

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

ESCUELA DE POSTGRADO

ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



“COMPLEMENTACIÓN PROTEICA DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) Y SUERO EN PAN DE MOLDE Y TIEMPO DE VIDA ÚTIL”

Tesis para optar el grado de:

Magíster Scientiae

WILER HUGO DE LA CRUZ QUISPE

Lima – Perú

2009

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POSTGRADO

ESPECIALIDAD EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**“COMPLEMENTACIÓN PROTEICA DE HARINA DE TRIGO
(*Triticum aestivum* L.) POR HARINA DE QUINUA (*Chenopodium
quinoa* Willd) Y SUERO EN PAN DE MOLDE Y TIEMPO DE
VIDA ÚTIL”**

Tesis para optar el grado de:

Magíster Scientiae

EJECUTOR: WILER HUGO DE LA CRUZ QUISPE

.....
Mg. Sc. Miguel Araujo Vargas

PRESIDENTE

.....
Mg. Sc. Carlos Elías Peñafiel

PATROCINADOR

.....
Mg. Sc. Francisco Salas Valerio

MIEMBRO

.....
Mg. Sc. Gloria Pascual Chagman

MIEMBRO

Lima – Perú

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA QUINUA	3
2.1.1. Características botánicas.	3
2.1.2. Producción.	5
2.1.3. Composición química y valor nutricional.	7
2.1.3.1. Calidad de proteína en el grano de quinua.	10
2.1.3.2. Cómputo químico o Score químico.	15
2.1.4. Usos e industrialización de la quinua.	16
2.1.4.1. Efecto del tratamiento térmico de la quinua.	19
2.1.4.2. Harina de quinua precocida.	21
2.2. ASPECTOS GENERALES SOBRE EL PAN DE MOLDE	23
2.2.1. Definición	23
2.2.2. Clasificación	23
2.2.3. Elaboración del pan de molde	24
2.2.3.1. Métodos de elaboración del pan de molde.	24
2.2.3.2. Etapas del procesamiento del pan de molde.	24
A. Pesaje y medición	24
B. Mezcla y amasado	25
C. Fermentación	25
D. División o corte	25
E. Boleo o redondeo	25

F. Moldeado	26
G. Leudación (Fermentación final)	26
H. Brillado	26
I. Horneado	26
J. Enfriamiento y almacenamiento	26
2.2.4. Ingredientes para la elaboración del pan de molde.	27
2.2.4.1. Harina de trigo.	28
2.2.4.1.1. Clasificación del trigo para su comercialización en el mercado internacional.	29
2.2.4.1.2. Cantidad de proteína.	30
2.2.4.1.3. Calidad de proteína.	31
2.2.4.1.4. Clasificación de la harina de trigo.	32
2.2.4.1.5. Composición de la harina de trigo.	34
a. Carbohidratos: almidón.	34
b. Proteínas: gluten.	34
c. Grasas.	35
d. Humedad.	35
e. Minerales: cenizas	35
2.2.4.2. Levadura.	35
2.2.4.3. Agua.	36
2.2.4.4. Sal.	37
2.2.4.5. Azúcar.	38
2.2.4.6. Grasas.	38
2.2.4.7. Suero de leche.	39
2.2.4.8. Aditivos para pan.	40
2.2.4.8.1. Agentes oxidantes.	40
2.2.4.8.2. Emulsificantes.	40
2.2.4.8.3. Enriquecedores.	40
2.2.4.8.4. Conservadores.	40
2.2.4.8.5. Colorantes y Saborizantes.	41
2.2.5. Panificación con harinas precocidas.	41

2.3. DISEÑO DE MEZCLAS	42
2.3.1. Marco general.	42
2.3.2. Diseño de mezcla y su relación con el método de superficie de respuesta.	42
2.3.3. Experimentación tradicional frente al método de superficie de respuesta.	43
2.3.3.1. Primer diseño de superficie de respuesta.	44
2.3.3.2. Segundo diseño de superficie de respuesta (diseño de mezclas).	44
2.3.4. Método de diseño de mezclas.	45
2.3.5. Diseños de tratamientos para mezclas.	47
a) Diseño de retícula simplex.	49
b) Diseño simplex con centroide.	49
c) Diseño simplex con centroide ampliado.	50
2.4. TIEMPO DE VIDA ÚTIL	50
2.4.1. Definición de vida útil.	50
2.4.2. Factores que afectan la calidad del tiempo de vida útil.	51
a. Cambios de deterioro químicos.	53
b. Cambios de deterioro microbiológicos.	53
c. Cambios de deterioro físicos.	54
d. Cambios de deterioro relacionado con la temperatura.	55
2.4.3. Clasificación de los alimentos durante el almacenamiento.	55
2.4.4. Determinación del tiempo de vida útil.	56
2.4.5. Modelos de distribución de tiempo de vida útil.	58
a. Distribución Normal.	59
b. Distribución Weibull.	60
c. Distribución Logística.	60
d. Distribución Loglogística.	62
2.4.6. Método Gráfico del Ploteo de Riesgos Acumulados Weibull.	64
2.4.7. Determinación del tiempo máximo de almacenamiento para el estudio De vida útil.	67

2.4.8. Principios básicos de evaluación sensorial.	68
a. pruebas analíticas.	68
b. pruebas afectivas.	69
2.4.8.1. Pruebas para medir aceptabilidad	70
III. MATERIALES Y MÉTODOS	71
3.1. Lugar de ejecución.	71
3.2. Materia prima e insumos	71
3.2.1. Materia prima.	71
3.2.2. Insumos.	72
3.3. Materiales y equipos	72
3.3.1. Materiales.	72
3.3.2. Equipos.	73
3.4. Métodos de análisis	73
3.4.1. Método de análisis físico-químico.	73
3.4.1.1. En la materia prima.	73
3.4.1.2. En el producto terminado.	74
3.4.2. Métodos para evaluación sensorial.	74
3.4.2.1. En el producto terminado.	74
3.4.2.2. Durante el almacenamiento del producto terminado.	74
3.4.3. Métodos para el análisis estadístico.	75
3.5. Metodología experimental.	76
3.5.1. Obtención de la harina de quinua precocida.	77
3.5.1.1. Análisis proximal de la harina de quinua precocida.	78
3.5.2. Obtención del pan de molde.	78
3.5.3. Formulaciones con incorporación de harina de quinua y suero de leche.	81
3.5.3.1. Método de diseño de mezclas.	81
3.5.3.2. Determinación de las líneas de restricción.	82
3.5.3.3. Isolínea de restricción proteica.	82
3.5.3.4. Evaluación de las mezclas por el cómputo químico.	83

