicas y bioquímicas (Abugoch, 2009). La quinua destaca por su contenido elevado de calcio, lo que la convierte en una opción beneficiosa para la recuperación de fracturas óseas (Berti, 2004). Además, la quinua presenta una calidad superior de fibra y vitaminas B en paralelo junto con otros granos como la cebada, arroz, avena, maíz o trigo (Ruiz, 2005). Asimismo, en los Andes, la quinua se consume de manera versátil a diario, ya sea en forma de quispiño, pesque, quinua graneada, sopa y otros platillos (Jaimes, 2017).

El lactosuero, históricamente considerado un subproducto de bajo valor comercial en la industria quesera, ha cobrado relevancia debido a sus propiedades nutricionales y funcionales, su composición incluye macronutrientes esenciales como aminoácidos, vitaminas y minerales, convirtiéndolo en un ingrediente con potencial tecnológico en el sector alimenticio (Carrasco, 2010).

Uno de los aspectos importantes de la investigación de los alimentos funcionales es examinar las propiedades texturales (como la dureza y fracturabilidad), composición proximal y las propiedades sensoriales, considerando que los consumidores son muy exigentes con los requisitos de calidad y no aceptan fácilmente la variabilidad en el producto; por ende es necesario abordar los rasgos composicionales y funcionales de las materias primas (Cordelino, 2019), por tal motivo, el objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar el tiempo, espesor y temperatura adecuada para elaborar los snacks elaborados con harina de quinua tostada y adición de lactosuero.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento y formulación del problema

El sector de los snacks saludables viene registrando un crecimiento sostenido y significativo a nivel mundial, Latinoamérica se posiciona como una de las regiones con mayor consumo de este tipo de alimentos. Según los estudios realizados, existe una amplia variedad de ingredientes naturales con efectos beneficiosos para la salud, los cuales pueden incorporarse en la formulación de los snacks saludables. Ya que, en el contexto actual, los consumidores muestran una creciente preferencia por opciones de snacks más saludables y con mayor valor nutricional. La quinua (*Chenopodium quinoa*) es conocida por su alta calidad de proteína y su capacidad antioxidante, lo que posiciona como un insumo adecuado para la elaboración de productos de perfil saludable. Por su parte, el lactosuero como subproducto de la fabricación de quesos, siendo una fuente rica en nutrientes y aminoácidos esenciales, además de contener un alto nivel de proteínas; sin embargo, con frecuencia es desechado, generando impactos ambientales y pérdidas económicas para los productores. Ambos ingredientes, reconocidos por sus aportes nutricionales representan una oportunidad para formular snacks a base de quinua y lactosuero que conserven sus propiedades funcionales y resulten aceptables para los consumidores, constituyéndose a la vez un desafío importante en su desarrollo tecnológico.

El rol que desempeña los snacks en la alimentación puede resultar beneficioso o no, especialmente cuando se trata de productos fritos. Al someterlo a altas temperaturas, ciertos compuestos sensibles como algunas vitaminas pueden deteriorarse; además si no se controla adecuadamente la absorción de aceite, las propiedades texturales del producto final pueden ser optimas desde la percepción del consumidor. En este contexto, el presente estudio busca determinar y comparar las características nutricionales y funcionales de los snacks elaborados mediante fritura convencional y fritura por aire caliente, esta última considerada una alternativa innovadora para la incorporación de productos poco difundidos.

El problema de investigación se centrará en como los métodos de fritura influyen en las propiedades texturales y sensoriales de los snacks. Esto evidencia la necesidad, por parte de

la industria alimentaria, de explorar tecnologías que permiten obtener productos con mejores cualidades texturales, considerando parámetros como la temperatura, el espesor y el tiempo de procesamiento. Asimismo, se destaca la posible incidencia de pretratamientos, como el uso de soluciones ácidas que no solo contribuyen a reducir la oxidación, sino que también podrían mejorar la textura de los alimentos sometidos a dichos procedimientos.

1.1.1. Pregunta general

- ¿Cuál será el efecto de dos métodos de fritado en las propiedades texturales, sensoriales y composición proximal del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero?

1.1.2. Preguntas específicas

- ¿Cuál será el efecto del fritado convencional y fritado por aire caliente en las propiedades texturales y sensoriales del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero?
- ¿Cuál será la composición proximal del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero obtenidas por los métodos de fritado convencional y fritado por aire caliente y que presente mayor aceptabilidad de propiedades texturales y sensoriales?
- ¿Cuál será el efecto del tiempo y temperatura del fritado por aire caliente y espesor, en función a las propiedades texturales y sensoriales del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero que presente adecuada composición proximal?
- ¿Cuál será la vida útil del snack de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero, que presente adecuadas propiedades texturales, sensoriales y composición proximal, envasadas en dos tipos de envase y almacenadas a dos temperaturas?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos métodos de fritado en las propiedades texturales, sensoriales y composición proximal del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto del fritado convencional y fritado por aire caliente en las propiedades texturales y sensoriales del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero.
- Analizar la composición proximal del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero obtenidas por los métodos de fritado convencional y fritado por aire caliente y que presente mayor aceptabilidad de propiedades texturales y sensoriales.
- Determinar el efecto del tiempo y temperatura del fritado por aire caliente y espesor, en función a las propiedades texturales y sensoriales del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero que presente adecuada composición proximal.
- Evaluar la vida útil del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero, que presente adecuadas propiedades texturales, sensoriales y composición proximal, envasadas en dos tipos de envase y almacenadas a dos temperaturas.

1.3. Justificación

La presente investigación se fundamenta en que, en el Perú, la industria alimentaria se encuentra en constante desarrollo y búsqueda de nuevos productos que respondan a las exigencias emergentes del mercado, dentro de este contexto, el sector de los snacks destaca como uno de los más dinámicos e innovadores. Es el caso de los productos bajos en calorías o grasas (Barreto & Marsaicli, 2019). Además, según el (MIDIS, 2022), reportó que los snacks extruidos comerciales como el Tico-Tico y los Chizitos, snacks de maíz saborizados y confitados o con sal, poseen un 4.8 y 6.7 % de proteínas, siendo valores inferiores al extruido evaluado (12.8 %), el contenido de carbohidratos es de 90.9%.

Frente a este escenario, se plantea la incorporación de la quinua, debido a su elevado contenido proteico y su sobresaliente perfil de aminoácidos, además de su riqueza en lípidos, fibra, vitaminas y minerales, características que le convierten en un ingrediente con potenciales beneficiosos para la salud, su composición incluye todos los aminoácidos esenciales, destacando la lisina y la metionina, y presenta la ventaja adicional de ser un alimento libre de gluten, es una excelente fuente de compuestos bioactivos, que poseen propiedades antioxidantes, citotóxicas, antidiabéticas y antiinflamatorias (Li, 2016). La quinua provee todos los aminoácidos esenciales, según el estándar para la nutrición humana de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO (Cheng, 2012). La proteína de la quinua varía entre 13.81 % y 21.9 % dependiendo de la variedad, los granos contienen 58 - 68 % de almidón y 5 % de azúcares (Zare & Paulino, 2017).

Por otro lado, según (MINAGRI, 2019), en la región de Puno la cantidad de leche utilizada para la producción de quesos es de 10 255 toneladas, generando un total de 8 281.65 toneladas de suero dulce y 4 055.15 toneladas de suero salado produciendo un total de 15 192.54 toneladas, los efluentes generados en la región de Puno son desechados al suelo causando una contaminación ambiental y pérdidas económicas para los productores de queso, por sus propiedades, el lactosuero se considera uno de los subproductos alimentarios más valiosos, ya que aporta todos los aminoácidos esenciales y cantidades significativas de lactosa, lípidos, vitaminas A, C, D, E y del complejo B (Vasquez I. R., 2017).

Según Bello, (2002) el tratamiento térmico actúa en los componentes de la pared celular del grano, convirtiendo la hemicelulosa en gomas solubles, también permite gelatinizar el almidón, saponifica parte de los lípidos, libera el niacina y solubiliza parte de las proteínas que rodean. Los gránulos de almidón estos cambios, se deben principalmente a modificaciones que ocurren en la estructura del almidón provocados por el agua, el pH alcalino, el tiempo de remojo, cocción y las temperaturas aplicadas (Castillo, 2009).

Por lo expuesto, se propone la elaboración de un snack aprovechando la harina de quinua tostada y el lactosuero, con el fin de obtener un snack con adecuadas propiedades texturales, sensoriales y gran aporte nutricional.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

La industria alimentaria se encuentra en constante desarrollo creando nuevos productos para responder a las demandas emergentes del mercado, dentro de este contexto, el sector de los snacks destaca por su dinamismo e innovación, introduciendo de manera continua nuevas propuestas, muchos de ellos buscan estar asociados a una imagen más saludable, como el caso de los productos bajos en calorías o grasas (Maetens, 2017).

Se realizaron en Trujillo, Perú la tesis “Snacks a base de maíz morado, quinua y kiwicha. Características físicas y sensoriales” con el objetivo de evaluar las características físicas, como índice de expansión, densidad aparente, porosidad, textura y crujido, así como la aceptabilidad general de snacks extruidos, se utilizó un diseño de mezclas simplex con centroide ampliado, con los componentes: maíz morado (M: 0.0 -100%), quinua (Q: 0.0 - 100%) y kiwicha (K: 0.0 - 100%), los resultado indicaron que la proporción de maíz morado, quinua y kiwicha afectó significativamente los valores de índice de expansión, densidad aparente, porosidad, textura, crujido y aceptabilidad general, el tratamiento T9 (M: 17%, Q: 67%, K: 17%) presentó la mayor aceptabilidad general, con una media de 7.59 y una moda de 9 (Me gusta muchísimo) respecto al índice de expansión, el tratamiento T2 (Q: 100%) mostro el mayor valor entre las muestras puras (1.55 ± 0.04), además, se observó que el índice de expansión aumento conforme se incrementa la proporción de quinua en las mezclas, los valores de expansión variaron entre 1.04 a 2.23 y fueron menores en comparación con otros productos extruidos, debido al mayor contenido de proteína, fibra y grasa de la quinua y kiwicha, estos componentes, especialmente la fibra insoluble, retienen agua y reducen la generación de vapor durante la extrusión, limitando así la expansión del producto (Valderrama, 2015).

Evaluaron el efecto de la temperatura (160–180 °C) y el tiempo de fritura (30–90 segundos) en la elaboración de chips de oca (*Oxalis tuberosa*), empleando un diseño factorial 3^k , las variables dependientes analizadas fueron la textura y la luminosidad del producto final, además, se determinaron parámetros fisicoquímicos como contenido de humedad

(79.14 ± 1.21 %), proteínas (1.04 ± 0.95 %), extracto etéreo (0.89 ± 0.15 %), cenizas (1.01 ± 0.08 %) y pH (4.52 ± 0.21) (Espín & Brito, 2001), los mejores resultados se obtuvieron con una temperatura de fritura de 172 °C durante 45 segundos, logrando una textura de 2.605 mJ y una luminosidad de 77.381, los autores concluyeron que las características físicas del producto están directamente influenciadas por las condiciones térmicas del proceso (Torres, 2015).

Este estudio brinda información fundamental para la presente investigación, al evidenciar que la temperatura y el tiempo de fritado influyen de manera notable en la textura y el color de productos vegetales comparables al plátano, sus resultados permiten definir parámetros de referencia para el procesamiento de snacks de plátano, facilitando la evaluación de los niveles de dureza en función del pretratamiento ácido aplicado y contribuyendo, de esta manera a mejorar la calidad final del producto (Chen, 2023).

En esta investigación se reporta la obtención de un aperitivo a base de durazno utilizando el método de fritura por aire caliente, al comparar sus resultados con otros estudios se observó que este proceso permitió reducir el contenido de grasa, evidenciando una disminución del 15% en la absorción de aceite en los snacks de durazno, asimismo, cuando se aplicó una deshidratación osmótica previa fritura por aire caliente, se concluyó que esta técnica contribuye a generar un producto más saludable para el consumidor (Parra .. R., 2018).

Se determinó el efecto de la temperatura en el sonido y textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral las cuales fueron laminas en dimensiones de 5.5 mm de largo, 5.5. de ancho y 3mm de altura, se utilizó 3 temperaturas de cocción de 160 °C, 180 °C y 200 °C respectivamente, para lo que se empleó una muestra de 260 galletas, el método utilizado fue el diseño una factorial con prueba de Tukey en intervalo de confianza de 95% mantenido la correlación entre la textura y el sonido instrumental y sensorial, como resultado se obtuvo que la temperatura ejerció un efecto significativo en el sonido y textura instrumental y sensorial, la muestra que con mejor aceptación fueron las que se hornearon a una temperatura de 180 °C con una textura de 80% de resultado aceptable y un 66.7% de atribución a crujencia, esta investigación nos da una idea de cómo realizar el estudio de crujencia (Marín, 2019).

Realizaron una investigación para estimar este estudio de vida útil del snack de tipo papa frita, se realizaron análisis físicoquímicos que corresponden a; % de humedad, % rancidez oxidativa (peróxidos), actividad del agua y evaluación sensorial a través de encuestas, donde

se utilizó una escala de 6 puntos de chocancia y una encuesta dúo-trío, donde este último consiste en identificar la muestra almacenada, comparándola con una muestra de referencia (correspondiente a un lote vigente en el mercado), para realizar dichas evaluaciones sensoriales se utilizó el criterio de 8 jueces evaluadores que participaron en la degustación y/o análisis de la muestra en prueba (Duarte R. J., 2019).

Con el objetivo de analizar las propiedades texturales en snacks de mandioca, se examinó la interacción entre el tiempo, la temperatura (150, 170 y 190 °C) y el tipo de aceite (AG y AGAO) durante la fritura, la investigación demostró que la corteza generada por el almidón parcialmente gelatinizado mitiga la absorción de grasa, mediante un analizador de textura (T.A.XTPlus), se observó una reducción de peso constante a lo largo del proceso, explicada por un desbalance donde la evaporación del agua es mayor que la ganancia de aceite, tras 240 segundos, los snacks conservaron solo el 40-50 % de su masa inicial, un fenómeno inversamente proporcional a la temperatura, finalmente, el estudio concluye que, si bien el AGAO genera una pérdida de masa más drástica al inicio, el rendimiento final tras 240 segundos no se ve afectado por el tipo de aceite, sino exclusivamente por la temperatura de operación (Hase, 2020).

Se evaluó la vida útil de diversos snacks fritos y salados mediante indicadores fisicoquímicos (humedad, acidez e índice de peróxidos) y análisis sensoriales con escala hedónica, los resultados demostraron que la estabilidad de los productos varía según el parámetro analizado: las habas fritas presentaron la mayor longevidad fisicoquímica (hasta 29 semanas por índice de peróxidos), mientras que el maíz chulpi y el plátano en hojuelas mostraron mayor vulnerabilidad, reduciendo su durabilidad a 16 semanas por humedad y 17 semanas en la evaluación sensorial, respectivamente, en términos generales, el deterioro sensorial y el incremento de humedad operaron como los factores críticos que limitaron la vida comercial de la mayoría de los productos (Valdes, 2014).

La investigación tuvo como objetivo desarrollar un snack extruido a base de polenta de maíz enriquecido con harina precocida de pota y otros ingredientes, cumpliendo los requerimientos de aminoácidos para los niños de 10 a 12 años, la formulación óptima estuvo compuesta por 60% de polenta de maíz, 18.5% de arroz, 15% de harina de kiwicha, 4% de harina de pota y 2.5% de leche en polvo, los parámetros adecuados de extrusión fueron una humedad de mezcla 12.6% y una velocidad de tornillo de 150 RPM, el snack presentó un índice de expansión de 3.3, densidad aparente de 66.76 g/L, forma redonda, color crema y

ausencia de olor y sabor a papa, su composición química destaca por 16.8% de proteína y bajos contenidos de grasa y humedad, además, cumplió con los requisitos microbiológicos establecidos por la normativa peruana, finalmente, mediante métodos acelerados de deterioro, se determinó una vida útil de 15 semanas con una reacción de orden cero (Espinosa, 2017).

2.2. Quinoa (*Chenopodium quinoa*)

2.2.1. Generalidades

La quinoa es un cultivo andino que se adapta a una amplia variedad de suelos y zonas ecológicas, creciendo desde áreas cercanas al nivel del mar hasta 4 000 m.s.n.m. Originaria del lago Titicaca Perú y Bolivia (MINACRI, 2013). “La quinoa puede desempeñar un papel importante en la erradicación del hambre, la desnutrición y la pobreza y puntualizo que es uno de los pocos alimentos de origen vegetal que es nutricionalmente completo, es decir que presenta un adecuado balance de proteínas, carbohidratos y minerales, necesarios para la vida humana” (Ramirez, 2016).

2.2.2. Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal

Nombre científico: *Chenopodium quinoa* will

División: Fanerógamas

Clase: Dicotiledoneas

Sub clase: Angiospermas

Orden: Centrospermales

Familia: Chenopodiaceae

Género: *Chenopodium*

Sección: Chenopodia

Sub sección: Celulata

FUENTE: Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2006)

Su forma es cilíndrico-lenticular, con un leve engrosamiento hacia el centro, lo que le confiere una apariencia redonda y plana, en la parte inferior del aquenio se puede observar una marca que indica la unión del fruto con el receptáculo floral, este fruto está formado por el perigonio, que encierra por completo a la semilla, y su color puede variar, la coloración

de los frutos depende del tono que presente tanto el pericarpio como la episperma, lo que resulta en quinuas de distintos colores, como negro, crema, blanco, plomo, amarillo, rosado, rojo, morado y violeta, según la variedad (Maldonado-Alvarado, 2023). El diámetro puede ir desde 1.5 a 4 mm y son de distintos tamaños, en la Estación Experimental Patacamaya en Bolivia, se identificaron 66 tonalidades de granos y se mantienen preservadas cuatro variedades en la reserva genética (Bazile, 2014).

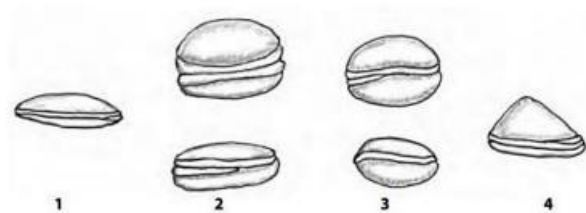


Figura 1. Formas de grano de quinua: 1) lenticular; 2) cilíndrica; 3) elipsoidal y; cónica, respectivamente

FUENTE: (Natalia, 2016)

El perigonio se desglosa fácilmente en la etapa de madurez, pero en ocasiones puede durar unido al grano incluso posteriormente de la trilla, lo que complica la tarea de selección, la semilla constituye la parte madura del fruto, sin incluir el perigonio, y puede presentar formas lenticulares, elipsoidales, cónicas o esferoidales (figura 1 y 2) está formada por tres estructuras principales; el epispermo, el embrión y el perisperma, la episperma está integrada por cuatro capas, siendo la externa de superficie rugosa y frágil, la cual se desprende con facilidad al frotarla, en esta capa se encuentra la saponina, la cual es responsable del sabor amargo en el grano, en la (figura 3) podemos visualizar la sección longitudinal media del fruto con su distribución de minerales en la estructura del grano (Natalia, 2016).

2.2.3. Beneficios del consumo de la quinua

La quinua destaca como uno de los granos más saludables gracias a su elevado valor proteico y su conveniente composición de aminoácidos esenciales, como la lisina, metionina y cisteína (Tabla 1), (Robin, 2015) el gran valor nutritivo de este pseudocereal es de fibra, vitaminas (especialmente B6 y B9), minerales (como hierro y calcio) y antioxidantes (Navruz-Varli, 2016).



Figura 2. Vista inferior de la semilla de (*Chenopodium quinoa*) observada mediante microscopio
FUENTE: (Natalia, 2016)

En la actualidad, la quinua está captando la atención a nivel global como un alimento con beneficios para la salud, gracias a su elevado porcentaje de proteínas, lípidos, fibra, vitaminas y minerales, así como a su equilibrio de aminoácidos esenciales, el consumo de quinua se ha vinculado con beneficios para la salud humana, debido a su contenido de diversos fisicoquímicos, entre los que destacan saponinas, fitoesteroles, Fito esteroides, compuestos fenólicos y péptidos bioactivos. Dichos elementos pueden implicar efectos provechosos en la salud metabólica, cardiovascular y gastrointestinal (Navruz-Varli, 2016)

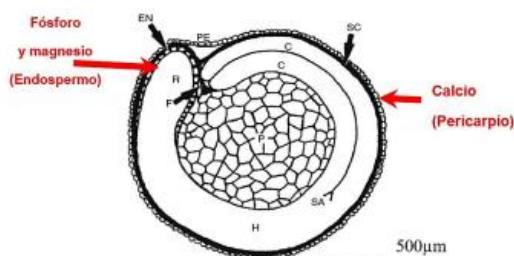


Figura 3. Corte longitudinal central del fruto de quinua que muestra la distribución de minerales en la estructura de su semilla
FUENTE: (Natalia, 2016)

Nota: Corte longitudinal medio que identifica el pericarpio (PE), la cubierta del grano (SC), el eje hipocotíleo-radicular (H), los cotiledones (C), el endospermo (EN) presente únicamente en la zona micro pilar, la radícula (R), la función (F), el meristema apical (SA) y el perisperma (P). escala 500 µm. adaptado de Prego et al. (1998).

2.2.4. Variedades de quinua

Según (INIA, 2006) las variedades comerciales de quinua presentan una notable variabilidad y diversidad, por lo que su clasificación se ha realizado en función de los ecotipos,

considerando su adaptación a diferentes condiciones geográficas; quinuas valle, de altiplano, de nivel de mar y subtropicales, algunas de las variedades de quinua que se producen en la región Puno son las siguientes que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Variedades nativas de quinuas cultivadas en el altiplano de Puno

Tipo de quinua	Color de plata/grano	Tolerancia al frío	Uso principal	Uso secundario
Blancas, janki o yurac	Blanca/blanco	Mediana	Caldo o sopa	Pire o pesque
Chulpi o hialinas	Blanca/ transparente	Buena	Caldo o sopa	Pure
Witullas coloreadas	Mana	Harinas	Harinas, Kispíño	Torrejas
Q'oitu	Chicha	Quispíño	Torrejas	Harinas
Pasancallas	Que revientan fácilmente	Alta		
Cuchi willa	Rojo/ negro	Alta		

FUENTE: (INIA, 2006).

2.2.5. Composición de la quinua

La quinua es única debido a la calidad del grano y a la composición de nutrientes que posee, además de ello, este grano presenta cantidades similares o ligeramente más altos de compuestos bioactivos como los polifenoles (2.7 - 3.8 g/kg), convirtiéndola en un grano con alta capacidad antioxidante, sirviendo así de defensa frente a diferentes enfermedades (Dini, 2010), por lo cual la FAO la considera como un alimento perfecto (Li, 2016). La relevancia de la quinua reside en su contenido proteico de alta significancia biológica (varía según la variedad y es equivalente a la caseína presente en la leche), las cuales son principalmente del tipo albúmina (35%) y globulina (37%).

El contenido de vitaminas B y C en la quinua son superiores a las del trigo, es rica en caroteno y niacina, en cuanto a su contenido de riboflavina, tocoferol y caroteno son mayores que las del arroz y el trigo, su contenido de minerales (zinc, magnesio, fósforo, potasio, hierro y calcio) es superior al de otros cereales, casi igualando al frijol (FAO, 2011). La fibra cruda facilita el tránsito intestinal eliminando residuos y toxinas que puedan causar daños en el organismo, constituye del 20 - 50 % de la fibra dietética total, de los cuales poco más del 80

% de esta fibra es insoluble, el contenido promedio de grasa es 5.0 - 7.2 %, la cual no ha sido muy estudiada convirtiéndola de esta forma en una fuente potencial para la extracción de aceite (Dini, 2010), es rica en ácidos grasos insaturados (83.3 - 87.0 %), de los cuales 25 – 28.7 % son monoinsaturados y 58.3 % son poliinsaturados (Abugoch, 2009).

Los carbohidratos constituyen el 60 - 74 % del peso total del grano, de los cuales del 32.0 - 69.2 % se compone de almidón cuyo 10 - 21 % es amilosa y 79 - 90 % amilopectina, que gelatinizan entre 55.5 - 72 °C, su pequeño tamaño (0.4 - 2.0 µm) y alta viscosidad suelen aprovecharse en aplicaciones industriales; entre los azúcares, la sacarosa es el más predominante (2.9 g/100 g) en la quinua (Abugoch, 2009).

2.2.6. Harina de quinua

La harina de quinua según (Vasquez J. V., 2016), requiere para su obtención de un lavado previo del grano con el objetivo de eliminar una gran cantidad de saponina para su posterior molienda, esto con el objetivo de llegar a tener un polvo fino; de acuerdo con (Salau, 2015), en su análisis reporta a la harina de quinua como libre de gluten, lo cual aporta una gran ventaja en el mercado alimenticio sobre todo en productos de panificación exclusivamente para celíacos, como también con potencial de suplemento frente a la leche materna.

2.2.7. Composición porcentual de la harina de quinua

En base a reportes de (Tirado L. R., 2020), estima que la harina de quinua posee un alto valor nutricional, siendo una alternativa interesante en la dieta de aquellas personas con deficiencias nutricionales y aquellas con una preferencia por una alimentación vegetariana, pudiendo cubrir con el aporte de nutrientes necesarios para el ser humano como se puede observar en la tabla 2.

Tabla 2. Composición porcentual de la harina de quinua

Componentes	Cantidad
Proteína	11-21
Grasa	5.3-8.4
Carbohidratos	53.5-74.3
Fibra	2.1-4.9
Ceniza	3.0 – 3.6
Humedad	9.4 – 13.6

FUENTE: (Alfaro, 2016).

2.2.8. Anti nutrientes de la quinoa

La quinoa contiene varios anti nutrientes, siendo las saponinas los más destacados, junto con el ácido fítico, oxalatos y taninos, su problema principal radica en que estas sustancias, especialmente las saponinas, reducen la absorción de nutrientes esenciales y pueden causar problemas digestivos, además de aportar un sabor amargo característico (Filho, 2017).

Principales anti nutrientes de la quinoa, según (Filho, 2017) son:

- **Saponinas:** Son compuestos jabonosos ubicados en la capa externa del grano, responsables del sabor amargo y, en altas concentraciones, pueden ser irritantes intestinales.
- **Ácido fítico (o fitatos):** Compuestos anti nutricionales que disminuye la biodisponibilidad de minerales esenciales como hierro, zinc y calcio, al formar complejos insolubles que dificultan su adsorción en el organismo.
- **Oxalatos y taninos:** En menor medida, pueden interferir también en la adsorción de minerales.

El problema principal: las saponinas y el sabor amargo según (Filho, 2017) son:

- **Sabor amargo:** Si no se lavan, las saponinas hacen que la quinoa tenga un sabor jabonoso y amargo desagradable.
- **Irritación y toxicidad:** A niveles altos, las saponinas pueden provocar irritación en el tracto gastrointestinal, provocando hinchazón o molestias digestivas.
- **Reducción de nutrientes:** Dificultan la asimilación de proteínas y minerales.

2.2.9. Composición química de la harina de quinoa tostada

Con base en lo descrito por (Romo, 2006), estima una composición química alta en carbohidratos y proteína, necesarias para suplir deficiencias en la alimentación.

Tabla 3. Composición química estimada de la harina de quinua tostada

Composición química	Cantidad %
Proteína	15.9
Grasa	4.5
Carbohidratos	68.7
Fibra	4.3
Ceniza	2.6
Humedad	4.2

FUENTE: (Romo, 2006)

2.3. Lactosuero

El suero de leche o también conocido como lactosuero, es un subproducto generado durante la elaboración de queso y caseína, este producto de alto valor nutricional y funcional, el tratamiento general implica pretratamiento (clarificación, desnatado, pasteurización), seguido de tecnologías de separación y secado (Gonzales, 2011).

Los principales procesos conocidos para obtener productos a partir del suero son:

Procesos de filtración por membrana: son los más utilizados para fraccionar y concentrar los componentes (Gonzales, 2011).

- **Ultrafiltración (UF):** Separa las proteínas de la lactosa y los minerales, permitiendo producir concentrados de proteína de suero (WPC) con diferentes niveles de pureza.
- **Microfiltración (MF):** Se utiliza para eliminar bacterias y grasas residual, mejorando la calidad microbiológica.
- **Nanofiltración (NF):** Se emplea para concentrar el suero y eliminar parcialmente minerales (desmineralización).

Procesos de concentración y secado

- **Evaporación:** El suero se concentra eliminando agua, lo que reduce el volumen y facilita el transporte.
- **Secado por aspersión (Spray Dryer):** Es el proceso final para obtener suero en polvo, utilizado como ingrediente en alimentos, productos farmacéuticos y nutrición deportiva.

Procesos biotecnológicos y fermentación

- **Fermentación:** Microorganismos convierten la lactosa del suero en metabólicos de valor.
- **Producción de ácido láctico:** A través de la fermentación láctica, el suero se convierte en ácido láctico, utilizado en alimentos y polímeros biodegradables.
- **Producción de bebidas:** Fermentación para crear bebidas lácticas, yogures y productos fermentados.

Productos derivados del suero: A través de estos procesos se obtienen productos como:

- **Proteína de suero (WPC/WPI):** Concentrados (35-80% proteína) o aislados (>90% proteína).
- **Suero en polvo (SWP):** Suero deshidratado.
- **Lactosa:** Azúcar de la leche cristalizado.
- **Ricotta/Requesón:** Obtenido por precipitación térmica de proteínas remanentes.
- **Bebidas lácteas:** Bebidas fermentadas o saborizadas.

2.3.1. Tipos de lactosuero

Se reconocen diversos tipos de lactosuero, cuyo origen depende del proceso de separación de la caseína, el primero denominado lactosuero dulce, se obtiene mediante la coagulación de renina a un pH de aproximadamente 6.5 el segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos (Jelen, 2003).

2.3.2. Suero dulce

El lactosuero dulce, se genera al elaborar el queso mediante el uso de enzimas proteolíticas o “cuajo”, las cuales actúan sobre las caseínas de la leche y las “cortan” o “rompen”, haciendo que estas se desestabilicen y precipitan, todo esto bajo condiciones específicas de temperatura (15-50°C); pH levemente ácido (5.9-6.6) producto de la incorporación de cultivos lácteos y iones calcio, la principal enzima utilizada para realizar esto, es la quimosina o renina (Lopez, 2008).

2.3.3. Suero ácido

Se genera a partir de la coagulación ácida o láctica de la caseína, alcanzando un pH cercano a 4.5 se produce al alcanzar el punto isoelectrico de la caseína con anulación de las cargas eléctricas que las mantienen separadas por las fuerzas de repulsión que generan, impidiendo

la floculación, la fabricación de caseína precipitada por ácidos minerales da lugar a un suero ácido con un pH de 4.3 – 4.6 (Lopez, 2008).

2.3.4. Composición química del lactosuero

La composición química del lactosuero varía según la leche, el tipo de queso fabricado, el proceso tecnológico empleado en la fabricación de queso (Parra R. , 2009). Químicamente el lactosuero presenta un gran contenido de agua, sin embargo, constituye una importante fuente de nutrientes, en especial de proteínas de alto valor biológico, cuyo contenido en aminoácidos esenciales es muy próximo al recomendado por la FAO, de ahí el interés de generar otros usos y aprovechar todos sus componentes (FAO, 2006).

En cualquiera de los dos tipos de lactosuero, se estima que el lactosuero representa cerca del 85- 90 % del volumen de la leche y contiene aproximadamente el 55 % de sus nutrientes, Entre los más abundantes de estos nutrientes están la lactosa (4.5% - 5.0%), proteínas (0.6% - 0.8 %), lípidos (0.4% - 0.5 %) y sales minerales (8.0% – 10 %) (Muñi, 2005).

Tabla 4. Composición del lactosuero dulce y ácido

Componente	Lacto suero dulce %	Lacto suero ácido %
Humedad	93-94	94-95
Extracto seco	5-7	5-7
Grasa	0.2-0.8	0.4-0.6
Proteína	0.8-1.0	0.6-0.8
Lactosa	4.5-5.2	4.4-4.6
Sales minerales	0.56	0.46
Ácido láctico	0.2-0.3	0.7-0.8
Cenizas	0.5-0.7	0.7-0.8
Ph	6.0-6.6	4.3-4.7

FUENTE: (Guerrero., 2010).

2.3.5. Proteínas de lactosuero

Las proteínas del suero se han utilizado como suplemento alimenticio de gran valor nutritivo debido a la capacidad del suero para proporcionar aminoácidos esenciales, todas las proteínas de la leche tienen diferentes funciones biológicas entre las cuales podemos destacar la prevención del cáncer, actividades antimicrobianas y antivirales (Hernández & Vélez, 2014).

El suero de la industria quesera contiene aproximadamente un 0.6% de proteínas, la β -lactoglobulina (BLG) es la proteína mayoritaria 50% y la α -lactoalbúmina (ALA) ocupa el segundo lugar 20%, también tienen en cantidades menores de inmunoglobulinas, lactoferrina, albúmina, proteasa peptona y glicomacropéptido, esta última pasa al suero después de la acción de la renina sobre la κ -caseína en el proceso de elaboración (Conti, Esteban, & Ceriani, 2012).

2.3.6. Minerales de lactosuero

En la Tabla 5, se observa como los lactosueros de quesos más ácidos tienen mayor contenido de minerales que los lactosueros de quesos menos ácidos, es importante a la hora de procesar el lactosuero para convertirlo en un requesón, en una bebida o en otro alimento (Hernandez., 2020).

Tabla 5. Contenido de minerales del lactosuero

Componente	Suero dulce (g/l)	Suero ácido (g/l)
Calcio	0.4 - 0.6	1.2 - 1.6
Fosforo	1.0 - 3.0	3.0 - 4.5
Hierro	0.6 - 1.0	1.0 - 1.3
Potasio	1.6	1.8
Sodio	5.4	5.5

FUENTE: (Hernandez., 2020)

2.3.7. Aminoácidos del lactosuero

Las proteínas presentes en este subproducto de la industria quesera constituyen una fuente nutricional importante debido a su aporte equilibrado de aminoácidos esenciales, representando aproximadamente el 26% (Ibrahim, 2005). Asimismo, se caracterizan por su alto valor biológico, ya que contienen aminoácidos clave como leucina, triptófano, lisina y compuestos azufrados, alcanzando una calidad comparable a la del huevo y sin presentar deficiencias aminoacídicas, tal como se observa en la tabla 6, que compara el perfil de aminoácidos del lactosuero con el huevo, la leucina y la lisina destacan como aminoácidos predominantes (Hernandez., 2020).

Tabla 6. Composición en aminoácidos

Aminoácidos	Lactosuero	Huevo	Equilibrio recomendado por la FAO
Treonina	6.2	4.9	3.5
Cisteína	1.0	2.8	2.6
Metionina	2.0	3.4	2.6
Valina	6.0	6.4	4.8
Leucina	9.5	8.5	7.0
Isoleucina	5.9	5.2	4.2
Fenilamina	3.6	5.2	7.3
Lisina	9.0	6.2	5.1
Histidina	1.8	2.6	1.7
Triptófano	1.5	1.6	1.1

FUENTE: (Linden, 1996)

Tabla 7. Contenido de vitaminas de lactosuero

Vitaminas	Concentración (mg/ml)
Tiamina	0.38
Riboflavina	1.2
Ácido nicotínico	0.85
Ácido pantoténico	3.4
Piridoxina	0.42
Cobalamina	0.03
Ácido ascórbico	2.2

FUENTE:(Linden, 1996)

2.3.8. Contaminación del lactosuero

Se estima que a partir de 10 litros de leche se puede producir un promedio de 8 a 9 litros de lactosuero, estas cifras representan el 90% del volumen de la leche y el que tiene un alto contenido de nutrientes como proteína y lactosa que al ser arrojadas junto con el líquido al ambiente sin ningún tipo de tratamiento se convierte en un fuerte contaminante, por la materia orgánica que contiene (Ibrahim, 2005). Si esta descarga al drenaje es constante y llega a ríos y suelos, altera las propiedades fisicoquímicas de los ecosistemas presentes, por

ejemplo, en el caso de los suelos, disminuye el rendimiento de las cosechas (Ramírez & Valencia, 2009).

2.3.9. Aprovechamiento del lactosuero en la industria

Los principales usos son alimentarios, y los encontramos en la industria, en alimentos dietéticos, en sopas preparadas, panadería, repostería, salsas, ensaladas, bebidas, edulcorantes y en concentrado de polvo, natural, endulzado, desmineralizado, desproteinizado y deslactosado (Burgués, 2018).

Debido a las excelentes propiedades nutricionales y funcionales y a las grandes cantidades de suero de quesería que se producen, se ha convertido en una excelente materia prima para obtener diferentes productos a nivel tecnológico o como medio de formulación (Hernandez., 2020). En la actualidad, los sólidos de suero a utilizar en nutrición humana son producidos en una amplia variedad de formas, tales como, suero en polvo, suero condensado, suero parcialmente deslactosado, suero parcialmente desmineralizado y la combinación de los dos últimos, como, asimismo, concentrados de proteínas de suero (Gastelo & Neciosup, 2016).

2.4. Complementos utilizados en la elaboración de snack a base de harina de quinua (*chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero

2.4.1. La sal

El sodio es un mecanismo esencial para un adecuado funcionamiento del cuerpo y la homeostasis celular, la cantidad diaria recomendada oscila entre 10 y 20 mmol/día (similar a 0.6 a 1.2 g/día de sal), es importante tener en cuenta que en exceso de sodio en la dieta se ha vinculado con un incremento en la probabilidad de padecer enfermedades cardiovasculares (Roig, 2021).

2.4.2. La cal

Sólido cristalino, obtenido por calentamiento del carbonato de calcio, el proceso de fabricación de la cal apagada Ca(OH)_2 implica la extracción, trituración, lavado y preparación de la piedra caliza antes de su calcinación en CaO y la posterior hidratación en hidróxido de calcio Ca(OH)_2 como se indica en la ecuación (2) (Simoni, 2022). La composición química de la caliza es CaCO_3 96.58 %, MgCO_3 1.42 %, Al_2O_3 0.98 % y SiO_2 1.02 % (Quiñónez, 2015).



- Producción de la cal

En Perú, la cal se emplea prioritariamente en la fabricación de productos farmacéuticos, barnices, insecticidas, fertilizantes, alimentos para plantas, alimentos para animales, papel, yeso, donde Lima lideró con un 38.3 % del total, seguido por Junín con el 25 % de contribución, y Cajamarca en tercer lugar con el 16.6 % de participación (Minas., 2022). En ese sentido, la obtención de caliza en Puno estaría liderado por Cal y Cemento Sur el cual tiene una capacidad instalada de un 1 millón de toneladas/día de cal en su planta de Caracoto, Puno y la producción de cal en Puno fue de 15.9 % en el 2019 (Perú., 2019).

2.4.3. Aceite como medio de fritura

Presenta diferentes características positivas al momento de realizar una fritura, realza el sabor del alimento en su producción, es un aceite comestible 100% vegetal, posee cero grasas trans, resistente a altas temperaturas, y es muy relevante debido a que posee una mezcla perfecta entre oleína de palma y aceite puro de soya (DANEC, 2022).

Los parámetros operacionales para el uso de materias grasas en frituras restringen la temperatura máxima a 180 °C se requiere una filtración previa a la reutilización para remover detritos alimenticios, asimismo, la presencia de anomalías sensoriales (cambios de color, olor, sabor o un aspecto turbio) evidencia el estrés térmico del aceite, señalando la necesidad de su desecho, cuantitativamente, el límite crítico de degradación se fija en un 25% de compuestos polares; rebasar este umbral invalida el producto para la ingesta humana por razones de seguridad alimentaria (Dinero, 2004).

- Aceite extraído del girasol (*Helianthus annuus*)

El aceite de girasol, clasificado comercialmente como crudo o refinado, es un recurso de gran relevancia industrial debido a su composición química, su perfil lipídico exhibe un predominio de ácidos grasos insaturados frente a una concentración minoritaria de fracciones saturadas, adicionalmente, la presencia de ácidos grasos esenciales en su estructura le confiere un valor nutricional crítico, debido al rol que desempeñan estos compuestos en la homeostasis y la salud del consumidor (Guerrero, 2016).

Por su apariencia translúcida y su sabor neutral, el aceite de girasol es ampliamente utilizado en múltiples procesos tanto en el sector alimentario, sin embargo, su estabilidad en fritura depende de su perfil lipídico, la variedad convencional, rica en ácido linoleico, es adecuada para usos generales, pero menos estable térmicamente para frituras industriales, en contraste, las variantes con alto contenido de ácido graso monoinsaturado y una reducción en la cantidad de ácido linoleico se asocia con una mayor resistencia al calor, siendo óptimas para frituras a gran escala, con un 80% de ácido oleico y bajo nivel de ácido linoleico, este aceite mejora su estabilidad oxidativa, permitiendo su aplicación en alimentos y sectores industriales, como lubricantes y aceites dieléctricos (Gupta, 2014).