3.5.3.5. Evaluación fisicoquímica de las mezclas en la formulación de pan de molde.	84
3.5.3.6. Evaluación sensorial de las mezclas.	86
3.5.4. Análisis estadístico.	87
3.5.5. Determinación del costo mínimo.	88
3.5.6. Determinación del tiempo de vida útil.	88
3.5.6.1. Evaluación sensorial durante el almacenamiento.	90
3.5.6.2. Ajuste de datos para el tiempo de vida útil.	91
3.5.6.3. Determinación del tiempo de vida útil del pan de molde.	93
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	95
4.1. Obtención de la harina de quinua precocida.	95
4.1.1. Análisis proximal de la harina de quinua precocida.	96
4.1.2. Análisis proximal del suero de leche en polvo.	97
4.1.3. Análisis proximal de la harina de trigo.	98
4.2. Formulaciones con incorporación de harina de quinua precocida/suero y determinación de la línea de formulación factible.	99
4.2.1. Determinación de las líneas de restricción.	99
4.2.1.1. Determinación de líneas de restricción isoproteica.	101
4.3. Graficación de las líneas de restricción isoproteica.	105
4.4. Determinación de la línea de formulación factible.	107
4.5. Evaluación de las mezclas por cómputo químico.	108
4.5.1. Determinación del cómputo químico para las mezclas isoproteicas.	108
4.5.2. Determinación de proteínas que aporta cada componente principal en la mezcla.	110
4.5.2.1. Determinación de la cantidad de a.a. que aporta cada componente de la mezcla del extremo superior (trigo, quinua y suero: 83,5%, 10,7% y 5,7%).	110
4.5.2.1.1. Determinación del cómputo químico y aminoácido limitante.	111

4.5.2.2. Determinación de la cantidad de a.a. que aporta cada componente de la mezcla del medio (trigo, quinua y suero: 81,9%, 14,3% y 3,9%).	112
4.5.2.2.1. Determinación del cómputo químico y aminoácido limitante.	112
4.5.2.3. Determinación de la cantidad de a.a. que aporta cada componente de la mezcla del extremo inferior (trigo, quinua y suero: 80,2%, 17,8% y 2,0%).	113
4.5.2.3.1. Determinación del cómputo químico y aminoácido limitante.	114
4.6. Evaluación fisicoquímica de las mezclas en las formulaciones de pan de molde.	116
a. Peso.	117
b. Volumen.	118
c. Textura en miga.	119
d. altura.	121
e. color.	122
e.1. color interno (miga).	124
e.2. color externo (corteza).	124
f. acidez.	126
g. pH.	127
h. Humedad.	128
h.1. pérdida de humedad en el proceso.	129
4.7. Evaluación sensorial de las mezclas.	132
4.7.1. Evaluación sensorial descriptiva	132
4.7.2. Evaluación sensorial de aceptabilidad (discriminativa) de consumidores en las formulaciones.	136
4.7.3. Determinación del porcentaje más adecuado.	138
4.7.4. Determinación del costo mínimo.	139
4.8. Determinación del tiempo de vida útil.	141
V. CONCLUSIONES	146
VI. RECOMENDACIONES	147
VII. BIBLIOGRAFÍA	148
ANEXOS.	

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1: Clasificación botánica de la quinua.	4
CUADRO 2: Producción nacional del grano de quinua-1998 al 2007.	5
CUADRO 3: Siembra de principales departamentos del grano de quinua-campañas agrícolas 1998 al 2007.	5
CUADRO 4: Composición proximal (%) de quinua y otros granos.	7
CUADRO 5: Contenido de vitaminas en quinua y otros cereales (mg/100 g).	8
CUADRO 6: Contenido de minerales en quinua y otros cereales (mg/100 g proteína).	8
CUADRO 7: Contenido de carbohidratos en tres variedades de quinua (%).	9
CUADRO 8: Contenido de fibra insoluble, soluble y fibra dietética total (FDT) en quinua (g/100 g).	9
CUADRO 9: Contenido de antinutrientes en quinua.	10
CUADRO 10: Porcentaje de fracción proteínica en quinua y trigo.	10
CUADRO 11: Contenido de aminoácidos esenciales en proteína de quinua y otros cereales (g/100 g proteína).	12
CUADRO 12: Contenido de aminoácidos en g/100g de proteínas en tres variedades de quinua.	13
CUADRO 13: Composición de aminoácidos de proteínas de origen animal de buena calidad y proteína de quinua.	14
CUADRO 14: Composición de aminoácidos de cuatro variedades de granos integrales de quinua lavados y sometidos a cocción de 87°C.	21
CUADRO 15. Clasificación del trigo con base en sus características generales de calidad y su uso industrial.	30
CUADRO 16. Principales genes relacionados con la calidad del trigo.	32
CUADRO 17. Composición de la harina de trigo.	33
CUADRO 18: Formulación base para pan de molde.	79
CUADRO 19: Patrón de aminoácidos propuesto para Niños mayores de un año y adultos.	83

CUADRO 20: Análisis proximal de la harina de quinua precocida.	97
CUADRO 21: Análisis proximal del suero de leche en polvo.	98
CUADRO 22: Análisis proximal de la harina de trigo.	99
CUADRO 23: Valores de rangos de los componentes A, B y C en el diseño de mezclas para diferentes porcentajes de proteína.	104
CUADRO 24: Valores de las ecuaciones en el diseño de mezclas.	106
CUADRO 25: Valores de X, Y, B, C y A en el diseño de mezclas.	107
CUADRO 26: Valores de A, B y C expresados en porcentaje.	108
CUADRO 27: Aminoácidos presentes en los componentes principales de la mezcla.	109
CUADRO 28: Cómputo químico de los componentes principales.	109
CUADRO 29: Proteínas que aporta cada componente principal.	110
CUADRO 30: Cantidad de aminoácidos que aporta cada componente principal de la mezcla del Extremo superior.	111
CUADRO 31: Cómputo químico y aminoácido limitante de los componentes principales.	111
CUADRO 32: Cantidad de aminoácidos que aporta cada componente principal de la mezcla del Medio.	112
CUADRO 33: Cómputo químico y aminoácido limitante de los componentes principales.	113
CUADRO 34: Cantidad de aminoácidos que aporta cada componente principal de la mezcla del Extremo inferior.	113
CUADRO 35: Cómputo químico y aminoácido limitante de los componentes principales.	114
CUADRO 36: Mezclas con sus respectivos cálculos químicos.	114
CUADRO 37: Valores de los componentes principales A, B y C en base húmeda expresados en porcentaje.	115
CUADRO 38: Valores del tiempo y temperatura del amasado, fermentación y horneado del proceso de elaboración del pan de molde con incorporación de harina de quinua precocida y suero.	117
CUADRO 39: Valores del peso promedio de las formulaciones.	117
CUADRO 40: Valores del volumen promedio en las formulaciones.	119

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1: Estructura del grano de quinua.	4
Fig. 2: Serie histórica de producción de quinua.	6
Fig.3: Producción de quinua (1998-2007).	6
Fig. 4: Diagrama de flujo de proceso de obtención de harina de quinua precocida.	23
Fig. 5: Diagrama de flujo para la elaboración de pan de molde.	27
Fig. 6: Primer diseño de superficie de respuesta.	44
Fig. 7: Segundo diseño de superficie de respuesta- diseño de mezclas.	45
Fig. 8: Diseño de mezclas – variación de los componentes principales.	45
Fig. 9: Espacio factorial restringido para mezclas con tres componentes.	46
Fig. 10: Sistema de coordenadas trilineales en diseño de mezclas.	47
Fig. 11: Diseño de red simplex para $p=3$ componentes.	48
Fig. 12: Diseño de centroide simplex para $p=3$ componentes.	49
Fig. 13: Diseño simplex con centroide ampliado de k componentes.	50
Fig. 14: Densidad, distribución acumulativa y función riesgo de las distribuciones Exponencial, Normal, Log-normal y Weibull.	63
Fig. 15: Modelo del método gráfico del ploteo de riesgos acumulados de Weibull.	65
Fig. 16: Clasificación de los métodos de evaluación sensorial.	70
Fig. 17: Esquema experimental para obtención de pan de molde con máximo nivel de incorporación de harina de quinua precocida.	77
Fig.18: Diagrama de flujo de obtención de harina de quinua precocida.	78
Fig. 19: Diagrama de flujo para elaboración de pan de molde.	81
Fig. 20: Formato de evaluación sensorial para determinar aceptabilidad del pan.	87
Fig. 21: Esquema experimental de aceptabilidad general de un pan de molde con incorporación de harina de quinua durante el almacenaje.	89
Fig. 22: Ficha de escala semiestructurada para evaluar la aceptabilidad en el almacenamiento del pan de molde.	90
Fig. 23: Distribución normal, weibull, lognormal y exponencial reportado por el programa estadístico minitab 15.	93
Fig. 24: Imagen de la harina de quinua precocida.	96

Fig. 25: Área restrictiva en el diseño de mezcla.	100
Fig. 26: Ecuaciones en el área restrictiva del diseño de Mezclas, vista ampliada.	101
Fig. 27: Líneas isoproteicas dentro del diseño de Mezclas.	106
Fig. 28: Línea isoproteica en la zona restrictiva.	107
Fig. 29: Mezclas en la línea de formulación factible expresados en porcentajes.	108
Fig. 30: Porcentajes (m.s.) de las mezclas con sus respectivos cálculos químicos.	115
Fig. 31: Valores promedio de peso de las formulaciones.	118
Fig. 32: Valores promedio de volumen de las formulaciones.	119
Fig. 33: Valores promedio de la textura (firmeza) de las formulaciones.	120
Fig. 34: Determinación de la textura (firmeza) del pan de molde.	121
Fig. 35: Valores promedio de la altura de las formulaciones.	122
Fig. 36: Determinación del color interno (miga) del pan de molde.	123
Fig. 37: Determinación del color externo (corteza) del pan de molde.	123
Fig.38: Diferencia de color de pan de trigo (izquierda) y pan de quinua/suero (derecha).	125
Fig. 39: Diferencia del porcentaje de acidez de las formulaciones.	126
Fig. 40: Diferencia de pH promedio de las formulaciones.	127
Fig. 41: Diferencia de Humedades promedio de las formulaciones.	129
Fig. 42: Valores de pérdida de humedad de los panes con quinua precocida y suero.	130
Fig. 43: Ploteo Caja y bigote para la evaluación del color sensorial.	134
Fig. 44: Ploteo Caja y bigote para la evaluación del sabor sensorial.	135
Fig. 45: Ploteo Caja y bigote para la evaluación de la textura (firmeza) sensorial.	135
Fig. 46: Ploteo Caja y bigote para la evaluación de la aceptabilidad sensorial.	138
Fig. 47: Formulaciones de pan de molde con incorporación de quinua y suero.	139
Fig. 48: Porcentaje de aceptabilidad del consumidor y el tiempo de almacenaje del pan de molde con incorporación de harina de quinua y suero.	143
Fig. 49: Regresión de los datos sensoriales.	144
Fig. 50: Tiempo de vida útil sensorial en el papel probabilístico Weibull.	145