Destacan que el aceite de girasol alto oleico posee un perfil nutricional y una estabilidad oxidativa similares a los aceites de colza y oliva, lo que lo posiciona como una alternativa de alto interés, su producción, que incluye el descascarillado de las semillas, mejora sus propiedades sensoriales al reducir sabores amargos y aumentar su suavidad, por estas razones, representa una posibilidad valiosa para la innovación de productos en áreas industriales y alimentarias, donde se requiere un aceite de alta estabilidad y calidad (Raß, 2008).

- **Valor nutricional**

El análisis lipídico del aceite de girasol revela una presencia molecular dominante de ácidos grasos poliinsaturados (61.40g/100g), específicamente de los tipos linoleico y α - linolénico, cuya esencialidad radica en la ausencia de vías metabólicas endógenas para su creación en el ser humano, respecto a la fracción monoinsaturada, el ácido oleico representa 22.50g/100g, lo cual evidencia una marcada diferencia frente al perfil del aceite de oliva (73.30g/100g), desde una perspectiva antioxidante, este sustrato destaca por su riqueza en tocoferoles, situándose inmediatamente después del aceite de germen de trigo con un contenido de vitamina E de 56 mg/100g, propiedad biológica que optimiza su estabilidad frente a la degradación (Valdiviezo, 2014).

Tabla 8. Perfil nutricional del aceite girasol

Información nutricional para el Perú			
Ingredientes	Aceite girasol		
Porción	14ml (1 cucharada)		
Porción por envase:	Aprox. 64		
	100ml	Porción	VDR(*)
Energía (kcal)	824	115	6
Energía (KJ)	338.5	474	-
Grasa total (g)	91.4	12.8	16
Grasa trans (g)	0.5	0.1	-
Grasa saturada (g)	10.3	1.4	7
Grasas poliinsaturadas	46.6	6.5	-
Grasa monoinsaturada (g)	34.6	4.8	-
Colesterol (mg)	0.9	0.1	-
Carbohidratos (g)	0.0	0	0
Fibras dietéticas total (g)	0.0	0	0
Azúcares totales (g)	0.0	0	0
Proteína (g)	0.2	0	0
Sodio (mg)	0.8	0.1	0

(*) valor diario (VDR) tomando como referencia una dieta de 200 kcal y 3870 kJ según Codex Alimentarius FAO/OMS.

FUENTE: (Valdiviezo, 2014)

2.5. Snack

Los alimentos tipo snack siempre han tenido una parte importante en la vida y dieta de todas las personas, estos son aperitivos, piqueos, bocaditos, botana, etc., no reemplazan a los alimentos principales, generalmente se utiliza para satisfacer el hambre temporalmente, proporcionar una mínima cantidad de energía para el cuerpo (Salas, 2005)

En el Perú, este alimento abarca una parte importante en el mercado de alimentos procesados, existen empresas operando por más de 30 años, sin embargo, en los últimos años, debido a las mejores tecnológicas en la extrusión, se observa un aumento en las empresas que incluyen a los “snacks” entre su oferta de productos, los bocaditos o “snacks” son productos alimenticios, salados o dulces, fritos o extruidos; que no han sido sometidos a la acción de

leudantes químicos o biológicos, que tienen diversas formas de presentación y generalmente son envasados (ITINTEC, 1984).

2.5.1. Snacks fritos

Las frituras son alimentos que, al someterse a altas temperaturas, transforman el agua de su composición en vapor, reduciendo su humedad y permitiendo su cocción, cuando los alimentos contienen demasiada humedad, se produce un burbujeo intenso que acelera el deterioro del aceite debido a la liberación de ácidos grasos libres, por ello, muchos alimentos son previamente deshidratados para prolongar la vida útil del aceite, además, las frituras presentan una alta aceptabilidad y consumo a nivel mundial debido a su fácil acceso y preferencia entre personas de diferentes edades (ITINTEC, 1984).

Al someter un alimento a una técnica de fritura se crea características apetecibles y concentradas en cuanto a su olor, sabor, textura, color y gusto, sin embargo, el color y la textura es una de las variables de mayor cuidado, debido que el tiempo y temperatura junto a la calidad del aceite, influye en las características físicas y sensoriales del producto final (Susana, 2022).

- Características de los snacks fritos

La principal característica de los snacks fritos es la coagulación de sus proteínas en la superficie, basando en la cantidad de agua en la parte interna de la fruta, a través de este proceso se conservan las características sensoriales de alimentos y se mejoran parámetros como el color, aspecto y textura para generar un alimento de mayor aceptabilidad en un reducido tiempo de preparación (Pozo, 2015).

Los snacks fritos por inmersión es un proceso que consiste e sumergir un alimento en aceite a elevadas temperaturas que sobrepasen el punto de ebullición, como es el caso de los tubérculos, cuando la cantidad de humedad se reduce, provoca que los sólidos solubles se concentres y aumenta la cantidad considerablemente (Castaño, 2020). La principal característica de un snack es su crocancia, producida por la reducción de la humedad, seguida del color, esta debe ser un color similar apariencia natural del producto, cuando la temperatura y el tiempo son adecuados, producen que el producto final sea más apetecible, la temperatura no siempre será constante, esta varía de acuerdo al tamaño de partícula y contenido de humedad del alimento (Hurtado, 2001).

Otra de las características de los alimentos fritos se relaciona con la retención de grasa en el alimento, que es utilizada durante el proceso de elaboración, lo cual condiciona su valor calórico debido a la absorción de los lípidos, se recomienda sumergir el producto en el aceite a una temperatura de 180° C, para provocar una rápida reducción del agua que se encuentra en la superficie del alimento, generando una capa productora que evita la reducción de los componentes nutricionales (Pozo, 2015).

2.5.2. Vida útil de los alimentos en productos como el snack

La vida útil de un alimento se define como el tiempo durante el cual conserva sus propiedades deseadas hasta alcanzar un nivel límite de deterioro, su estimación puede realizarse mediante la determinación experimental de la velocidad de deterioración, la vida anaquel depende de factores como las características del producto, las condiciones ambientales y el tipo de empaque, según su duración, los alimentos pueden clasificarse en perecibles, con una vida útil menor a 14 días; semiperecibles, con una duración de hasta 6 meses; y no perecibles, como muchos alimentos enlatados, cuya vida útil puede extenderse de 6 meses hasta más de 3 años bajo condiciones adecuadas de almacenamiento (Labuza, 2000).

2.5.3. Factores que afectan la vida útil de los snacks

Los “snacks” están hechos de una variedad de ingredientes, el insumo común es la grasa, en consecuencia, la presencia de esta es uno de los factores limitantes con mayor influencia sobre la vida en anaquel de los “snacks” debido a que están sujetas a deterioro por rancidez oxidativa o hidrolítica, que conducen a la formación de olores y sabores no deseables en los alimentos (Man, 1997).

Los factores que tienen influencia sobre la vida en anaquel de estos grupos de alimentos son:

- Factores de carácter intrínsecos: Materia prima, formulación y composición del producto, proceso de manufactura, actividad de agua, humedad relativa, acidez y valor pH, disponibilidad de oxígeno y potencial redox.
- Factores de carácter extrínseco: Se clasifican todos aquellos factores ajenos a la matriz del alimento que influyen en su calidad, esto incluye los métodos de manufactura, las condiciones sanitarias, el material de envasado, así como la cadena de suministro, el almacenamiento y la gestión del producto en el punto de venta.

Todos estos factores pueden operar en una forma interactiva y a menudo impredecible, y debe investigarse la posibilidad de interacciones, un tipo particularmente útil de interacción ocurre cuando los factores tales como reducción de la temperatura, tratamiento con calor moderado, acción de antioxidantes y empaque con atmosfera controlada operan conjuntamente para restringir el crecimiento microbiano, este es el llamado “efecto de barrera”, esta forma de combinación de factores los cuales, individualmente, son incapaces de prevenir el crecimiento microbiano, pero, en combinación, proveen una serie de barreras las cuales, permiten a los fabricantes usar técnicas de procesamiento más suaves, que permiten conservar más las propiedades sensoriales y nutricionales del producto (Man, 1997).

Tabla 9. Factores de control de calidad que afectan la vida útil de los alimentos

Alimento	Factor de calidad	Tipo
Cereales	Ganancia de humedad y oxidación de lípidos.	Cereales de desayuno, galletas, etc.
Snack	Ganancia de humedad y oxidación de lípidos.	Productos extruidos, etc.
Café	Ganancia de humedad y pérdida de sabor.	
Productos instantáneos	Ganancia de humedad y oxidación de lípidos.	Sopas y salsas deshidratados, debidas en polvo.
leche en polvo	Ganancia de humedad y pardeamiento no enzimático.	
mezclas deshidratadas	Crecimiento de mohos y ganancia de humedad.	Todos los tipos de productos deshidratados.

FUENTE: (Man., 2016)

2.6. Empaque en la industria del snack

Una de las funciones más importantes del empaque en los alimentos es la protección del producto frente a los efectos de los factores ambientales, tales como la luz, vapor de agua, gases y olores durante su vida en anaquel, la magnitud exacta de la protección requerida, sin embargo, depende de la naturaleza del producto, en el caso de la vida en anaquel de los “snacks”, las siguientes son las principales propiedades que deben cumplir los empaques flexibles, las cuales pueden afectar la calidad de almacenamiento del producto (Man., 2016).

- La capacidad de barrera contra la humedad en un material está determinada por su tasa de transmisión de vapor de agua: a menor permeabilidad del vapor, mayor será la protección del empaque. Para maximizar este rendimiento físico en aplicaciones específicas, es común integrar recubrimientos especializados, tales como estructuras laminadas o películas metalizadas, que restringen el paso de las moléculas de agua hacia el interior.
- Una mayor sección transversal o espesor en el empaque reduce significativamente la transferencia difusiva de oxígeno hacia el interior. Esta mejora en la capacidad de aislamiento es una estrategia fundamental para prevenir el deterioro oxidativo y conservar los componentes sensibles del alimento.
- Este parámetro cuantifica la capacidad de un material para absorber o desviar la radiación lumínica, impidiendo que impacte directamente sobre la matriz alimentaria. En el diseño de empaques, el control de la densidad óptica es fundamental para mitigar la fotooxidación de componentes sensibles como lípidos y pigmentos.
- El mantenimiento de los atributos sensoriales internos y la exclusión de agentes volátiles exógenos dependen estrictamente de la eficiencia de barrera aromática del empaque. Al impedir el intercambio gaseoso de moléculas odoríferas, el polímero garantiza que el alimento conserve su identidad saporífera libre de contaminaciones cruzadas durante su vida de anaquel.

Los snacks o bocaditos normalmente tienen un cierto contenido de grasa que genera un sabor rancio si el oxígeno ha penetrado en el empaque, estos productos son de consumo rápido, de modo que se requieren de empaques de estructuras bilaminadas con barrera a la humedad, al oxígeno y la luz solar, se utilizan laminaciones de polipropileno biorientado (BOPP)/

polipropileno biorientado (BOPP) o polipropileno (BOPP)/ polipropileno biorientado metalizado (BOPPmet) que da una protección mayor (Illanes, 2004).

2.6.1. Polipropileno – polipropileno biorientado

El polipropileno se produce a partir de petróleo a gas natural por un proceso de polimerización, donde cadenas cortas de productos químicos (llamadas monómeros) se unen en presencia de un catalizador que posibilita la formación de cadenas largas llamadas polímeros, estos polímeros son termoplásticos sólidos que pueden ser procesados de dos maneras principales: por extrusión y por moldeo o inyección, el polipropileno posee excelentes propiedades ópticas, gran brillo y mínima opacidad, normalmente es utilizado como sobre para diversos productos como cartones de huevo, alimentos en caja, cosméticos, dulces, galletas, productos grasos, juguetes, libros; no produce gases nocivos al sellado, sello más limpio a menor temperatura, alta resistencia a aceites y grasas, neutral a sabores y olores, cumple con las normas FDA (Food and Drug Administration) para poder estar en contacto directo con los alimentos (Illanes, 2004).

2.6.2. Polipropileno biorientado metalizado

Un film metalizado es una película, normalmente plástica o celulósica sobre la cual se ha aplicado un delgado recubrimiento metálico, el término metalizado es genérico, puesto que es posible realizar aplicaciones de diversos metales, sin embargo, cuando se trata de empaques flexibles, al decir metalización se refiere a la aplicación de un recubrimiento de aluminio, hoy en día, las películas metalizadas de poliéster y polipropileno se usan como empaque en gran variedad de alimentos como galletas, snack, dulces, frutas secas, mayonesa, etc, una película de una milésima de espesor obtiene una reducción de la permeabilidad al vapor de agua desde 7.9 a 0.04 – 1.1 g.mil/m² dia.atm (Illanes, 2004).

2.6.3. Coextruido polietileno – poliamida

La coextrusión es un proceso en el cual varias capas de resinas plásticas son extruidas simultáneamente formando una sola lamina, generalmente es utilizada para la fabricación de films multicapa, con propiedades de barrera, este proceso es realizado en una coextrusora, este equipo consta de varios módulos de extrusión, en la cuales distintos materiales (polietileno, poliamida, polipropileno. etc) (Illanes, 2004).

2.7. Determinación de vida en anaquel de “snacks” alimento

Según, (Man, 1997) la determinación de la vida anaquel se puede realizar mediante:

2.7.1. Pruebas sensoriales

La medición de los cambios en la calidad sensorial de un alimento requiere del uso de técnicas sensoriales, estas son usualmente mediciones cualitativas y cuantitativas de un panel entrenado, aunque también pueden provenir de consumidores finales, existen dificultades para asegurar una buena calidad de datos en periodos de pruebas largos, por ello las mediciones físicas constituyen un buen respaldo para los métodos sensoriales (Man, 1997). El uso de las pruebas sensoriales de un conjunto apropiado de procesamientos diseñados para proteger la salud de los panelistas es particularmente importante llevar a cabo las pruebas de vida en anaquel, teniendo especial cuidado en tomar las medidas necesarias para asegurar que los riesgos microbiológicos sean minimizados, las pruebas de alimentos que son llevados a cabo mediante Pruebas Aceleradas a temperaturas elevadas, requieren de precauciones específicas (Man y Jones, 1997).

El Instituto de Alimentos de EEUU (IFT), define la evaluación sensorial como la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído, por lo tanto, la evaluación sensorial no se puede realizar mediante aparatos de medida, el instrumento utilizado son personas que en ocasiones están entrenadas, Asociación Española de Normalización y Certificación, las pruebas sensoriales empleadas en la industria de alimentos, se dividen en tres grupos: pruebas discriminativas, pruebas descriptivas y pruebas afectivas, las pruebas afectivas tienen tres tipos de métodos de preferencia, aceptación y de satisfacción o hedónicas (Man, 1997).

2.7.2. Pruebas instrumentales

Se han diseñado muchas pruebas que permiten el uso de técnicas instrumentales para la medición de calidad sensoriales, pero estas solo serán válidas si pueden correlacionarse con las mediciones sensoriales respectivas, entre ellos se tiene: Narices electrónicos, Analizadores de textura, Colorímetros, Instrumentos reológicos (Man, 1997).

2.7.3. Pruebas químicas

Los análisis químicos juegan un rol vital en la determinación de la vida en anaquel, dado que pueden ser usados para medir las reacciones químicas que ocurren en un alimento durante su almacenamiento, o para confirmar los resultados obtenidos por un panel sensorial (Man,

1997). Las pruebas químicas generalmente se basan en la extracción de las grasas contenidas en el alimento y en su posterior análisis para determinar la concentración de peróxidos y ácidos grasos como indicador del nivel de rancidez de los productos (Illanes, 2004).

2.7.4. Índice de peróxido

Se expresa como los miliequivalentes de peróxidos presentes en un kilogramo de aceite o grasa, y brinda información sobre el grado de oxidación de un aceite, la causa de la alteración de los aceites y las grasas puede ser el resultado de una reacción tanto química como bioquímica, pero la oxidación de las grasas es más frecuente por efecto de reacciones químicas, el principio de la oxidación de las grasas es posible que, en su mayoría, el producto de la reacción no sea más que hidroperóxido, al aumentar la cantidad de peróxidos y aparecer el olor y el sabor característico de la rancidez, se demuestra la presencia de otros productos resultantes de la descomposición de los hidroperóxidos, la correlación entre el olor y el sabor de grasas rancias y la cantidad de peróxidos, expresada como índice de peróxido, depende de muchos factores, como de su grado de insaturación y de la longitud de la cadena del ácido, entre otros (Zumbado, 2024).

Los productos extruidos son generalmente susceptibles a la oxidación de los lípidos debido a su bajo contenido de humedad, al aumento de área superficial resultante de la expansión y presencia de hierro, un catalizador para la oxidación del desgaste de tornillos, se recomienda un valor máximo de peróxido de cinco miliequivalentes / kilogramo para snacks extruidos de maíz listos para comer (Bechtel, 2002).

2.7.5. Pruebas microbiológicas

La actividad de agua, temperatura de almacenamiento, tiempo de pH pueden ser usados para predecir los microorganismos que podrían tener probabilidades de crecimiento en el producto, el “Periodo de patogenicidad” puede ser determinado almacenando el producto a una temperatura apropiada y midiendo el desarrollo microbiano a diferentes intervalos, el punto para llegar a un nivel predeterminado de recuento microbiano puede ser considerado como el punto final, dado que es recomendable dejar un margen de seguridad en la fijación de la vida en anaquel, generalmente se toma el 70% de dicho tiempo como la vida de almacenamiento en producto (Badui, 2006).

2.8. Vida útil

La vida útil de un alimento es el período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables (Hough, 2005).

La vida en anaquel depende de 4 factores principales (Hough, 2005):

- **Formulación:** La formulación consiste en la selección de materias prima e ingredientes funcionales que permiten incrementar la aceptación y lograr la seguridad del producto.
- **Procesamiento:** El procesamiento somete las materias primas e ingredientes formulados a condiciones que son desfavorables o inhibitorias para las reacciones de deterioro y promueven cambios físicos y químicos, dándole así al alimento su forma y características finales.
- **Empaque:** Al finalizar la etapa de procesamiento el alimento sigue manteniendo sus características y el tiempo que retiene sus atributos está en función del microambiente del empaque.
- **Condiciones de almacenamiento:** Los parámetros más importantes a considerar son la composición del gas (Oxígeno, dióxido de carbono, gases inertes, etileno, etc.), la humedad relativa (% H.R.), presión o estrés mecánico, luz y temperatura, estos parámetros dependen tanto del empackado, como de las condiciones de almacenamiento (Labuza, 2000).

2.8.1. Vida útil en alimentos empacados

La vida útil de los alimentos empacados depende de factores como la actividad de agua, pH, susceptibilidad al deterioro enzimático y microbiológico, además de las propiedades de barrera del envase frente al oxígeno, la luz, la humedad y el dióxido de carbono, la pérdida o ganancia de humedad es uno de los principales factores que afectan la vida anaquel y está relacionada con la velocidad de transmisión de vapor d agua del empaque, para conservar adecuadamente los alimentos, es importante seleccionar materiales de empaque con adecuada permeabilidad, espesor y área superficial, según el tiempo de almacenamiento requerido, asimismo, los alimentos sensibles a la oxidación deben almacenarse en envases

con baja permeabilidad al oxígeno y mantenerse en condiciones de temperatura controlada para reducir su deterioro (Prati, 2014).

2.9. Pruebas aceleradas

La industria alimentaria utiliza pruebas aceleradas para determinar en menor tiempo la vida en anaquel de los productos, facilitando decisiones sobre almacenamiento, distribución y fecha de vencimiento, estas pruebas también permiten evaluar estrategias para extender la vida útil mediante mejoras en la formulación y el procesamiento, los métodos acelerados se aplican especialmente en productos deshidratados y sensibles a la humedad, sometiéndolos a altas temperaturas y elevada humedad para acelerar del deterioro, su aplicación es válida cuando existe una relación conocida entre las condiciones normales y aceleradas de almacenamiento, basándose en modelos como la ecuación de Arrhenius (Labuza, 2000).

2.10. Aplicación de la ecuación de Arrhenius

Los modelos más utilizados para determinar la vida útil de un producto es el Modelo de Arrhenius, esta relación, desarrollada teóricamente para reacciones químicas moleculares reversibles, ha sido aplicada experimentalmente en diversas de reacciones químicas complejas y fenómenos físicos, en particular las reacciones que afectan la calidad de los alimentos siguen un comportamiento de Arrhenius en función de la temperatura (Labuza & Riboh, 1982).

- Ecuación de Arrhenius

$$K = K_0 e^{E_a/RT} \dots \dots \dots ec. (1)$$

Donde:

K = constante de velocidad de la reacción a una temperatura T específica; sus unidades varían según el orden cinético.

K₀ = constante pre-exponencial o factor de frecuencia, y posee las mismas unidades que K

E_a = energía de activación del proceso, expresada (kJ/mol).

R = constante universal de los gases, cuyo valor es (8.3143 J/kmol).

T = temperatura absoluta del sistema, expresada en Kelvin(K=°C+273.15).

La variable que más afecta la velocidad de las reacciones de deterioro es la temperatura, los métodos que aceleran el deterioro por efecto de esta se basan en el cumplimiento de la ley

de Arrhenius uno de los parámetros de estas ecuaciones es la constante de velocidad de reacción (k) en la gran mayoría de las reacciones de pérdida de calidad, el valor k varía en función de la temperatura según la ecuación de Arrhenius, la ecuación de Arrhenius enuncia que un ploteo del logaritmo neperiano de la constante de velocidad de reacción (LnK) versus la recíproca de la temperatura absoluta (1/T), esta medida en grados Kelvin (°K), genera una línea recta cuya pendiente es la energía de activación dividida por la constante de los gases ideales R de este modo, estudiando una reacción y midiendo K (constante de velocidad) a dos o tres temperaturas elevadas, uno puede entonces extrapolar con una línea recta a una menor temperatura y predecir la constante de velocidad de reacción a la temperatura deseada (Labuza & Riboh, 1982).

$$\ln(k) = -\frac{Ea}{R} \times \frac{1}{T} + \ln(A) \dots \dots \dots ec(2)$$

Donde:

$\ln(k)$ = logaritmo neperiano de la constante de velocidad de la reacción.

$\ln(A)$ = logaritmo neperiano del factor o constante pre- exponencial.

Ea/R =expresa la relación entre la energía de activación (kJ/mol) y la constante universal de los gases (0.008314 KJ/(mol°k).

$1/T$ = el inverso de la temperatura absoluta, expresada en Kelvin (°K).

Una pendiente excesiva significa que la reacción es más dependiente de la temperatura, es decir, a mayor incremento de la temperatura, la reacción aumenta a una velocidad mayor (Labuza y Riboh, 1982).

Orden de reacción

Se le conoce como orden de reacción al número de moléculas que participan bajo la forma de reactivos, pero en términos simples podemos decir que el orden de reacción es el factor exponencial (n) que acompaña a las concentraciones (Labuza y Riboh 1982).

$$-\frac{dA}{dt} = K \cdot A^n \dots \dots \dots ec. (3)$$

$$-\frac{dB}{dt} = K \cdot B^n \dots \dots \dots ec. (4)$$

Tabla 10. Orden de reacción

Orden de reacción	Ecuación A	Ecuación B
0	$A_0 - A = kt$	$B - B_0 = kt$
1	$LnA_0 - Ln = kt$	$LnB_0 - LnB = kt$
Pendiente	Negativa	Positivo

FUENTE: (Labuza, 2000)

Reacción de orden cero (n=0): Las reacciones de orden cero son reportadas con frecuencia en los sistemas alimentarios. Para reacciones de orden cero, el porcentaje de pérdida de vida en anaquel en el tiempo es constante a una temperatura constante (Labuza & Riboh, 1982).

Se parte de la siguiente expresión (Labuza & Riboh, 1982)

$$\pm \frac{dA}{dt} = K.A^n \dots \dots \dots ec. (5)$$

El valor n es remplazado por 0 en la ecuación (5). Integrando la ecuación tenemos (Labuza & Riboh, 1982):

$$A_0 - A = kt \dots \dots \dots ec. (6)$$

$$B_0 - B = kt \dots \dots \dots ec. (7)$$

Donde:

A₀= valor inicial de las características de calidad.

A= valor límite permitido de las características de calidad del alimento.

K= constante de velocidad de reacción de orden cero, expresada en unidades de tiempo según la base temporal utilizada.

t = vida útil o vida anaquel del producto, expresada en días, meses o años.

según (Labuza & Riboh, 1982) algunos procesos de deterioro en alimentos pueden describirse mediante una cinética de orden cero, entre ellos:

- La degradación enzimática en frutas y vegetales, así como en alimentos congelados o refrigerados
- El pardeamiento no enzimático en cereales y productos lácteos deshidratados.

Reacción de primer orden (n=1): Muchos alimentos que no se deterioran por orden cero siguen un modelo donde n=1, que resulta en un decrecimiento exponencial en la velocidad de pérdida como calidad decreciente, esto no significa que la vida en anaquel de alimentos que siguen este diseño es más larga que la de aquellos con una velocidad constante; desde que el valor de la constante de velocidad K es diferente (Labuza & Riboh, 1982).

En este caso, al sustituir n=1 en la ecuación (8), se obtiene:

$$\pm \frac{dA}{dt} = K \cdot A^n \dots \dots \dots ec. (8)$$

Al integrar la expresión, se llega a:

$$\ln A_0 - \ln A = kt \dots \dots \dots ec. (9)$$

$$\ln B - \ln B_0 = kt \dots \dots \dots ec. (10)$$

Algunos procesos de deterioro de los alimentos pueden describirse mediante una cinética de primer orden, entre los cuales se encuentran:

- Crecimiento microbiano y sus defectos asociados.
- La pérdida de vitaminas en alimentos enlatados y deshidratados.
- La disminución de la calidad proteica en alimentos deshidratados.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito de estudio**

El presente estudio de investigación fue desarrollado en las siguientes instalaciones:

- Laboratorio de Reología de la Universidad Nacional de Juliaca – Sede Ayabacas, Juliaca – Perú.
- Laboratorio de Microbiología de la Universidad Nacional de Juliaca – Sede Ayabacas, Juliaca – Perú.
- Taller de Panificación de la Universidad Nacional de Juliaca – Sede Ayabacas, Juliaca – Perú.
- Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C. Puno – Perú.

3.2. **Población y muestra**

En la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizaron las siguientes materias primas:

- Quinoa (*Chenopodium quinoa*), proveniente de la cooperativa COOPAIN CABANA, distrito de Cabana.
- Lactosuero dulce obtenido laboratorio de microbiología de la Universidad Nacional de Juliaca.
- Agua mineral, cielo – Grupo AJE
- Sal de mesa (Marina) yodada y fluorada
- Cal (OXIDO DE CALCIO)
- Aceite comestible girasol

3.3. **Materiales, equipos y reactivos**

3.3.1. **Materiales de laboratorio y utensilios**

- Bandejas de aluminio
- Sartén de aluminio
- Espátula de acero inoxidable
- Rodillo de madera

- Vernier
- Vasos precipitados de 50ml, 250ml y 500ml
- Fiola de 250 ml matraz Erlenmeyer 250 ml
- Papel filtro
- Tamiz, #20,40,60
- Bolsa de polipropileno y polipropileno metalizado

3.3.2. Equipos

- Laminadora (NOVA) modelo (MK500)
- Balanza analítica, Equinox ADAN EAB 2241
- Texturometro (INSTRON – 34dTm), con Software (Bluehill universal) de la Universidad nacional de Juliaca – sede Ayabacas
- Freidora de aire (Air Fryer), de uso comercial, material acero inoxidable grado alimentario, termostato digital de 40 a 200°C.
- Estufa de secador, GROUP ECOCELL

3.3.3. Reactivos

- Agua destilada
- Alcohol 97°
- Indicador Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio 0.1N
- Éter de petróleo ((CH₃)₃COCH₃) al 64,5%
- Tiosulfato de sodio 0.01N; 0.1N
- Ioduro de potasio KI
- Cloroformo 0.1N
- Engrudo de almidón al 1%
- Ácido acético blacial (CH₃ COOH) al 99.5%

3.4. Metodología de la investigación

Previo al desarrollo del proyecto de investigación, se efectuó la obtención de las materias primas requeridas para el proceso experimental.

3.4.1. Metodología para la obtención de la harina de quinua tostada

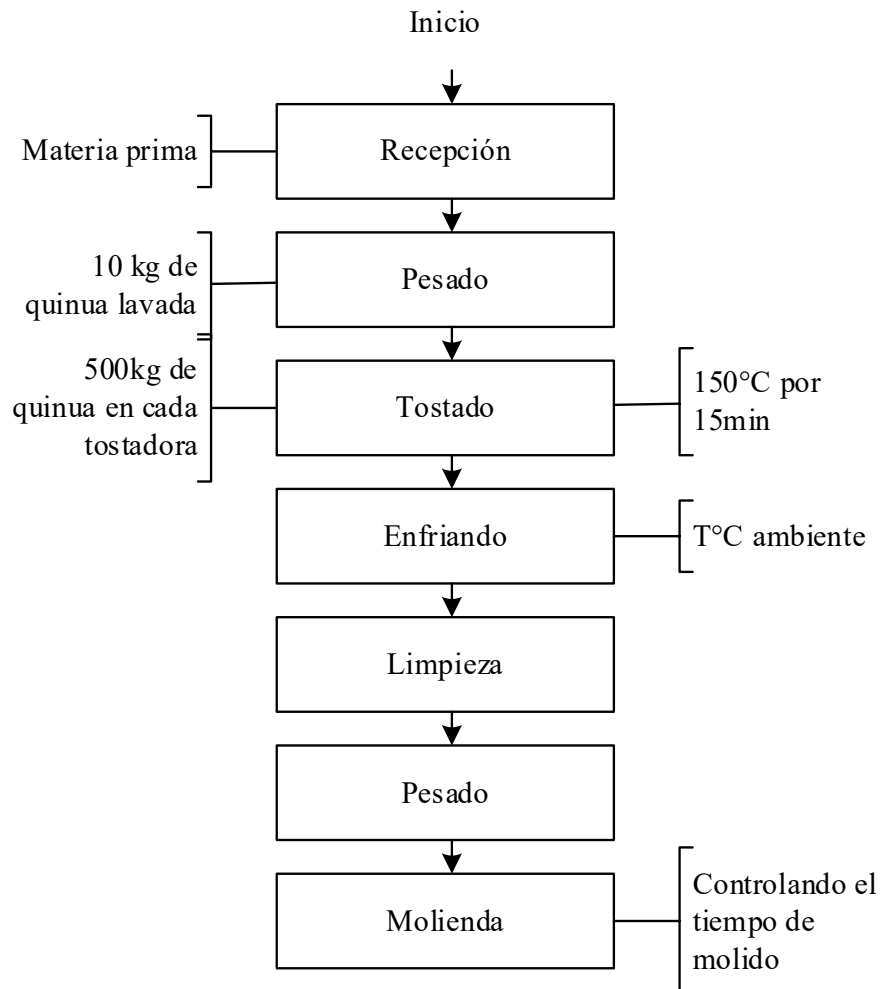


Figura 4. Flujograma para la obtención de harina de quinua tostada

FUENTE: (Fuentes, 2023)

Descripción del procedimiento

- **Selección y clasificación:** Selección de impurezas como piedras o pajillas.
- **Lavado:** Una vez realizada la clasificación, la quinua fue sometida a un lavado por vía húmeda con la finalidad de eliminar la saponina presente en el pericarpio del grano.

- **Secado:** La quinua previamente lavada fue distribuida uniformemente sobre bandejas para su secado mediante deshidratación solar, hasta alcanzar un contenido de humedad entre 10% y 12%.
- **Tostado:** El grano limpio se colocó sobre latas de aluminio, utilizando aproximadamente 100 g por cada una, y fue sometido a temperaturas entre 100 °C y 150 °C durante 15 minutos.
- **Enfriado:** Finalizado el proceso de tostado, las latas con la quinua fueron retiradas y dejadas en reposo a temperatura ambiente hasta su enfriamiento; posteriormente, se procedió al pesado del producto.
- **Limpieza:** Después del tostado, se eliminaron las partículas residuales adheridas al grano mediante frotación y tamizado.
- **Pesado:** Se realizó nuevamente el pesado del grano luego de la segunda etapa de limpieza.
- **Molienda:** La molienda se efectuó utilizando un molino micropulverizador para granos secos, controlando el tiempo de operación y las pérdidas generadas durante el proceso.

3.4.2. Metodología para la obtención de lactosuero dulce a partir del queso tipo paria

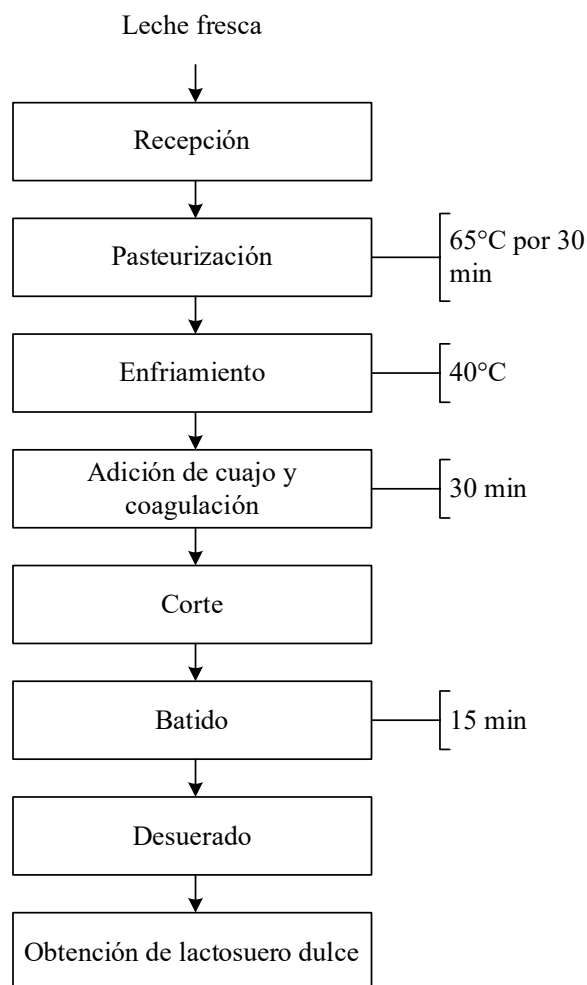


Figura 5. Diagrama de flujo para la obtención de lactosuero dulce
FUENTE: (Baca, 2012).

Descripción del proceso

- **Recepción:** Con el fin de asegurar la idoneidad higiénica de la materia prima, la leche cruda fue sometida a un proceso de clarificación preliminar mediante filtración mecánica con tela fina, esta operación garantizó la remoción absoluta de partículas suspendidas y elementos extraños.
- **Pasteurización:** La inocuidad y la preservación de los componentes bioactivos de la leche se garantizaron mediante una pasteurización lenta. Esta operación consistió en someter la materia prima líquida a un régimen térmico controlado de 65 °C por un lapso de 30 minutos, asegurando la inactivación de agentes patógenos mientras se salvaguardan sus propiedades nutricionales nativas.

- **Enfriado:** Posterior a la pasteurización, se procedió al enfriamiento de la leche pasteurizada hasta alcanzar un intervalo de 37 – 40 °C. Esta disminución de temperatura es indispensable para garantizar las condiciones óptimas del sustrato antes de los siguientes procesos.
- **Coagulación:** El proceso se indujo adicionando el agente coagulante a la matriz láctea estabilizada a 37 °C. Inmediatamente después, se aplicó un ciclo de agitación breve de 1 minuto para lograr una distribución uniforme del cuajo en todo el volumen, permitiendo que la mezcla reposara de forma ininterrumpida por un lapso de 30 minutos hasta completar la gelificación.
- **Corte:** El procedimiento se basa en realizar cortes longitudinales y transversales al coágulo para reducir su tamaño de partícula. Este corte controlado incrementa el área superficial de la cuajada, facilitando la exudación y separación del lactosuero de la masa proteica compacta.
- **1er batido:** El proceso continuó con un ciclo de batido de la cuajada por un lapso ininterrumpido de 10 minutos. El objetivo de mantener la masa en movimiento cinético es evitar la agregación prematura de los bloques proteicos, facilitando simultáneamente la purga y el drenaje de la fase líquida ocluida en su interior.
- **1er desuerado:** Una vez finalizado el tiempo de batido, se inició la decantación del suero remanente. Este subproducto líquido resultante destaca por su elevado perfil nutricional, caracterizado por retener una fracción importante de las proteínas solubles de la leche que no precipitaron en la cuajada.

3.4.3. Metodología para la elaboración de snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero

Para la elaboración de snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero, se realizó de acuerdo al siguiente diagrama de proceso:

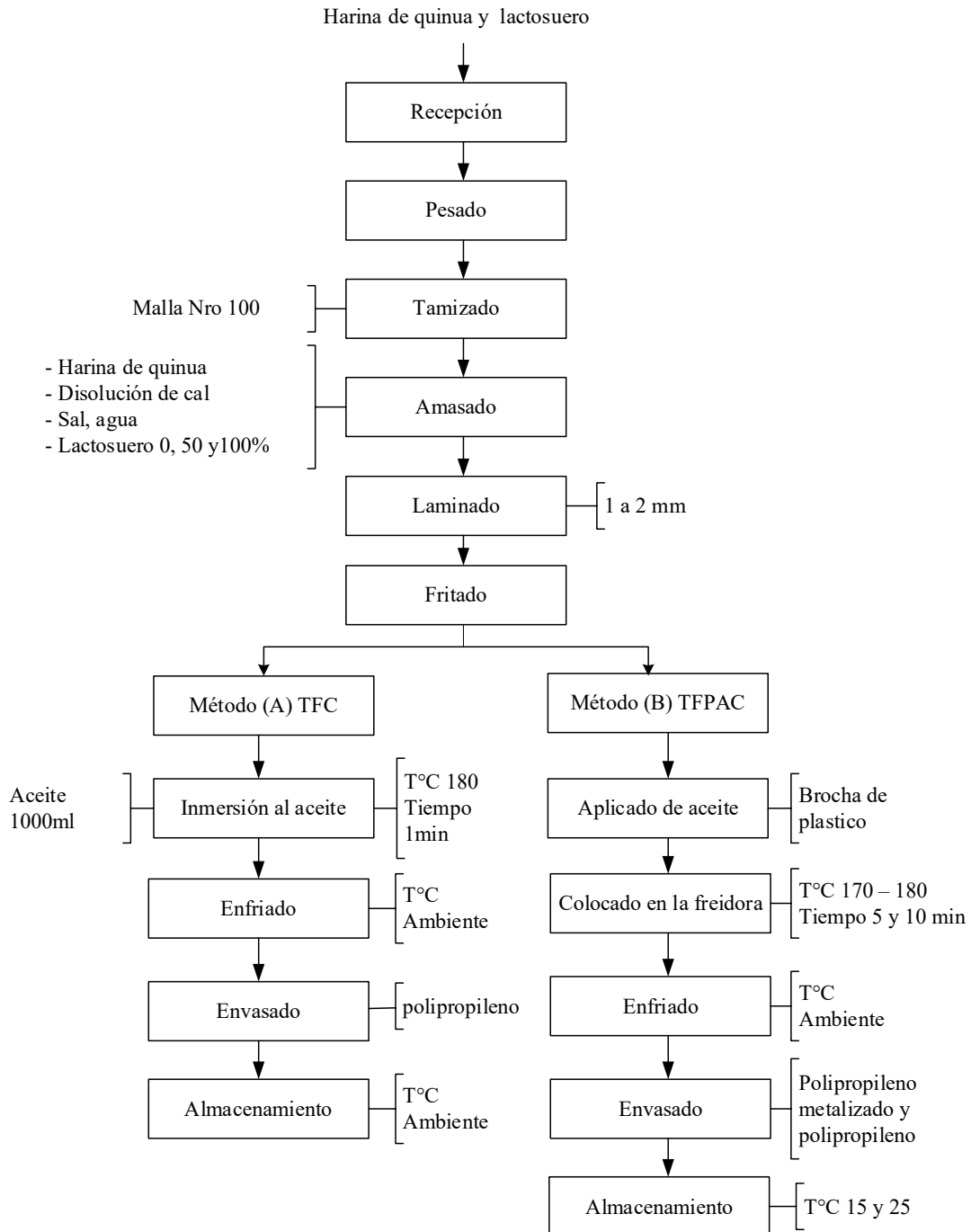


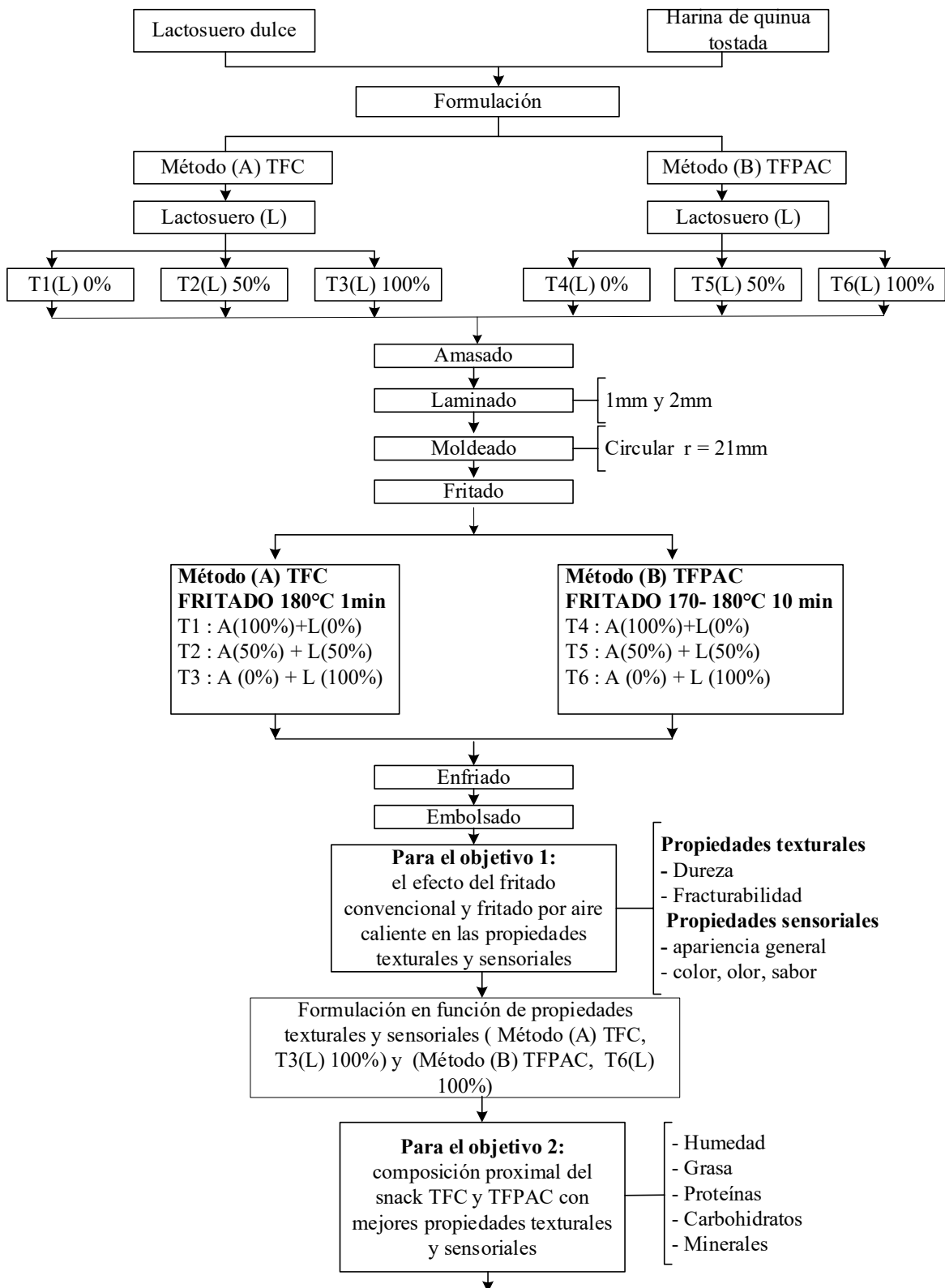
Figura 6. Diagrama de flujo para la elaboración de snack de quinua por dos métodos

FUENTE: Adaptado de (Chong, Mazzitelli, & Quintero, 2019).