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1. Deducciones de las ecuaciones en las líneas de restricción del triángulo.
- ANEXO 2. Transformación de los componentes principales de masa total a masa seca.
- ANEXO 3. Determinación del punto de máxima incorporación de harina de quinua (Extremo superior).
- ANEXO 4. Determinación del punto medio de la línea isoproteica (Y5) que pasa por la máxima incorporación de harina de quinua.
- ANEXO 5. Determinación de la cantidad de aminoácidos que aporta cada componente en la mezcla del extremo superior (trigo, quinua, suero: 83.5%,10.7% y 5.7%).
- ANEXO 6. Evaluaciones fisicoquímicas de las mezclas en las formulaciones de pan de molde.
- ANEXO 7. Resultados de la evaluación sensorial descriptiva de panes de molde.
- ANEXO 8. Resultados de la evaluación sensorial de aceptabilidad (discriminativa) de consumidores en las formulaciones.
- ANEXO 9. Evaluación sensorial durante el almacenamiento.
- ANEXO 10. Análisis estadísticos de las evaluaciones fisicoquímicas de las mezclas.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en aplicar el Método de Diseño de Mezclas para determinar el máximo porcentaje de incorporación de harina de quinua precocida y suero de leche en la formulación de pan de molde, en función a las restricciones establecidas: Harina de quinua precocida (0 a 20% b.h.) y suero de leche (2 a 6% b.h.). Se partió de una formulación base de pan de molde y se estudió el efecto de la incorporación de quinua precocida y suero en reemplazo de la harina de trigo. La mezcla de los tres componentes principales: Harina de Trigo (A), Harina de Quinua precocida (B) y Suero de leche (C) fueron graficadas en un triángulo equilátero en el que cada punto representó una mezcla (Montgomery, 1991).

Se establecieron líneas de restricción isoproteica y se eligió la que atravesaba las líneas que representan la mayor incorporación de quinua y suero cuya ecuación corresponde a $A = 4.2141 - 0.4643 B$ para posteriormente elegir dos puntos extremos y uno medio sobre la línea isoproteica elegida.

Las tres mezclas elegidas fueron sometidas a evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales, determinándose estadísticamente por la prueba de Duncan que la mezcla tres conformada por 82,54%, 13,92% y 3,54% (b.h.) de trigo, quinua y suero respectivamente, presentó la mejor característica y tuvo un 16% más de cómputo químico frente a la mezcla patrón.

Finalmente se determinó el tiempo de vida útil por la metodología de riesgos acumulados de Weibull (Gacula y Kubala, 1975) y se usó la evaluación sensorial de aceptabilidad (Hough, 2003) como un método para medir la efectividad de la metodología determinándose una vida útil sensorial del pan de molde con incorporación de harina de quinua precocida y suero de 11 días.

**PROTEIN COMPLEMENTATION WHEAT FLOUR (*Triticum aestivum* L.)
FOR QUINOA FLOUR (*Chenopodium quinoa* Willd) AND WHEY IN BREAD
MOLD AND ITS SHELF LIFE.**

SUMMARY

The research work consisted applying the Mixture Design Method to determine the maximum percentage of incorporation precooked flour quinoa and whey in the formulation of bread mold, according to the established restrictions: precooked quinoa flour (0 to 20 % w.b.) and whey (2 to 6 % w.b.). Starting with a formulation base of bread mold and the effect of the incorporation of precooked flour quinoa and whey in replacement of the wheat flour was studied. The mixture of three components: Wheat flour (A), Quinoa flour precooked (B) and Whey (C) were plot in an equilateral triangle in which any point represented a combination of these products (Montgomery, 1991).

Isoproteic restriction lines were established and It was chosen one that crossing line that represent the major incorporation of quinoa and whey, whose equation was : $A = 4.2141 - 0.4643 B$ After that, it was choose two extreme points and average one on the isoproteic line chosen.

The three chosen mixtures were submitted to physicochemical and sensory evaluations, deciding statistically for Duncan's test that the mixture three shaped by 82,54 %, 13,92 % and 3,54 % (w.b.) of wheat, quinoa and whey respectively, presented the best characteristic and had a 16 % increase versus computational chemical mixing pattern.

Finally, risks accumulated methodology of Weibull was used to find the shelf life (Gacula and Kubala, 1975). Sensory evaluation of acceptability (Hough, 2003) was used as a method to measure the effectiveness of the methodology. It was found that sensory shelf life of the bread mold with incorporation of precooked quinoa flour and whey was 11 days.

I. INTRODUCCIÓN

El pan es uno de los alimentos básicos de la alimentación cuyo ingrediente principal es la harina de trigo, la misma que es deficiente en lisina (FAO, 1985) ésta deficiencia aminoacídica del pan puede ser superada con la complementación proteica del suero de leche y harinas ricas en lisina como la procedente del grano de quinua cuya calidad proteica es reconocida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO,1985) potenciando su uso para mejorar los niveles nutricionales de nuestra población.

Hoy en día hay tantas variaciones en color, sabor, olor y textura de productos de panificación se aportará información sobre otra forma de fortificar el pan tipo molde con un producto que se ha olvidado en nuestro país como es la quinua y aprovechando que es un producto natural y que se puede producir a nivel nacional, además del suero de leche que posee un alto contenido en lisina.

La complementación proteica con el objetivo de elevar el nivel del computo químico puede ser asistida por el método de Diseño de Mezclas que permite obtener funciones matemáticas isoproteicas y evaluar las propiedades sensoriales y fisicoquímicas de las mezclas, a un mismo nivel de proteínas, pero con diferentes proporciones de sus componentes. Dichas proporciones son no negativas, dependiente entre ellas y, si están expresadas como fracción de la mezcla deben sumar siempre la unidad (Cornell, 2002).

Por otro lado, es necesario determinar el tiempo de vida útil del pan debido a que su consumo puede implicar un riesgo para la salud del consumidor o porque las propiedades sensoriales se han deteriorado hasta hacer que el alimento sea rechazado. En este último caso la evaluación sensorial es el principal método de

evaluación, ya que no existen métodos instrumentales o químicos que reemplacen adecuadamente a nuestros sentidos.