Descripción del diagrama de flujo para la obtención de snack.

- **Recepción:** Se llevó a cabo el registro, muestreo y validación de los ingredientes requeridos. El propósito de este filtro logístico fue auditar que cada componente se alineara estrictamente con los parámetros de pureza e inocuidad determinados.
- **Pesado:** El pesaje de las materias primas se desarrolló de acuerdo con el balance de materia y la formulación preestablecida.
- **Tamizado:** Con el propósito de evaluar la homogeneidad física del producto, se llevó a cabo el fraccionamiento de la harina de quinua tostada utilizando tamices con diferentes aperturas de malla.
- **Mezclado y amasado:** Con el propósito de asegurar una distribución uniforme de los componentes, se procedió a la mezcla gradual de los insumos. La harina de quinua tostada constituyó la base seca inicial, sobre la cual se vertió paulatinamente el lactosuero dulce y la sal; finalmente, se integró la suspensión de cal hidratada — preparada con anterioridad a la operación— para consolidar la masa formulada.
- **Laminado y corte:** La masa obtenida en la etapa anterior fue sometida a un proceso de laminado mediante un juego de rodillos, hasta alcanzar el espesor requerido. Los snacks presentaron espesores entre 1.0 mm y 2.0 mm, según los tratamientos, la masa laminada se dejó reposar para efectuar el corte utilizando un molde circular.
- **Fritado:** El fritado se realizó por dos métodos:
 - a) **fritado convencional:** el fritado convencional se realizó en una inmersión profunda de aceite de 500ml a una temperatura de 180°C por 1 a 2 min.
 - b) **fritado por aire caliente:** Primeramente, se aplica aceite sobre la masa moldeada para luego colocar en la freidora de aire a una temperatura de 170 a 180°C por 5 a 10 min.
- **Enfriado:** Se realizó a temperatura ambiente.
- **Embolsado:** Los snacks de quinua con adición de lactosuero se envaso en bolsas de polipropileno, y polipropileno metalizado.
- **Almacenado :** Para garantizar la integridad física y microbiológica del alimento, las muestras se dosificaron en envases de polipropileno de alta densidad y polipropileno metalizado, actuando estos como barrera protectora. Posteriormente, se establecieron dos escenarios de almacenamiento térmico independientes a 15 °C y 25 °C, aislando el producto de cualquier vector de contaminación ambiental.

3.5. Diagrama experimental general



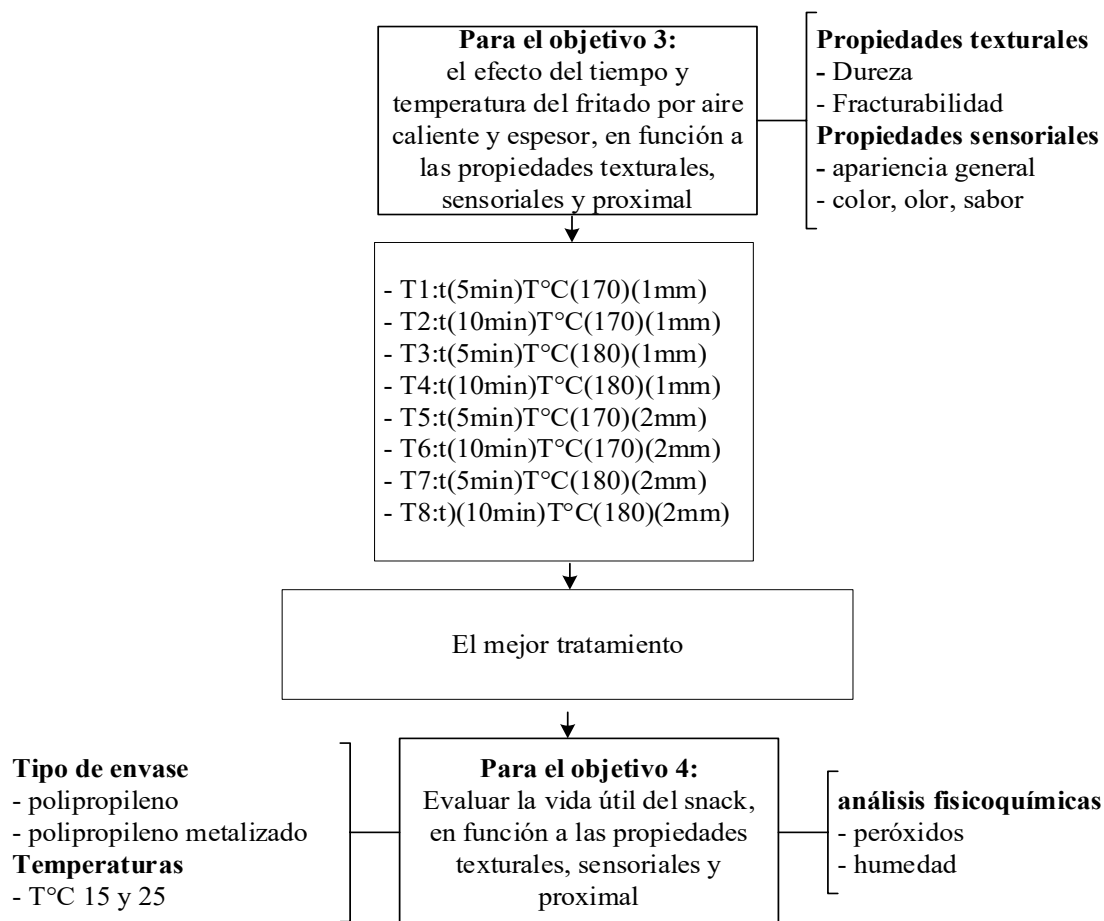


Figura 7. Metodología experimental de la elaboración del snack de quinua tostada con adición de lactosuero

2.5.1. Formulación para la elaboración de snack

Con el propósito de definir los niveles de dosificación idóneos de las variables independientes, la caracterización del producto se inició con ensayos preliminares evaluados mediante paneles sensoriales, para definir los porcentajes adecuados en la investigación.

Tabla 11. Formulación para la elaboración de snack de harina de quinua tostada con 0% de lactosuero

Materia prima e insumos	Porcentaje (%)
Harina de quinua tostada	60%
Sal	3%
Cal P/V	2%
Agua	36%
Lactosuero dulce	0%
Total	100%

Tabla 12. Formulación para la elaboración de snack de harina de quinua tostada con 50% de lactosuero

Materia prima e insumos	Porcentaje (%)
Harina de quinua tostada	60%
Sal	3%
Cal P/V	2%
Agua	18%
Lactosuero dulce	18%
Total	100%

Tabla 13. Formulación para la elaboración de snack de harina de quinua tostada con 100% de lactosuero

Materia prima e insumos	Porcentaje (%)
Harina de quinua tostada	60%
Sal	3%
Cal P/V	2%
Agua	0%
Lactosuero dulce	36%
Total	100%

Tabla 14. Resultados de balance de materia en base húmeda del snack de quinua con adición de lactosuero del método más aceptable

Componentes	Inicial (g)	Final (g)
Agua	360	27.9
Sólidos	640	640
Producto total	1000	668
Agua evaporada		332.1

El balance de masa en base húmeda se realizó considerando una formulación total de 1 kg de mezcla inicial, con una humedad inicial de 36 %. Durante el fritado por el método (B), la humedad final se redujo hasta 4.17 %, manteniéndose constante la masa de sólidos (0.64 kg). Como resultado, la masa final del producto fue de aproximadamente 668 g, eliminándose 332 g de agua.

3.6. Metodología experimental por objetivos

3.6.1. Para el objetivo 1.

Determinar el efecto del fritado convencional y fritado por aire caliente en las propiedades texturales y sensoriales del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero.

Variable de estudio

- **Variable independiente**
 - ✓ Métodos de fritado (convencional (TFC) y aire caliente (TFPAC))
 - ✓ Porcentaje de adición de lactosuero (0; 50 y 100%)
- **Variabes dependientes**
 - ✓ Propiedades texturales (dureza y Fracturabilidad)
 - ✓ Aceptabilidad sensorial

a) Diseño experimental

Se aplico el experimento factorial 2x3 para la evaluación de propiedades texturales obteniendo 6 tratamientos, a la misma se aplicó 3 réplicas. Y para la evaluación de la aceptabilidad sensorial serán validadas estadísticamente con el diseño en bloques completamente al azar sometiendo 6 tratamientos por cada juez evaluador tipo consumidor.

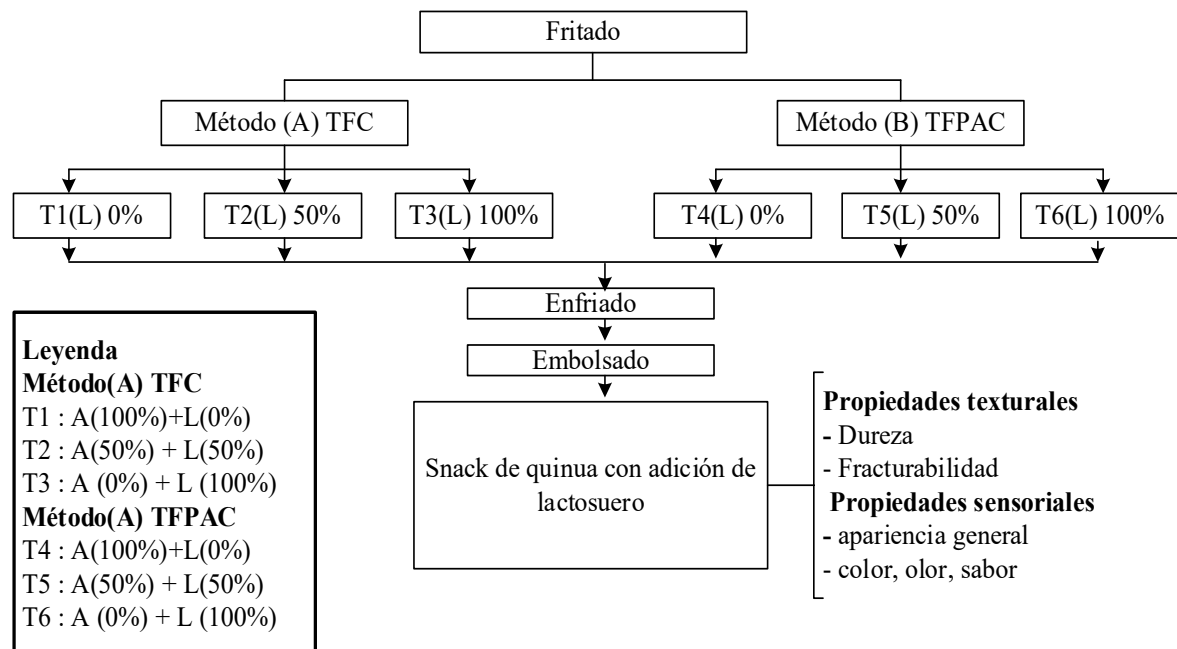


Figura 8. Diseño experimental del objetivo 1

b) Diseño estadístico

Las propiedades mecánicas del material, específicamente la dureza y la fracturabilidad, fueron evaluadas mediante un texturómetro INSTRON bajo condiciones controladas de compresión. En paralelo, el grado de aceptación de los consumidores se determinó empleando una escala hedónica de 1 a 5 intervalos. El comportamiento de estas variables se contrastó mediante un diseño estadístico paramétrico apoyado en un ANOVA y la subsiguiente prueba de rango múltiple de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabla 15. Matriz de experimento factorial 2^3

FACTORES	NIVELES
Métodos de fritado	Porcentaje de lactosuero
Fritado convencional (TFC)	TFC 0% TFC 50% TFC 100%
Fritado por aire caliente (TFPAC)	TFPAC 0% TFPAC 50% TFPAC 100%

Nota: se realizó pruebas preliminares para obtener los porcentajes de lactosuero (Anexo 50).

Tabla 16. Matriz de experimento factorial 2×3 y número de tratamientos para la elaboración del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero

PORCENTAJE DE LACTOSUERO	TRATAMIENTOS	DUREZA (N)	FRACTURABILIDAD (N)
TFC 0%	T1 (R1 R2 R3)	16.85 ± 2.18	12.97 ± 0.45
TFC 50%	T2 (R1 R2 R3)	23.67 ± 1.19	22.74 ± 0.30
TFC 100%	T3 (R1 R2 R3)	23.77 ± 1.22	12.98 ± 1.18
TFPAC 0%	T4 (R1 R2 R3)	13.42 ± 0.71	11.57 ± 0.57
TFPAC 50%	T5 (R1 R2 R3)	21.18 ± 1.67	16.93 ± 1.60
TFPAC 100%	T6 (R1 R2 R3)	13.21 ± 0.66	12.60 ± 0.56

Modelo matemático de experimento factorial de 2×3

Este modelo permite analizar tanto los efectos individuales de cada factor como su interacción, es decir como los niveles de un factor afectan los resultados en combinación con los niveles del otro factor (Benitez, 2010).

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a \quad j = 1, 2, \dots, b \quad k = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

μ : es una media general

α_i : es el efecto del i – esimo nivel del factor A.

β_j : es el efecto de j – esimo del nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$: es el efecto de interacción en la combinación ij .

ε_{ijk} : es el error aleatorio que se da en las réplicas.

c) Métodos de análisis

El análisis sensorial se realizó utilizando la prueba de satisfacción de escala hedonea que consta de 5 puntos (1= malo a 5=excelente) mediante el análisis de varianza (ANOVA) y prueba Tukey al 5 % de significancia. Para lo cual se evaluó el grado de satisfacción del snack de harina de quinua tostada con diferentes porcentajes de lactosuero (0%, 50% y 100%) las cuales fueron comparadas por dos métodos de fritado, método A (TFC), método B (TFPAC) fritado por aire caliente. Respectivamente con la colaboración de 100 jueces no entrenados, en donde se les solicito degustar los 6 tratamientos de snack en cual se presenta en el anexo. Las características a evaluar fueron: (color, olor, sabor y apariencia general).

Para determinar la textura de los snacks se empleó el texturometro INSTROM. Primeramente, se midió el espesor de los snacks para proceder a la medición de la textura (dureza y fracturabilidad), para lo cual se empleó una celda de carga 500 N y cada unidad de snack, se analizó con tres replicas a una velocidad de 0.5 mm/seg, con una deformación de 50%, la altura utilizada fue de acuerdo al espesor de los tratamientos y una precarga de 0.05 kg/f, recomendado por (silva , 2015).

3.6.2. Para el objetivo 2

Analizar la composición proximal del snack de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero obtenidas por los métodos de frito convencional y frito por aire caliente y que presenten mayor aceptabilidad de propiedades texturales y sensoriales.

a) Variables de estudio

- Variable independiente

- ✓ Snack de harina de quinua tostada con mayor aceptabilidad de propiedades texturales y sensoriales obtenidas por el método de frito convencional (TFC).
- ✓ Snack de harina de quinua tostada con mayor aceptabilidad de propiedades texturales y sensoriales obtenidas por el método de frito por aire caliente (TFPAC).

- Variable dependiente

- ✓ Composición proximal (humedad, grasa, proteínas, carbohidratos y minerales)

b) Diseño experimental

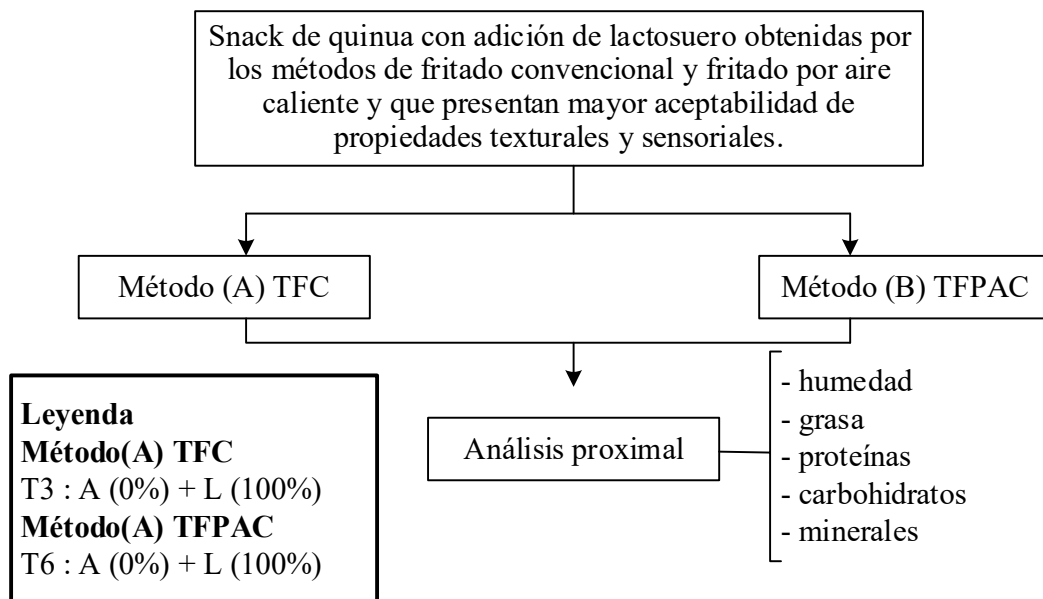


Figura 9. Diseño experimental del objetivo 2

c) Diseño estadístico

Para la interpretación de los resultados analíticos del análisis proximal, se estructuró un diseño completamente al azar (DCA) como herramienta de control estadístico. La significancia de los tratamientos se determinó bajo un criterio de decisión del 95% de confianza ($p \leq 0.05$).

Tabla 17. Matriz del diseño completamente al azar respecto a la composición proximal del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero

Replicas	Tratamiento	
	TFC ^a	TFPAC ^b
R1 ^c		
R2		
R3		

Nota: a: método de fritado convencional, b: método de fritado por aire caliente, c: replicas

Modelo matemático del Diseño Completamente al Azar (DCA)

En este diseño, el valor de cada unidad experimental Y_{ij} se determina mediante un modelo estadístico lineal, el cual permite evaluar como las variables de interés responden bajo diferentes tratamientos, este modelo considera la variación entre los tratamientos, así como el efecto aleatorio asociado a cada replica dentro de los tratamientos (Gutiérrez & De la Vara, 2008).

$$y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, r$$

Donde:

Y_{ij} : es una observación de la j – esima unidad experimenta, sujeto al i - esimo tratamiento.

T_i : es el efecto del tratamiento i .

μ : es una medida general.

ε_{ijk} : es error aleatorio que se da en las réplicas.

Método de análisis (Análisis fisicoquímicos).

Determinación de humedad (AOAC, 1990)

La determinación de fibra se realizó de acuerdo a la técnica recomendada.

Determinación de Grasa (AOAC, 1990)

La determinación de fibra se realizó de acuerdo a la técnica recomendada.

Determinación de Proteínas (AOAC, 1990)

La determinación de fibra se realizó de acuerdo a la técnica recomendada.

Determinación de Cenizas (AOAC, 1990)

La determinación de fibra se realizó de acuerdo a la técnica recomendada

Determinación de Carbohidratos (AOAC, 1990)

Los procedimientos se encuentran en el anexo 29.

3.6.3. Para el objetivo 3.

Determinar el efecto del tiempo y temperatura del fritado por aire caliente y espesor, en función a las propiedades texturales y sensoriales del snack a base de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero que presente adecuada composición proximal.

a) Variables de estudio

- Variables independientes

- ✓ Tiempo (5 y 10min)
- ✓ Temperatura (170 y 180°C)
- ✓ Espesor (1 Y 2mm)

- Variables Dependientes

- ✓ Propiedades texturales (dureza y fracturabilidad)
- ✓ Aceptabilidad sensorial

b) Diseño experimental

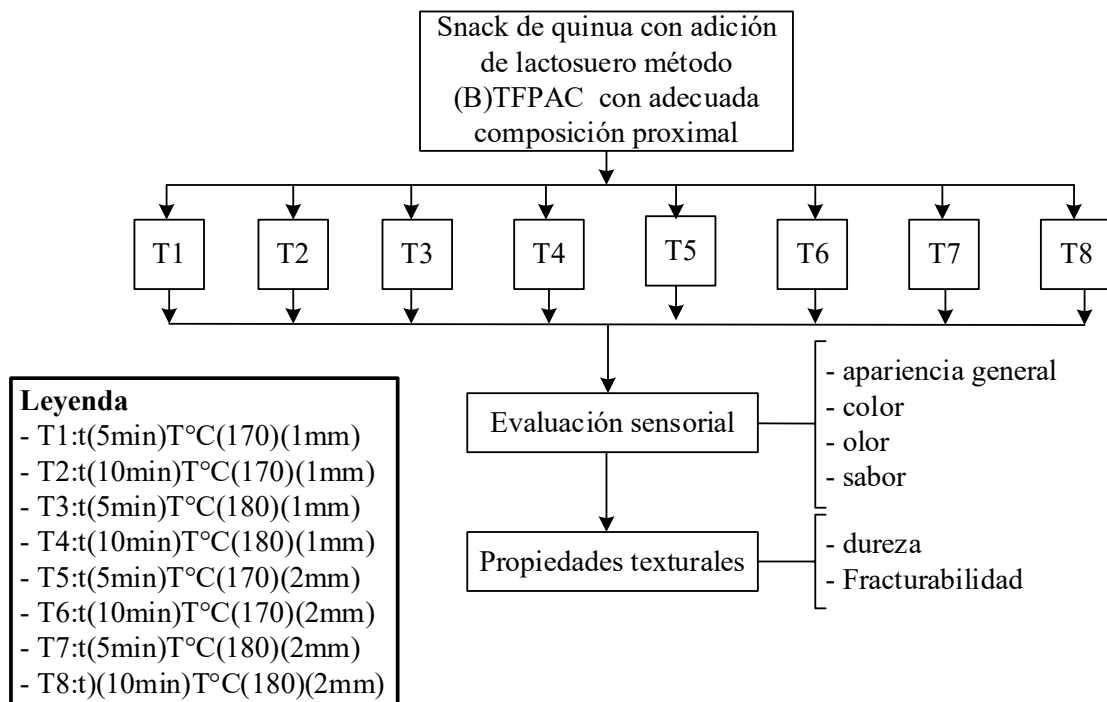


Figura 10. Diseño estadístico del objetivo 3

c) Diseño estadístico

Con el propósito de caracterizar las propiedades mecánicas de textura, se implementó un diseño de arreglo factorial que consolidó un espacio experimental de 8 tratamientos experimentales, cada uno desarrollado con 3 réplicas analíticas. En paralelo, el análisis de la respuesta sensorial de los consumidores fue controlado y validado a través de un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) a razón de 8 estímulos por juez evaluador. El procesamiento de ambos modelos estadísticos se rigió bajo un criterio de decisión del 95% de confianza.

d) Método de análisis

El análisis sensorial se realizó utilizando la prueba de satisfacción de escala hedónica que consta de 5 puntos (1= malo a 5=excelente) a la cual se aplicó el sino completamente al azar. Para lo cual se evaluó el grado de satisfacción del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero al 100%. El diseño factorial se realizó en función al tiempo (min), temperatura (°C) y espesor (mm) realizándose con la colaboración de 100 jueces no

entrenados, en donde se les solicito degustar los 6 tratamientos de snack en cual se presenta en el anexo. Las características a evaluar fueron: (color, olor, sabor y apariencia general).

Para determinar la textura de los snacks se empleó el texturometro INSTRON. Primeramente, se midió el espesor de los snacks para proceder a la medición de la textura (dureza y fracturabilidad), para lo cual se empleó una celda de carga 500 N y cada unidad de snack, se analizó con tres replicas a una velocidad de 0.5 mm/seg, con una deformación de 50%, la altura utilizada fue de acuerdo al espesor de los tratamientos y una precarga de 0.05 kg/f, recomendado por (silva 2015).

Diseño estadístico

Las propiedades mecánicas de dureza y fracturabilidad, fueron evaluadas mediante un texturómetro INSTRON bajo condiciones controladas de compresión. El grado de aceptación de los consumidores se determinó empleando una escala hedónica de 1 a 5 intervalos. El comportamiento de estas variables se contrastó mediante un diseño estadístico paramétrico apoyado en un ANOVA y prueba Tukey al 5% de significancia.

3.6.4. Para el objetivo 4:

Evaluar la vida útil del snack de harina de quinoa (*Chenopodium quinoa*) tostada con adición de lactosuero, que presente adecuadas propiedades texturales, sensoriales y composición proximal, envasadas en dos tipos de envase y almacenadas a dos temperaturas.

a) Variables de estudio

- Variable independiente

- ✓ Tipo de envase (Polipropileno, polipropileno metalizado).
- ✓ Temperatura (15 y 25°C)

- Variables Dependientes

- ✓ Vida útil en función a los análisis fisicoquímicos (peróxido, humedad)

b) Diseño experimental

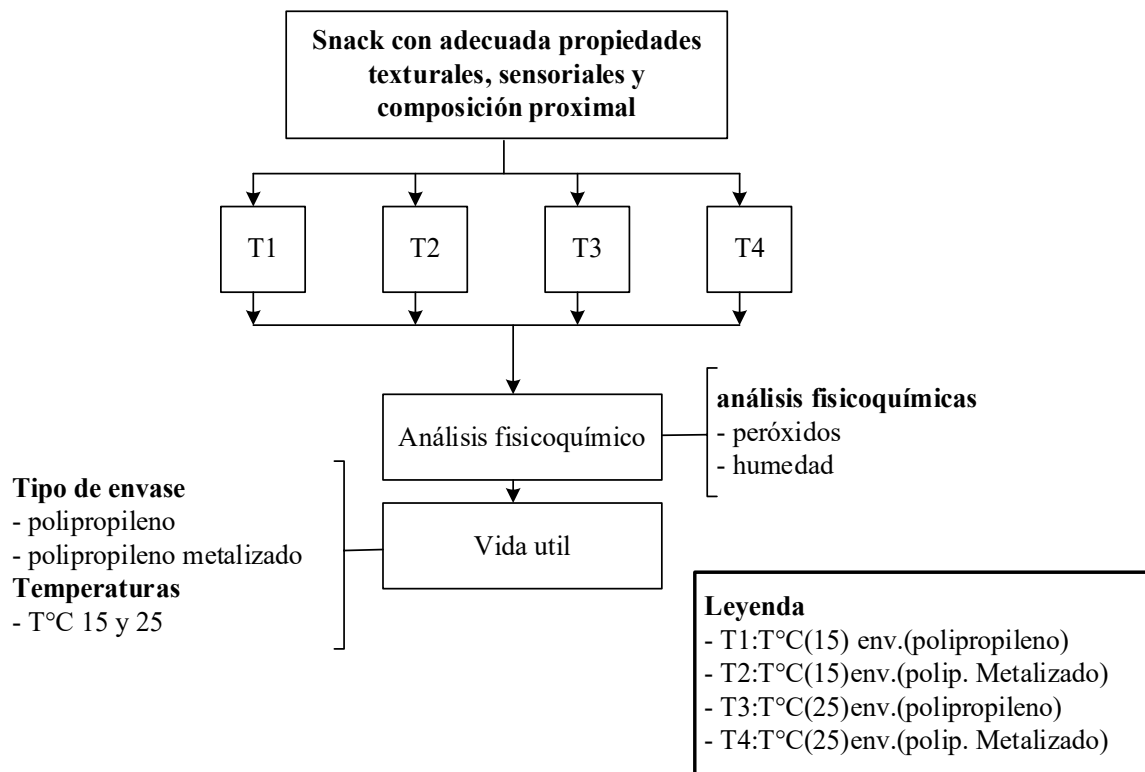


Figura 11. Diseño experimental del objetivo 4

c) Diseño estadístico

Se aplicó el experimento factorial 2x2 con el propósito de evaluar el comportamiento de los indicadores en la determinación de la vida útil del snack de quinua (*Chenopodium quinua*) tostada con adición de lactosuero, que presente adecuadas propiedades texturales, sensoriales y composición proximal.

d) Método de análisis

Se realizaron los análisis fisicoquímicos (peróxidos, humedad). Y la vida útil se determinó por el método de pruebas aceleradas, aplicando la ecuación de Arrhenius como se muestra en el anexo

3.7. Hipótesis de la investigación

3.7.1. Hipótesis general

- Los dos métodos de fritado tendrán un efecto diferencial en las propiedades texturales, sensoriales y la composición proximal del snack elaborado a partir de harina de quinua tostada con adición de lactosuero.

3.7.2. Hipótesis específica

- El método de fritado por aire caliente producirá un snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero con adecuadas propiedades texturales y mayor aceptabilidad sensorial en comparación con el fritado convencional.
- El snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero que presente mayor aceptabilidad de propiedades texturales y sensoriales producido mediante fritado por aire caliente tendrá una composición proximal más favorable en comparación con el snack obtenido mediante fritado convencional.
- El tiempo y la temperatura del fritado por aire caliente, así como el espesor del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero que presenta adecuada composición nutricional, afectan significativamente las propiedades texturales y sensoriales del producto.
- La vida útil del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero que presente adecuadas propiedades texturales, sensoriales y composición proximal, variará en función del tipo de envase y la temperatura de almacenamiento.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Efecto de métodos de fritado TFC y TFPAC en las propiedades texturales y sensoriales del snack

- Propiedades texturales (dureza y fracturabilidad)

El Anexo 23 presenta el comportamiento mecánico de los snacks elaborados con harina de quinua y adición de lactosuero, evaluado mediante los parámetros de dureza y fracturabilidad durante la compresión. En las curvas obtenidas, el primer pico observado corresponde a la fracturabilidad, mientras que el pico de mayor magnitud corresponde a la dureza del producto. Cada evento de compresión refleja la resistencia mecánica que presenta el snack frente a la fuerza aplicada.

Tabla 18. Resultados de las propiedades mecánicas de dureza y fracturabilidad

TE	FACTORES	PROPIEDADES MECANICAS	
	Lactosuero (%)	Dureza (N)	Fracturabilidad (N)
T1	0 %	16.85±2.18	12.97±0.45
T2	50 %	23.67±1.19	22.73±0.29
T3	100 %	13.77±1.22	12.97±1.18
T4	0 %	13.41±0.70	11.56±0.56
T5	50 %	21.18±1.66	16.92±1.60
T6	100 %	13.20±0.65	12.60±0.56

Nota: TE (tratamientos experimentales con adición de lactosuero por los métodos de TFC y TFPAC). ±DE: desviación estándar (P>0.05).

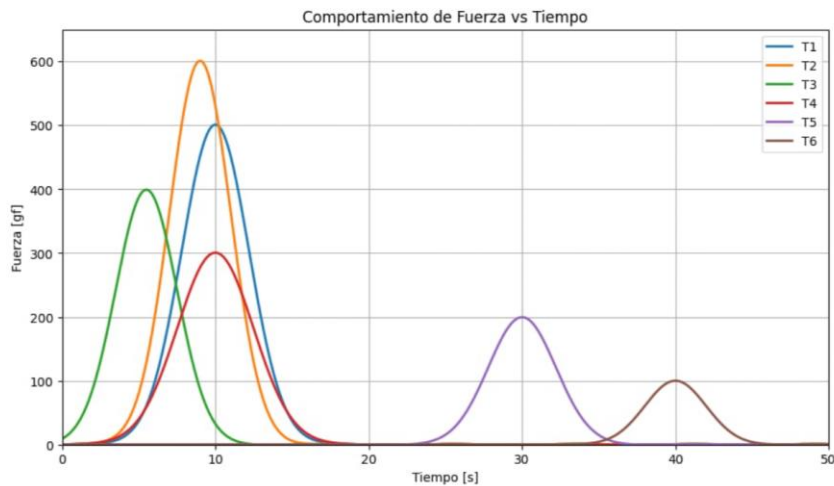


Figura 12. Comparación de Fracturabilidad y dureza

La figura 12, compara las propiedades mecánicas de fracturabilidad y dureza de los siguientes tratamientos donde el T2 presenta la mayor fuerza máxima, indicando una estructura más rígida y resistente. Esto puede deberse a una mejor formación estructural del snack, el T1 tiene alta resistencia mecánica, T3 y T4 presentan valores intermedios de fuerza indicando textura moderada y el T5 y T6 muestran fuerzas menores y picos más tardíos, lo que indica productos más blandos y menos resistentes a la fracturabilidad.

Los datos consignados en el (Anexo 15), referentes a la evaluación de varianza (ANOVA) para la dureza, muestra un valor de $P > 0.006$, lo que evidencian que hubo diferencias significativas en la dureza, como se detalla en el anexo 20. Las variabilidades de lactosuero (0%, 50% y 100%) por el método TFC y TFPAC. Los tratamientos T2 y T3 muestran los mayores valores de dureza, lo que nos indica que 50% y 100% de lactosuero pueden incrementar la firmeza, sin embargo, el T6 100% de lactosuero presenta una reducción significativamente de dureza 13.22 N. esto coincide con el ANOVA: donde el porcentaje de lactosuero si genera cambios significativos debido a su composición proximal que se muestra en la tabla 4. Esto también nos indica que la dureza no depende solo del lactosuero, sino también del método de fritado.

En el anexo 16, se muestran los datos referentes a la evaluación de varianza (ANOVA) para la fracturabilidad donde muestra un valor $P < 0.05$, lo que indica que si hubo diferencias significativas en la fracturabilidad producidas por el método de fritado y el porcentaje de lactosuero. Los tratamientos T2 y T5 con 50% de lactosuero muestran los valores más altos de fracturabilidad. Esto concuerda con los resultados del ANOVA y Tukey que se muestra

en el anexo 21. El método de fritado no modifica significativamente en la fracturabilidad, porque dentro de cada porcentaje de lactosuero los valores se mantienen muy parecidas.

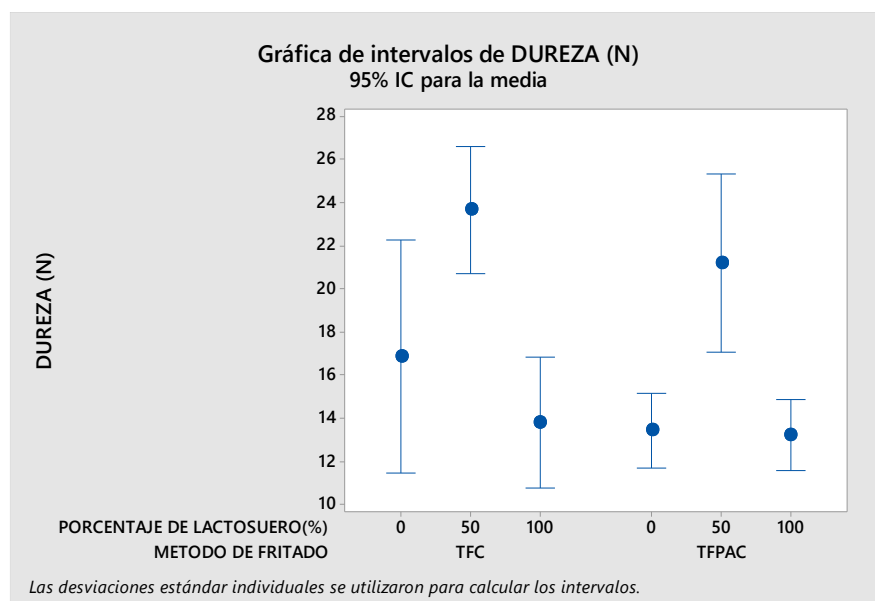


Figura 13. Intervalos de porcentaje de lactosuero vs. Dureza

En la figura 13, presenta las comparaciones múltiples de Tukey y en la gráfica de intervalos de confianza al 95% se observa el comportamiento de la dureza (N) de los snacks en función del método de fritado TFC y TFPAC, y el porcentaje de lactosuero (0, 50 y 100%). Los resultados muestran diferencias significativas (p -valor < 0.05) entre los tratamientos evaluados, evidenciando que tanto el método de fritado como el nivel de lactosuero influyeron de manera directa en la dureza del producto final. De acuerdo con el análisis de Tukey, el método fritado por aire caliente TFPAC presentó valores de dureza más altos media (18.99 N, grupo A), mientras que el método de fritado convencional TFC alcanzó menores valores de dureza (media 15.56 N, grupo B). Esto indica que el método TFPAC genera una estructura más compacta y resistente, posiblemente debido a una menor absorción de aceite y una deshidratación más controlada, lo que endurece la matriz del snack. Por otro lado, el porcentaje de lactosuero también mostró un efecto significativo sobre la dureza. Según las comparaciones de Tukey, el tratamiento con 0% de lactosuero con una media (22.41 N del grupo A) presentó la mayor dureza, mientras que los niveles de 50% (13.27 N) y 100% (13.49 N) formaron un segundo grupo B con valores significativamente menores. Esto sugiere que la incorporación de lactosuero dulce en la formulación del snack tiende a disminuir la dureza del snack. Esta reducción puede aplicarse por el aumento de componentes proteicos y solubles que interfieren en la formación de una red estructural firme

durante la fritura, generando una textura más ligera y menos resistente a la comprensión. La grafica de intervalos de confianza respaldan estas tendencias, mostrando una clara separación entre los tratamientos del método TFPAC y TFC, así como entre los intervalos no se superponen entre los grupos A y B confirmando la existencia de diferencias significativas.

Los resultados evidencian que el método de fritado TFPAC incrementa la dureza del snack, mientras que el incremento porcentaje de lactosuero reduzca la dureza esta relación inversa sugiere un posible equilibrio tecnológico: el uso del lactosuero en la formulación del snack mejora las características nutricionales y sensoriales como (sabor, color, olor y apariencia general), pero puede requerir ajustes en el método de fritado para mantener una textura deseada. Para el caso del método TFC mostrando un efecto positivo del incremento de lactosuero sobre la resistencia del producto. Además, los intervalos de confianza entre 0% y 100% de lactosuero contribuye a una estructura más compacta o firme.