Existen diferentes métodos para evaluar el tiempo de vida útil, como las funciones probabilísticas Exponencial, Lognormal y Weibull. Esta última ha tenido mejores efectos para explicar el tiempo de vida y está siendo utilizada ampliamente en la actualidad (Hough, 2003).

Los objetivos de la presente investigación fueron:

- Determinar el máximo nivel de incorporación de harina de quinua precocida y suero en reemplazo de harina de trigo aplicando el método de Diseño de Mezclas.
- Determinar el tiempo de vida útil del pan de molde por distribución Weibull.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ASPECTOS GENERALES SOBRE LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd).

2.1.1. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS

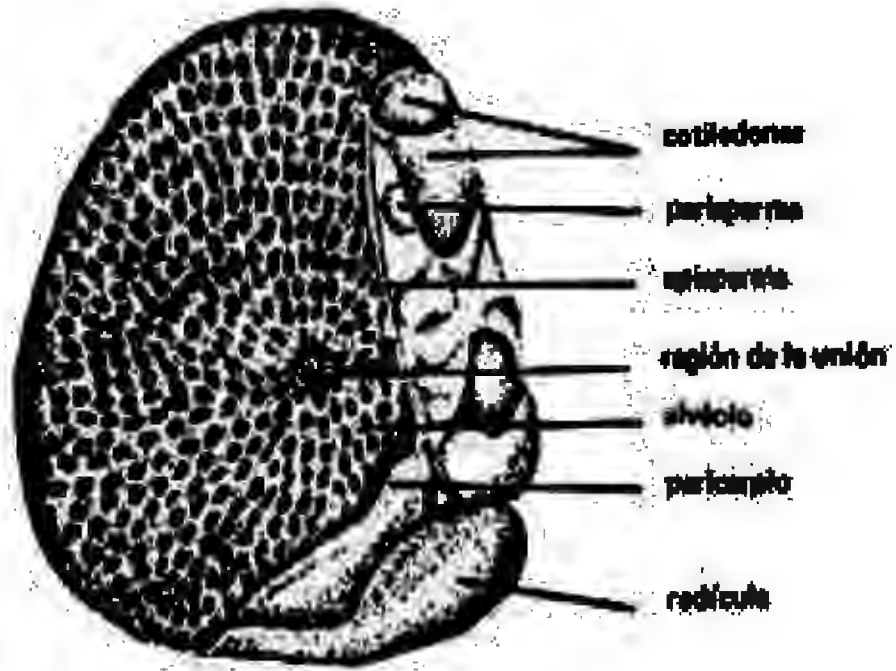
La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia Chenopodioideae de las amarantáceas. Se le denomina pseudocereal porque no pertenece a la familia de las gramíneas en que están los cereales "tradicionales", pero debido a su alto contenido de almidón su uso es el de un cereal (Ignacio *et al.*, 1976).

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es una especie vegetal originaria del altiplano peruano-boliviano, caracterizada por tener amplia variedad genética (Zevallos, 1987).

Según el desarrollo de la ramificación, se pueden encontrar plantas con un solo tallo principal y ramas laterales muy cortas en los ecotipos del altiplano o plantas con todas las ramas de igual tamaño en los ecotipos de valle, dándose todos los tipos intermedios; este desarrollo de ramas puede modificarse parcialmente, según la densidad de siembra que tenga el cultivo (Tapia, 1990).

La coloración de la quinua varía de verde claro en la variedad Nariño, hasta verde oscuro en Kcancolla; se transforman en amarillas, rojas o púrpuras según la madurez.

La semilla de la quinua tiene forma lenticular o elipsoidal, en ella se pueden observar tres partes: Epispermo, perispermo y endospermo.



FUENTE: Mujica (1993)

Fig. 1: Estructura del grano de quinua

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) tiene la siguiente clasificación botánica.

CUADRO 1: Clasificación botánica de la quinua.

Reino	:Vegetal
División	:Fanerógama
Clase	:Angiosperma
Sub Clase	:Dicotiledónea
Orden	:Centrospermal
Familia	:Chenopodiacea
Genero	:Chenopodium
Especie	:Chenopodium quinoa Willd

FUENTE: Correa (1953).

2.1.2. PRODUCCIÓN

Los países productores de quinua son Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, en gran medida de todo los países antes mencionado el Perú es el país donde más se cultiva, reportes del Ministerio de Agricultura indican que la siembra nacional varía de año en año, como se observa en el cuadro 2 con un total nacional en el 2007 de 31824 toneladas de los cuales los principales departamentos productores son: Puno, Cuzco, Ayacucho, Junín y Cajamarca los cuales se mencionan en el cuadro 3.

CUADRO 2: Producción nacional del grano de quinua-1998 al 2007

PRODUCCION (t)	
Años	TOTAL NACIONAL
1998	28171
1999	28413
2000	28191
2001	22267
2002	30374
2003	30085
2004	26997
2005	32590
2006	30428
2007	31824

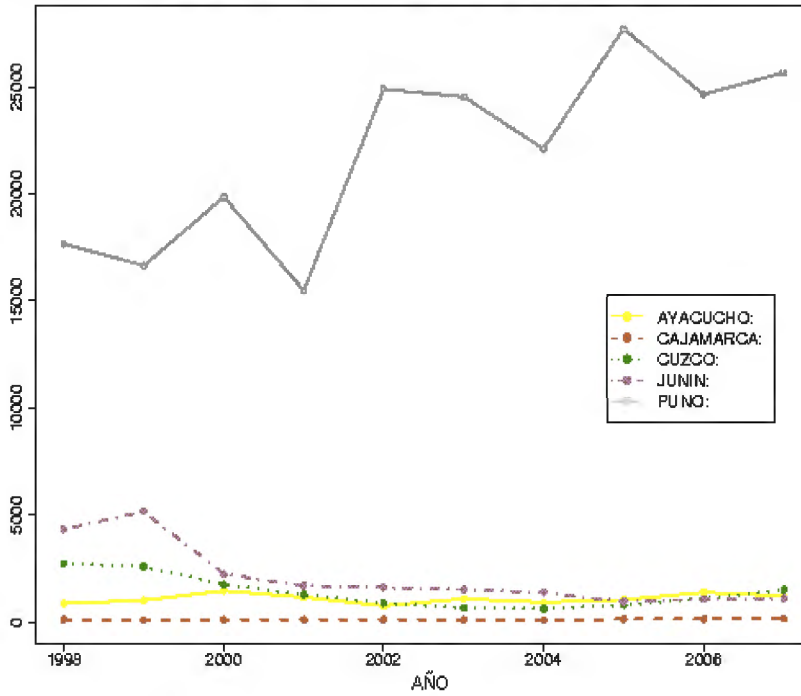
FUENTE: MINAG estadísticas 2008.

**CUADRO 3: Siembra de principales departamentos del grano de quinua-
Campañas agrícolas 1998 al 2007**

PRODUCCION (t)					
Años	AYACUCHO	CAJAMARCA	CUZCO	JUNIN	PUNO
1998	856	108	2706	4287	17663
1999	1002	83	2571	5125	16649
2000	1444	109	1737	2229	19852
2001	1144	113	1274	1683	15484
2002	752	114	876	1599	24902
2003	1070	104	661	1506	24542
2004	914	77	614	1366	22102
2005	1031	131	796	949	27719
2006	1368	141	1075	1049	24652
2007	1209	151	1493	1096	25667

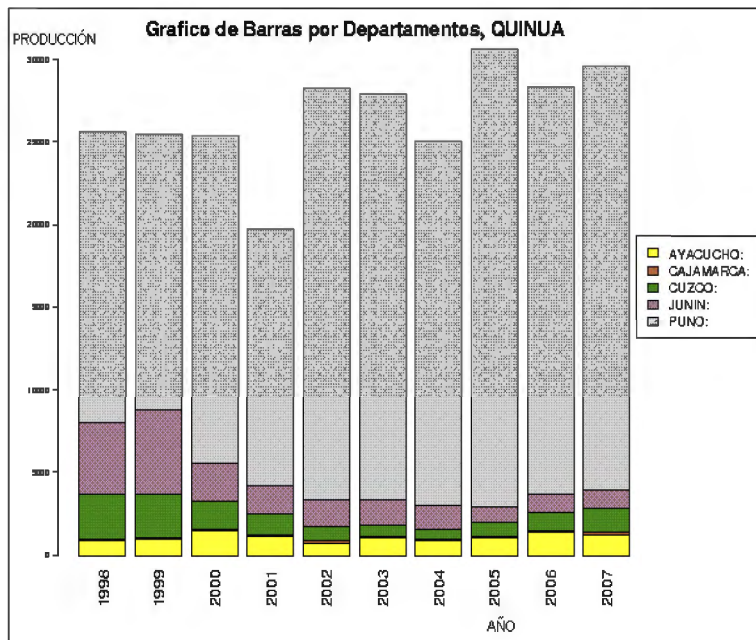
FUENTE: MINAG estadísticas 2008.

PRODUCCIÓN(TN) **Serie Histórica por Departamentos, QUINUA**



FUENTE: MINAG estadísticas 2008.

Fig. 2: Serie histórica de producción de quinua



FUENTE: MINAG estadísticas 2008.

Fig.3: Producción de quinua (1998-2007)

2.1.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL.

Cardozo y Tapia (1979), afirman que el grano de quinua no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas, aunque supera en este nutriente a los cereales más importantes.

El verdadero valor de la quinua está en la calidad de su proteína, es decir en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana que le otorga un alto valor biológico.

En el cuadro 4 se puede observar la ventaja de la proteína de la quinua con respecto a otros granos.

CUADRO 4: Composición proximal (%) de quinua y otros granos.

Grano	Humedad	Ceniza	Proteína	Grasa	Carbohidratos	Fibra cruda
Quinua	10-13	3	12-19	5-10	61-74	2-3
Trigo	13	2	14	2	69	1
Avena	8	2	14	8	68	1
Arroz	15	1	8	1	78	2
Maíz	15	2	13	4	66	3

FUENTE: Ahamed *et al.*(1998)

La quinua 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.

La quinua contiene vitaminas del complejo B: Tiamina (B1), Riboflavina (B2), Niacina (B3) y Ácido fólico (B9), del complejo A (carotenos) y del complejo C (Ácido ascórbico), se detallan en el cuadro 5.

Del cuadro se observa que la quinua es muy rico en Betacaroteno (5300 µg/100 g) y de igual manera en Riboflavina (0.2-0.3 mg/100g) y Ácido fólico (78.1 µg/100 g).

CUADRO 5: Contenido de vitaminas en quinua y otros cereales (mg/100 g).

VITAMINAS	QUINUA	TRIGO	ARROZ
Vitamina C	16.4	0.0	3.4-7.2
Tiamina	0.2-0.4	0.5	0.2
Riboflavina	0.2-0.3	0.2	0.1
Niacina	0.5-0.7	5.5	1.9
Ácido fólico*	78.1	78.0	20.0
Caroteno*	5300	64.0	0.0

FUENTE: Ahamed *et al.*, (1998)

(*) Expresado en $\mu\text{g}/100\text{ g}$.

En cuanto al contenido de minerales la quinua es rica en Potasio, Calcio, Fósforo, Magnesio y Hierro en comparación con otros cereales como el trigo y el arroz los cuales se muestran en el cuadro 6.

CUADRO 6: Contenido de minerales en quinua y otros cereales (mg/100 g proteína).