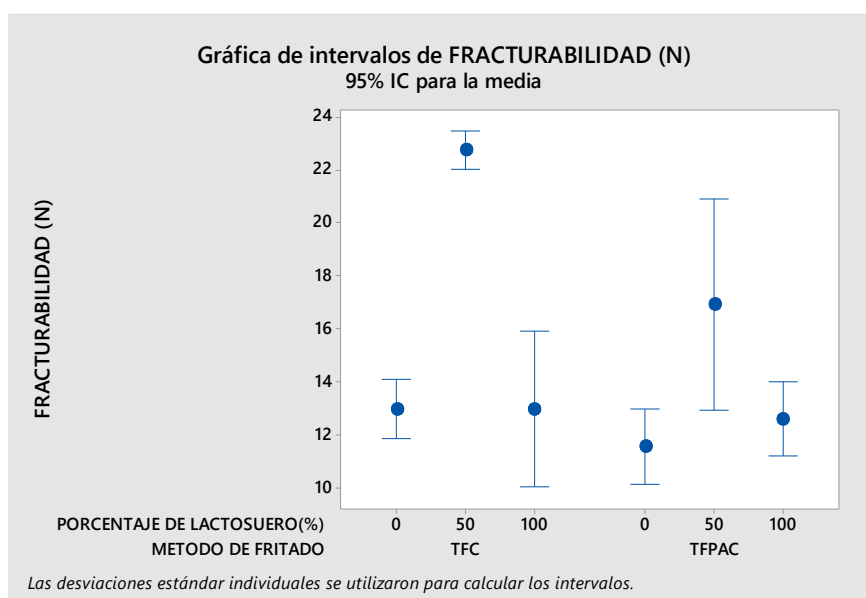


Figura 14. Intervalos de porcentaje de lactosuero vs. Fracturabilidad

El análisis de varianza ANOVA (anexo 16) presento el método de fritado (TFC y TFPAC) y como en el porcentaje de lactosuero (0, 50 y 100%) ejercen un efecto significativo sobre la fracturabilidad (N) del producto (p -valor < 0.05). los valores significancia obtenidos (p -valor = 0.00) para ambos factores y su interacción indican que existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, el coeficiente de determinación (R^2 ajustado = 95.07%) demuestra que el modelo explica de manera adecuada la variabilidad de los datos,

lo cual respalda la validez del análisis experimental realizado. En la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey al 95% de confianza), se observa que el tratamiento TFC 50% presenta la mayor media de fracturabilidad (17.967 N) seguido de TFPAC 50% (12.667 N) y TFC 0% (12.197 N), mientras que el valor corresponde a TFPAC 0% (11.567 N). Estos resultados evidencian que el método TFC tiende a generar una textura más resistente o firme, reflejada en mayores valores de fracturabilidad con el método TFPAC. La interacción entre métodos de fritado y el porcentaje de lactosuero muestra un comportamiento diferenciado. El incremento del lactosuero hasta un 50% favorece la fracturabilidad en el método TFC, mientras que al alcanzar el 100% de lactosuero dulce se observa una leve disminución. En el método TFPAC, sin embargo los valores se mantienen más bajo y con una tendencia menos definida, lo que sugiere que este proceso es menos eficiente en mantener la estructura del producto cuando se incrementa el nivel de lactosuero. La gráfica de intervalos de confianza al 95% confirma visualmente las diferencias entre tratamientos. Los intervalos de TFC 50% no se superponen con los de TFPAC 0% ni TFPAC 50% lo que refuerza la existencia de diferencias significativas. La dispersión observada en los tratamientos al 100% de lactosuero indica una mayor variabilidad en la formulación del producto.

Los resultados coinciden con estudios previos que indican que un aumento moderado de lactosuero mejora las propiedades texturales y la composición proximal debido a la retención de humedad y la interacción de proteínas. Sin embargo, niveles elevados pueden debilitar la matriz del producto y disminuir su firmeza. El método TFC favoreció una mejor estructura interna y mayor resistencia mecánica. Por otro lado, el tratamiento con 50% de lactosuero presentó mayor fracturabilidad y menor fragilidad, posiblemente por la menor retención de humedad y la formación de una matriz más flexible, ligera y menos elástica.

- **Propiedades sensoriales**

Los resultados del grado de aceptabilidad se valoraron mediante los atributos de sabor, olor, color y apariencia general en distintos porcentajes de lactosuero 0%, 50% y 100%, para dos métodos de fritado, fritado convencional (TFC) y fritado por aire caliente (TFPAC), se aplicó la prueba de degustación con una escala hedónica aplicada a 100 jueces panelistas sin entrenamiento previo, utilizando una escala de 5 categorías nominales: “malo”, “regular”, “bueno”, “muy bueno” y “excelente” como se muestra en el (anexo 17). Para determinar el grado de aceptación de cada tratamiento, se aplicó un análisis estadístico mediante ANOVA

y la prueba de Tukey con el nivel de significancia del 5%. Los resultados correspondientes se presentan en los gráficos siguientes.

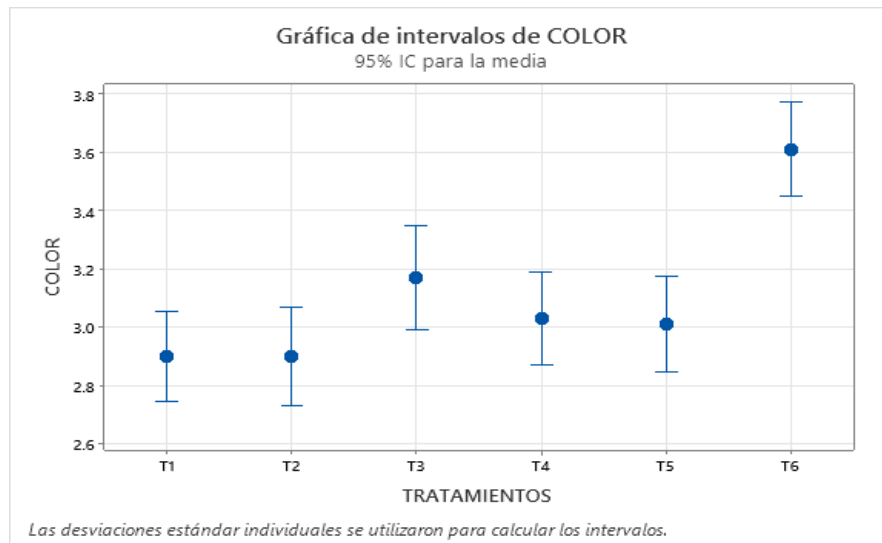


Figura 15. Grado de aceptabilidad del atributo COLOR del snack

En la figura 15 (anexo 23), se muestra los resultados del atributo color evaluado por el panel de jueces. El tratamiento control T6, elaborado con lactosuero dulce (100%) por el método de fritado TFPAC presento el valor medio 3.61, clasificándose en el grupo A lo que indica un color significativamente más alto o intenso en comparación con los demás tratamientos. Los T1, T2, T4, y T5 en el grupo B con valores entre 2.90 y 3.17 sin diferencias significativas, por otro lado, el tratamiento T3 elaborado con lactosuero dulce (100%) por el método de fritado TFC con una media de 3.170, estos resultados sugieren que el tratamiento T6 produjo una diferencia significativa en el color diferenciándose de los demás tratamientos. Los intervalos T3 y T5 se superponen parcialmente, lo que coincide con el análisis de Tukey al 95% de significancia.

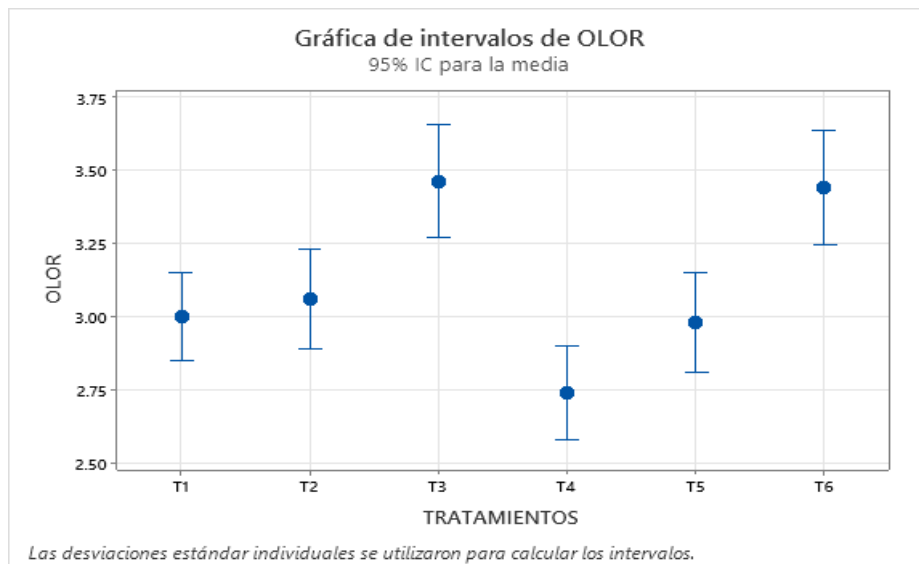


Figura 16. Grado de aceptabilidad del atributo OLOR del snack

En la figura 16 (anexo 24), se muestra los siguientes resultados del atributo olor evaluado por el panel de jueces no entrenados. El tratamiento de control T3, elaborado con lactosuero (100%), por el método de fritado TFC, registro la mayor aceptación, con una puntuación promedio de 3.46. le siguió el tratamiento T6 elaborado con lactosuero (100%) por el método de fritado TFPAC con una media de 3.44 con intervalos de confianza que no superponen con los tratamientos T1, T2, T4 y T5. Esto sugiere que los tratamientos T3 y T6 tienen un efecto significativo en la variable olor en comparación con los demás tratamientos. El T4 elaborado sin lactosuero, por el método de fritado TFPAC registro una menor aceptación con una media de 2.74. estos resultados sugieren que la incorporación de lactosuero en la formulación puede influir en la percepción visual del producto. No obstante, al registrar datos del valor ($p < 0.05$), indica diferencias significativas en cuanto al olor según al análisis de varianza (ANOVA) (anexo 21) y prueba Tukey al 95% de significancia, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos, finalmente según la gráfica B se clasificó que el T3 tiene mejor aceptación.

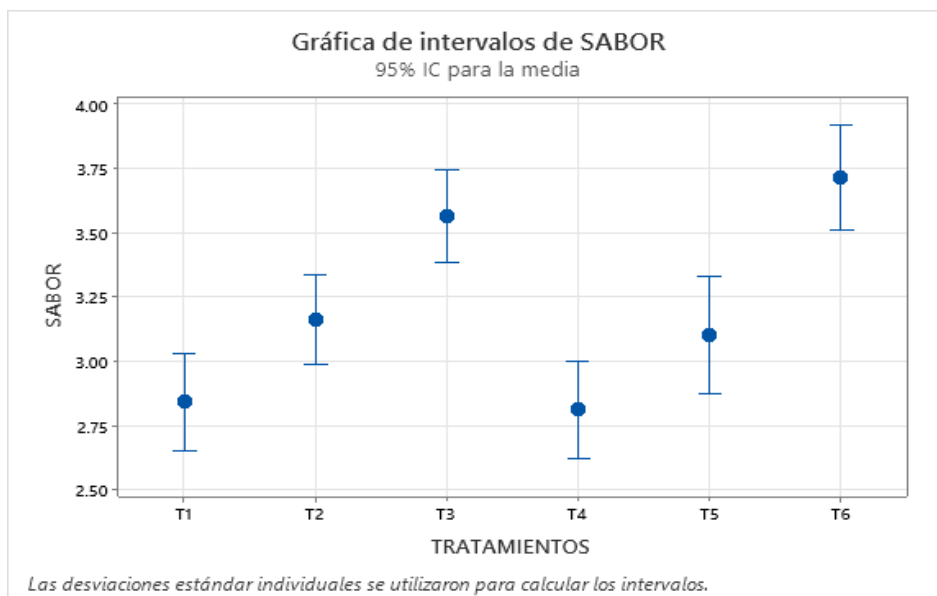


Figura 17. Grado de aceptabilidad del atributo SABOR del snack

La Figura 17 (Anexo 25) presenta los resultados de la evaluación sensorial del atributo sabor realizada por un panel de jueces no entrenados. El tratamiento T6, elaborado con 100 % de lactosuero mediante el método de fritado TFPAC, obtuvo la mayor aceptación, alcanzando una puntuación promedio de 3.71. Le siguió el tratamiento T3, elaborado con 100 % de lactosuero mediante el método de fritado TFC, con una media de 3.56. Por otro lado, los tratamientos T1 y T4 presentaron las menores puntuaciones, con promedios de 2.84 y 2.81, respectivamente. Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), tal como se presenta en el Anexo 22. Asimismo, la prueba de comparación múltiple de Tukey al 95 % de significancia confirmó dichas diferencias, identificando al tratamiento T6 como el de mayor aceptación para el atributo sabor.

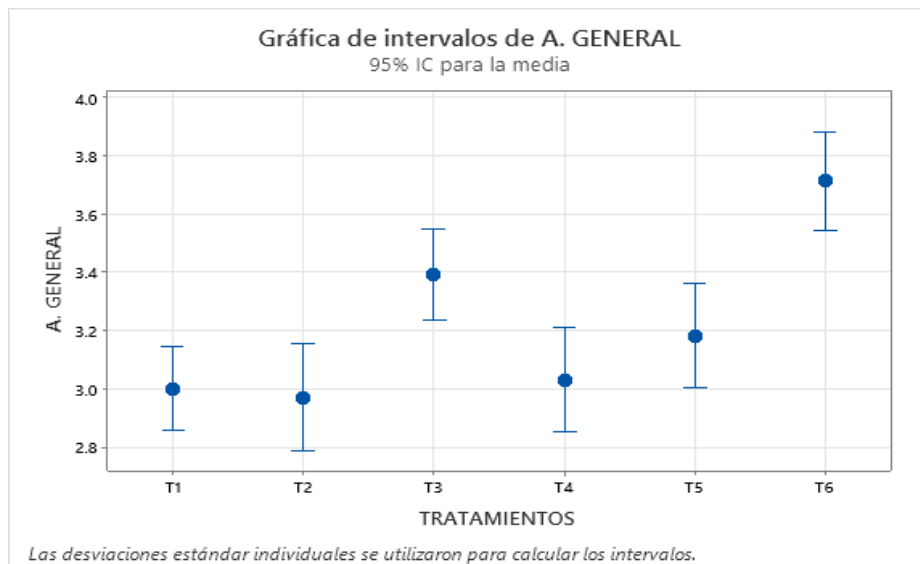


Figura 18. Grado de aceptabilidad del atributo de APARIENCIA GENERAL del snack.

En la figura 18, se representa los resultados correspondientes al atributo "apariencia general", evaluado por un panel de jueces no entrenados. En tratamiento control T6, elaborados con 100% de lactosuero mediante el método TFPAC, obtuvo la mayor aceptación, con un promedio de 3.71, y se ubica en un grupo separado, lo que evidencia una diferencia significativa respecto a los demás tratamientos. Los tratamientos T3 y T5 alcanzaron las medias de 3.39 y 3.18, respectivamente, y se agruparon con otros tratamientos, indicando que sus diferencias no son estadísticamente significativas en algunos casos. Por otro lado, los tratamientos T1, T2 y T4 registraron los promedios más bajos (2.90, 2.90 y 3.03) y no mostraron diferencias significativas entre sí.

Los resultados indican que la inclusión de lactosuero en la formulación podría influir en la percepción visual del producto. No obstante, al registrar datos del valor ($p < 0.05$), indica diferencias significativas en cuanto a la apariencia general según al análisis de varianza (ANOVA) (anexo 22) y prueba Tukey al 95% de significancia, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos, finalmente según la gráfica D se clasificó que el T6 tuvo mejor aceptación.

Componentes principales en función a los atributos sensoriales

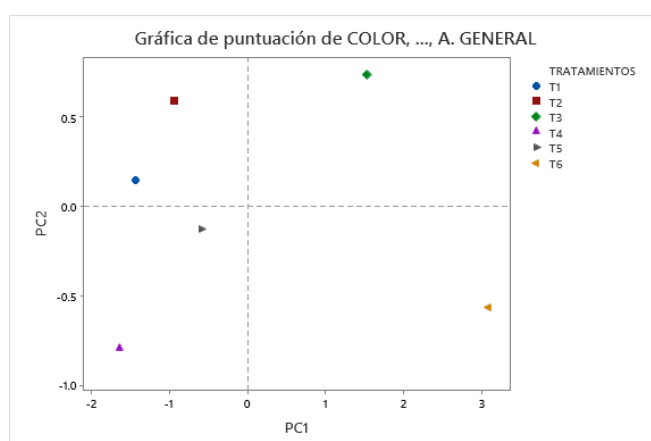


Figura 19. Gráfica de puntuación de los siguientes tratamientos

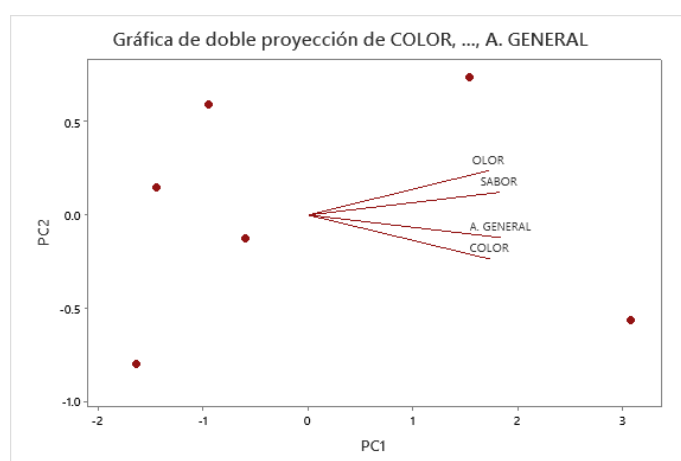


Figura 20. Gráfica de proyección doble (biplot) en función a los atributos sensoriales

A través del Análisis de Componentes Principales ilustrado en las Figuras 19 y 20, se logró cartografiar la variabilidad organoléptica asociada a los tratamientos (T1 – T6). Considerando los atributos, en la gráfica de puntuaciones se observa que los tratamientos presentan una clara dispersión a lo largo de los primeros componentes principales (PC1 – PC2), lo que indica que existes variabilidad sensorial real entre ellos.

4.1.2. Composición proximal de snack con las mejores propiedades texturales y sensoriales

De acuerdo con la evaluación de la aceptabilidad sensorial, se determinó que el tratamiento T3 y T6 (100% de lactosuero) posee una mayor puntuación en la aceptabilidad sensorial, los atributos de apariencia general tuvieron una media de 3.71, el color presento una media de

3.61, el olor registro una media de 3.46 y finalmente, el sabor obtuvo una media de 3.71. en cuanto a las propiedades texturales según las comparaciones de Tukey, el tratamiento con 0% de lactosuero con una media (22.41 N del grupo A) presento la mayor dureza, mientras que los niveles de 50% (13.27 N) y 100% (13.49 N) formaron un segundo grupo B con valores significativamente menores en la dureza. se observa que el tratamiento TFC 50% presenta la mayor media de fracturabilidad (17.967 N) seguido de TFPAC 50% (12.667 N) y TFC 0% (12.197 N), mientras que el valor corresponde a TFPAC 0% (11.567 N).

Tabla 19. Resultados de la composición proximal del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero al 100%

Composición proximal	Snack de harina de quinua con adición de lactosuero con las mejores propiedades texturales y sensoriales	
	Método (A) (TFC)	Método (B) (TFPAC)
Humedad	8.28 ± 0.03	4.17 ± 0.06
Cenizas	5.40 ± 0.02	7.12 ± 0.02
Proteínas	10.2 ± 0.49	8.77 ± 0.04
Grasas	21.21 ± 0.07	8.79 ± 0.12
Carbohidratos	54.98 ± 0.43	71.14 ± 0.10

Nota: TFC = frito convencional TFPAC = frito por aire caliente

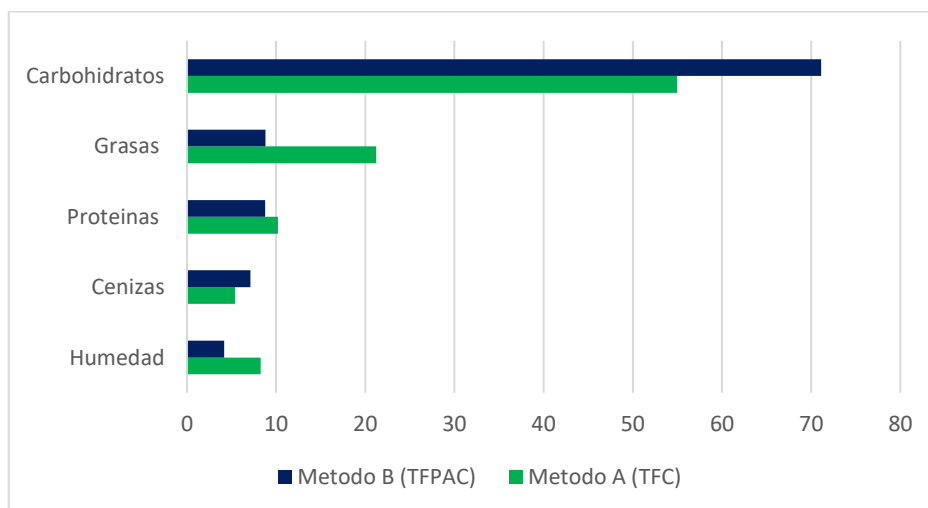


Figura 21. Composición proximal de los métodos de fritado TFPAC Y TFC

Los resultados de la tabla 19 y en la figura 21 evidencian que el método de fritado influyó significativamente en la composición proximal de los snacks elaborados con harina de quinua tostada y lactosuero al 100 %. Se observaron diferencias en los contenidos de

humedad, cenizas, proteínas, grasas y carbohidratos entre el frito convencional (TFC) y el frito por aire caliente (TFPAC), lo que demuestra que las condiciones de procesamiento afectan la composición nutricional final del producto.

El contenido de humedad fue menor en el tratamiento TFPAC (4,17 %) en comparación con el TFC (8,28 %), lo que indica una mayor eliminación de agua durante el proceso de frito por aire caliente. Esta reducción de humedad favorece la estabilidad microbiana del producto y contribuye a una mayor vida útil, debido a la disminución de agua disponible para el crecimiento de microorganismos.

En relación con las cenizas, el tratamiento TFPAC presentó el mayor contenido (7,12 %), mientras que el TFC registró 5,40 %. Este resultado sugiere una mayor concentración de minerales en el producto elaborado mediante frito por aire caliente, posiblemente debido a la menor absorción de aceite y al efecto de concentración generado por la reducción de humedad. Asimismo, el aporte mineral del lactosuero y de los ingredientes utilizados en la formulación contribuyó a estos valores.

Respecto al contenido de proteínas, el tratamiento TFC alcanzó 10,20 %, mientras que el TFPAC presentó 8,77 %. Aunque se observa una ligera disminución en el tratamiento por aire caliente, ambos productos mantienen niveles proteicos importantes, atribuibles al aporte de la harina de quinua y del lactosuero. Estos resultados indican que el procesamiento térmico no afectó significativamente el valor nutricional proteico del snack.

La mayor diferencia se observó en el contenido de grasa. El tratamiento TFC presentó 21,21 %, mientras que el TFPAC registró únicamente 8,79 %. Esta reducción demuestra que el frito por aire caliente disminuye considerablemente la absorción de aceite en comparación con la fritura convencional por inmersión. Desde el punto de vista nutricional, este resultado es favorable, ya que permite obtener un producto con menor contenido energético y menor riesgo de deterioro oxidativo asociado a los lípidos.

Por otro lado, el contenido de carbohidratos fue superior en el tratamiento TFPAC (71,14 %) respecto al TFC (54,98 %). Este comportamiento se relaciona con la reducción de humedad y grasa en el producto, lo que incrementa proporcionalmente la concentración de carbohidratos en la composición final. Además, los carbohidratos constituyen la principal fuente de energía del snack y contribuyen a la sensación de saciedad del consumidor.

En términos generales, el método de fritado por aire caliente permitió obtener un snack con menor contenido de humedad y grasa, mayor concentración de minerales y carbohidratos, y niveles adecuados de proteína. Estos resultados evidencian que el TFPAC mejora el perfil nutricional del producto respecto al fritado convencional, constituyéndose como una alternativa tecnológica viable para la elaboración de snacks más saludables a base de harina de quinua tostada y lactosuero.

4.1.3. Efecto del tiempo, temperatura y espesor fritado por aire caliente

- Propiedades texturales

El anexo 39 y 40 presentan el comportamiento mecánico de los snacks elaborado con harina de quinua con adición de lactosuero en términos de dureza y fracturabilidad durante su compresión, momento en el cual ocurren microestructuras. El primer pico se observado corresponde a la fracturabilidad, mientras el pico de mayor altura representa la dureza del producto.

Los perfiles de textura instrumental obtenidos tras la ejecución del diseño factorial se presentan en la tabla 20. El comportamiento de las variables dependientes (dureza y fracturabilidad) regímenes térmicos de 170 °C y 180 °C, intervalos de tiempo de 5 a 10 min, y niveles de espesor de la matriz de 1 a 2 mm.

Tabla 20. Matriz de diseño factorial para tres factores y dos niveles por factor

Tratamientos	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Espesor (mm)	Dureza (N)	Fracturabilidad (N)
T1	5	170	1	4.657± 0.203	4.643±0.377
T2	10	170	1	9.523±0.345	8.499±1.015
T3	5	180	1	7.833±0.169	6.825±0.218
T4	10	180	1	8.657±0.516	1.601±0.026
T5	5	170	2	20.91±0.370	16.97±1.331
T6	10	170	2	18.74±0.520	16.44±1.504
T7	5	180	2	24.99±2.08	22.38±0.577
T8	10	180	2	19.57±1.220	18.71±1.164

Nota: valores expresados como media ± desviación estándar.

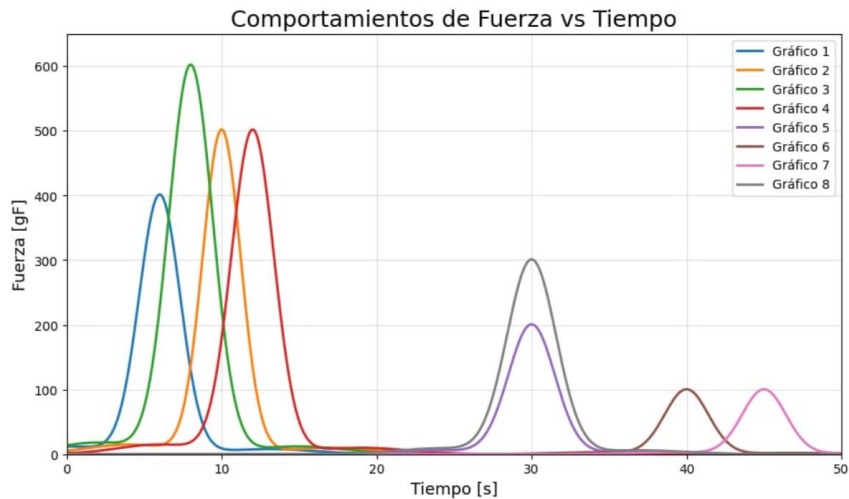


Figura 22. Comparación de dureza y fracturabilidad de los siguientes tratamientos

En la tabla 20 y figura 22, se muestran los valores promedio de dureza y fracturabilidad obtenidos para los snacks elaborados con harina de quinua tostada y adición de lactosuero. Los valores obtenidos de la dureza oscilan entre 4.65N (T1) y 24.99N (T7) muestra un incremento considerable al aumentar la temperatura el tiempo y el espesor. El T7 de 10min a 180° C con 2mm de espesor presento mayor dureza, en cambio el tratamiento T1 5min a 1170 °C 1mm de espesor mostro menor dureza, indicando una textura más frágil.

Los resultados evidencian cómo las variables de operación determinan la reología del snack de quinua y lactosuero. Las muestras con un espesor de 2 mm exhibieron una resistencia mecánica superior (mayor dureza) y una fracturabilidad reducida debido al volumen de la sección transversal. No obstante, al elevar la temperatura y disminuir el espesor estructural, se promovió un fenómeno de expansión instantánea que transformó la masa en una matriz reológicamente ligera, caracterizada por un incremento notable en su fragilidad y crujido.

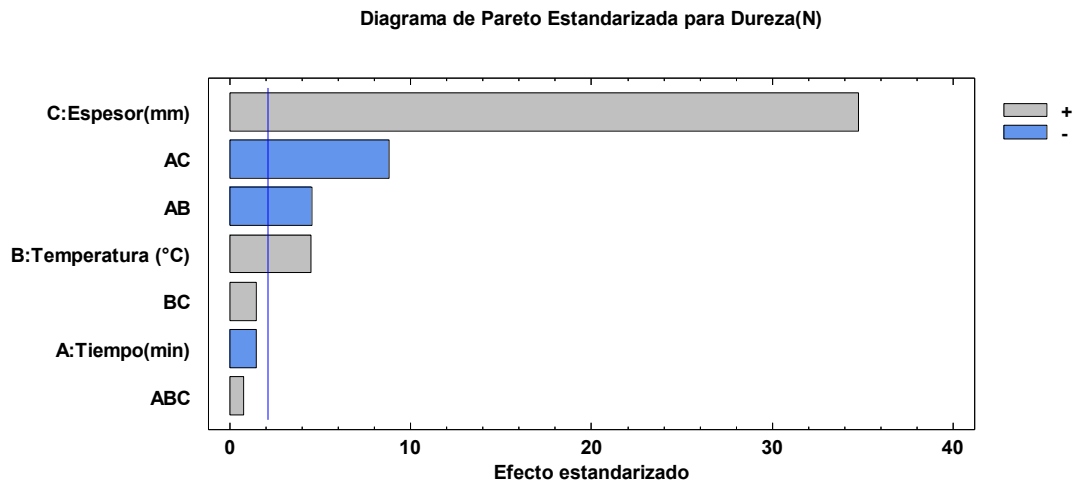


Figura 23. Diagrama de pareo estandarizado para la dureza (N) de los snacks

El la figura 23 (anexo 31), Pareto estandarizado refuerza estos resultados, al mostrar que los efectos más influyentes sobre la dureza corresponden al espesor (C), seguido por las interacciones AC y AB. los factores con barras que sobrepasan la línea de significado de significancia con los que ejercen mayor impacto. En contraste, los efectos BC y ABC tuvieron poca o nula influencia en la dureza, al ubicarse por debajo del límite de significancia.

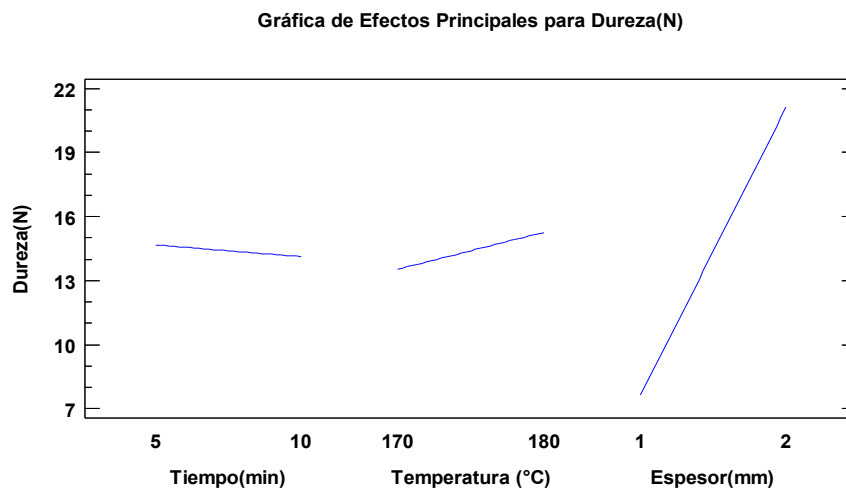


Figura 24. Efectos principales respecto a la dureza (N)

En la gráfica 24, se observa al aumentar el tiempo de temperatura, la dureza tiende a incrementarse ligeramente, aunque sin una variación marcada. Un aumenta en la temperatura eleva la dureza probablemente debido a una mayor pérdida de humedad en el snack y una mayor compactación, en caso del espesor el incremento de 1 mm a 2 mm produjo el mayor

cambio de dureza mostrando una clara tendencia ascendente esto podría atribuirse a una estructura más densa y resistente en los snacks de mayor espesor, se requiere una mayor fuerza para su fractura.

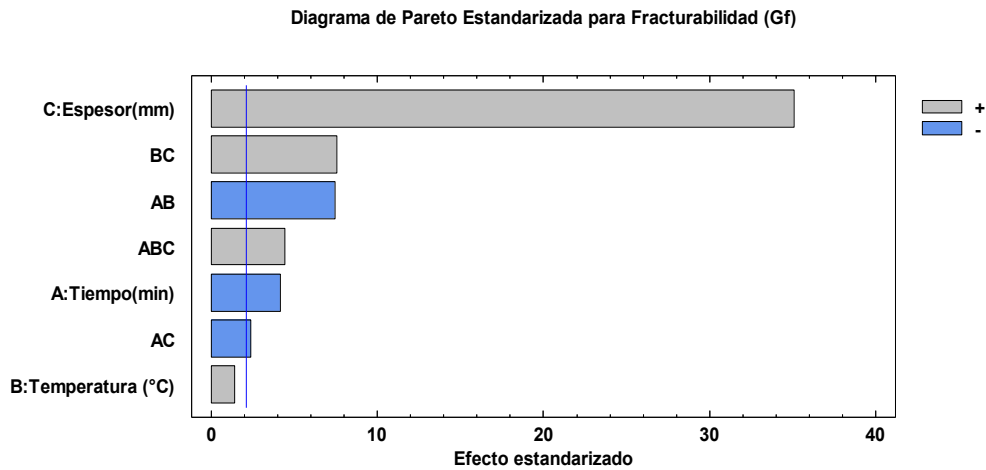


Figura 25. Diagrama de pareo estandarizado para la fracturabilidad (gf) de los snacks

En la gráfica 25 (anexo 32). Las interacciones AB (tiempo y temperatura) y BC (temperatura – espesor) presentan efectos menores, aunque aún visibles, mientras que las demás interacciones (A,B,AC,ABC) no resultan estadísticamente significativas ($p>0.05$). esto sugiere que los factores tiempo y temperatura, de manera individual no afecta de forma significativa la fracturabilidad, pero pueden modificar ligeramente el efecto del espesor cuando actúan en conjunto.

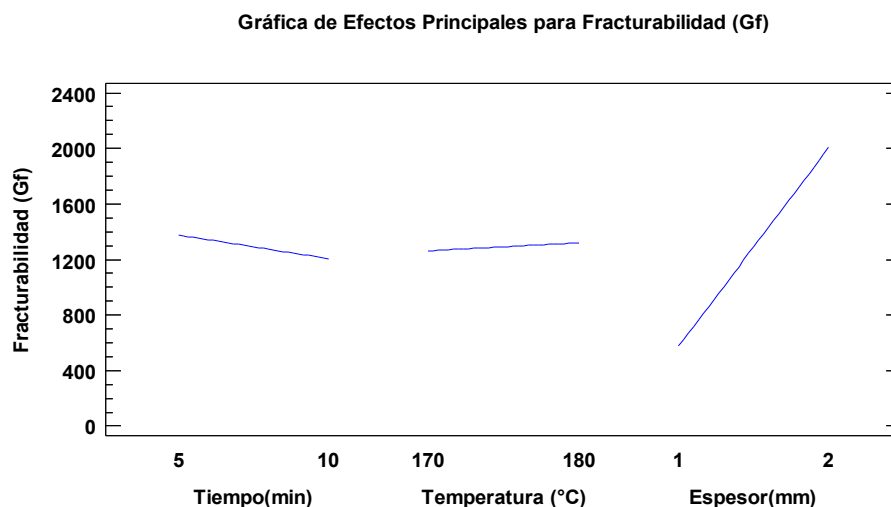


Figura 26. Efectos principales respecto a la fracturabilidad (gf)

En la figura 26. Muestra que la fracturabilidad se incrementa de forma pronunciada con el aumento del espesor, mientras que el tiempo y la temperatura presentan variaciones leves y sin tendencias definidas. Este comportamiento indica que un mayor espesor genera una estructura más rígida y con mayor resistencia a la fractura, posiblemente a una menor expansión y la compactación de la matriz durante del frito.

- **Propiedades sensoriales**

Los resultados del grado de aceptabilidad se muestran en las siguientes graficas donde se valoraron mediante los atributos de sabor, olor, color y apariencia general de los tratamientos (T1, T2, T3, T4, T5, T6 T7 y T8), por el método de frito, frito por aire caliente (TFPAC), teniendo en cuenta los siguientes parámetros de control Temperatura, tiempo y espesor.

la aceptabilidad para cada formulación se determinó a través de un ANOVA paramétrico y un test de Tukey con un nivel de significancia del 5%, cuyos diagramas de comportamiento se detallan más adelante. Teóricamente, la calidad sensorial no es una propiedad intrínseca aislada, sino el resultado de la interacción entre el sustrato alimenticio y el consumidor, consolidada por medio de los atributos clave percibidos a través de los receptores del paladar.

Estas variables son indispensables para asegurar el agrado organoléptico y la viabilidad comercial del snack.

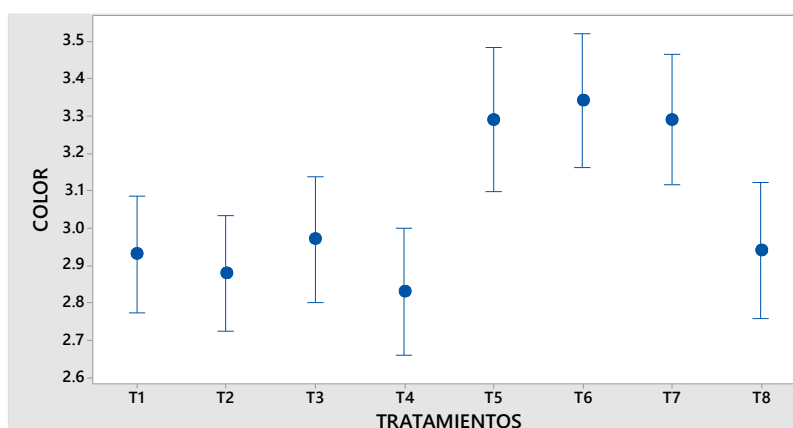


Figura 27. Grado de aceptabilidad del atributo COLOR del snack

En la figura 27 (anexo 38), se muestra la comparación múltiple de Tukey al 95% de confianza, los tratamientos T6, T7 y T5 obtuvieron una media de (3.43 y 3.29) siendo similar y conformando el grupo (A) al presentar los mayores promedios según el (anexo 34) del análisis de varianza del atributo color. Esta variabilidad podría estar relacionada con el

tiempo de fritado, espesor y temperatura. El color es otro atributo de calidad importante de los alimentos, el color cambia progresivamente con el aumento de temperatura y el tiempo de fritura cuando se utiliza el freído con aire caliente, lo que se atribuye a la pérdida de humedad, reducción en el reflejo de luz y la formación de colores marrones en la superficie.

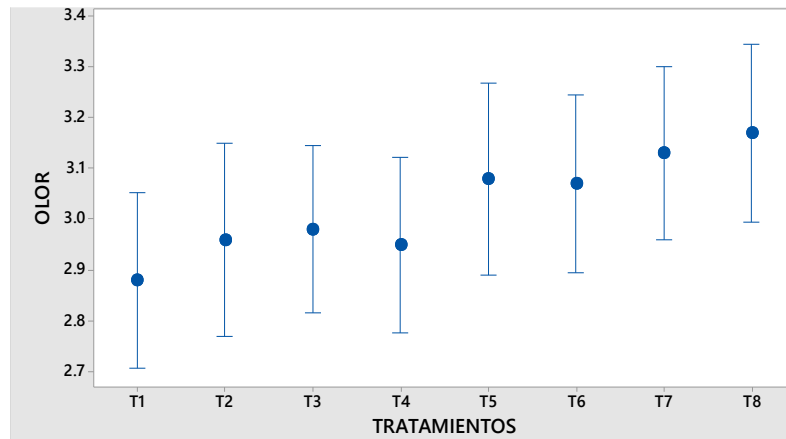


Figura 28. Grado de aceptabilidad del atributo OLOR del snack

La evaluación del perfil aromático correspondiente a los tratamientos T1 a T8 se ilustra en la Figura 28. El análisis de varianza (ANOVA, Anexo 39) arrojó un valor de p-valor superior al nivel de significancia establecido ($P > 0.05$), lo que demuestra la ausencia de diferencias estadísticas significativas en el atributo olfativo entre las muestras (Anexo 26). La similitud entre las medias de los tratamientos corrobora una percepción sensorial homogénea del estímulo gaseoso, evidenciando que la sustitución o adición del 100% de lactosuero dulce no altera ni demerita las propiedades olfativas intrínsecas del snack.