MINERALES	QUINUA	TRIGO	ARROZ
Potasio	845.0-1201.0	370.0	70.0-150.0
Calcio	70.0-874.0	29.0-48.0	0.0-40.0
Fósforo	355.0-5350.0	355.0	160.0-230.0
Magnesio	161.0-2650.0	128.0	48.0-60.0
Sódio	2.7-22.0	3.0	8.0-9.0
Hierro	6.3-81.0	11.5	3.0
Manganeso	1.9-33.0	5.0	2.0
Zinc	1.2-36.0	2.0	2.0
Cobre	0.7-1.0	0.5	10.3-0.7

FUENTE: Ahamed *et al.*, (1998)

Con respecto al contenido de carbohidratos se realizó investigaciones en tres variedades de quinua, notándose la variación en cuanto a la cantidad de almidones presentes en cada variedad, cuadro 7.

CUADRO 7: Contenido de carbohidratos en tres variedades de quinua (%).

CARBOHIDRATOS	QUINUA ROJA	QUINUA AMARILLA	QUINUA BLANCA
Almidón	59.0	58.0	64.0
Azúcar reductor	2.0	2.0-3.0	2.0
Fibra cruda	2.0	3.0	2.0
Pentosano	3.0	3.0	4.0
Fibra dietaria	ND	9.0	ND

FUENTE: Rahnotra *et al.*, (1993)

ND= No determinado.

La fibra dietaria está compuesta de las fracciones solubles e insolubles. La fibra dietaria insoluble contiene: Celulosa, algunas hemicelulosas y lignina, mientras que la fibra dietaria soluble contiene: gomas, pectinas y partes solubles de hemicelulosas (Ruales, 1994).

La fibra soluble es importante por los beneficios que aporta en el proceso de digestión, por su capacidad para absorber agua, captar iones, absorber compuestos orgánicos y formar geles, el Cuadro 8 nos detalla el contenido de fibra insoluble, soluble y la fibra dietética total presentes en la quinua

CUADRO 8: Contenido de fibra insoluble, soluble y fibra dietética total (FDT) en quinua (g/100 g).

Muestra	Fibra insoluble	Fibra soluble	FDT
Quinua	5.31	2.49	7.80

FUENTE: Repo – Carrasco (1992).

En cuanto a los componentes antinutricionales la quinua posee saponinas, ácido fítico, taninos y tripsina. En gran medida saponinas en comparación con la soya, cuadro 9.

CUADRO 9: Contenido de antinutrientes en quinua.

GRANOS	SAPONINAS (mg/g)	ÁCIDO FÍTICO (mg/g)	TANINOS (%)	TRIPSINA (ppm)
QUINUA	9.0-21.0	10.0	0.50	1.4-5.0

FUENTE: Ahamed *et al.*, (1998)

2.1.3.1. CALIDAD DE PROTEÍNA EN EL GRANO DE QUINUA.

El estudio analítico de las fracciones que forman la proteína de quinua ha sido estudiada por Prakash *et al.*(1998), identificando albúminas (31%) y globulinas (37%) en gran medida en extractos de granos de quinua, Cuadro 10.

CUADRO 10: Porcentaje de fracción proteínica en quinua y trigo.

Fracción proteínica	Quinua	Trigo
Albúminas	31.0	3.0-5.0
Globulinas	37.0	6.0-10.0
Prolaminas	0.8	40.0-50.0
Glutelinas	11.5	30.0-40.0
Residuo	19.7	21.0

FUENTE: Prakash *et al.*, (1998)

La calidad de la proteína depende del contenido de aminoácidos esenciales. La proteína del huevo o de la leche han sido consideradas ser las mejores proteínas sobre la base de su utilización por los animales, de modo que la

calidad de otras proteínas pueden ser determinadas por comparación del contenido de sus aminoácidos esenciales con los del huevo o la leche. Por ejemplo, la quinua de la variedad reno, contiene mayor cantidad de lisina (81 mg/ g de proteína) que la proteína de huevo (70 mg/g de proteína).

Cuando se habla de proteínas hay que tomar en cuenta dos aspectos básicos: la cantidad y la calidad. La cantidad de proteína es un cálculo hasta cierto punto difícil y para ello es necesario determinar el porcentaje de humedad que contiene la quinua; sin embargo esta cantidad no es tan importante como la eficiencia con la que el cuerpo puede utilizar las proteínas ingeridas. Esto lleva al segundo punto, el de la calidad de la proteína de quinua, y aquí se trata de la superioridad en contenido de aminoácidos esenciales en relación a las proteínas de los cereales, es decir, cuántos y qué cantidad de aminoácidos esenciales proporcionan al organismo cada proteína para la síntesis de tejidos.

La gran ventaja del grano de la quinua nutritivamente está en la calidad de sus proteínas, en los aminoácidos presentes en ella, se tiene la evidencia científica que los aminoácidos componentes de una proteína deben estar presentes en los tejidos antes de la síntesis. En el cuadro 11 se realiza una comparación de los aminoácidos presentes en la quinua y otros cereales.

CUADRO 11: Contenido de aminoácidos esenciales en proteína de quinua y otros cereales (g/100 g proteína).

Aminoácidos	Quinua	Trigo	Arroz
Histidina	3.2	2.0	2.1
Isoleucina	4.4	4.2	4.1
Leucina	6.6	6.8	8.2
Lisina	6.1	2.6	3.8
Metionina + Cisterna	4.8	3.7	3.6
Fenilalanina+Tirosina	7.3	8.2	10.5
Treonina	3.8	2.8	3.8
Triptófano	1.1	1.2	1.1
Valina	4.5	4.4	6.1

FUENTE: Koziol, (1992)

Como se puede observar la proteína de quinua contiene: Histidina, Isoleucina, Leucina, Lisina, Metionina+ Cistena, Fenilalanina+Tirosina, Treonina, Triptófano y Valina.

Es notorio que la proteína de quinua contiene más Lisina (6.1 g/100g) y Metionina+Cisteina (4.8 g/100g) en comparación con las proteínas del trigo y el arroz. Así mismo investigaciones realizadas realizaron comparaciones en cuanto al contenido de aminoácidos en las distintas variedades de quinua y se pudo notar que el contenido de Lisina es en el rango de 7.36 g/100g a 6.13 g/100g. y el de Isoleucina en el rango de 6.88 g/100g a 7.05 g/100g.