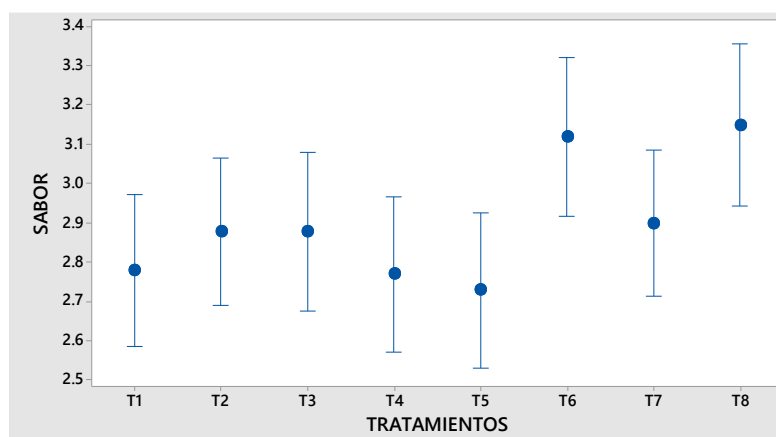


Figura 29. Grado de aceptabilidad del atributo SABOR del snack

Los resultados de aceptabilidad sensorial para el atributo sabor se presentan en la Figura 29 (Anexo 40). La influencia de las variables independientes del proceso de fritura con aire

sobre dicho descriptor se corrobora en el Anexo 26; la obtención de un p – valor < 0.05 demuestra variaciones significativas entre tratamientos, obligando al rechazo de la hipótesis nula. El análisis de medias ubicó al T8 como el tratamiento óptimo, alcanzando un valor de 3.15. Este fenómeno se correlaciona con la cinética de transferencia de calor: el incremento de la temperatura indujo una pérdida drástica de agua en la superficie del snack, creando una barrera deshidratada, mientras que el interior mantuvo su humedad y composición reológica intacta, potenciando el impacto sávido en el paladar.

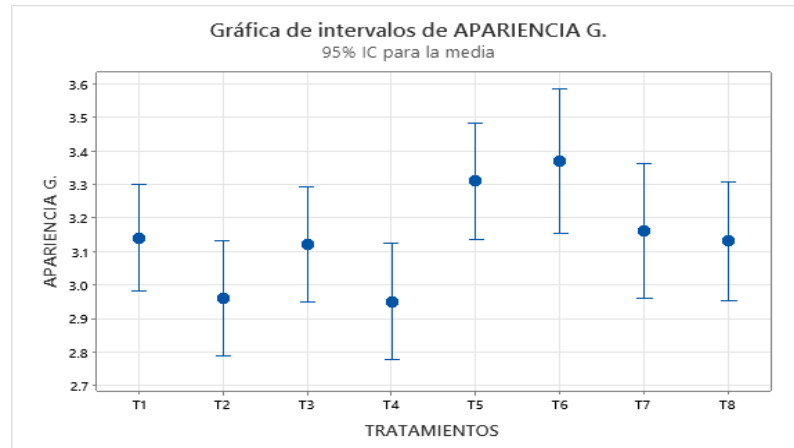


Figura 30. Grado de aceptabilidad del atributo de APARIENCIA GENERAL del snack

La figura 30 muestra el tratamiento T6 alcanza un valor más alto con una media de 3.37 en el atributo de apariencia general, mientras que los tratamientos T1, T3, T5, T7 y T8 obtuvieron una media similar como se puede observar en el anexo 26 según las tablas de análisis de variancia ANOVA (anexo 41) del atributo de apariencia general, en este contexto, los resultados obtenidos en la presente investigación evidenciaron diferencias estadísticas en el color y la apariencia general de las muestras evaluadas. Esto demuestra que las variaciones en los dichos atributos son perceptibles en el snack elaborado con harina de quinua y adición de lactosuero. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el olor, lo que indica que todos los tratamientos presentaron aromas similares. Asimismo, el T6 fue el que obtuvo mayor aceptación por parte de los panelistas.

Componentes principales en función a los atributos sensoriales

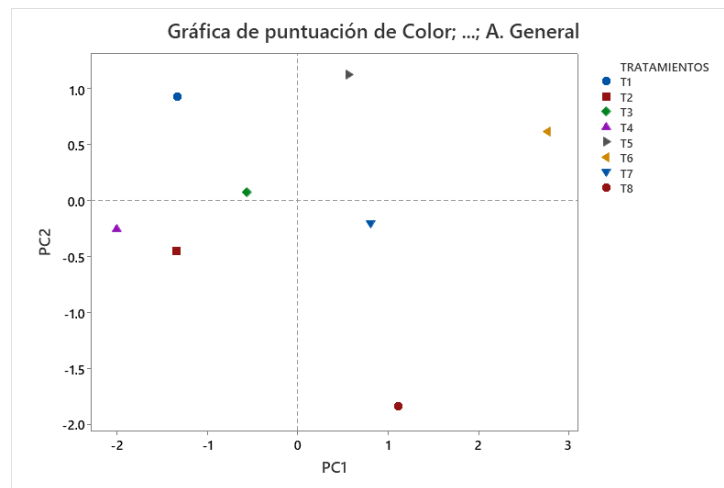


Figura 31. Gráfica de puntuación de los tratamientos

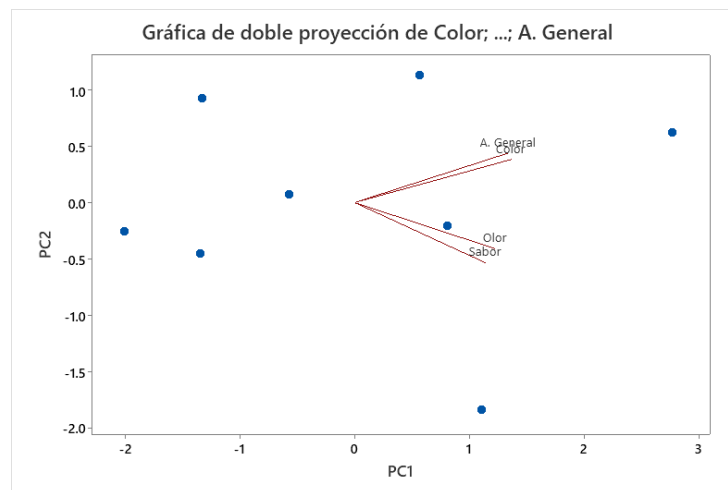


Figura 32. Gráfica de doble proyección de las pruebas sensoriales

Las gráficas de puntuación y doble proyección del análisis de componentes principales permiten evaluar la relación entre los tratamientos y los atributos sensoriales de color, olor, sabor y apariencia general, en la figura 31 se observa una clara separación entre los tratamientos a lo largo del CP1, lo que indica diferencias sensoriales significativas asociadas principalmente en este componente. Por otro en la figura 32 muestra que los atributos de color y apariencia general se encuentran positivamente con el PC1, indicando que estos parámetros fueron determinantes en la diferenciación de los tratamientos con mayor aceptación sensorial. En contraste, los atributos de olor y sabor se relacionan en menor medida con el CP2.

4.1.4. Determinación de vida útil mediante pruebas aceleradas

- Determinación de la humedad

Dado que los snacks son alimentos, dulces o salados, fritos o extruidos, elaborados con la intervención de agentes leudantes químicos o biológicos, deben almacenarse bajo condiciones que no aceleren sus procesos de deterioro, considerando que aumento de temperatura y la humedad relativa puede intensificar las reacciones cinéticas. El modelo de Arrhenius explica la relación entre la temperatura y la velocidad de deterioro, indicando que, con condiciones de almacenamiento adecuadas, dichos procesos ralentizarle.

Con la finalidad de determinar la cinética de degradación y la estabilidad oxidativa del snack a base de quinua y lactosuero dulce, se almaceno en envases de: polipropileno y polipropileno metalizado. Los lotes experimentales se sometieron de forma paralela a regímenes térmicos de 15 °C y 25 °C, monitoreando de manera sistemática las fluctuaciones en el contenido de humedad y el índice de peróxidos. El control analítico se ejecutó en intervalos programados a los 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 y 50 días de evaluación, cuyos perfiles cinéticos se discuten e ilustran en las figuras subsecuentes.

Determinación de orden cero y primer orden de reacción por método mínimo y cuadrado.

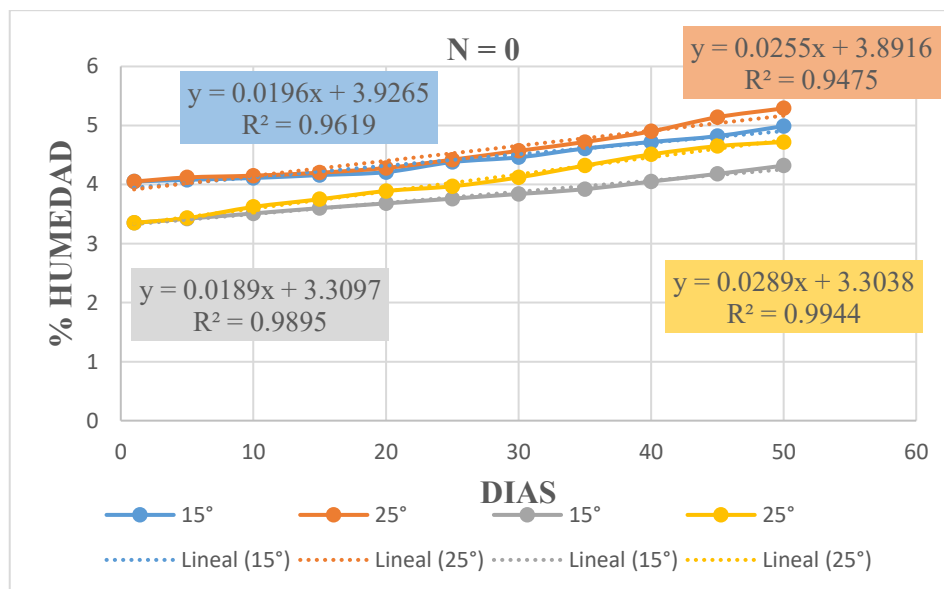


Figura 33. Cinética de Orden cero de la absorción de humedad del snack en función del tiempo y temperatura aplicadas en dos tipos de envase

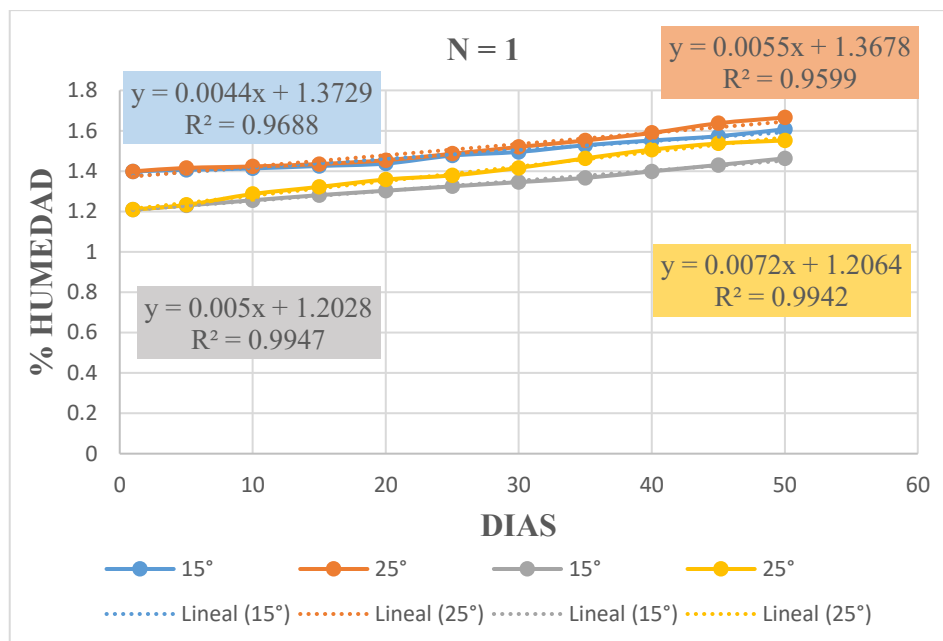


Figura 34. Cinética de primer orden de la absorción humedad del snack en función del tiempo y temperatura aplicadas en dos tipos de envase

En las Figuras 33 y 34 se gráfica la evolución de la humedad del snack de quinua y lactosuero en relación con el tiempo de almacenamiento, modelada mediante ecuaciones de velocidad de orden cero y primer orden a 15 °C y 25 °C. La inclinación positiva de las curvas demuestra una ganancia continua de agua a medida que transcurren los días.

Tabla 21. Coeficiente de correlación empleados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema

Prueba fisicoquímica (humedad)	Temperatura	R ²	
		Orden cero	Orden uno
	15	0.9619	0.9688
PROLIPROPILENO	25	0.9475	0.9599
PROLIPROPILENO	15	0.9895	0.9947
METALIZADO	25	0.9944	0.9942

La Tabla 21 expone los valores del coeficiente (R²) correspondientes a la evolución de la humedad en función del tiempo a temperaturas controladas (15 °C y 25 °C). El análisis de regresión confirma que los tratamientos se alinean preferentemente con una cinética de orden cero.

Ecuación de Arrhenius

Tabla 22. Constante de velocidad de incremento del porcentaje de humedad (k) en los snacks, determinadas a temperaturas 15° C y 25°C

SNACK	T (°C)	T (°K)	k (g H2O/g snack. Dia)	1/T (1/°K)	Ln k
	15	288	0.0044	0.003472222	-5.426151
POLIPROPILENO	25	298	0.0055	0.003355705	-5.203007
POLIPROPILENO	15	288	0.005	0.003472222	-5.298317
METALIZADO	25	298	0.0072	0.003355705	-4.933674

Los datos referentes al inverso de la temperatura en la escala Kelvin y al logaritmo natural de la constante de velocidad (Ln (K)) se condensan en la Tabla 22. La estimación de las constantes fundamentales de Arrhenius (E_a/R y K_0) se derivó de la linealización matemática del modelo original mediante el uso de logaritmos. A partir de este procedimiento, se proyectó la relación funcional de ln (k) frente a 1/T para evaluar el comportamiento de la humedad del producto, tal como se ilustra en las respectivas figuras de este apartado.

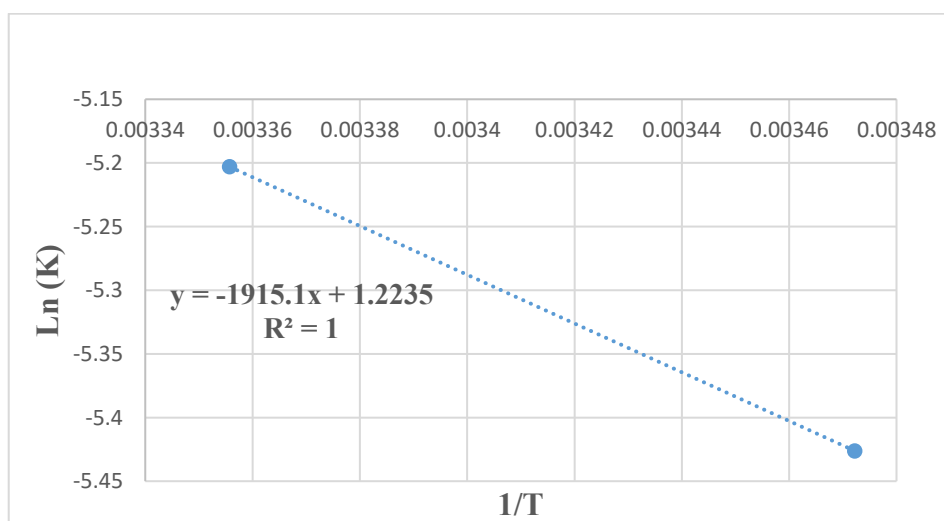


Figura 35. Linealización de Arrhenius Ln (k) Vs (1/T) para el porcentaje de humedad en el snack almacenado en envase de polipropileno

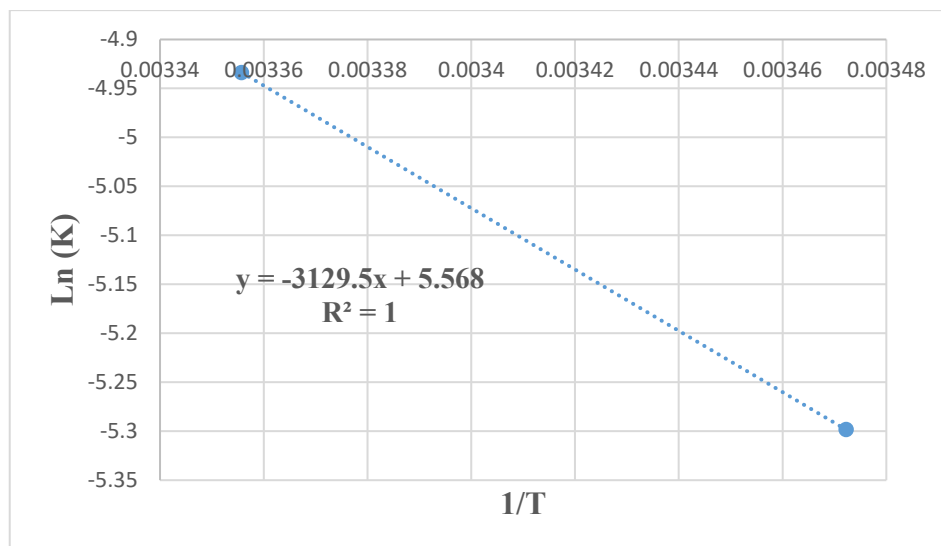


Figura 36. Linealización de Arrhenius Ln (k) Vs (1/T) para el porcentaje de humedad en el snack almacenado en envase de polipropileno metalizado

En las Figuras 35 y 36 se exponen los modelos de regresión lineal derivados de la ecuación de Arrhenius, correlacionando el logaritmo natural de la constante de velocidad (Ln(k)) frente al inverso de la temperatura absoluta (1/T). A partir de los valores de dichas pendientes, obtenidas bajo las dos isothermas evaluadas, se calcularon los parámetros termodinámicos fundamentales del sistema, utilizando una cinética de primer orden ($n = 1$) para describir matemáticamente la velocidad de transferencia o pérdida de humedad.

Resultados obtenidos para la energía de activación (Ea) correspondiente a la humedad.

Tabla 23. Valor del parámetro asociado a la energía de activación E_a/R en el proceso de ganancia de humedad en los snacks

SNACKS	R (J/mol)	Ea (J/mol)	Ea (KJ/mol)	Ea/R
POLIPROPILENO	8.314	15922.14	15.922141	1915.1
POLIPROPILENO METALIZADO	8.314	26018.66	26.018663	3129.5

La Tabla 23 resume los parámetros de la energía de activación (Ea) del proceso de absorción acuosa en los snacks almacenados bajo dos isothermas (15 °C y 25 °C). Los datos demuestran la codependencia entre el factor térmico y la velocidad del proceso, determinando valores de Ea entre 15.92 y 26.01 kJ/mol. Del mismo modo, el

cociente Ea/R alcanzo valores de 1915.1 a 3129.5, de acuerdo con el modelo cinético de orden uno empleados en esta investigación.

Cálculo de vida útil con la ecuación de Arrhenius

Mediante la aplicación del modelo matemático de Arrhenius, se evaluó la dependencia térmica de las constantes de velocidad (k) para la ganancia de humedad en muestras almacenadas a 15 °C y 25 °C dentro del sistema de empaque de polipropileno.

$$\ln(k) = \frac{Ea}{R} * \frac{1}{T} + \ln(A)$$

$$y = mx + b$$

$$HUMEDAD_{polipropileno} = \ln(k_{15^{\circ}C}) = -1915.1 * \frac{1}{273+15} + 1.2235 = -5.426$$

$$k_{15^{\circ}C} = 0.0044 \text{ (dias)}^{-1}$$

$$HUMEDAD_{polipropileno} = \ln(k_{25^{\circ}C}) = -1951.1 * \frac{1}{273 + 25} + 1.2235 = -5.203$$

$$k_{25^{\circ}C} = 0.0055 \text{ (dias)}^{-1}$$

Con las constantes de velocidad calculadas y el límite de aceptabilidad para la humedad %humedad = 4.53 se consideró este valor según (Manosalvas 2019). Se determino el tiempo de vida útil del snack de quinua almacenadas en envase de polipropileno a 15° C y 25°C. para calcular el tiempo de vida útil se utilizó la ecuación cinética de orden cero según (labuza, 1982).

A_0 = valor límite de la humedad 4.53

A = valor inicial de la humedad 4.05

$$HUMEDAD_{polipropileno} = t_{15^{\circ}C} = \frac{4.53 - 4.05}{0.0044} = 109.09 \text{ dias}$$

$$HUMEDAD_{polipropileno} = t_{25^{\circ}C} = \frac{4.53 - 4.05}{0.0055} = 87.27 \text{ dias}$$

La ecuación de Arrhenius se utilizó como herramienta de optimización para analizar las constantes de velocidad k a temperaturas controladas de 15 °C y 25 °C. El estudio se enfocó en los tratamientos almacenados bajo la protección del envase de polipropileno metalizado.

$$HUMEDAD_{polipropileno\ metalizado} = Ln(k_{15^{\circ}C}) = -3129.5 * \frac{1}{273+15} + 5.568 = -5.568$$

$$k_{15^{\circ}C} = 0.0049 (dias)^{-1}$$

$$HUMEDAD_{polipropileno\ metalizado} = Ln(k_{25^{\circ}C}) = -3129.5 * \frac{1}{273 + 25} + 5.568 = -4.933$$

$$k_{25^{\circ}C} = 0.0071 (dias)^{-1}$$

Con las constantes de velocidad calculadas y el límite de aceptabilidad para la humedad 4.53 se consideró este valor según (Manosalvas, 2019) Se determino el tiempo de vida útil del snack de quinua almacenadas en envase de polipropileno metalizado a 15°C y 25°C, para calcular el tiempo de vida útil se utilizó la ecuación cinética de orden cero según (Labuza & Riboh, 1982)

A₀ = valor límite de la humedad 4.053 A = valor inicial de la humedad 3.35

$$HUMEDAD_{polipropileno\ metalizado} = t_{15^{\circ}C} = \frac{4.53 - 3.35}{0.0049} = 240.81\ dias$$

$$HUMEDAD_{polipropileno\ metalizado} = t_{25^{\circ}C} = \frac{4.53 - 3.35}{0.0071} = 166.19\ dias$$

- **Determinación del índice de peróxidos**

La evaluación de la estabilidad lipídica se extendió por un ciclo de 50 días a temperaturas controladas de 15 °C y 25 °C, midiendo periódicamente el porcentaje del índice de peróxido en los *snacks* elaborados. Las gráficas analíticas muestran que existen divergencias significativas entre los valores registrados para cada tratamiento.

Determinación del % de índice de peróxido

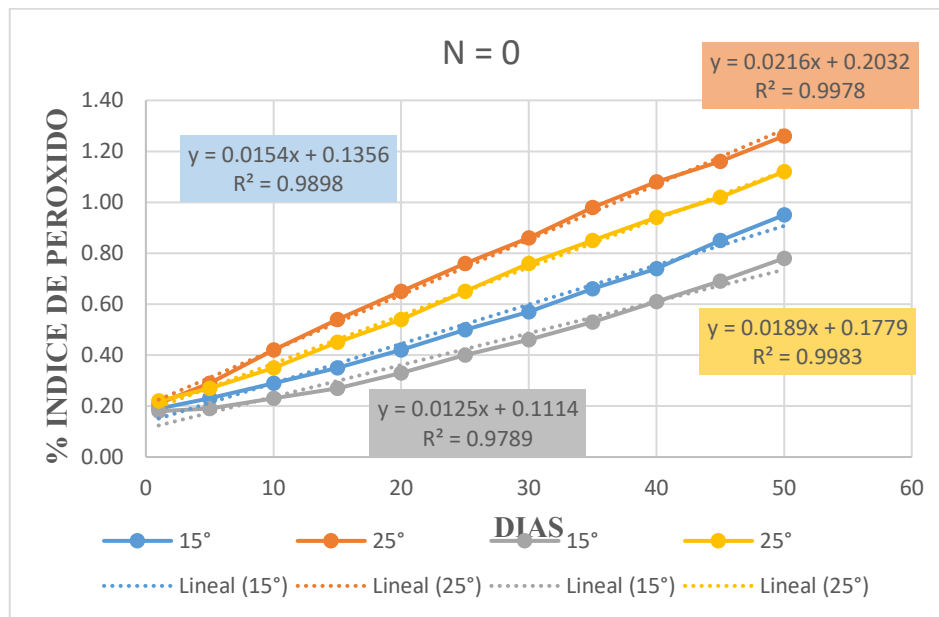


Figura 37. Cinética de Orden cero para el % índice de peróxido del snack en función del tiempo y temperatura aplicadas en dos tipos de envase

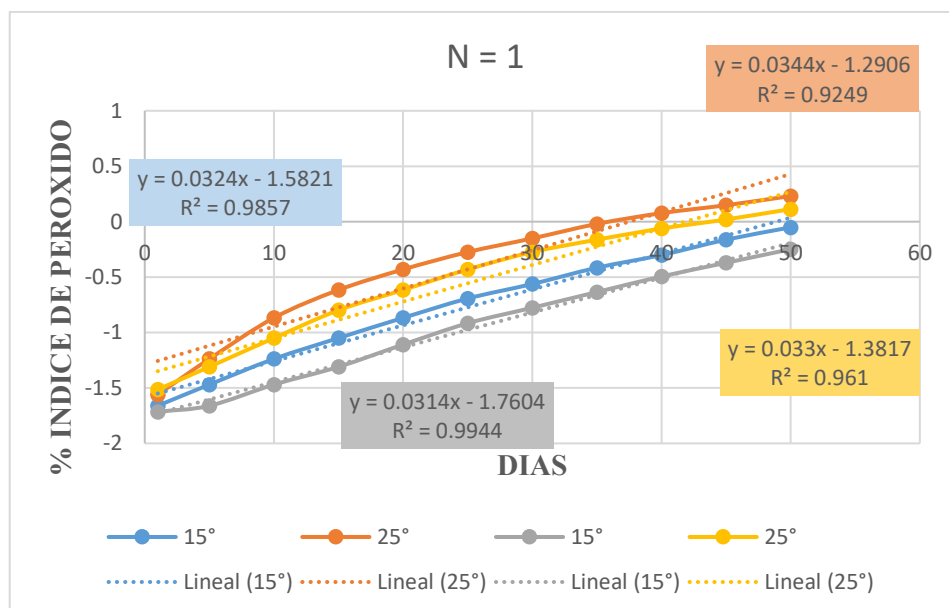


Figura 38. Cinética del primer orden para el % índice de peróxido del snack en función del tiempo y temperatura aplicadas en dos tipos de envase

En las figuras 37 y 38, se presenta la evaluación del índice de peróxido en los snacks formulados, descrita mediante los métodos cinéticos de orden cero y el primer orden. Los resultados muestran el comportamiento del producto durante el periodo de almacenamiento (en días) a temperaturas controladas de 15°C y 25°C. Se evidencia un aumento progresivo en

el porcentaje del índice de peróxidos a medida que transcurre el tiempo, evidenciando una tendencia ascendente influenciada por el efecto de la temperatura en la velocidad de las reacciones fisicoquímicas.

Tabla 24. Coeficiente de correlación utilizados para ajustar el modelo de orden cero y establecer la ecuación representativa del sistema

Prueba fisicoquímica (IP)	Temperatura	R ²	
		Orden cero	Orden uno
	15	0.9898	0.9857
PROLIPROPILENO	25	0.9978	0.9249
PROLIPROPILENO	15	0.9789	0.9944
METALIZADO	25	0.9983	0.961

En la tabla 24, se presentan los coeficientes de determinación (R²) asociados al contenido de índice de peróxido bajo condiciones térmicas 15°C y 25°C. Los resultados evidencian que el modelo cinético de primer orden se ajustó mejor a los datos experimentales, debido a que presento valores de R² superiores en comparación con el modelo de orden cero.

Ecuación de Arrhenius

Tabla 25. Constante de velocidad de incremento del porcentaje de peróxidos (k) en los snacks, determinada a temperaturas 15°C y 25°C

SNACK	T (°C)	T (°K)	k (g H ₂ O/g snack. Dia)	1/T (1/°K)	Ln k
	15	288	0.0154	0.003472222	-4.17338777
POLIPROPILENO	25	298	0.0216	0.003355705	-3.83506196
POLIPROPILENO	15	288	0.0125	0.003472222	-4.38202663
METALIZADO	25	298	0.0189	0.003355705	-3.96859336

Los datos referentes a la temperatura absoluta (*k*) y al logaritmo natural de la constante de velocidad (Ln K) se recopilan en la Tabla 25. La determinación de los parámetros fundamentales de Arrhenius (Ea/R y Ko) se efectuó mediante la linealización logarítmica de la ecuación original. Este procedimiento matemático permitió representar gráficamente la variable dependiente LnK en función de la variable independiente 1/T para el índice de peróxidos, cuyo comportamiento y ajuste lineal se exponen en las figuras adyacentes.

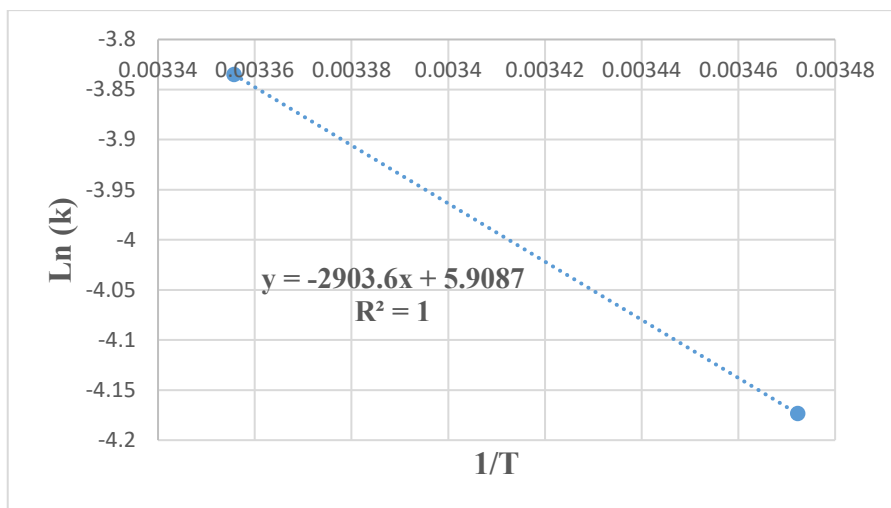


Figura 39. Linealización de Arrhenius $\ln(k)$ Vs $(1/T)$ para el porcentaje de humedad en el snack almacenado en envase de polipropileno

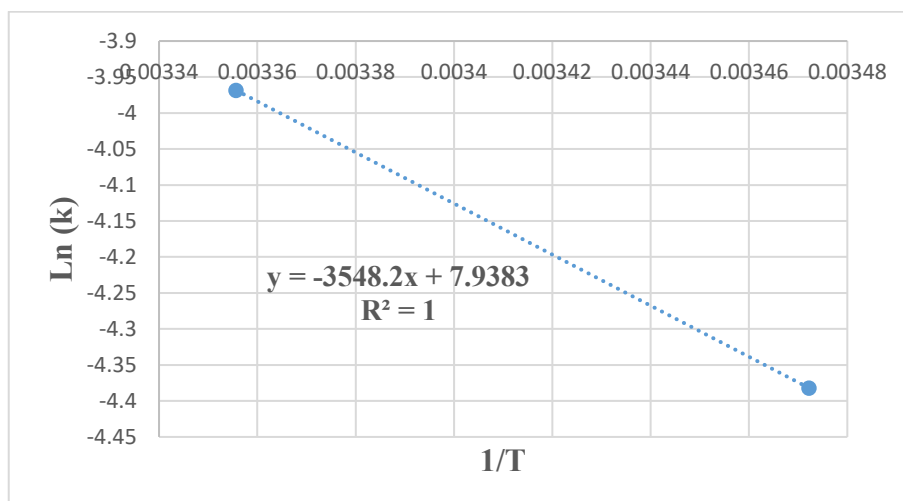


Figura 40. Linealización de Arrhenius $\ln(k)$ Vs $(1/T)$ para el porcentaje de humedad en el snack almacenado en envase de polipropileno metalizado

Mediante los modelos de regresión lineal expuestos en las Figuras 39 y 40, se determinaron las constantes de velocidad (k) a partir de las pendientes que relacionan el logaritmo de la pérdida de humedad con el tiempo de almacenamiento. La integración de estos valores en la ecuación de Arrhenius, bajo un modelo cinético de primer orden, permitió describir matemáticamente la influencia de la temperatura sobre la deshidratación o pérdida de humedad de los snacks.

Resultados obtenidos para la energía de activación (Ea) correspondientes al proceso de ganancia de IP.

Tabla 26. Valor del parámetro relacionado con la energía de activación (Ea/R) en el proceso de incremento del índice de peróxidos en los snacks

SNACKS	R (J/mol)	Ea (J/mol)	Ea (KJ/mol)	Ea/R
POLIPROPILENO	8.314	24140.53	24.1405	2903.6
POLIPROPILENO METALIZADO	8.314	29499.73	29.4997	3548.2

En la tabla 26, se presenta los valores de energía de activación (Ea) obtenidos a partir del análisis cinético del porcentaje de peróxidos en los snacks almacenados 15°C y 25°C. Los resultados muestran que la temperatura influye directamente en la constante de velocidad de reacción, con valores de Ea que oscilan entre 24.14 y 29.49 kJ/ mol. Del mismo modo, el coeficiente Ea/R alcanzo valores entre 2903.6 y 35.48.2, de acuerdo con el modelo cinético de primer orden aplicado en esta investigación.

Cálculo de vida útil con la ecuación de Arrhenius

Mediante la ecuación Arrhenius se calculó la constante de velocidad k del índice de peróxido a temperatura de 15° C y 25°C almacenadas en el envase polipropileno.

$$IP_{polipropileno} = Ln (k_{15^{\circ}C}) = -2903.6 * \frac{1}{273+15} + 5.9087 = -4.17$$

$$k_{15^{\circ}C} = 0.0154 (dias)^{-1}$$

$$IP_{polipropileno} = Ln (k_{25^{\circ}C}) = -2903.6 * \frac{1}{273 + 25} + 5.9087 = -3.83$$

$$k_{25^{\circ}C} = 0.0216 (dias)^{-1}$$

Con las constantes de velocidad calculadas y el límite de aceptabilidad para la para el índice de peróxidos se consideró 2.44 meq/mol este valor según (Revelo., 2010). Se estableció la vida útil del snack almacenado en envases de polipropileno a temperaturas de 15°C y 25°C.

A_0 = valor límite del índice de peróxido 2.44 A = valor inicial del índice de peróxido 0.19

$$IP_{polipropileno} = t_{15^\circ C} = \frac{2.44 - 0.19}{0.0154} = 146.10 \text{ dias}$$

$$IP_{polipropileno} = t_{25^\circ C} = \frac{2.44 - 0.21}{0.0216} = 103.24 \text{ dias}$$

A través de la ecuación de Arrhenius se calculó la constante de la velocidad k del índice de peróxidos a 15°C y 25 °C en los snacks almacenados en envases de polipropileno.

$$\ln(k) = \frac{Ea}{R} * \frac{1}{T} + \ln(A)$$

$$y = mx + b$$

$$IP_{polipropileno \text{ Metalizado}} = \ln(k_{15^\circ C}) = -3548.2 * \frac{1}{273+15} + 7.9383 = -4.38$$

$$k_{15^\circ C} = 0.0125 \text{ (dias)}^{-1}$$

$$IP_{polipropileno \text{ Metalizado}} = \ln(k_{25^\circ C}) = -3548.2 * \frac{1}{273 + 25} + 7.9383 = -3.96$$

$$k_{25^\circ C} = 0.0189 \text{ (dias)}^{-1}$$

Con las constantes de velocidad calculadas y el límite de aceptabilidad para el índice de peróxidos se consideró 2.44 meq/mol este valor según (Revelo., 2010). Se estimo la vida útil del snack guardado en envases de polipropileno a temperaturas de 15°C y 25°C. para calcular el tiempo de vida útil se utilizó la ecuación cinética de orden cero según (labuza, 1982).

A_0 = valor límite del índice de peróxido 2.44 meq/mol

A = valor inicial del índice de peróxido 0.18 meq/mol

$$IP_{polipropileno \text{ Metalizado}} = t_{15^\circ C} = \frac{2.44 - 0.18}{0.0125} = 180.8 \text{ dias}$$

$$IP_{polipropileno \text{ Metalizado}} = t_{25^\circ C} = \frac{2.44 - 0.22}{0.0189} = 117.4 \text{ dias}$$

Tabla 27. Resultados del tiempo de vida útil del snack laborado con harina de quinua con adición de lactosuero

Envases	Temperatura	Pruebas fisicoquímicas	
	(°C)	Humedad	Índice de Peróxido
Polipropileno	15	109.09 días	146.10 días
	25	87.27 días	103.24 días
Polipropileno metalizado	15	240.81 días	180.8 días
	25	166.19 días	117.4 días

La Tabla 27 resume los periodos de vida útil asignados al snack de quinua y lactosuero, determinados analíticamente mediante la ecuación de Arrhenius. En dicha sección se evidencia el comportamiento del alimento bajo condiciones aceleradas.

- En función a la humedad en el envase polipropileno a 15°C (109.09 días), 25°C (87.27 días), y en el polipropileno metalizado a 15° (240.81 días), 25°C (166.19 días)
- En función al índice de peróxido en el envase polipropileno a 15°C (146.10 días), 25°C (103.24 días), y en el polipropileno metalizado a 15° (180.8 días), 25°C (117.4 días)

4.2. Discusiones

4.2.1. Objetivo específico 1

- Propiedades texturales

Los resultados observados coinciden con lo reportado según (Mostacilla, 2019), quien señala que los picos obtenidos durante los ensayos de compresión permiten identificar las propiedades de fracturabilidad y dureza de productos expandidos, las cuales están relacionadas con su resistencia mecánica. Estas propiedades texturales están influenciadas por diversos factores, entre ellos la configuración estructural de la matriz alimentaria y las interacciones entre los biopolímeros presentes en el producto. Asimismo, (Kita, 2014), indica que los tratamientos previos a la fritura, como el escaldado térmico, así como el tipo de aceite utilizado durante el procesamiento, pueden modificar significativamente las características mecánicas y sensoriales del producto final. Estos factores influyen en la formación de la estructura interna del snack y, por consiguiente, en su dureza y capacidad de fractura.

- **Propiedades sensoriales**

Los resultados obtenidos en la evaluación sensorial indican que la incorporación de lactosuero influyó positivamente en la aceptación sensorial de los snacks elaborados con harina de quinua. Los tratamientos T3 y T6, formulados con 100 % de lactosuero, presentaron las mayores puntuaciones en los atributos evaluados, lo que sugiere que este ingrediente favorece el desarrollo de características aromáticas y sensoriales más agradables para los consumidores. Estos resultados coinciden con lo reportado por (Santisteban, 2018), quien señala que los procesos de secado y fritura intensifican las características organolépticas al concentrar los compuestos responsables del sabor y aroma. Además, (Manfugás, 2007) destaca que la percepción sensorial puede variar según factores individuales, como la edad y las preferencias alimentarias, influyendo en la aceptación de los productos. Por otro lado, (Toscano-Palomar, 2021), menciona que la aceptabilidad de los alimentos depende de factores como las características sensoriales, la composición proximal y las propiedades fisicoquímicas y estructurales. En conjunto, los resultados sugieren que el lactosuero, además de aportar componentes nutricionales, contribuye a mejorar la calidad sensorial del snack, favoreciendo su aceptación por parte de los consumidores.

4.2.2. Objetivo específico 2

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por (Bouchon, 2009), quien señala que durante el fritado convencional se produce una importante absorción de aceite debido a la evaporación del agua y la formación de poros en la estructura del alimento. Esto explica el elevado contenido de grasa observado en el tratamiento TFC (21.21%), mientras que el método de fritado por aire caliente limitó significativamente la incorporación de aceite (8.79%).

Asimismo, (Teruel, 2015) indicaron que las tecnologías de fritado por aire caliente permiten elaborar snacks con contenidos lípidos considerablemente menores que los obtenidos mediante fritura tradicional, manteniendo características sensoriales aceptables. Este comportamiento es consistente con los resultados obtenidos en el presente estudio.

Respecto al contenido de humedad los valores más bajos encontrados en el tratamiento TFPAC concuerdan con lo descrito por (Moreira, 2014), quienes afirman que los sistemas de circulación de aire caliente favorecen una mayor transferencia de masa y una eliminación más eficiente de agua, generando productos más secos y estables durante el almacenamiento.

En relación con las cenizas, el mayor contenido encontrado en TFPAC puede explicarse por el efecto de concentración de minerales ocasionado por la reducción de humedad y grasa. Resultados similares fueron reportados por (Singh, 2014), quienes señalan que la disminución de componentes volátiles durante el procesamiento térmico incrementa proporcionalmente la concentración de los sólidos minerales.

El contenido proteico observado en ambos tratamientos refleja el aporte nutricional de la quinua y del lactosuero. (Repo-Carrasco-Valencia, 2010), la quinua posee proteínas de alto valor biológico un perfil equilibrado de aminoácidos esenciales. Además, (Smithers, 2008) destaca que las proteínas del lactosuero contribuyen significativamente al enriquecimiento proteico de alimentos procesados, especialmente en productos tipo snack.

Finalmente, el mayor porcentaje de carbohidratos registrado en el tratamiento TFPAC coincide con lo descrito por (Fellows, 2017), quien menciona que la reducción del contenido de agua y grasa durante el procesamiento térmico provoca un incremento proporcional de otros componentes, particularmente de los carbohidratos calculados por diferencia.

4.2.3. Objetivo específico 3

- Propiedades texturales

Estos resultados coinciden con los reportados (Marín, 2019), quienes encontraron que el incremento de tiempo y temperatura de fritado aumenta la dureza del snack debido a la compactación y la reducción de contenido de humedad. El análisis de la textura mostró una mayor dureza en el método de TFPAC; con este proceso los lípidos son propensos a oxidarse bajo la circulación del aire caliente durante el procesamiento, especialmente cuando la temperatura sobrepasa los 160 °C. Además, con el aumento de temperatura la humedad de la superficie disminuye drásticamente, La fracturabilidad varió entre 1.60N (T3) y 22.38N (T7), observándose un comportamiento similar al de dureza. Los tratamientos con mayores temperaturas, tiempo y espesor mostraron mayor resistencia a la ruptura, lo cual refleja una textura más rígida y menos quebradiza. Por el contrario, los snacks más delgados de (1mm) y procesados a menor temperatura presentaron valores más bajos de fracturabilidad, indicando una estructura más crujiente y menos densa, características deseables en productos tipo snack.

Según (Torres, 2015) la dureza al verse influida por diversos factores, como la temperatura, humedad, el espesor o la forma del alimento, en términos generales, los parámetros de

textura pueden alterarse, ya sea de, manera favorable o desfavorable debido a los factores intrínsecos y extrínsecos propios de cada alimento.

- **Propiedades sensoriales**

Se ha encontrado que la reacción Maillard produce costras marrones en los productos fritos al aire caliente, al analizar las características físicas del snack empleando el método de fritura con aire caliente del T5, T6 y T7 de (2 m de espesor) a una temperatura de 170°C y 180°C las variaciones de tiempo varia de 5 a 10 minutos en el método de fritura con aire afectaron tuvieron mayor significancia en la reacción Maillard. De manera similar, (Wang, 2021) resaltaron que las diferencias en sabor, aroma, textura y color de las papas fritas se deben, principalmente, a la variedad de papa utilizada. Además, indicaron que la temperatura de fritura, particularmente a 180 °C, favorece la optimización del aroma, mientras que la textura depende tanto de la variedad de papa como de las condiciones de fritura empleadas. Respecto al color, se identificaron diferencias según la variedad utilizada, destacándose las papas Blaue Annliese y Rosemarie por obtener las mejores valoraciones.

En este sentido, en concordancia con los criterios de aceptación técnica estipulados por el (MIDIS, 2022), las propiedades sensoriales del alimento deben cumplir con un estándar riguroso. El olor requiere ser característico del sustrato, descartando cualquier vestigio de rancidez que acuse senescencia o deterioro químico, en paralelo, el color debe guardar correspondencia directa con la pigmentación natural del insumo, consolidándose como un indicador visual de calidad. Con respecto al perfil sávido, este debe ser agradable y consistente con la tipología del producto, suprimiendo resabios de amargor o astringencia vinculados a malas prácticas de almacenamiento. Finalmente, el aspecto macroscópico del artículo debe manifestar una limpieza absoluta y libre de contaminantes, salvaguardando la inocuidad y la observancia de los protocolos de seguridad alimentaria.

4.2.4. Objetivo específico 4

Según los resultados demuestra que el envase metalizado actúa como una barrera afectiva frente al ingreso de vapor de agua y oxígeno, reduciendo así la absorción de humedad y las reacciones de oxidación de los lípidos. Considerando el límite de 5 meqO₂/kg establecido por la NTP 209.226, los snacks envasados presentan valores de índice de peróxidos más estables y muy inferiores a máximo permitido. En contraste, los productos a granel muestran índices de peróxidos considerablemente superiores al dicho parámetro, llegando incluso a duplicarlo, debido a la mayor oxidación de las grasas presentes en este tipo de alimentos.

De acuerdo con (Labuza, 2000), al estimar la vida útil de un alimento, el tratamiento que presenta menos energía de activación se considera más representativo, debido a que este parámetro indica una mayor sensibilidad del producto frente a las condiciones térmicas de almacenamiento, esta susceptibilidad puede influir directamente en el comportamiento higroscópico de alimento, favoreciendo un deterioro más acelerado en condiciones críticas.

(Hosseini, 2014) señala que los parámetros de oxidación varían en función de la temperatura, valores elevados de E_a favorecen la producción de compuestos de oxidación primaria, mientras que valores bajos se relacionan con la formación de productos derivados de oxidación secundaria. Asimismo, (Yoon, 2017), enfatizan que el aumento de la temperatura intensifica los procesos oxidativos, reduciendo así la estabilidad del alimento.

Según (Guy, 2001) indica que los snacks extruidos directamente expandidos, en general, deben presentar niveles de humedad entre 5% y 8% para permitir la formación de una matriz vítrea en el producto final, la cual es esencial para generar una estructura porosa adecuada durante la expansión y evitar el colapso o endurecimiento prematuro del snack. De igual forma, (Manosalvas, 2019) reportaron humedades finales entre 4,53% y 8,59% en extruidos formulados con 70% y 80% de maíz, lo que confirma que los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango esperado, estos resultados están asociados a una adecuada evaporación durante el proceso de extrusión, la cual fue favorecida por el empleo de altas temperaturas (140-180 °C) y por el bajo contenido de humedad presente en las harinas (<20%).

Según (Guzmán, 2016) , la peroxidación lipídica es un fenómeno dependiente del oxígeno y la temperatura, caracterizado por una fase inicial lenta seguida de una aceleración exponencial. Existe una relación inversamente proporcional entre el incremento térmico de almacenamiento y la vida útil del alimento. Al desencadenarse la rancidez, la velocidad de reacción se incrementa drásticamente debido a la síntesis de compuestos secundarios (aldehídos y cetonas), metabolitos volátiles responsables del desarrollo de notas sensoriales indeseables de tipo rancio y seboso en la fracción grasa.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se concluyo que el método de fritado y el porcentaje de lactosuero influye significativamente en las propiedades texturales de (dureza y fracturabilidad) y sensoriales del snack de harina de quinua tostada. El fritado por aire caliente incrementa la dureza y mejora la aceptabilidad sensorial, mientras que el fritado convencional favorece una mayor fracturabilidad. Asimismo, un nivel de 50% de lactosuero optimiza la textura, mientras que el 100% mejora la aceptación sensorial en conjunto, existe un equilibrio entre textura y aceptabilidad que depende de ambos factores (método de fritado y porcentaje de lactosuero).
- En el tratamiento T3 y T6 (ambos al 100% de lactosuero) que presento mayor aceptabilidad de las propiedades texturales y sensoriales en el fritado TFPAC genero un snack con un menor contenido de grasa 8.79%, humedad 4,17%, con mayor proporción de carbohidratos de 71.14%, proteína 8.77% y en cenizas son similares en ambos métodos TFC 5.40% y TFPAC 7.12% y el método TFC presento mayor cantidad de grasa 21.21% y una humedad 8.28%. Esto nos indica que el método TFPAC presenta menor contenido graso que el método TFC.
- El snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero que presento adecuada composición nutricional por el método de fritado TFPAC, se determinó que el tiempo, la temperatura del fritado por aire caliente y el espesor influyen significativamente en las propiedades texturales y sensoriales del snack de harina de quinua tostada con adición de lactosuero. El espesor fue el factor más determinante en la dureza y fracturabilidad, donde valores mayores (2 mm) generaron snacks más duros y menos crujientes. Por otro lado, temperaturas elevadas a 180 °C y tiempos prolongados favorecieron la reducción de humedad y el desarrollo de características sensoriales deseables como color y sabor. En conjunto, el tratamiento T6 (170 °C, 10 min y 2 mm) presentó el mejor equilibrio entre textura y aceptabilidad sensorial, cumpliendo además con una adecuada composición proximal, por lo que se establece como la condición óptima de procesamiento.

- Se concluyó que la vida útil del snack elaborado a base de harina de quinua tostada con adición de lactosuero está significativamente influenciada tanto por la temperatura de almacenamiento y el tipo de envase utilizado. Los resultados evidenciaron que el envase de polipropileno metalizado presentó una mayor capacidad de conservación, prolongando la vida útil del producto al reducir la absorción de humedad y la oxidación lipídica, en comparación con el polipropileno convencional. Asimismo, el almacenamiento a 15°C permitió mantener por durante más tiempo las propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales adecuadas del snack, en contraste con 25°C, donde el deterioro fue más acelerado. En conjunto, se concluye que el uso de envases con alta barrera y temperaturas de almacenamiento más bajas son determinantes para garantizar la estabilidad, calidad y aceptabilidad del producto durante su vida útil.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere analizar distintas técnicas de cocción con el fin de identificar el método de fritado más adecuado que preserve las propiedades fisicoquímicas (humedad, proteínas, carbohidratos, cenizas, grasas) y sensoriales del snack.
- Se sugiere modificar y perfeccionar la proporción de cal en diferentes porcentajes utilizada en la formulación, con el fin de optimizar la textura, la expansión y estabilidad del producto final.
- Se recomienda elaborar un estudio de factibilidad que permita determinar si el proyecto desarrollado resulta viable y rentable dentro del mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, I. E. (2009). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry Nutritional, and Functional Properties. *Mycological Research* (Vol. 113).
- Alfaro, P. (2016). *Elaboración de panes sin gluten utilizando harina de quinua (Chenopodium quinoa willd.) y almidón de papa (Solanum tuberosum)*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Baca, J. (2012). *Manual de productos lácteos*. Lima.
- Badui, S. (2006). *Química de los Alimentos*. Programas educativos S. A. Mexico, D. F. .
- Barden, L. M. (2014). *Understanding lipid oxidation in low - moisture food (Doctoral dissertation)* .
- Barreto, I. M., & Marsacli, A. (2019). Potato Chips Produced by Microwave Multiflas Drying. *Journal at Food Engineering* 261.
- Bazile, D. B. (2014). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*. FAO y CIRAD.
- Bechtel, P. J. (2002). *Snack Foods of animal origin, in Snack Foods Processing, ed by Lusas EW and Rooney LW. C.*
- Berti, C. R. (2004). *In vitro starch digestibility and in vivo glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s00394-004-0459-1>
- Bouchon, P. (2009). *Understanding oil absorption during deep-fat frying. Advances in Food and Nutrition Research*, 57, 209–234.
- Brody, A. L. (2003). *Predicting Packaged Food Shelf Life*. *Food Technology*.
- Carrasco, C. A. (2010). *Lactosuero como fuente de péptidos bioactivos Anales Venezolanos de Nutrición*.
- Chen, Z. (2023). *The Chemistry Behind Fried Foods: How Frying Affects Flavor, Texture, and The Chemistry Behind Fried Foods: How Frying Affects Flavor, Texture, and Hygiene*. Obtenido de <https://doi.org/10.35248/2476-2059.23.8.205>.Citation
- Chong, M., Mazzitelli, G., & Quintero, R. (2019). *Efecto de los métodos de cocción por fritura en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de chips de taro (Colocasia*

- esculenta*). Obtenido de file:///C:/Users/EPIA%20-%202/Downloads/Efectodelosmetodosdecoccion%20(1).pdf
- Cordelino, I. G. (2019). *Cooking quality, digestibility, and sensory properties of proso millet pasta as impacted by amylose content and prolamin profile*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2018.09.035>
- Dinero, D. (2004). *Norma Sanitaria para el funcionamiento de restaurantes y servicios*. Obtenido de <http://www.escuelahosteleria.org/portal/recetas/materiales/2iTdyr8ag.pdf>
- Dini, I. T. (2010). Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking is sweet an bitter chenopodium quinoa seeds. *LWT. Food Science and Technology*, 447-451.
- Duarte, R. J. (2019). *Determinacion de vida util en Snack de tipo papa frita*. Universidad Tecnica Federico Santa Maria . Obtenido de file:///C:/Users/HP%20COMPAC/Documents/Tesis%20Snack%20de%20Quinoa%20con%20Lactosuero/snack%20papaoao.pdf
- Duarte, R. J. (2019). *Determinación de vida útil en snack de tipo papa frita*. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/server/api/core/bitstreams/ef25c691-c0e0-470d-ab0e-112465cfb310/content>
- Escobar., P. (2012). *Determinación de la calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de tortillas de maíz y frijol tipo “snack.”*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Espín, S., & Brito, B. (2001). *Composición química, valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos*.
- Espinosa, C. K. (2017). *Desarrollo de un snack extruído a base de maíz enriquecido con harina de pota (*dosidicus gigas*) precocida y determinación de su vida útil*. Universidad Agraria la Molina. 2017. Obtenido de file:///C:/Users/HP%20COMPAC/Documents/Tesis%20Snack%20de%20Quinoa%20con%20Lactosuero/espinoza-cordova-karina-mercedes%20snackl%20de%20mais%20y%20pota.pdf
- FAO. (2006). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*.

- FAO. (2011). *La quinua : Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial*.
- Fellows, P. J. (2017). *Tecnología del procesamiento de los alimentos: Principios y prácticas*. (4.^a ed.). Acribia.
- Filho, A. M. (2017). *Quinoa Nutritional, functional, and antinutritional aspects*.
- Fuentes, P. J. (2023). *Formulación y análisis de un producto tipo cupcake a base de harina de quinua tostada (Chenopodium quinoa will “Carl Otto”) y harina de trigo (Triticum aestivum “Carlos Linneo”)*. Ambato – Ecuador. Obtenido de <file:///C:/Users/EPIA%20-%202/Downloads/CAL%20038.pdf>
- Gastelo, L., & Neciosup, I. (2016). *Formulación de una película y recubrimiento comestible a partir del aprovechamiento de lactosuero vacuno en la región Lambayeque*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.;Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/864>
- Gonzales, J. (2011). *Elaboración y evaluación nutricional de una bebida proteica a base de lactosuero y chocho (lupinusmutabilis) como suplemento alimenticio*. tesis pregrado, Riobamba-Ecuador,.
- Guerrero, A. H. (2016). *Estudio de factibilidad para el procesamiento de aceite de girasol (helianthus annuus) en el cantón Urcuquí y su comercialización a nivel nacional*. Universidad Técnica del norte.
- Guerrero. (2010). *Caracterización del suero de queso blanco del combinado lácteo Santiago Cuba*.
- Gupta, M. K. (2014). *Sunflower oil and its applications*. *Lipid Technology*. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/lite.201400068>
- Guy, R. (2001). *Extrusion cooking: Technologies and applications*. Woodhead Publishing.
- Guzmán, M. C. (2016). *Valorización del lactosuero y harina de quinua en el desarrollo de productos horneados y snacks: Efecto sobre la textura, color y propiedades sensoriales*. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 24(2), 115–123.

- Harper, M. J. (1979). *Food extrusion. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
Obtenido de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408397909527262>
- Hase, S. L. (2020). Variación de agua y aceite en snacks de mandioca durante la fritura. *Ciencia Tecnología e Inovacion*. Obtenido de file:///C:/Users/HP%20COMPAC/Downloads/Variacion_de_agua_y_aceite_en_snacks_de_mandioca_d.pdf
- Hase., S. L. (2020). *Variación de agua y aceite en snacks de mandioca durante la fritura*.
- Hernandez. (2005). *Evaluación Sensorial*. Bogota.
- Hernandez., M. J. (2020). *Aprovechamiento del lactosuero dulce en la elaboracion de una bebida hidratante*. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/3715/1/AT-24546.pdf>
- Hosseini, S. M. (2014). *Effect of deep-fat frying on sensory and Textural attributes of pellet snacks. Journal of Food Science and Technology*.
- Hough, G. F. (2005). *Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos*. Madrit.
- Ibrahim, F. E. (2005). *Effect of fermentation on biochemical and sensory characteristics of sorghum flour supplemented with whey protein*. .
- Illanes, E. J. (2004). *Envases flexibles plásticos: Uso y aplicación en la industria alimentaria. Tesis para optar el grado de Licenciado en Ingeniería de Alimentos*. Universidad Austral de Chile.
- INACAL. (2016). *Norma Técnica Peruana NTP 206.016 Determinación de peróxidos en galletas*.
- INIA. (2006). *Quinua INIA 415 Pasankalla. Variedad para Agroindustria, exportación y consumo nacional* .
- INIA. (2006). *Variedades comerciales de la quinua (chenopodium quinoa willd) y su clasificacion segun ecotipos en la region Puno*.
- ITINTEC. (1984). *Norma Técnica Peruana ITINTEC 209.226: Bocaditos. Requisitos. Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC)*. INDECOPI. Lima - Perú.

- Jaimes, A. I. (2017). *Glycemic index of quinoa (Chenopodium quinoa) in healthy subjects of Venezuela Venezuelan Nutrition and Health Study View project Fruits and Vegetables in Venezuela View project*. .
- Jelen, P. (2003). *Whey processing. Utilization and Products*. 2 739-2 745. In: H. Roginski, J.W.Fuquay and P.F. Fox (eds). *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, London.
- Kita, A. (2014). *The effect of frying on fat uptake and texture of fried potato products*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 735–740.
- L, .. R. (2008). *Elaboracion de quispiño a partir de tres variedades de harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd)*. *Usando el diseño de mezclas*.
- Labuza, T. P. (2000). *Reaction Order Determination and reaction Kinetics. Topic 2. EnFScN 8334*. University of Minnesota. St. Paul. Mn. 55108.Estados Unidos.
- Labuza, T. P., & Riboh, D. (1982). *Theory and application of Arrhenius kinetics to the prediction of nutrient losses in foods*. *Food Technology*.
- Li, G. W. (2016). *Physicochemical properties of quinoa starch starch Carbohydrate Polymers*, 137, 328–338. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.10.064>.
- Lopez. (2008). *“Manual de Industrias Lácteas”*. Zaragoza – España.
- Maetens, E. H. (2017). *physicachemical and Nutritional prapertios of a Heality Snack Chip Developed Germinated Soybeans LWT*.
- Maldonado-Alvarado, P. P.-V.-R.-C. (2023). *Effect of Germination on the Nutritional Properties, Phytic Acid Content, and Phytase Activity of Quinoa (Chenopodium quinoa Willd)*.
- Man, C. J. (1997). *Shelf life evaluation of foods*. Blackie Academic and Professional. Londres .
- Man., C. D. (2016). *Food Storage Trials*. In P. Subramaniam.
- Manfugás, J. E. (2007). *Evaluación sensorial de alimentos: In Manual de prácticas de Ingeniería de alimentos*. Obtenido de https://www.jstor.org/stable/j.ctv2175hnh?turn_away=true

- Manosalvas, L. (2019). *Efecto de la humedad de alimentación y temperatura de extrusión sobre el contenido nutricional de un snack a base de maíz, chocho y papa*. Revista bases de la Ciencia . Obtenido de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/1911>
- Marin, C. K. (2020). *Efecto de la temperatura en el sonido y la textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral*. Desarrollado en el laboratorio de Bioingeniería y Fermentaciones Industriales de la UNCAJ. .
- Marín, K. (2019). *Efecto De La Temperatura En El Sonido Y La Textura Instrumental Y Sensorial En Galletas Elaboradas Con Harina Integral*. Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>
- MIDIS. (2022). *Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social. especificaciones Técnicas de Alimentos*.
- MINACRI. (2013). Perfil comercial Kiwicha (vol. 136). Retrieved from.
- Minas., M. d. (2022). *Estadístico Minero*.
- Moreira, R. G. (2014). *Vacuum frying versus conventional frying: An overview*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 723–734.
- Mostacilla, S. A. (2019). *Evaluación de los parámetros de textura en un snack a partir de una mezcla de cereales desarrollado en la empresa Segalco SAS*. Universidad del Cauca. Obtenido de <http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/handle/123456789/1466>
- Muñi, A. (2005). *Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero*.
- Natalia, S. C. (2016). *Aspectos Tecnológicos que influyen en las pérdidas nutricionales durante el proceso de obtención de Harinas de Quinoa. Caracterización físico-química*. Universidad Nacional del Cordoba.
- Navruz-Varli, S. &. (2016). *Nutritional and health benefits of quinoa (Chenopodium quinoa Willd.)*. In *Journal of Cereal Science*.
- Olalla, C. W. (2019). *Desarrollo tecnológico para la elaboración de snacks de maíz (Zea mays), quinua (Chenopodium quinoa) y haba (Vicia faba) nixtamalizados*. Ambato

- Ecuador. Obtenido de
file:///C:/Users/HP%20COMPAC/Documents/Tesis%20Snack%20de%20Quinoa%
20con%20Lactosuero/snack%20de%20quinua%20y%20maiz.pdf
- Parra, .. R. (2018). *Producción de hectáreas de Naranja en el Perú*.
- Parra, R. (2009). *Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos*. Retrieved from.
Universidad de Medellín. Colombia .
- Perez, R. K. (2017). *Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua
(Chenopodium quinoa Willd), tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) y camote (Ipomoea
batatas l.)*. Ciencia Agropecuria.
- Perú., B. C. (2019). *Puno: Síntesis de actividad económica*.
- Pozo, M. (2015). *Aplicación de la fritura al vacio para la obtención de bocaditos de
berenjena(Solanum melogena)*. Universidad Tecnológica Equinoccial .
- Prati, P. R. (2014). *Evaluación del índice de peróxido del ajo frito durante el
almacenamiento*. Instituto de Tecnología de Alimentos. Brasil.
- Quiñónez, F. H. (2015). *Evaluación de la cinética de reacción de conversión de piedra
caliza a cal viva por efecto de tres temperaturas, utilizando un tamaño de partícula
y un tiempo determinado a 640 mmHg de presión barométrica a nivel de laboratorio*.
Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de
<https://doi.org/http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/16196>
- Ramirez, A. (2016). Peas and Lentils, 283-288. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12384947-2.00530-4>.
- Raß, M. S. (2008). *Virgin sunflower oil*. *European Journal of Lipid Science and Technology*.
Obtenido de <https://doi.org/10.1002/ejlt.200800049>
- Repo, C. J. (2011). *Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua
(Chenopodium quinoa Willd.) y maíz (Zea mays L.)*. Ingeniería Industrial.
- Repo-Carrasco-Valencia, R. &. (2010). *Quinoa y cañihua: fuentes nutricionales
tradicionales*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 60(2), 164–170.

- Revelo., M. A. (2010). *Desarrollo y evaluacion de las tecnologias de un Snack laminado a partir de quinua*. Facultad de Ingenieria Quimica y Agroinsutria. Obtenido de file:///C:/Users/HP%20T/Documents/peroxidos%20necesario%20util.pdf
- Robin, F. T. (2015). *Properties of extruded whole grain cereals and pseudocereals flours*. *International Journal of Food Science and Technology*.
- Roig, G. I. (2021). *Knowledge and consumption of salt in health professionals and the general population*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.appr.2021.100091>
- Romo, S. R. (2006). *Potencial nutricional de harinas de quinua (Chenopodium Quinoa W) Variedad piartal en los andes colombianos primera parte*. Universidad Del Cauca.
- Ruiz, N. A. (2005). Efectos beneficiosos de una dieta rica en granos enteros. *Revista Clinena de Nutricion* .
- Salas, J. O. (2005). La alimentacion y la nutricion a trvez de la historia. *Revista Nutricional*, 1, 475.
- Salau, B. (2015). *Utilización de harina - avena (fortaliz) en la elaboración de postres como una alternativa gastronómica*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Santisteban, S. H. (2018). *Elaboracion de snacks nutritivos a base de leguminosas de grano y tubérculos andinos Trabajo*.
- Simoni, M. W. (2022). *Decarbonising the lime industry: State-of-the-art*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032122006505?via%3Dihub>
- Singh, R. P. (2014). *Introduction to food engineering (5th ed.)*. Academic Press.
- Smithers, G. W. (2008). *Whey and whey proteins—From “gutter-to-gold”*. *International Dairy Journal*, 18(7), 695–704.
- Teruel, M. D. (2015). *A comparative study of the characteristics of French fries produced by deep fat frying and air frying*. *Journal of Food Science*, 80(2), E349–E358.
- Tirado, D. f. (2015). *Estudio comparativo de métodos empleados para la determinación de humedad de varias matrices alimentarias*. Obtenido de

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642015000200002&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Tirado, L. R. (2020). *Caracterización de la harina de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y la harina de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) para su industrialización*. Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja.

Torres, J. G. (2015). *Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/283352303_Analisis_del_Perfil_de_Textura_en_Frutas, carnicas y cereales](https://www.researchgate.net/publication/283352303_Analisis_del_Perfil_de_Textura_en_Frutas_carnicas_y_cereales)

Toscano-Palomar, L. G.-G.-P.-G.-G. (2021). *Análisis de las propiedades físico-químicas y sensoriales de barra alimenticia a base de semillas y nueces sin componentes de origen animal*. Revista Española de Nutrición Humana y Dietética, Volumen (24). Obtenido de <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.24.2.963>

Valderrama, F. H. (2015). *Snacks a base de maíz morado, quinua y kiwicha*. escuela de ingeniería agroindustrial de la Universidad Nacional de Trujillo - Universidad Nacional Autónoma de Chota. Obtenido de https://laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/full_papers/FP569.pdf

Valdes, E. K. (2014). *Estimación de la vida útil de productos snacks procesados en la empresa procesos velsac. Sac mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales*. Callao-Perú. Obtenido de file:///C:/Users/HP%20COMPAC/Documents/Tesis%20Snack%20de%20Quinoa%20con%20Lactosuero/KrystelCecilia_Tesis_tituloprofesional_2014%20snack%20vida%20util.pdf

Valdiviezo, N. Y. (2014). *Análisis del Tipo de aceite y Tiempo de fritura en la Vida Útil del Snack de Malanga (Xanthosoma sagittifolium) procedente del Tena*. Universidad Técnica de Ambato.

Vasquez, I. R. (2017). *Uso, producción y calidad del lactosuero. Avances en Investigación Agropecuaria*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/337548469_Use_production_and_nutritional_quality_of_whey_milk_in_the_central_region_of_Chiapas

- Vasquez, J. V. (2016). *Caracterización de la harina de quinua (Chenopodium Quinoa Willd.)*. Escuela Superior Politecnica de Chimborazo.
- Wang, Y. W. (2021). *Effect of new frying technology on starchy food quality*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/foods10081852>
- Yoon, M. R. (2017). *Optimization of hot air-frying conditions for quality attributes of snacks using response surface methodology*. *Korean Journal of Food Science and Technology*.
- Zaghi, A. N. (2019). *Frying process: from conventional to air frying technology*.
- Zumbado, F. H. (2024). *Análisis químico de los alimentos métodos clásicos*.

ANEXO

Anexo 1. Fotografía de la obtención de lactosuero dulce



Anexo 2. Fotografías del proceso de elaboración del snack



Anexo 3. Proceso de laminado de la masa del snack de quinua



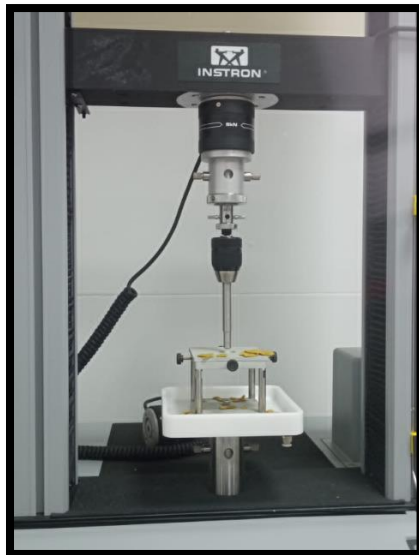
Anexo 4. Proceso de frito convencional de los snacks.



Anexo 5. Fotografías de la evaluación sensorial de los 6 tratamientos



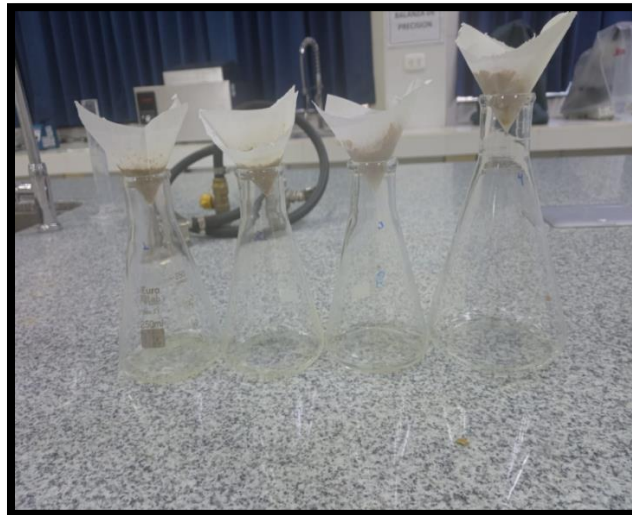
Anexo 6. Fotografías del análisis del perfil de textura (dureza y fracturabilidad)



Anexo 7. Fotografías de la vida útil en función al análisis fisicoquímico



Anexo 8. Fotografías del proceso de Índice de peróxidos



Anexo 9. Pesado y saturación del yoduro de potasio.



Anexo 10. Fotografías del proceso de solución acética - cloroformo



Anexo 11. Fotografías del proceso de titulación



Anexo 12. Resultados finales del snack



Anexo 13. Propiedades mecánicas dureza y fracturabilidad

Para determinar las propiedades mecánicas de nuestro snack, se empleó el Dinamómetro Instron 34TM con celda de carga de 500N, para determinar dureza y fracturabilidad de las muestras. Bajo esta premisa se detalla lo siguiente:

Accesorios:

- Plato de Compresión S5402A
- Bandeja de goteo; Drip Tray Food S5400A
- Armazón de soporte: Food Support Frame S4427A
- Para la obtención de datos, se empleó la siguiente descripción:
- Velocidad de Ensayo 1.00 mm/s
- Precarga: 5.00 gf
- Deformación: 70.00 %

Una vez aplicada estos datos al equipo, se determina los datos de Fracturabilidad como el primer punto alto y dureza como el punto máximo alcanzado durante la primera compresión.

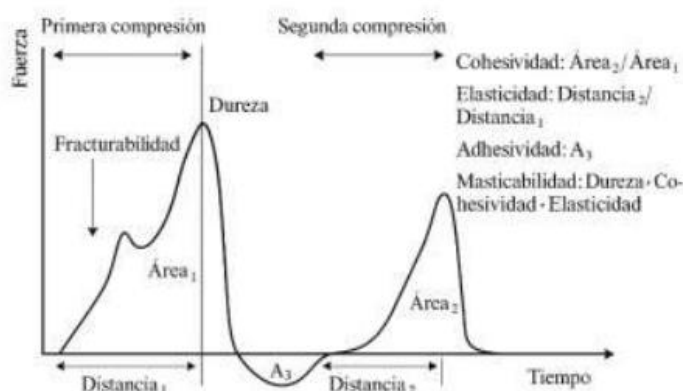


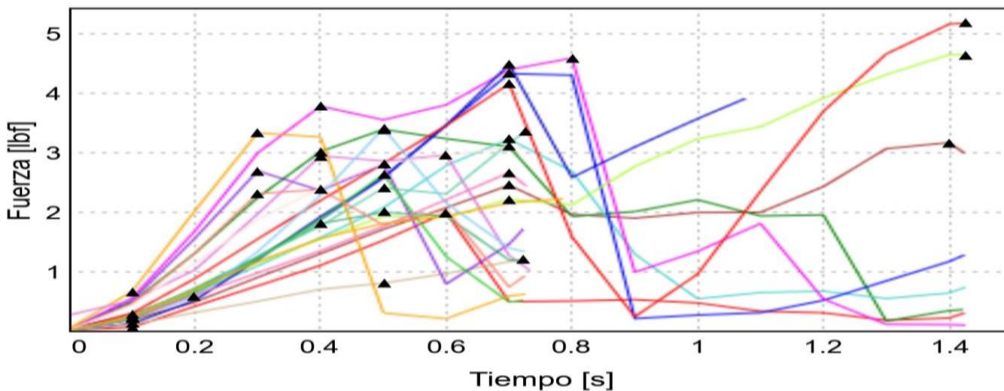
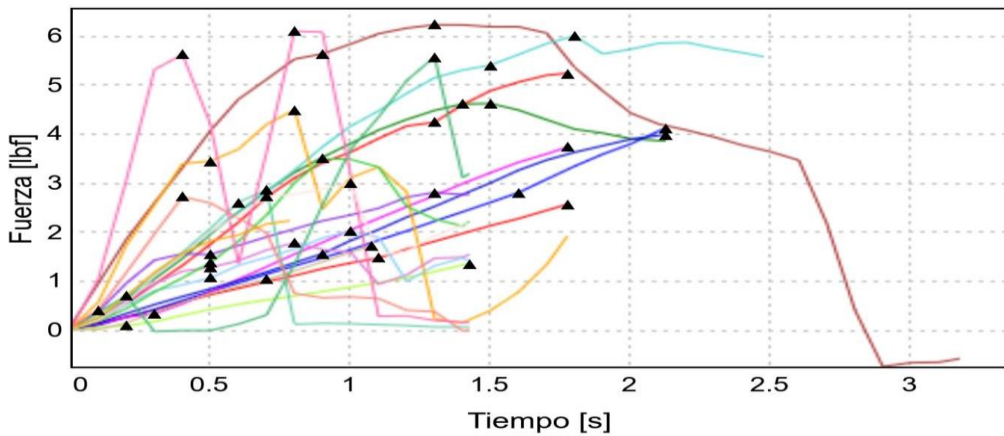
Figura 41. Muestra de análisis generalmente realizado en el perfil de textura
FUENTE: (Hleap & Velasco, 2010)

Anexo 14. Datos de resultados del perfil de textura

Método de frito	Porcentaje de lactosuero (%)	Dureza (N)	Fracturabilidad (N)
TFC	0	14.96	13.27
TFC	0	19.23	13.20
TFC	0	16.37	12.45
TFC	50	24.95	22.81

TFC	50	23.47	22.99
TFC	50	22.59	22.41
TFC	100	14.34	14.34
TFC	100	14.61	12.22
TFC	100	12.37	12.37
TFPAC	0	12.75	11.63
TFPAC	0	13.34	12.10
TFPAC	0	14.16	10.90
TFPAC	50	19.99	15.35
TFPAC	50	20.47	16.88
TFPAC	50	23.09	18.55
TFPAC	100	12.54	12.04
TFPAC	100	13.85	12.60
TFPAC	100	13.23	13.16

Anexo 15. Reportes de ensayo en Bluehill Universal propiedades mecánicas



Anexo 16. Análisis de varianza (ANOVA) parámetro dureza

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
METODO DE FRITADO	1	21.06	21.06	11.12	0.006
(%) DE LACTOSUERO	2	271.477	135.738	71.65	0.000
METODO DE FRITADO * % L.	2	6.413	3.206	1.69	0.225
Error	12	22.732	1.894		
Total	17	321.682			

Resumen del modelo

S	R-cuadrada	R-cuadrada (ajustado)	R-cuadrada (pred)
1.37635	92.93%	89.99%	84.10%

Comparaciones por parejas de Tukey para Dureza (N): método de fritado

METODO DE FRITADO	N	Media	Agrupación
TFC	9	18.0989	A
TFPAC	9	15.9356	B

Comparaciones por parejas de Tukey: porcentaje de lactosuero (%)

(%) DE LACTOSUERO	N	Media	Agrupación
50	6	22.4267	A
0	6	15.135	B
100	6	13.49	B

Anexo 17. Análisis de varianza (ANOVA) parámetro fracturabilidad

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
METODO DE FRITADO	1	28.829	28.829	35.36	0.000
(%) DE LACTOSUERO	2	214.112	107.056	131.31	0.000
METODO DE FRITADO * % L.	2	24.986	12.493	15.32	0.000
Error	12	9.784	0.815		
Total	17	277.711			

Resumen de modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado (ajustado)	R-cuadrado (pred)
0.902946	96.48%	95.01%	92.07%

Comparaciones por parejas de Tukey para fracturabilidad (N): método de frito * porcentaje de lactosuero (%).

Método de frito * porcentaje de lactosuero	N	Media	Agrupación
TFC 50	3	22.7367	A
TFPAC 50	3	16.9267	B
TFC 100	3	12.9767	C
TFC 0	3	12.9733	C
TFPAC 100	3	12.6	C
TFPAC 0	3	11.5667	C

Anexo 18. Ficha para la evaluación de la aceptabilidad sensorial

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

E.P.: INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

NOMBRE Y APELLIDO.....

EDAD:..... FECHA:.....

INSTRUCCIONES

Frente a usted se presenta 6 muestras de Snack de quinua con adición de lactosuero, por favor observe la apariencia general, color, olor y sabor, yendo de izquierda a derecha indique el grado de puntuación apreciable a cada atributo de la muestra y escribir el número en la fila del código de la muestra correspondiente.

Puntaje	Descripción
1	Malo
2	Regular
3	Bueno
4	Muy bueno
5	Excelente

Muestra	Apariencia general	Color	Olor	Sabor
T1 TFC				
T2 TFC				
T3 TFC				
T4 TFPAC				
T5 TFPAC				
T6 TFPAC				

COMENTARIO:

.....

¡MUCHAS GRACIAS!

Anexo 19. Puntuación de los 100 jueces del atributo Color

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	2	3	3	2	2	3	51	3	2	2	3	4	3
2	4	3	2	2	3	4	52	4	4	4	2	3	3
3	1	1	1	2	2	3	53	3	4	5	4	3	4
4	3	3	4	3	4	4	54	2	3	3	3	4	5
5	3	2	3	3	3	4	55	3	3	4	4	2	4
6	3	3	4	4	3	4	56	2	3	3	3	4	3
7	4	4	4	3	3	2	57	2	3	3	3	2	3
8	3	3	2	2	2	2	58	3	4	4	3	3	3
9	2	3	4	3	3	3	59	4	3	4	3	3	4
10	3	2	3	3	3	4	60	2	3	2	2	3	3
11	4	3	4	4	3	3	61	4	4	3	4	2	3
12	3	3	4	3	3	4	62	2	2	2	3	3	4
13	3	3	4	5	4	5	63	3	4	3	4	3	4
14	4	4	4	2	3	4	64	3	2	3	3	3	3
15	3	3	4	4	4	5	65	3	3	2	3	3	3
16	4	3	4	4	4	3	66	2	3	4	4	3	3
17	3	3	3	3	4	5	67	2	3	3	2	2	3
18	3	4	3	3	4	3	68	4	4	4	4	4	4
19	3	2	4	1	2	2	69	4	5	3	5	2	4
20	3	3	4	2	1	3	70	1	1	3	4	3	2
21	3	2	3	3	3	4	71	2	2	4	2	2	3
22	5	4	4	3	4	5	72	3	2	4	3	4	4
23	3	3	4	4	4	5	73	3	2	4	3	3	4
24	2	2	3	2	3	4	74	3	3	3	2	3	1
25	3	4	4	2	2	3	75	2	3	4	4	3	4
26	3	4	4	4	3	3	76	2	3	3	4	2	4
27	3	2	3	4	4	3	77	4	4	4	2	2	3
28	3	4	3	3	4	3	78	4	5	3	3	4	3
29	3	4	2	3	3	4	79	1	2	3	2	2	3
30	4	3	5	3	4	4	80	2	2	4	4	3	3
31	3	4	3	4	4	4	81	3	2	4	4	2	4

32	3	2	2	2	4	4	82	4	3	4	3	3	4
33	3	4	2	3	4	4	83	3	4	4	2	2	4
34	3	2	4	3	3	4	84	3	3	5	2	3	4
35	3	2	2	2	2	3	85	3	2	2	4	3	3
36	3	2	3	3	3	5	86	2	3	2	2	2	2
37	3	2	3	4	4	5	87	1	1	1	3	4	4
38	3	1	2	3	3	4	88	3	3	2	2	2	4
39	2	3	3	5	4	5	89	3	3	4	3	3	4
40	3	3	3	3	1	3	90	4	4	4	3	4	3
41	3	3	3	2	3	4	91	3	3	4	4	3	4
42	3	4	3	3	3	4	92	4	3	3	3	1	3
43	2	3	3	3	4	4	93	3	2	3	3	2	5
44	2	2	1	3	4	4	94	2	3	3	3	4	4
45	3	3	4	3	4	4	95	3	3	4	3	4	4
46	4	4	3	2	3	3	96	4	3	2	2	2	3
47	3	2	2	3	3	4	97	2	2	2	4	3	3
48	3	3	2	3	3	3	98	3	2	2	2	1	2
49	2	4	2	3	3	4	99	2	3	2	3	3	4
50	3	2	4	3	4	5	100	3	2	3	4	3	5

NOTA: 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 = excelente.

Anexo 20. Puntuación de los 100 jueces del atributo olor

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	3	3	4	1	2	2	51	4	3	3	2	2	4
2	3	2	2	2	2	3	52	4	4	5	3	2	3
3	3	3	3	3	3	4	53	4	5	3	4	3	4
4	3	3	4	3	4	3	54	3	4	3	4	4	4
5	3	4	4	3	2	4	55	3	3	4	2	2	3
6	3	4	4	3	3	4	56	2	2	3	3	4	3
7	3	4	4	2	1	2	57	3	4	3	3	2	3
8	4	4	2	2	3	1	58	4	4	5	2	3	3
9	3	3	4	2	2	2	59	4	3	4	3	3	3
10	3	3	3	2	3	4	60	4	2	3	2	3	2

11	3	3	5	3	4	5	61	2	4	4	4	2	2
12	2	3	4	4	4	4	62	2	2	2	3	3	4
13	3	3	4	5	5	5	63	2	2	3	2	2	2
14	4	5	5	3	4	5	64	3	2	2	2	3	2
15	2	4	4	4	5	5	65	3	3	1	3	3	4
16	4	4	4	3	3	3	66	2	3	2	3	2	3
17	4	3	4	3	4	4	67	3	3	4	3	2	3
18	3	4	4	3	3	3	68	3	2	5	3	2	4
19	3	3	4	2	3	3	69	5	5	5	5	3	5
20	4	3	3	1	1	2	70	3	3	2	3	3	1
21	2	2	2	2	3	5	71	2	3	3	3	3	3
22	3	4	5	3	4	5	72	3	3	4	3	3	2
23	4	4	5	4	5	5	73	2	2	3	2	4	2
24	3	4	5	3	3	4	74	3	2	3	4	3	2
25	2	3	4	2	3	2	75	2	3	3	5	2	5
26	4	4	5	4	4	4	76	3	2	4	3	4	3
27	3	3	4	3	3	3	77	4	2	5	2	2	3
28	3	3	3	3	3	3	78	3	3	5	3	3	4
29	2	3	4	2	2	3	79	3	3	2	3	3	3
30	3	4	4	3	4	3	80	2	2	3	3	3	4
31	4	4	4	3	3	3	81	2	3	3	2	2	2
32	3	3	1	3	4	4	82	3	3	4	3	3	4
33	4	4	4	2	1	2	83	4	2	3	4	2	3
34	3	2	3	2	4	5	84	4	4	4	3	2	3
35	3	3	3	3	3	4	85	3	3	1	2	3	3
36	3	2	4	3	4	5	86	4	2	4	1	2	3
37	4	4	3	4	4	5	87	3	3	3	3	4	4
38	2	3	4	3	3	4	88	2	2	2	2	3	4
39	4	2	3	2	3	4	89	2	2	3	3	3	4
40	3	4	4	2	3	4	90	4	3	5	2	3	3
41	4	5	3	2	3	3	91	2	2	3	3	4	4
42	3	3	4	3	4	3	92	3	2	3	2	3	4
43	2	2	3	3	3	4	93	2	5	3	3	4	4

44	4	3	4	3	3	4	94	3	3	4	2	4	4
45	2	2	3	3	3	4	95	2	2	3	3	3	3
46	3	3	4	3	2	3	96	2	4	3	2	2	2
47	4	3	4	2	3	4	97	2	3	2	3	4	3
48	2	2	2	2	3	3	98	3	3	4	1	2	3
49	3	4	2	3	2	5	99	2	3	3	2	2	5
50	3	2	4	2	4	5	100	3	2	3	2	3	3

NOTA: 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 = excelente.

Anexo 21. Puntuación de los 100 jueces del atributo sabor

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	4	3	4	2	1	3	51	2	2	4	3	2	4
2	5	4	2	1	2	4	52	4	4	4	4	2	2
3	2	3	4	2	1	4	53	3	5	4	5	4	4
4	3	3	4	3	4	4	54	2	3	3	4	2	5
5	3	3	4	3	3	4	55	4	4	5	2	1	2
6	3	4	4	3	2	4	56	2	2	2	3	4	4
7	3	4	2	1	1	2	57	3	4	3	3	2	4
8	2	3	2	2	2	2	58	3	3	4	3	4	2
9	2	2	3	2	3	3	59	4	4	4	3	4	4
10	3	3	4	3	4	4	60	3	3	4	2	4	2
11	5	4	3	4	3	4	61	4	3	2	2	3	3
12	2	3	3	2	4	3	62	2	2	3	2	2	2
13	3	4	4	5	4	5	63	2	2	3	2	2	3
14	4	3	3	2	4	5	64	3	3	3	3	3	3
15	3	3	4	4	5	5	65	3	2	2	3	3	3
16	4	3	4	4	5	5	66	3	3	3	4	3	2
17	4	4	5	3	4	5	67	3	4	4	3	2	4
18	3	4	5	3	4	4	68	3	4	5	4	4	3
19	2	3	3	2	4	4	69	4	5	5	5	2	4
20	4	4	4	2	2	3	70	2	2	3	2	1	1
21	3	4	4	2	3	5	71	2	3	4	3	4	3
22	4	3	5	4	4	5	72	2	3	4	3	3	4

23	2	3	5	4	5	5	73	3	2	3	2	3	4
24	2	3	4	2	2	3	74	3	3	4	3	1	2
25	4	3	3	2	2	4	75	3	3	4	5	2	4
26	4	4	5	4	5	5	76	3	4	3	3	4	4
27	4	3	3	3	4	4	77	3	4	4	3	2	4
28	2	3	4	3	4	5	78	4	5	5	3	3	4
29	1	2	4	3	4	3	79	2	2	2	3	4	3
30	4	4	5	4	5	5	80	1	2	4	3	2	3
31	4	4	4	2	3	3	81	1	3	2	2	3	2
32	4	5	3	2	3	3	82	3	2	3	2	1	2
33	2	3	4	4	4	5	83	3	2	3	2	1	2
34	1	1	4	1	5	4	84	4	3	3	4	2	2
35	2	3	4	3	4	4	85	4	5	3	3	3	3
36	2	2	3	4	4	5	86	2	4	4	2	1	3
37	3	4	3	4	4	5	87	2	3	4	3	4	3
38	2	2	3	3	5	5	88	5	4	2	2	3	3
39	3	3	4	3	4	4	89	2	4	4	2	3	4
40	3	4	4	2	2	5	90	4	5	3	1	3	3
41	3	4	4	2	3	4	91	3	4	4	3	4	4
42	4	4	5	3	4	4	92	3	3	5	2	2	5
43	3	2	4	4	4	5	93	3	3	4	4	4	5
44	1	3	2	4	4	4	94	3	3	2	2	3	3
45	2	2	4	2	3	4	95	2	2	4	3	4	5
46	2	3	3	4	3	4	96	3	3	2	2	3	3
47	3	3	4	3	4	4	97	2	3	2	3	5	5
48	2	3	2	2	4	4	98	2	2	4	1	1	3
49	2	3	2	3	2	5	99	2	2	3	1	3	5
50	3	2	5	3	4	5	100	1	2	4	2	2	3

NOTA: 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 = excelente.

Anexo 22. Puntuación de los 100 jueces del atributo apariencia general

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	3	2	3	1	2	3	51	3	4	3	2	3	4
2	3	4	3	2	2	4	52	5	4	5	3	4	3
3	2	3	3	3	4	4	53	4	4	5	4	3	4
4	3	3	4	2	4	4	54	2	3	3	3	3	4
5	2	3	3	3	3	4	55	4	4	4	3	2	3
6	3	3	4	4	3	4	56	2	2	2	4	4	4
7	3	4	4	2	2	2	57	3	3	3	3	2	3
8	2	2	3	2	3	2	58	3	4	4	4	4	4
9	2	2	2	3	4	3	59	4	3	4	3	4	4
10	4	2	3	3	4	5	60	3	4	4	4	3	3
11	3	3	4	4	3	3	61	4	4	3	3	2	3
12	3	3	4	3	4	4	62	2	2	2	2	3	3
13	3	2	4	3	5	5	63	3	3	3	4	3	4
14	4	5	4	2	4	4	64	3	2	3	4	3	4
15	4	3	4	4	5	5	65	3	2	2	4	3	4
16	4	3	4	5	4	5	66	3	4	4	4	3	2
17	3	3	4	5	4	5	67	2	3	4	3	2	3
18	4	4	4	4	4	3	68	4	5	4	3	4	4
19	3	2	4	2	3	3	69	4	5	3	5	2	5
20	3	4	4	2	3	3	70	1	1	1	3	2	1
21	3	2	4	2	3	5	71	2	3	4	3	2	3
22	4	3	5	3	4	5	72	3	3	4	4	4	3
23	3	3	4	4	4	4	73	3	3	3	3	3	3
24	2	3	4	3	4	4	74	3	2	3	3	2	2
25	3	4	3	3	4	4	75	3	4	4	5	2	5
26	2	3	4	3	3	4	76	2	3	4	3	4	4
27	2	2	3	4	4	4	77	4	5	4	3	2	3
28	3	3	3	3	5	4	78	4	5	3	3	4	4
29	2	2	2	2	2	4	79	2	3	2	3	2	3
30	3	2	5	3	4	5	80	2	3	4	3	3	4
31	3	3	3	3	3	4	81	3	3	4	4	3	4

32	2	1	2	2	3	4	82	3	4	3	2	3	3
33	3	3	3	4	3	5	83	2	3	4	3	2	3
34	4	2	4	2	3	4	84	3	2	5	3	4	3
35	2	2	3	1	1	2	85	2	1	2	3	2	4
36	4	3	4	2	3	4	86	3	3	3	1	2	3
37	3	2	3	4	4	5	87	2	3	3	2	4	4
38	3	2	3	2	3	4	88	3	4	3	3	4	4
39	3	2	3	4	5	5	89	4	3	4	2	2	4
40	3	3	3	3	2	2	90	4	5	4	3	2	4
41	2	2	3	3	4	4	91	3	2	4	4	4	4
42	3	4	3	2	3	3	92	3	3	4	3	2	2
43	3	2	3	4	3	4	93	4	2	3	2	3	4
44	3	2	2	4	4	4	94	3	2	3	2	3	4
45	3	3	3	4	4	3	95	3	3	4	3	5	4
46	3	4	4	3	3	3	96	3	4	3	3	4	4
47	4	2	3	2	2	4	97	3	3	2	5	4	5
48	3	3	2	3	2	3	98	4	2	3	2	3	3
49	3	4	3	3	2	4	99	3	4	4	2	3	5
50	3	2	4	3	4	4	100	4	3	3	3	4	4

NOTA: 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 = excelente.

Anexo 23. Análisis de varianza (ANOVA) atributo apariencia general

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
TRATAMIENTOS	5	41.73	8.3467	14.59	0.000
JUECES	99	147.66	1.4919	2.61	0.000
Error	495	283.27	0.5723		
Total	599	472.69			

Prueba de comparación múltiple de Tukey

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
T6	100	3.71	A
T3	100	3.39	B
T5	100	3.18	B C
T4	100	3.03	C
T1	100	3.00	C
T2	100	2.97	C

Anexo 24. Análisis de varianza (ANOVA) atributo color

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
TRATAMIENTOS	5	35.79	7.1587	12.92	0.000
JUECES	99	135.59	1.3696	2.47	0.000
Error	495	274.21	0.5540		
Total	599	445.59			

Prueba de comparación múltiple de Tukey

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
T6	100	3.61	A
T3	100	3.17	B
T4	100	3.03	B
T5	100	3.01	B
T2	100	2.90	B
T1	100	2.90	B

Anexo 25. Análisis de varianza (ANOVA) atributo olor

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
TRATAMIENTOS	5	39.97	7.9947	13.00	0.000
JUECES	99	149.96	1.5147	2.46	0.000
Error	495	304.36	0.6149		
Total	599	494.29			

Prueba de comparación múltiple de Tukey

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
T3	100	3.46	A
T6	100	3.44	A
T2	100	3.06	B
T1	100	3.00	B C
T5	100	2.98	B C
T4	100	2.74	C

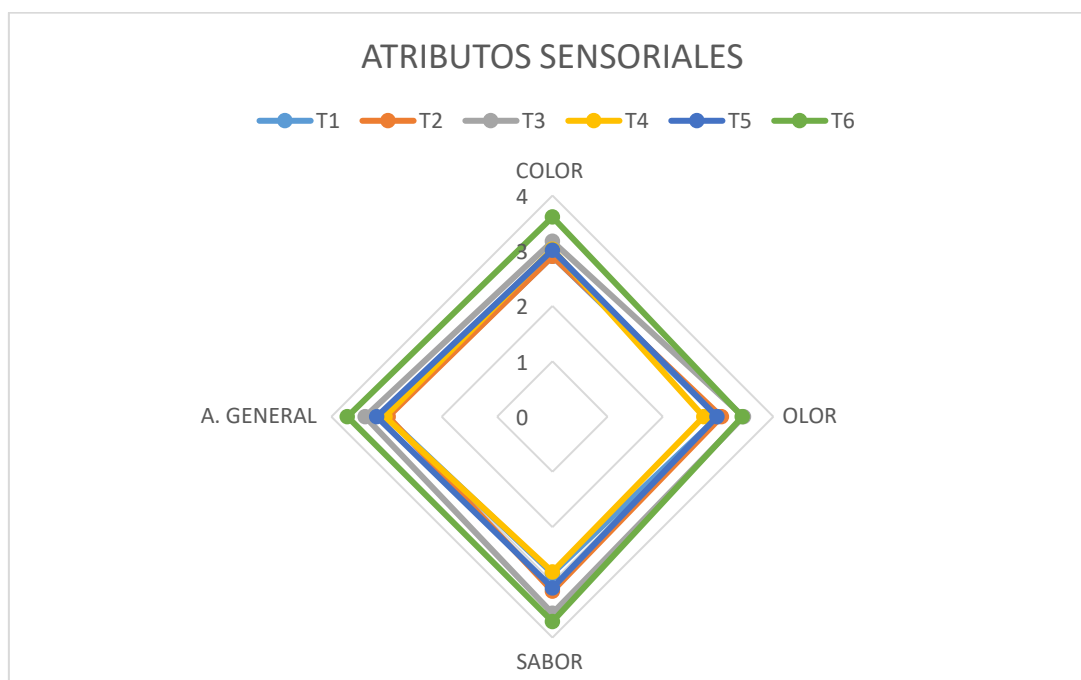
Anexo 26. Análisis de varianza (ANOVA) atributo sabor

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
TRATAMIENTOS	5	68.29	13.6587	18.29	0.000
JUECES	99	194.79	1.9676	2.63	0.000
Error	495	369.71	0.7469		
Total	599	632.79			

Prueba de comparación múltiple Tukey

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación	
T6	100	3.71	A	
T3	100	3.56	A	
T2	100	3.16	B	
T5	100	3.10	B	C
T1	100	2.84	B	C
T4	100	2.81		C

Anexo 27. Grafica de telaraña en función de los atributos sensoriales objetivo 1



Anexo 28. Componentes principales en función a los atributos sensoriales objetivo 1

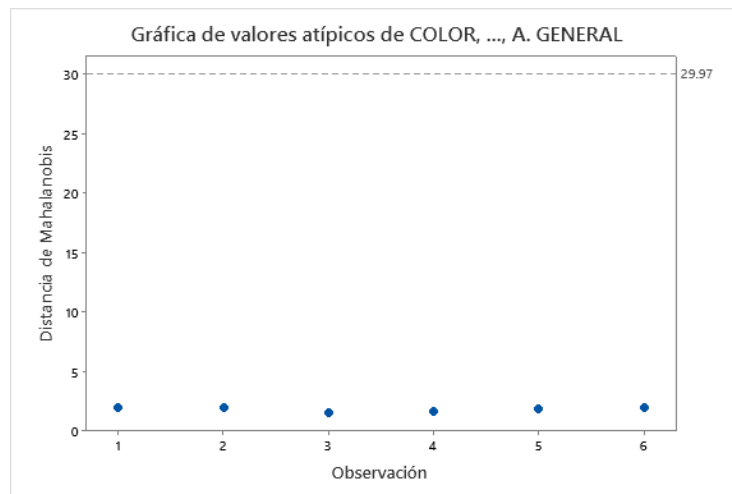
Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

Valor propio	3.5665	0.3779	0.0395	0.0162
Proporción	0.892	0.094	0.010	0.004
Acumulada	0.892	0.986	0.996	1.000

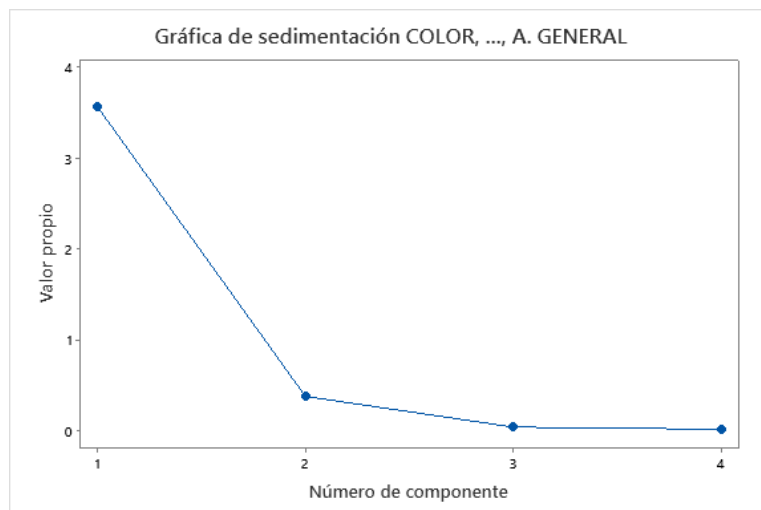
Vectores principales

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
Color	0.487	-0.627	-0.007	0.608
Olor	0.487	0.632	-0.547	0.259
Sabor	0.512	0.322	0.793	-0.070
A. General	0.516	-0.321	-0.269	-0.747

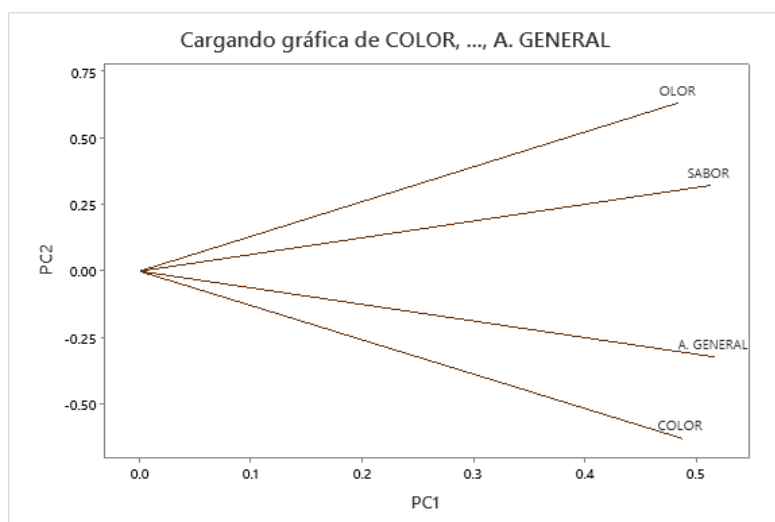
Gráfica de valores atípicos en función a los atributos sensoriales



Gráfica de sedimentación en función a los atributos sensoriales



Grafica de puntuación en función a los atributos sensoriales



Anexo 29. Descripción del análisis químico proximal

Determinación de humedad

La determinación de fibra se realizó de acuerdo a la técnica recomendada por la AOAC (1990).

Materiales y equipo

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg
- Cápsulas de vidrio, porcelana o metálica, con tapa
- Desecador con deshidratante adecuado
- Estufa regulada a 103 ± 2 °C
- Material usual de laboratorio

Procedimiento

- Efectuar el análisis en triplicado
- Colocar la cápsula destapada y la tapa durante al menos 1 hora en la estufa a la temperatura de secado del producto.
- Empleando pinzas, trasladar la cápsula tapada al desecador y dejar enfriar durante 30 a 45 min. Pesar la cápsula con tapa con una aproximación de 0.1 mg. Registrar (m1).
- Pesar 5 g de muestra previamente homogeneizada. Registrar (m2).

- Colocar la muestra con cápsula destapada y la tapa en la estufa a la temperatura y tiempo recomendado 105 °C x 5 horas.
- Tapar la cápsula con la muestra, sacarla de la estufa, enfriar en desecador durante 30 a 45 min.
- Repetir el procedimiento de secado por una hora adicional, hasta que las variaciones entre dos pesadas sucesivas no excedan de 5 mg (m3).

Cálculo

La humedad del producto expresada en porcentaje, es igual a:

$$\%humedad = \frac{m2-m3}{m2-m1} * 100$$

Donde:

m1: masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos

m2: masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos

m3: masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos

determinación de proteína total

La determinación de fibra se realizó de acuerdo a la técnica recomendada por la AOAC (1990).

Material y equipo

- Balanza analítica, sensibilidad 0.1 mg.
- Equipo Kjeldahl
- Manto calefactor
- pHmetro
- Material usual de laboratorio.

Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado
- Sulfato de potasio o sulfato de sodio

- Sulfato cúprico
- Solución de hidróxido de sodio al 15 %. Disolver 150g de NaOH y completar a 1000 ml
- Solución de ácido sulfúrico 0.1 N. Tomar 2.7 mL de H₂SO₄conc. y completar a 1000 ml, luego estandarizar con Na₂CO₃anhidro
- Solución de hidróxido de sodio al 30 %. Disolver 300 g de NaOH y completar a 1000 ml.
- Solución indicadora de rojo de metilo al 1 % en etanol. Disolver 1 g de rojo de metilo en 100 ml de etanol (95 %).
- Solución de hidróxido de sodio 0.1 N. Tomar 4 g de NaOH y enrasar a 1000 ml con agua recientemente hervida y enfriada. Valorar con ácido succínico.
- Ácido bórico al 3 %. Disolver 30 g de ácido bórico y completar a 1000 ml.
- Indicador de Tashiro: rojo de metilo al 0.1 % y azul de metileno al 0.1 % en relación de 2:1, en alcohol etílico.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N. Tomar 8.3 ml de HCl conc. y enrasar a Valorar con Na₂CO₃ anhidro

Procedimiento

- Se determinar la masa de 0.1g de muestra molida, con precisión de 0.1 mg y se coloca en un balón de Kjeldahl.
- Agregar 3 perlas de vidrio, 10g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0.5g de sulfato cúprico y 20ml de ácido sulfurico concentrado.
- Conectar el matraz a la trampa de absorción que contiene 250ml de hidróxido de sodio al 15%. El disco poroso produce la división de los humos en finas burbujas con el fin de facilitar la absorción y para que tenga una duradera prolongada debe ser limpiado con regularidad antes del uso. Los depósitos de sulfito sódico se eliminan con ácido clorhidrico. Cuando la solución de hidróxido de sodio al 15% adicionada de fenolftaleína contenida en la trampa de absorción permanece incolora debe ser cambiada.

- Calentar en manta calefactora y una vez que la solución este transparente dejar en ebullición 15 a 20 min. Mas si la muestra tiende a formar espuma agregar acido esteárico o gotas de silicona antiespumante y comenzar el calentamiento lentamente.
- Enfriar y agregar 200ml de agua
- Conectar el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente 100 mL de NaOH al 30 % por el embudo, y cerrar la llave.
- Destilar no menos de 150 ml en un matraz que lleve sumergido el extremo del refrigerante o tubo colector en:
 - a) 50 ml de una solución de ácido sulfúrico 0.1 N, 4 a 5gotas de rojo de metilo y 50 ml de agua destilada. Asegurar un exceso de H₂SO₄ para que se pueda realizar la retrotitulación. Titular el exceso de ácido con NaOH 0.1 N hasta color amarillo o
 - b) 50 ml de ácido bórico al 3 %. Titular con ácido clorhídrico 0.1 N hasta pH 4.6 mediante un medidor de pH calibrado con soluciones tampón pH 4 y pH 7, o en presencia del indicador de Tashiro hasta pH 4.6 Cada cierto tiempo es necesario verificar la hermeticidad del equipo de destilación usando 10 ml de una solución de sulfato de amonio 0.1 N, 100 ml de agua destilada y 1 a 2 gotas de hidróxido de sodio al 30 % para liberar el amoníaco, así como también verificar la recuperación destruyendo la materia orgánica de 0.25 g de L(-)-Tirosina. El contenido teórico en nitrógeno de este producto es de 7.73 %. Debe recuperarse un 99.7 %.

Cálculos

$$\%N = \frac{14 \times N \times V \times 100}{m \times 1000}$$

$$\% \textit{proteina} = \frac{14 \times N \times V \times 100 \times \textit{factor}}{m \times 1000}$$

Donde:

V: 50 ml H₂SO₄0.1 N -gasto NaOH 0.1 N o gasto de HCl 0.1 N

m: masa de la muestra, en gramos

determinación de carbohidratos método de fenol – acido sulfúrico (AOAC, 1990)

Metodología

Para cuantificar los carbohidratos, se utilizará una fórmula matemática, restandose del total (100%) la sumatoria de los demás componentes.

Ecuación:

$$\%Carbohidrato = 100 - (\%P + \%F + \%C + \%G)$$

Donde:

%P: porcentaje de proteínas

%F: porcentaje de fibras

%C: porcentaje de cenizas

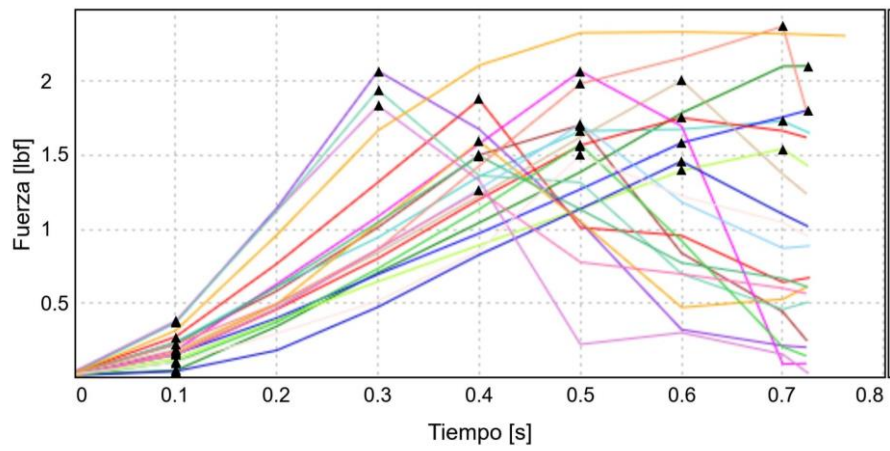
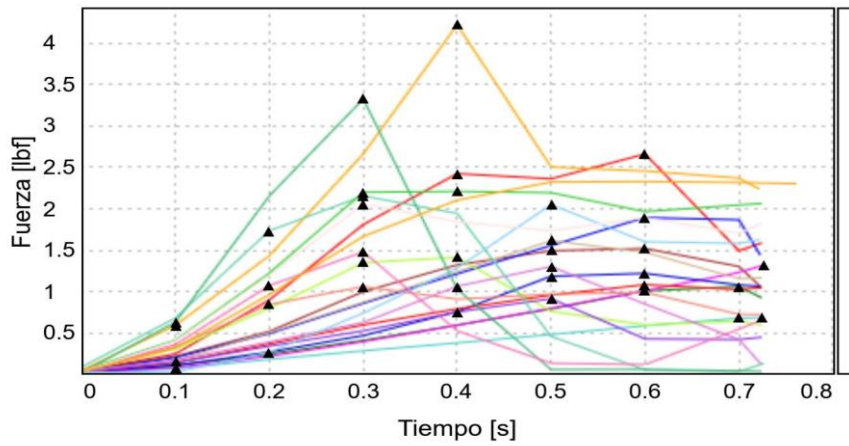
%G: porcentaje de grasas

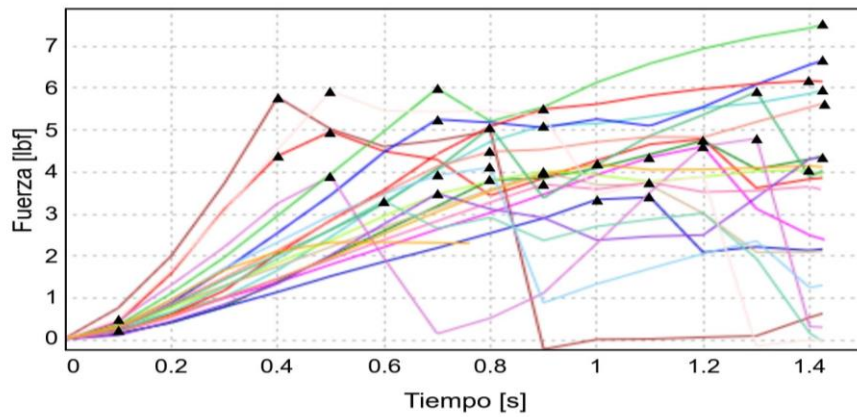
Anexo 30. Tablas de resultados del perfil de dureza y fracturabilidad

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Espesor (mm)	Dureza (N)	Fracturabilidad (N)
T1	170	5	1	4.71	4.48
T2	180	5	1	7.69	7.39
T3	170	10	1	9.59	7.72
T4	180	10	1	9.19	1.66
T5	170	5	2	22.09	19.49
T6	180	5	2	23.51	23.15
T7	170	10	2	19.31	15.50
T8	180	10	2	20.54	20.54
T1	170	5	1	4.42	5.27
T2	180	5	1	8.02	7.04
T3	170	10	1	9.83	9.79
T4	180	10	1	8.16	1.71
T5	170	5	2	21.13	16.94
T6	180	5	2	24.09	24.09
T7	170	10	2	18.62	18.62
T8	180	10	2	18.2	18.20
T1	170	5	1	4.81	4.81
T2	180	5	1	7.79	6.97
T3	170	10	1	9.15	9.15
T4	180	10	1	8.62	1.66
T5	170	5	2	20.49	19.35

T6	180	5	2	27.37	22.97
T7	170	10	2	18.29	17.45
T8	180	10	2	19.97	19.97

Anexo 31. Reportes de ensayo en Bluehill Universal propiedades mecánicas





Anexo 32. Análisis de varianza (ANOVA) parámetro dureza

Fuente	GL	SG Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
A: Tiempo (min)	1.8426	1	1.8426	2.05	0.1716
B: Temperatura °C	17.871	1	17.871	19.87	0.0004
C: Espesor (mm)	1088.51	1	1088.51	1210.2	0.000
AB	18.2527	1	18.2527	20.29	0.0004
AC	69.5301	1	69.5301	77.3	0.000
BC	1.921	1	1.921	2.14	0.1633
ABC	0.478837	1	0.478837	0.53	0.4762
Error total	14.3911	16	0.899446		
Total (corr.)	1212.8	23			

Resumen del modelo

R-cuadrada	R-cuadrada(ajust.)	Error estándar	Error absoluto	Durbin-Watson	Autocorrelación residual de lag1
98.8134 %	98.2943 %	0.948391	0.541111	2.03865 (P=0.6020)	-0.0250247

Anexo 33. Análisis de varianza (ANOVA) parámetro fracturabilidad

Fuente	GL	SG Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
A: Tiempo (min)	173529	1	173529	17.33	0.0007
B: Temperatura °C	19838.7	1	19838.7	1.98	0.1784
C: Espesor (mm)	1.23E+07	1	1.23E+07	1230.62	0.000
AB	554247	1	554247	55.35	0.000
AC	56636.5	1	56636.5	5.66	0.0302
BC	572509	1	572509	57.18	0.000
ABC	194404	1	194404	19.41	0.0004
Error total	160212	16	10013.2		
Total (corr.)	1.41E+07	23			

Resumen del modelo

R- cuadrada	R- cuadrada(ajust.)	Error estándar	Error absoluto	Durbin- Watson	Autocorrelación residual de lag1
98.86%	98.3613 %	100.066	61.7669	2.36817 (P=0.8279)	-0.19373

Anexo 34. Datos obtenidos por el método TFPAC del atributo COLOR

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	5	4	4	3	5	4	4	3
2	2	2	2	3	2	3	3	2
3	3	3	3	2	3	4	3	2
4	3	3	2	2	3	3	4	3
5	4	3	2	3	3	3	2	2
6	3	3	3	3	3	3	3	3
7	3	4	4	3	4	3	3	4
8	2	3	2	3	2	3	3	2
9	2	3	2	3	3	3	2	3
10	3	2	3	3	3	3	2	3
11	3	2	3	3	3	3	2	3

12	3	4	4	4	4	4	4	4
13	2	3	3	2	2	2	3	4
14	3	2	3	2	4	5	3	3
15	3	4	3	5	5	5	4	5
16	3	3	3	4	5	3	3	3
17	3	4	3	2	3	3	5	2
18	2	3	2	4	3	3	5	2
19	3	3	3	3	4	4	4	4
20	4	3	3	3	4	4	4	4
21	4	3	5	3	5	5	5	4
22	3	3	4	2	4	5	3	3
23	3	3	4	2	4	5	5	3
24	3	2	3	4	5	3	5	3
25	3	2	2	3	4	4	4	2
26	3	3	5	2	3	4	2	3
27	2	3	3	2	3	3	2	3
28	3	3	3	4	3	5	3	4
29	3	2	3	3	3	3	4	2
30	2	2	2	2	1	1	2	2
31	3	3	3	3	3	3	3	3
32	3	4	4	2	2	2	2	4
33	2	2	3	3	3	2	2	3
34	3	3	3	2	3	3	2	4
35	4	4	4	4	3	3	3	3
36	3	3	2	2	3	4	2	3
37	3	2	1	3	4	5	2	3
38	1	1	3	1	3	2	3	3
39	2	3	4	3	1	3	3	4
40	3	3	3	2	2	2	5	4
41	5	5	5	4	5	5	4	4
42	4	3	3	3	3	4	4	4
43	4	4	5	3	4	3	4	2
44	2	1	3	1	1	2	2	1

45	3	2	3	4	3	5	3	4
46	3	2	2	2	3	3	2	1
47	1	2	3	3	2	3	2	2
48	1	2	2	2	2	2	2	3
49	2	3	3	2	2	2	3	1
50	3	4	3	2	4	2	3	3
51	4	3	3	2	4	3	3	3
52	3	2	4	2	4	4	3	4
53	3	2	3	2	3	3	3	2
54	3	3	3	2	5	3	4	5
55	3	2	3	3	3	3	4	2
56	3	2	2	2	3	3	3	2
57	3	3	3	3	3	2	3	2
58	3	2	2	3	2	3	3	4
59	3	2	2	3	2	3	4	3
60	2	3	2	2	3	4	4	2
61	2	3	2	2	3	3	2	3
62	3	2	2	2	2	3	3	2
63	3	3	4	5	4	5	3	3
64	3	3	3	3	4	4	4	4
65	2	3	3	3	2	2	3	3
66	3	3	3	3	3	3	3	2
67	3	3	2	2	4	3	4	3
68	3	3	3	2	3	4	3	2
69	5	4	4	3	5	4	4	3
70	2	2	2	3	2	3	3	2
71	3	2	3	2	4	5	3	3
72	3	4	5	5	5	5	4	5
73	2	3	2	4	3	3	5	2
74	3	4	3	2	3	3	5	2
75	3	3	3	4	5	3	3	3
76	3	2	3	2	3	3	4	2
77	3	3	2	3	3	3	3	4

78	2	3	4	3	3	2	3	2
79	3	2	3	3	3	4	3	3
80	4	4	3	4	4	4	4	4
81	4	3	3	4	3	4	3	3
82	3	4	2	3	4	4	3	5
83	3	2	2	3	3	3	4	2
84	4	5	4	4	4	4	3	3
85	3	3	2	2	3	3	4	3
86	4	3	2	3	3	3	2	2
87	3	3	3	3	3	3	3	3
88	4	4	4	3	4	3	3	4
89	3	3	3	3	4	4	4	4
90	2	3	3	3	2	2	3	3
91	3	3	3	3	3	3	3	2
92	3	3	2	2	3	3	4	3
93	3	3	3	2	3	4	3	2
94	5	4	4	3	5	4	4	3
95	2	2	2	3	3	3	3	2
96	3	2	3	2	4	4	3	3
97	2	4	5	5	5	5	4	5
98	2	3	2	4	3	3	5	2
99	3	2	3	2	3	3	5	2
100	3	3	3	4	5	3	3	3

NOTA: 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 = excelente.

Anexo 35. Datos obtenidos por el método TFPAC del atributo OLOR

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	4	4	4	4	4	4	3	4
2	3	3	3	3	3	2	3	3
3	4	3	4	3	4	3	3	2
4	2	4	3	2	2	2	4	3
5	4	3	2	3	3	3	2	3
6	3	3	2	2	2	3	3	3

7	4	4	4	4	3	4	3	4
8	2	2	3	3	2	2	2	2
9	2	2	2	2	3	3	2	3
10	2	2	2	2	2	2	3	3
11	3	2	2	1	2	2	3	3
12	3	3	4	3	3	4	4	5
13	2	2	3	2	3	3	3	4
14	4	3	3	3	4	4	3	3
15	3	5	5	5	5	5	5	4
16	4	3	3	4	3	3	3	3
17	3	2	3	3	3	3	4	3
18	3	2	3	3	3	2	3	4
19	2	2	2	3	3	3	3	3
20	4	4	3	4	4	4	3	4
21	5	4	4	3	4	4	5	4
22	3	3	3	4	5	5	3	4
23	3	3	3	4	5	3	5	3
24	4	3	3	3	5	2	4	3
25	3	2	2	3	4	4	4	2
26	4	4	4	3	3	3	2	3
27	3	3	3	3	2	2	3	3
28	2	4	3	2	2	4	2	5
29	3	4	2	4	3	3	2	4
30	1	3	3	2	2	2	1	1
31	4	3	3	2	4	3	2	4
32	3	4	4	2	1	3	3	3
33	3	3	2	2	2	2	3	3
34	2	2	4	2	2	3	2	4
35	4	4	4	3	3	3	3	3
36	4	3	2	3	4	3	3	4
37	4	2	1	3	3	5	3	4
38	2	2	3	2	1	3	4	4
39	2	3	3	4	2	4	3	4

40	2	1	3	1	3	3	3	3
41	3	5	4	5	4	4	4	4
42	3	3	4	4	4	4	3	4
43	3	3	4	3	5	3	4	2
44	1	1	2	1	1	1	1	1
45	4	2	3	3	3	4	2	3
46	3	2	2	2	2	2	2	1
47	1	2	3	3	2	2	2	2
48	1	3	2	2	2	2	3	3
49	3	3	3	2	3	4	3	2
50	3	3	4	2	2	3	3	3
51	4	3	4	3	4	3	2	3
52	3	3	3	3	4	3	2	3
53	3	3	4	4	3	3	4	4
54	4	4	3	3	3	4	5	5
55	2	1	2	2	3	4	4	4
56	3	2	2	3	2	2	3	3
57	2	3	3	4	3	3	3	3
58	2	2	3	2	3	3	2	4
59	2	3	2	3	3	2	2	3
60	4	4	1	3	2	2	3	1
61	3	2	2	2	2	3	2	3
62	2	1	2	2	3	3	3	3
63	2	3	4	5	5	4	3	4
64	2	2	2	3	3	3	3	3
65	2	4	4	3	3	4	3	4
66	2	1	2	2	2	2	3	1
67	2	4	3	2	3	2	4	3
68	4	3	4	3	4	3	3	2
69	4	4	4	4	4	4	3	4
70	3	3	3	3	3	2	3	3
71	4	3	3	3	4	4	3	3
72	3	5	5	5	5	5	5	4

73	3	2	3	3	3	2	3	4
74	3	2	3	3	3	3	4	3
75	4	3	3	4	3	3	3	3
76	3	3	4	3	4	2	5	3
77	2	3	3	3	2	2	2	3
78	2	3	2	3	2	3	4	3
79	3	3	3	4	3	4	4	4
80	2	3	3	3	3	3	3	3
81	3	4	3	3	4	3	4	2
82	3	4	2	3	4	4	4	4
83	2	2	3	3	3	3	4	2
84	4	5	4	3	4	5	4	4
85	2	4	3	2	2	2	4	3
86	3	3	2	3	3	3	2	3
87	3	3	2	2	2	3	3	3
88	4	4	4	3	3	4	3	4
89	2	2	2	3	3	3	3	3
90	2	4	4	3	3	4	3	4
91	2	1	2	2	2	2	3	1
92	2	4	3	2	3	2	4	3
93	4	3	4	3	4	3	3	2
94	4	4	4	4	4	4	3	4
95	3	3	3	3	3	2	3	3
96	3	3	3	3	4	4	3	3
97	3	5	2	5	5	4	5	4
98	2	2	3	3	3	2	3	4
99	3	3	3	4	3	3	4	3
100	3	3	3	4	3	3	3	3

NOTA: 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 = excelente.

Anexo 36. Datos obtenidos por el método TFPAC del atributo SABOR

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	4	4	3	4	2	4	3	2
2	3	3	3	3	3	3	3	2
3	4	3	3	2	3	3	2	2
4	2	4	2	4	4	4	3	4
5	3	3	2	3	3	4	2	2
6	2	4	4	3	3	2	2	3
7	2	3	2	3	4	4	4	4
8	2	3	2	2	2	2	3	2
9	2	2	3	2	2	2	2	3
10	3	1	1	3	2	2	3	3
11	3	1	2	2	2	2	3	3
12	4	3	4	4	5	3	5	5
13	2	3	4	2	4	4	4	4
14	3	4	4	3	5	4	4	5
15	5	4	5	5	4	3	3	5
16	3	3	3	3	4	2	2	3
17	2	2	3	4	3	3	3	3
18	3	2	4	2	3	3	3	4
19	3	3	3	2	4	3	4	4
20	3	4	2	4	3	4	4	3
21	5	5	5	3	5	4	3	3
22	4	2	3	2	4	4	4	4
23	4	2	3	2	4	4	4	4
24	3	2	2	3	3	5	4	2
25	3	2	2	3	3	4	4	2
26	3	2	4	2	2	3	2	2
27	2	2	3	2	2	1	2	4
28	3	4	4	2	2	3	2	4
29	2	3	3	3	1	2	4	3
30	1	3	3	1	1	1	1	2
31	3	3	2	2	3	2	2	3

32	4	4	5	1	3	1	2	3
33	3	4	1	2	2	1	4	4
34	4	4	3	3	4	2	2	4
35	4	4	4	3	3	3	2	3
36	4	4	2	4	3	4	4	4
37	4	3	1	3	4	3	2	4
38	1	2	3	3	4	2	3	3
39	2	3	4	2	4	2	2	4
40	2	2	3	3	2	4	3	4
41	4	5	4	5	4	5	4	4
42	3	3	4	3	3	3	3	4
43	4	3	5	3	4	4	4	2
44	1	1	2	4	2	2	1	1
45	2	3	3	2	4	2	3	3
46	3	2	1	1	3	1	3	2
47	1	1	2	2	3	1	1	2
48	2	3	2	2	1	2	3	2
49	1	1	2	1	2	1	2	3
50	2	3	3	2	2	3	3	4
51	2	3	2	3	2	2	2	3
52	3	2	2	2	4	3	3	3
53	3	3	3	3	4	2	2	2
54	4	3	4	2	2	3	4	5
55	3	4	1	2	3	2	1	2
56	2	2	3	3	2	2	1	1
57	2	3	2	2	3	4	2	3
58	2	2	2	2	3	2	2	3
59	2	3	2	3	4	1	3	4
60	5	4	5	3	1	1	1	2
61	2	3	2	2	5	1	5	5
62	2	2	2	3	2	2	4	2
63	2	1	3	5	4	3	3	5
64	3	3	3	2	4	3	4	4

65	2	2	3	1	3	3	3	2
66	2	1	1	1	1	2	3	1
67	2	4	2	4	4	2	3	4
68	4	3	3	2	3	3	2	2
69	4	4	3	4	2	4	3	2
70	3	3	3	3	3	3	3	2
71	3	4	4	3	5	4	4	5
72	5	4	5	5	4	3	3	3
73	3	2	4	2	3	3	3	4
74	2	2	3	4	3	3	3	3
75	3	3	3	3	4	2	3	3
76	4	4	2	4	4	4	5	4
77	2	4	3	4	3	2	2	4
78	2	3	4	3	4	3	3	4
79	3	3	3	3	3	3	5	4
80	3	2	4	4	4	4	3	4
81	1	2	3	2	4	3	2	4
82	2	3	2	2	3	2	3	4
83	1	2	1	2	2	1	2	2
84	4	3	4	3	4	2	2	3
85	2	4	2	4	4	4	3	4
86	3	3	2	3	2	4	2	2
87	2	4	4	3	3	2	2	3
88	2	3	2	3	2	4	4	4
89	3	3	3	2	4	3	4	4
90	2	2	3	1	3	3	3	2
91	2	1	1	1	1	2	3	1
92	2	4	2	4	4	2	3	4
93	4	3	3	2	3	3	2	2
94	4	4	3	4	2	3	3	2
95	3	3	3	3	3	3	3	2
96	3	4	4	3	5	2	4	5
97	4	3	3	5	4	3	3	3

98	3	2	4	2	4	3	3	4
99	2	2	3	4	3	3	3	3
100	3	3	3	3	4	2	3	3

NOTA: 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 = excelente.

Anexo 37. Datos obtenidos por el método TFPAC del atributo de APARIENCIA GENERAL

JUECES	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
1	4	4	4	4	3	3	3	3
2	3	2	3	3	3	3	3	3
3	3	4	3	2	4	4	4	2
4	3	3	2	2	4	4	4	3
5	4	3	3	3	3	3	2	2
6	2	2	3	3	2	3	2	2
7	4	4	3	3	4	3	4	3
8	2	2	2	3	3	3	2	1
9	2	3	2	3	3	3	3	3
10	3	2	2	2	3	2	1	3
11	3	2	2	2	3	2	1	3
12	4	3	3	4	4	4	4	4
13	2	3	4	3	3	2	3	3
14	3	2	4	3	5	5	2	3
15	4	5	5	5	4	4	4	5
16	3	2	4	5	5	3	4	4
17	4	4	3	3	5	4	5	3
18	3	4	3	3	5	4	5	3
19	4	3	3	3	4	4	4	4
20	4	2	3	4	4	4	4	4
21	5	4	5	4	5	5	3	4
22	4	3	3	3	4	3	4	4
23	4	3	3	3	4	4	3	4
24	4	3	3	3	5	4	5	3
25	3	2	2	2	4	3	4	2

26	3	3	4	2	4	3	2	2
27	3	3	3	2	2	2	2	3
28	4	3	4	4	4	5	3	5
29	4	3	4	2	2	3	2	3
30	2	3	3	3	1	1	2	2
31	3	3	4	3	3	3	2	3
32	4	3	4	2	2	3	2	4
33	2	3	4	3	2	3	3	3
34	3	3	3	3	3	3	2	4
35	4	4	4	3	3	3	2	3
36	4	4	2	3	3	3	3	3
37	3	2	1	2	4	4	2	3
38	2	2	2	1	3	3	4	4
39	2	3	4	4	3	4	2	4
40	2	3	3	3	1	1	3	4
41	4	5	4	5	4	4	5	4
42	3	3	4	3	4	4	3	4
43	4	4	4	3	5	4	4	3
44	2	1	2	1	1	2	2	1
45	3	2	3	3	2	5	3	4
46	3	2	2	2	2	3	3	1
47	1	2	2	3	1	2	1	1
48	1	2	2	2	2	2	3	2
49	1	3	2	1	2	2	2	2
50	3	4	3	3	3	2	3	3
51	3	4	4	3	4	3	3	3
52	3	2	3	2	4	3	3	4
53	3	2	3	2	4	3	3	3
54	3	2	4	3	4	3	4	4
55	4	3	3	3	4	3	4	3
56	2	3	2	2	3	3	3	3
57	2	3	2	3	3	2	2	3
58	2	3	3	2	3	3	2	2

59	4	2	2	2	1	3	1	4
60	3	2	4	2	3	5	3	2
61	3	4	4	3	3	3	3	4
62	3	2	2	2	3	2	2	2
63	3	3	5	5	4	5	5	4
64	4	3	3	3	4	4	4	4
65	3	2	4	3	2	3	4	3
66	3	3	3	3	2	2	3	2
67	3	3	2	2	4	4	4	3
68	3	4	3	2	4	4	4	2
69	4	4	4	4	3	3	3	3
70	3	2	3	3	3	3	3	3
71	3	2	4	3	5	5	2	3
72	4	5	5	5	4	4	4	5
73	3	4	3	3	5	4	5	3
74	4	4	3	3	5	4	5	3
75	3	2	4	5	5	3	4	4
76	4	3	3	3	4	4	4	4
77	3	3	4	4	3	3	2	3
78	2	3	3	4	2	3	3	4
79	2	3	3	3	3	3	3	3
80	4	4	3	4	4	4	3	4
81	4	3	3	3	2	4	3	3
82	3	3	3	3	4	4	4	5
83	3	2	1	2	2	3	4	3
84	4	5	5	3	4	4	3	4
85	3	3	2	2	3	4	4	3
86	4	3	3	3	3	3	2	2
87	2	2	3	3	2	3	2	2
88	4	4	3	3	4	3	4	3
89	4	3	3	3	4	4	4	4
90	3	2	4	3	2	3	4	3
91	3	3	3	3	2	2	3	2

92	3	3	2	2	4	4	4	3
93	3	4	3	2	4	4	4	2
94	4	4	4	4	3	3	3	3
95	3	2	3	3	3	3	3	3
96	3	2	3	3	5	5	2	3
97	4	4	3	4	4	4	4	5
98	3	4	2	3	5	3	4	3
99	4	2	3	3	5	4	5	3
100	3	2	4	5	5	3	4	4

NOTA: 1 = malo, 2 = regular, 3 = bueno, 4 = muy bueno, 5 =excelente.

Anexo 38. Tablas estadísticas de la determinación de propiedades sensoriales

Anexo 39. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo color

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
Tratamiento	7	30.99	4.4127	8.88	0.000
Jueces	99	253.11	2.5567	5.15	0.000
Error	693	344.24	0.4967		
Total	799	628.24			

Prueba de comparación múltiple de Tukey

TRATAMIENTOS	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
T6	100	3.94 A	
T7	100	3.29 A	
T5	100	3.29 A	
T3	100	2.97	B
T8	100	2.94	B
T1	100	2.93	B
T2	100	2.88	B
T4	100	2.83	B

Anexo 40. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo olor

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
Tratamiento	7	6.995	0.9993	2.06	0.046
Jueces	99	286.395	2.8929	5.97	0.000
Error	693	336.005	0.4849		
Total	799	629.395			

Prueba de comparación múltiple de Tukey

TRATAMIENTOS	N	MEDIA	AGRUPACIÓN
T8	100	3.17 A	
T7	100	3.13 A	
T5	100	3.08 A	
T6	100	3.07 A	
T3	100	2.98 A	
T2	100	2.96 A	
T4	100	2.95 A	
T1	100	2.88 A	

Anexo 41. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sabor

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
Tratamiento	7	17.19	2.4555	3.51	0.001
Jueces	99	293.82	2.9679	4.25	0.000
Error	693	484.19	0.6987		
Total	799	795.2			

Prueba de comparación múltiple de Tukey

TRATAMIENTOS	N	MEDIA	AGRUPACIÓN	
T8	100	3.15 A	A	
T6	100	3.12 A	B	
T7	100	2.9 A	B	C
T2	100	2.88 A	B	C
T3	100	2.88 A	B	C
T1	100	2.78	B	C
T4	100	2.77	B	C
T5	100	2.73	C	

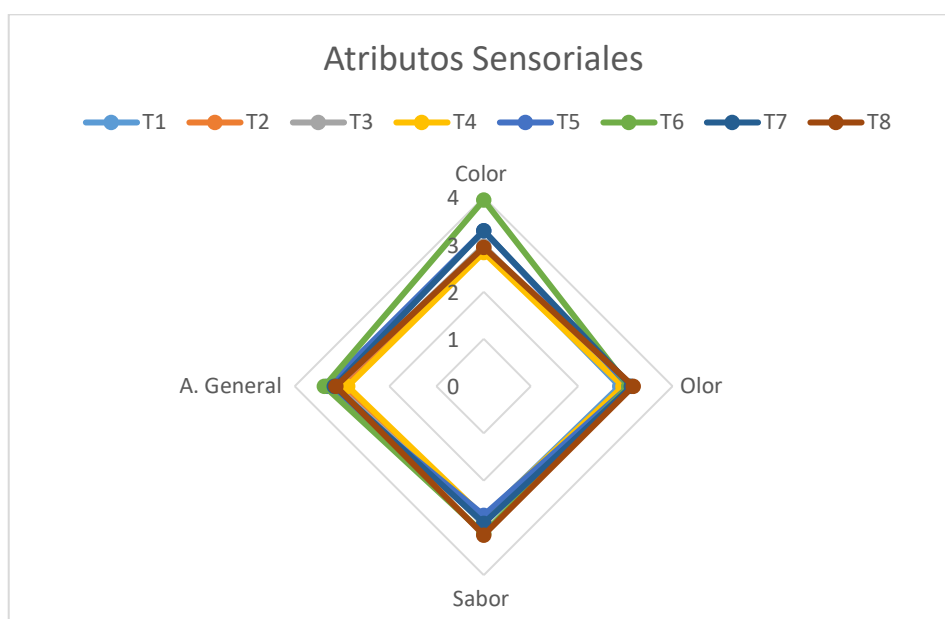
Anexo 42. Análisis de varianza (ANOVA) para el atributo de apariencia general

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
Tratamiento	7	15.11	2.1593	4.1	0.000
Jueces	99	297.76	3.0076	5.71	0.000
Error	693	364.89	0.5265		
Total	799	677.76			

Prueba de comparación múltiple de Tukey

TRATAMIENTOS	N	MEDIA	AGRUPACIÓN	
T6	100	3.37 A		
T5	100	3.31 A		
T7	100	3.16 A	B	
T1	100	3.14 A	B	
T8	100	3.13 A	B	
T3	100	3.12 A	B	
T2	100	2.95	B	
T4	100	2.88	B	

Anexo 43. Grafica de telaraña en función a los atributos sensoriales objetivo 3



Anexo 44. Componentes principales en función a los atributos sensoriales objetivo 3

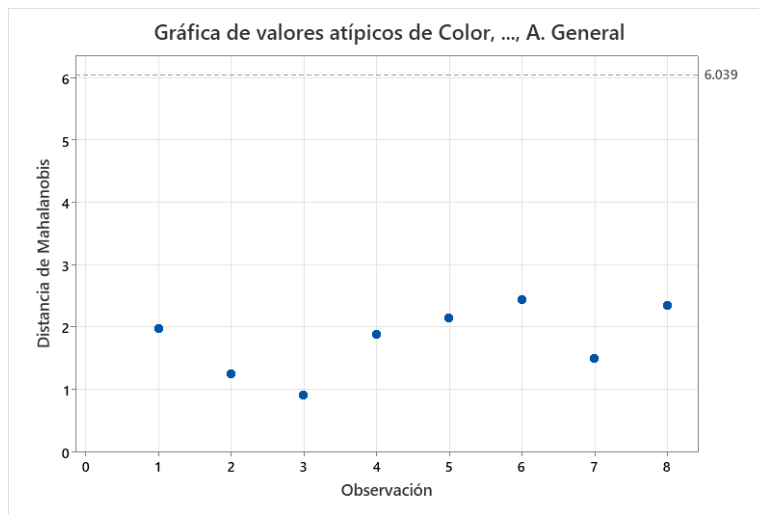
Análisis de los valores y vectores propios de la matriz de correlación

Valor propio	2.5405	0.8915	0.4151	0.1529
Proporción	0.635	0.223	0.104	0.038
Acumulada	0.635	0.858	0.962	1.000

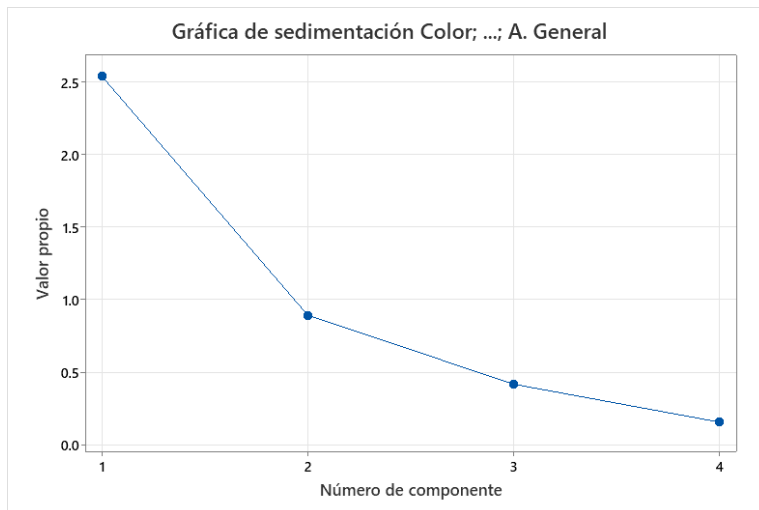
Vectores principales

Variable	PC1	PC2	PC3	PC4
Color	0.538	0.430	0.273	-0.672
Olor	0.482	-0.461	-0.718	-0.200
Sabor	0.448	-0.600	0.623	0.228
A. General	0.526	0.493	-0.151	0.676

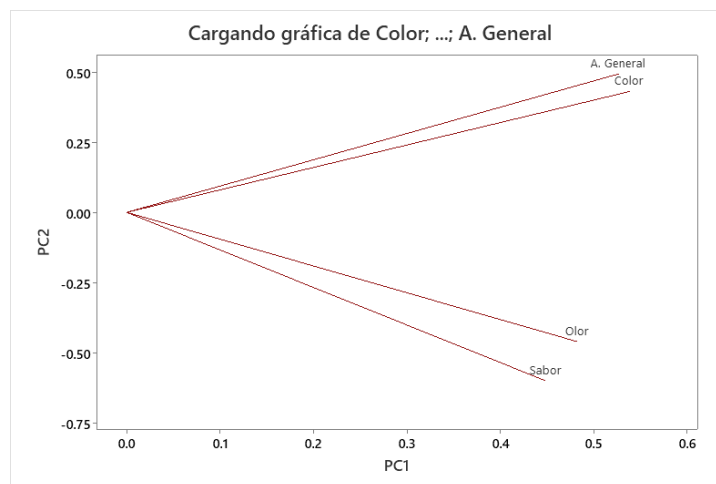
Grafica de valores atípicos en función a los atributos sensoriales



Grafica de sedimentación en función a los atributos sensoriales



Grafica de puntuación en función a los atributos sensoriales



Anexo 45. Determinación de la vida útil en función de los análisis fisicoquímicos

a) determinación de humedad

Se pesa la placa interior del equipo para después tararla, se pesa 5 g de muestra en la placa del equipo, y se deriva a cerrar la tapa de espera que el proceso se termine y se pesa la muestra. La muestra iniciará a perder humedad, luego de pasado un tiempo de 10 a 20 minutos, deberá prender la lectura y se mantiene permanente durante 2 minutos se registrará como porcentaje total de humedad (Tirado D. f., 2015).

b) Determinación de peróxidos

Se pesa el Erlenmeyer, en un vaso de 100 cm³ se añade una masa equivalente a 10 g de la muestra preparada, se agrega éter de petróleo y se mueve con una varilla durante 3 minutos aproximadamente, se filtra sobre papel filtro en el Erlenmeyer tarado, se vapora el éter a temperatura ambiente y en lugar ventilado, se determina la masa del Erlenmeyer con la grasa que ha quedado y se anota la masa de la grasa colocada, se añade 30 cm³ de solución acética cloroformo y se mueve hasta la disolución de la grasa, se añade 0.5 cm³ de solución la solución saturada de ioduro de potasio con pipeta, se añade 30 cm³ de agua destilada y después se agita, se titula con la solución 0.01 N tiosulfato de sodio hasta que este color amarillo, se añade 0.5 cm³ solución indicadora de almidón y se continúa la valoración hasta desaparición de color azul de almidón (INACAL, 2016).

Calculo:

$$me = \frac{(A - a)N}{m} \times 1000$$

Donde:

Me =Miliequivalente por kilogramo de grasa (me/kg).

A= Volumen de tiosulfato gastado, para titular la muestra, en cm³.

A = Volumen de tiosulfato gastado, para titular el blanco, en cm³.

N = Normalidad del tiosulfato

M = Masa de la muestra, en gramos.

Anexo 46. Modelos matemáticos para determinar la vida útil

Para la evaluación de vida útil se utilizó las pruebas aceleradas, haciendo uso de la ecuación de Arrhenius. Labuza y Riboh (1982), mencionan que uno de los modelos más utilizados para determinar la vida útil de un producto es el Modelo de Arrhenius. Esta relación, desarrollada teóricamente para reacciones químicas moleculares reversibles, ha sido aplicada experimentalmente en diversas de reacciones químicas complejas y fenómenos físicos.

- Ecuación de Arrhenius

$$K = K_0 e^{E_a/RT}$$

Donde:

K = constante de reacción

K₀ = constante de reacción inicial

E_a = energía de activación (J/mol)

R = constante general de los gases (8,3143 J/K mol)

T = temperatura absoluta (K = °C + 273,15)

Despejando:

$$\ln K = \ln K_0 - E_a/RT$$

- **Estimación de la vida útil promedio en base a K**

Aplicando la ecuación de orden cero.

$$\ln(A) = \ln(A_0) + k \cdot t_s$$

$$t_s = \ln(A/A_0) / k$$

Donde:

A₀ = Humedad inicial de las Galletas con sustitución parcial

A = Humedad crítica

k: Valores a diferentes temperaturas

t_s: tiempo de vida útil.


Anexo 47. Datos obtenidos de la determinación de vida útil en función a la humedad

DIAS	polipropileno		polipropileno metalizado	
	15°	25°	15°	25°
1	4.05	4.05	3.35	3.35
5	4.08	4.12	3.42	3.43
10	4.11	4.15	3.51	3.62
15	4.16	4.20	3.60	3.75
20	4.21	4.28	3.68	3.89
25	4.38	4.42	3.76	3.97
30	4.46	4.57	3.84	4.12
35	4.61	4.72	3.92	4.32
40	4.72	4.90	4.05	4.51
45	4.82	5.14	4.18	4.65
50	4.99	5.29	4.32	4.72

Anexo 48. Datos obtenidos de la determinación de vida útil en función al índice de peróxidos

DIAS	polipropileno		polipropileno metalizado	
	15°	25°	15°	25°
1	0.18	0.22	0.19	0.21
5	0.19	0.27	0.23	0.29
10	0.23	0.35	0.29	0.42
15	0.27	0.45	0.35	0.54
20	0.33	0.54	0.42	0.65
25	0.40	0.65	0.50	0.76
30	0.46	0.76	0.57	0.86
35	0.53	0.85	0.66	0.98
40	0.61	0.94	0.74	1.08
45	0.69	1.02	0.85	1.16
50	0.78	1.12	0.95	1.26

Anexo 49. Certificado del análisis proximal del método frito convencional (TFC).



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR COMPARACIÓN
DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741

INFORME DE ENSAYO 0761/MQA
RESULTADO DE ANALISIS

ASUNTO: ANÁLISIS PROXIMAL (BROMATOLÓGICO) 01 MUESTRA DE SNACK DE QUINUA CON ADICION DE LACTOSUERO .

METODO : FRITADO CONVENCIONAL TFC.
INTERESADO : EDITH CALLA CHARREZ Y YAQUELY VILCAPAZA QUISPE.
PRESENTACIONES POR : 200g.
MOTIVO : ANÁLISIS PROXIMAL BROMATOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 12/12/2024.
FECHA DE RECEPCION : 13/12/2024.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS DE LA MUESTRA:


SABOR : Característico al producto.
ASPECTO : Sólido.

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO:


		1 - 1	1 - 2	1 - 3
Humedad	%	8.30	8.29	8.25
Cenizas	%	5.39	5.40	5.42
Proteínas	%	9.70	10.67	10.01
Grasa	%	21.25	21.13	21.24
Carbohidratos	%	55.36	54.51	55.08
Energías	Kcal.	451.49	450.89	451.52
Fibras	%	3.08	3.04	3.10

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

La muestra se recepcionó en el laboratorio, los debidos resultados, serán de interés del solicitante para los estudios respectivos




Benito Fernandez Calloapaza
RUC: 20612800741
GERENTE



Msc. Ysaías Céspedes Luna Quispe
CIP: 200776
ESPECIALISTA EN SUELOS

Anexo 50. Certifica del análisis proximal del método de fritado por aire caliente (TFPAC).



MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C

MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C
AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR COMPARACIÓN
DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.
RUC: 20612800741

INFORME DE ENSAYO 0762/MQA
RESULTADO DE ANALISIS

ASUNTO: ANÁLISIS PROXIMAL (BROMATOLÓGICO) 01 MUESTRA DE SNACK DE QUINUA CON ADICION DE LACTOSUERO.

METODO : FRITADO POR AIRE CALIENTE.
INTERESADO : EDITH CALLA CHARREZ Y YAQUELY VILCAPAZA QUISPE.
PRESENTACIONES POR : 200g.
MOTIVO : ANÁLISIS PROXIMAL BROMATOLÓGICO.
FECHA DE MUESTREO : 12/12/2024.
FECHA DE RECEPCION : 13/12/2024.

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS DE LA MUESTRA:


SABOR : Característico al producto.
ASPECTO : Sólido.

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO:


		2 - 1	2 - 2	2 - 3
Humedad	%	4.20	4.10	4.22
Cenizas	%	7.14	7.10	7.12
Proteínas	%	8.73	8.80	8.79
Grasa	%	8.67	8.90	8.80
Carbohidratos	%	71.26	71.10	71.07
Energías	Kcal.	397.99	399.70	398.64
Fibras	%	3.20	3.22	3.28

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

La muestra se recepcionó en el laboratorio, los debidos resultados, serán de interés del solicitante para los estudios respectivos.



Bolívar Fernández Callapaza
RUC: 20612800741
GERENTE



M.sc. Juan Carlos Luna Chucano
CIP: 200778
ESPECIALISTA EN SUELOS

Anexo 51. Balance de humedad

- a. Masa total inicial en base húmeda

$$M_i = 600 + 25 + 15 + 360 = 1000gr = 1kg$$

- b. Humedad inicial en base húmeda

$$X_{bhi} = 36\% = 0.36$$

- Agua inicial

$$1.00 \times 0.36 = 0.36 \text{ kg}$$

- Solidos totales

$$1.00 - 0.36 = 0.64 \text{ kg}$$

- c. Humedad final

$$x_{bhf} = 4.17\% = 0.0417kg$$

- d. Balance de solidos

$$\begin{aligned} M_i (1 - X_{bhi}) &= M_f (1 - X_{bhf}) \\ 1.00 \cdot 1.00 (1 - 0.36) &= M_f (1 - 0.0417) \\ 0.64 &= 0.9583 M_f \end{aligned}$$

- e. Masa final del producto

$$M_f = \frac{0.64}{0.9583} = 0.668$$

- f. Agua final del producto

$$\text{agua final} = 0.0417 \times 0.668 = 0.0279 \text{ kg}$$

- g. Agua eliminada durante el fritado

$$\text{agua evaporada} = 360 - 27.9 = 332.1gr$$

Anexo 52. Balance de energía

Determinación del calor específico del snack de quinua con adición de lactosuero.

Ecuación (Choi y Okos)

- **Calor específico**

$$C_p = 1.424X_C + 1.549X_P + 1.675X_G + 0.837X_M + 4.187X_W$$

Donde

C_p : calor específico

X_W : fracción de humedad

X_M : fracción de mineral

X_P : fracción de proteína

X_G : fracción de grasa

X_C : fracción de carbohidrato

Conversión en fracción másica

$$X = \frac{\%}{100}$$

X_W : 0.0417

X_M : 0.0712

X_P : 0.0877

X_G : 0.0879

X_C : 0.7114

$$C_p = 1.424(0.7114) + 1.549(0.0877) + 1.675(0.0879) + 0.837(0.0712) + 4.187(0.0417)$$

$$C_p = 1.0130 + 0.1358 + 0.1472 + 0.0596 + 0.1746$$

$$C_p = 1.5302 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$$

Diámetro del snack

$$\text{Diámetro} = 4.2\text{cm}$$

$$\text{Radio} = 4.2/2 = 2.1 \text{ cm}$$

$$\text{Espesor} = 2\text{mm} = 0.2 \text{ cm}$$

$$\text{Área} = \pi r^2 = \pi(2.1)^2 = 13.85 \text{ cm}^2$$

$$\text{Volumen} = \pi r^2 h = \pi(2.1)^2(0.2) = 2.77\text{cm}^3 = 2.77 \times 10^{-6}\text{m}^3$$

- **Densidad**

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$m = 0.5\text{g} = 0.0005\text{kg}$$

$$\rho = \frac{0.0005}{2.77 \times 10^{-6}} = 180.5 \text{ kg/m}^3 \text{ valor típico de un snack.}$$

- **Conductividad térmica**

Modelo de **Choi y Okos (1986)**

$$k = 0.25X_C + 0.20X_P + 0.17X_G + 0.30X_M + 0.58X_W$$

$$k = 0.25(0.7114) + 0.20(0.0877) + 0.17(0.0879) + 0.30(0.0712) + 0.58(0.0417)$$

$$k = 0.1779 + 0.0175 + 0.0149 + 0.0214 + 0.0242$$

$$k = 0.2559 \text{ w/m.}^\circ \text{C}$$

- **Difusividad térmica**

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

Donde

k= conductividad térmica (W/m.C)

ρ = densidad kg /m^3

Cp = calor específico (J/kg.° C)

$$\alpha = \frac{0.256}{(180.5)(1.530)}$$

$$\alpha = \frac{0.256}{276.165}$$

$$\alpha = 9.2698 \times 10^{-4} m^2 /s$$

Anexo 53. Costo del producto más aceptable método (B) TFPAC snack de quinua con adición de lactosuero.

CONCEPTO	cantidad	unidad	precio unitario		Unidad	Costo S/.
			S/.	cantidad		
harina de quinua						
tostada	1	kg	15	600	Gr	9
Lactosuero	1	L	5	360	MI	1.8
cal (oxido de calcio)	500	gr	5	20	Gr	0.16
sal marina	1	kg	2	15	Gr	0.03
aceite de girasol	1	L	11.5	3	MI	0.04
empaque	10	bolsas PM	18	10	bolsas PM	18
etiquetado	10	etiquetas	5	10	Etiquetas	5
TOTAL						34.03
				producción total (snack de quinua)		10unidades
				costo unitario del producto (60gr)		3.40

Anexo 54. Imágenes de las pruebas preliminares de los snacks de quinua con adición de lactosuero



Nota: las muestras obtenidas con diferentes porcentajes (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) de lactosuero, de las pruebas preliminares fueron sometidas a la evaluación sensorial con el fin de seleccionar los niveles de porcentajes de adición de lactosuero y ser consideradas en la presente investigación.

Anexo 55. Norma técnica peruana

NORMA TÉCNICA PERUANA	NTP 209.226 2023
----------------------------------	-----------------------------

Dirección de Normalización - INACAL
Calle Las Camelias 817, San Isidro (Lima 15046)

Lima, Perú

CEREALES Y PRODUCTOS DERIVADOS. Bocadoitos de cereales, leguminosas y granos andinos. Requisitos

CEREALS AND DERIVED PRODUCTS. Snacks of cereals, legumes and andean grains. Requirements

2023-12-29
2ª Edición

R.D. N° 022-2023-INACAL/DN. Publicada el 2024-01-15

Precio basado en 12 páginas

I.C.S.: 67.060

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Bocadoito, cereales, leguminosas, granos andinos, requisito

© INACAL 2023

CEREALES Y PRODUCTOS DERIVADOS. Bocaditos de cereales, leguminosas y granos andinos. Requisitos

1 Objeto y campo de aplicación

La presente Norma Técnica Peruana define y establece los requisitos que deben cumplir los bocaditos fritos, tostados, extruidos y expandidos; elaborados a partir de cereales, leguminosas y granos andinos; listos para su consumo.

La presente Norma Técnica Peruana no aplica para los productos de panadería, pastelería y galletería.

2 Referencias normativas

Los siguientes documentos a los cuales se hace referencia en el texto constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana en parte o en todo su contenido. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para referencias sin fecha se aplica la última edición del documento de referencia (incluyendo cualquier modificación).

2.1 Normas Técnicas Internacionales

ISO 21527-2	Microbiología de alimentos y piensos. Método horizontal para la enumeración de mohos y levaduras. Parte 2: Técnica del conteo de colonias en productos con actividad de agua menor o igual a 0,95
ISO 2171	Cereales, legumbres y subproductos. Determinación del rendimiento de cenizas por incineración

ISO 4831	Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la detección y enumeración de coliformes. Técnica del número más probable
ISO 4832	Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de coliformes. Técnica de recuento de colonias
ISO 7932	Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la enumeración de presuntos <i>Bacillus cereus</i> . Técnica de recuento de colonias a 30 grados C
ISO 6579-1	Microbiología de la cadena alimentaria. Método horizontal para la detección, enumeración y serotipado de <i>Salmonella</i> . Parte 1: Detección de <i>Salmonella</i> spp
CXG 50-2004	Directrices generales sobre muestreo
CXS 192-1995	Norma general para los aditivos alimentarios

2.2 Normas Técnicas Nacionales

NTP 205.037	CEREALES Y PRODUCTOS DERIVADOS. HARINAS. Determinación del contenido de humedad
-------------	---

NTP 209.266	ALIMENTOS DE RECONSTITUCIÓN. Determinación volumétrica de acidez.	COCIDOS INSTANTÁNEA. Método
NTP 209.267	ALIMENTOS DE RECONSTITUCIÓN. Determinación del índice de peróxido. Método volumétrico.	COCIDOS INSTANTÁNEA. Método
NTP-ISO 712	Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método de referencia	
NTP 209.038	ALIMENTOS ENVASADOS. Etiquetado de alimentos preenvasados	
NTP-ISO 24333	CEREALES Y PRODUCTOS DERIVADOS. Muestreo	
NTP-ISO 2859-1	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS Parte 1: Esquemas de muestreo clasificados por límites de calidad aceptable (LCA) para inspección de lote por lote	
NTP-ISO 2859-2	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN POR ATRIBUTOS. Parte 2: Planes de muestreo clasificados por calidad límite (CL) para la inspección de lotes aislados	

2.3	Norma Técnicas de Asociación	
	AOAC 925.10	Sólidos (totales) y pérdida por secado (humedad) en harina: Método de horno de aire
	AOAC 923.03	Ceniza de harina: Método directo
	AOAC 990.12	Recuento de microorganismos aerobios mesófilos en alimentos: Método de film seco rehidratable
	AOAC 997.02	Recuento de mohos y levaduras en alimentos y flores de cannabis secas: Método de film seco rehidratable
	AOAC 991.14	Recuento de coliformes y <i>Escherichia coli</i> en alimentos: Método de film seco rehidratable
	AOAC 980.31	<i>Bacillus cereus</i> en alimentos: Enumeración y confirmación
	AOAC 978.24	<i>Salmonella</i> spp. en alimentos: Método del kit de identificación bioquímica
2.5	Otros documentos	
	NMP 001	Requisitos para el etiquetado de preenvases
	NMP 002	Cantidad de producto en preenvases

FDA/BAM.Cap 18	Manual bacteriológico analítico. En línea. Revisión de la 8ª Edición. Mohos, levaduras y micotoxinas
FDA/BAM.Cap 3	Manual bacteriológico analítico. En línea. Revisión de la 8ª Edición. Recuento de placas aeróbicas
FDA/BAM.Cap 4	Manual bacteriológico analítico. En línea. Revisión de la 8ª Edición. Enumeración de Escherichia coli y las bacterias coliformes
FDA/BAM.Cap 14	Manual bacteriológico analítico. En línea. Revisión de la 8ª Edición. Bacillus cereus
FDA/BAM.Cap 05	Manual bacteriológico analítico. En línea. Revisión de la 8ª Edición. Salmonella

3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican los siguientes términos y definiciones:

3.1

bocaditos

son productos alimenticios salados y/o dulces, fritos, tostados, expandidos o extruidos no sometidos a la acción de leudantes químicos o biológicos; que tienen diversas formas de presentación y generalmente son envasados

3.2

bocaditos expandidos

son aquellos que se obtienen luego de someter a la materia prima a calor seco, cocción con un poco de aceite, con equipo donde se controlen presión y temperatura (cañón de acero inoxidable de grado alimentario), donde la temperatura depende del producto y del proceso a usar por un tiempo determinado, habiendo la posibilidad de agregar antes, durante o

© INACAL 2023 - Todos los derechos son reservados

después de la cocción, los siguientes insumos: sal o azúcar, saborizantes, colorantes u otros. Ejm. Pop corn, quinua expandida, kiwicha expandida, maíz expandido, arroz expandido, trigo expandido, entre otros

3.3

bocaditos extruidos

son aquellos que se obtienen de una mezcla de materias primas previamente tratadas que incluyen la harina o harinas y los demás ingredientes que requiere el producto final (sal, azúcar, saborizantes, colorantes y otros), los cuales ingresan al extrusor a una temperatura y presión necesaria para alcanzar su cocción y adoptar la forma requerida, existiendo la posibilidad de un proceso adicional para lograr el acabado deseado (crocantez brillo, picante entre otros). Ejm. Extruido de maíz, entre otros

3.4

bocaditos fritos

son aquellos que se obtienen luego de someter a la materia prima a cocción en aceite (Temperaturas de 150 y 200 °C) por un tiempo determinado, habiendo la posibilidad de agregar antes, durante o después de la cocción, los siguientes insumos: sal o azúcar, saborizantes, colorantes u otros; controlando las condiciones de la fritura, para que el aceite no modifique su estructura y pueda ocasionar efectos tóxicos. Ejm. Habas fritas, wantanes, raviolos, entre otros

3.5

bocaditos tostados

son aquellos que se obtienen luego de someter a la materia prima a calor seco directo (Temperatura menor a 100°C) por un tiempo determinado, habiendo la posibilidad de agregar antes, durante o después de la cocción, los siguientes insumos: sal o azúcar, aceite o similar, saborizantes, colorantes u otros. Ejm. Maíz tostado, habas tostadas, quinua tostada, maní tostado, ajonjolí, girasol y semillas en general tostado

4 Clasificación

4.1 Por su sabor se clasificarán en:

4.1.1 Salados.

4.1.2 Dulces.

4.1.3 De sabores especiales.

4.2 Por el proceso de elaboración:

4.2.1 Tostados.

4.2.2 Fritos.

4.2.3 Expandidos.

4.2.4 Extruidos.

5 Condiciones generales

5.1 Deberán fabricarse a partir de materias exentas de impurezas de toda especie, sustancias nocivas a la salud y en perfecto estado de conservación.

5.2 El expendio de bocaditos se efectuará en envases originales de fábrica y en buenas condiciones. Los envases no deberán presentar manchas de aceite, combustible o cualquier producto extraño.

5.3 Los comerciantes de bocaditos, las bodegas y sitios de expendio en general deberán preservar el producto de la acción de la humedad, de los insectos, roedores, de la exposición directa al sol, polvo, entre otros.

6 Requisitos

6.1 Características organolépticas

6.1.1 Olor: Será el característico del producto.

6.1.2 Sabor: Será el característico del producto.

6.1.3 Textura: La crocantez característica del producto.

6.1.4 Color: Será el característico del producto.

6.2 Características fisicoquímicas

6.2.1 El producto no deberá presentar síntomas de rancidez, sabores, colores u olores que indiquen su descomposición.

6.2.2 Las características químicas se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1- Requisitos fisicoquímicos

Característica	Fritos	Extruidos	Tostados	Expandidos	Método de ensayo ⁽²⁾
Humedad, máximo	3 %	5 %	Cereales y granos andinos: 10 % Leguminosas: 5 %	5 %	AOAC 925.10 NTP 205.037 NTP-ISO 712
Cenizas totales, máximo	4 %	4 %	5,5 % ⁽¹⁾	5,5 % ⁽¹⁾	ISO 2171, AOAC 923.03
Índice de peróxido, máximo	10 meq/kg	10 meq/kg	-----	-----	NTP 209.267
Índice de acidez, máximo	0,30 % (expresado en ácido oleico)	0,15 % (expresado en ácido sulfúrico)	2 % (expresado en ácido oleico)	0,15 % (expresado en ácido sulfúrico)	NTP 209.266
(1) Para un producto específico véase las TABLAS PERUANAS DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS- MINSA 2017, cuyos valores son referenciales. (2) Se podrán utilizar otros métodos de ensayos validados o normalizados equivalentes.					

6.3 Requisitos microbiológicos

El producto debe cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la Tabla 2.

Tabla 2 - Requisitos microbiológicos

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g		Método de ensayo ⁽³⁾
					m	M	
<i>Aerobios mesófilos</i>	3	3	5	1	10 ⁴	10 ⁵	FDA/BAM Cap. 3 AOAC 990.12
<i>Mohos</i>	2	3	5	2	10 ²	10 ³	ISO 21527-2 FDA/BAM Cap. 18 AOAC 997.02
<i>Coliformes</i>	5	3	5	2	10	10 ²	ISO 4832 ISO 4831 FDA/BAM Cap. 04 AOAC 991.14
<i>Bacillus cereus</i>	8	3	5	1	10 ²	10 ³	ISO 7932 FDA/BAM Cap. 14 AOAC 980.31
<i>Salmonella sp.</i>	10	2	5	0	ausencia / 25 g	----	ISO 6579-1 FDA/BAM Cap. 05 AOAC 978.24
donde:							
n	Número de unidades de muestras seleccionadas al azar de un lote, que se analiza para satisfacer los requerimientos de un determinado plan de muestreo.						
c	Número máximo permitido de unidades de muestras rechazables en un plan de muestreo de 2 clases o número máximo de unidades de muestra que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre "m" y "M" en un plan de muestreo de 3 clases. Cuando se detecta un número de unidades de muestra mayor a "c" se rechaza el lote.						
m	Límite microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable. En general, un valor igual o menor a "m" representa un valor aceptable y los valores superiores a "m" indican lotes aceptables o inaceptables.						
M	Los valores de recuentos microbianos superiores a "M" son inaceptables, el alimento representa un riesgo para la salud.						
(3)	Se podrán utilizar otros métodos de ensayos validados o normalizados equivalentes.						

Referencia: Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA. Norma Sanitaria que establece los Criterios Microbiológicos de Calidad Sanitaria e Inocuidad para los Alimentos y Bebidas de Consumo Humano. Categoría V.7 Productos instantáneos extruidos o expandidos proteinizados o no y hojuelas a base de granos (gramíneas, quenopodiáceas y leguminosas) que no requieren cocción.

7 Aditivos permitidos

Se podrán utilizar aditivos permitidos por la legislación nacional vigente, en la Norma General para los Aditivos Alimentarios del Codex Alimentarius (CXS 192-1995) o en su defecto lo establecido en el FDA.

8 Muestreo

El muestreo se realizará teniendo en cuenta lo establecido en el CXG 50-2004, la NTP-ISO 2859-1; NTP-ISO 2859-2 y NTP-ISO 24333.

9 Envase y rotulado

9.1 Envase

9.1.1 Se emplearán envases nuevos que reúnan las condiciones necesarias para que el producto mantenga la frescura y calidad requeridas, así como la suficiente protección en las condiciones normales de manipuleo y transporte.

9.2 Rotulado

9.2.1 El rotulado deberá cumplir con la NMP 001, NMP 002 y NTP 209.038

UW