CUADRO 12: Contenido de aminoácidos en g/100g de proteínas en tres variedades de quinua.

Variedad	Quinua Rosada	Quinua Blanca	Quina Blanca Dulce
Fenilalanina	3,85	4,05	4,13
Triptófano	1,28	1,30	1,21
Metionina	1,98	2,20	2,17
Leucina	6,50	6,83	6,88
Isoleucina	6,91	7,05	6,88
Valina	3,05	3,38	4,13
Lisina	6,91	7,36	6,13
Treonina	4,50	4,51	4,52
Arginina	7,11	6,76	7,23
Histidina	2,85	2,82	3,46

FUENTE: Collazos *et al.* (1996).

La FAO (1985) señala que una proteína es biológicamente completa cuando contiene todos los aminoácidos esenciales en una cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido en una proteína de patrón. Las proteínas que poseen uno o más aminoácidos limitantes, es decir que se encuentran en menor proporción que la establecida para la proteína patrón, se consideran biológicamente incompletas, debido a que no puede utilizarse totalmente.

La calificación de una proteína como nutricionalmente adecuada depende principalmente de su capacidad para satisfacer los requerimientos de nitrógeno y de aminoácidos esenciales. Los requerimientos del nitrógeno y de aminoácidos, son por lo tanto, la medida más lógica para predecir la calidad de una proteína.

CUADRO 13: Composición de aminoácidos de proteínas de origen animal de buena calidad y proteína de quinua (mg de aminoácidos/g de proteína).

Aminoácidos (mg/g de proteínas crudas)	Huevo	Leche entera de vaca	Carne de res	Quinua
Histidina	22	27	34	31
Isoleucina	54	47	48	53
Leucina	86	95	81	63
Lisina	70	78	89	64
Metionina + Cistina	57	33	40	28
Fenilalanina + Tirosina	93	102	80	72
Treonina	47	44	46	44
Triptófano	17	14	12	9
Valina	66	64	5	48
Total incluida histidina	512	504	479	412
Total excluida histidina	490	477	445	381

FUENTE: FAO/OMS/UNU (1985).

El valor nutricional de una proteína puede ser definido como el grado por el cual las ingestas son suficientes en cantidad para satisfacer los requerimientos de nitrógeno de un individuo y al mismo tiempo sus requerimientos para cada uno de los aminoácidos esenciales para la síntesis de proteínas tisulares.

Estos resultados no sólo tienen implicancia nutricional, sino desde el punto de vista económico. Ellos sugieren la factibilidad de utilizar la quinua en los regímenes alimentarios y en los programas sociales en forma más racional, como estrategia para prevenir la desnutrición pluricarencial. Esto también significa, que los pueblos que enfrentan el problema de la desnutrición no tengan que depender de las llamadas "fuentes de proteínas de alta calidad", que son en su mayoría importadas, sino también, que se respete la cultura de los hábitos alimentarios.

2.1.3.2. CÓMPUTO O SCORE QUÍMICO

Los métodos más comunes para determinar la calidad de las proteínas alimenticias se dividen en químicos y biológicos.

Dentro de los métodos químicos se encuentra el método de cómputo químico, conocido como puntaje químico, número químico o score químico propuesto por Mitchell y Block (1946), este método se basa en calcular el porcentaje de presencia de los aminoácidos esenciales, con respecto al patrón de referencia de aminoácidos esenciales para niños mayores de un año y adultos g/100 g (FAO/OMS, 1985). El porcentaje del aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100% y equivale al de una proteína ideal o de referencia: por el contrario, si una proteína es carente en un aminoácidos esenciales su SQ es cero.

Los patrones de referencia, reciben este nombre debido a que son proteínas que permiten una óptima síntesis proteica por lo que son utilizados como modelos, referencias o mezclas aminoacídicas deseables.

$$\text{Cómputo químico} = \frac{\text{g AAE. Alimento o mezcla}}{\text{g AAE. Proteína patrón}}$$

El cómputo aminoacídico califica las proteínas, estableciendo una comparación porcentual entre la composición aminoacídica de una proteína patrón que garantiza una óptima síntesis proteica y la composición aminoacídica de la proteína o mezcla proteica a evaluar.

Las proteínas son compuestos que participan en una serie de reacciones orgánicas en forma permanente a fin de permitir mantener la vida. En forma continua se producen procesos de construcción y destrucción de componentes nitrogenados.

El último objetivo de la ingestión de proteínas es la provisión de aminoácidos, componentes responsables de la síntesis proteica de todo ser vivo.

El organismo para cubrir la demanda de aminoácidos hace uso del pool de aminoácidos provenientes de las vías exógenas y endógenas.

No todas las proteínas presentan la misma capacidad de aportar aminoácidos útiles para favorecer la síntesis proteica (Biolley, 2007).

2.1.4. USOS E INDUSTRIALIZACIÓN DE LA QUINUA.

Se puede usar la quinua como grano entero, hojuelas o harina en diversos productos, se puede producir una leche de quinua, y además tiene potencial importante en la elaboración de alimentos para personas alérgicas al gluten, en cereales para desayuno, pastas alimenticias, y galletas, entre otros. La quinua también puede usarse en la elaboración de gránulos y forrajes para la alimentación animal, así como cultivo de cobertura para protección de la fauna silvestre. Finalmente, su almidón, proteínas y saponinas tienen un potencial de usos industriales.

La quinua está considerada como una especie de muchos usos agroindustriales (Galwey, 1993). La semilla puede utilizarse para la alimentación humana, y como alimento para animales. Las ventajosas propiedades específicas de la quinua deben ser identificadas y explotadas, y

se debe desarrollar tecnologías que permitan la utilización de tales propiedades, para que la quinua pueda competir con otras materias primas que generalmente son baratas, fácilmente disponibles y de calidad aceptable. El almidón, que forma gránulos pequeños, tiene varias aplicaciones industriales potenciales. Los posibles productos industriales de quinua sugeridos son harina, almidón, excipientes en la industria plástica, talcos y polvos anti-offset y proteínas complementarias para mejorar el equilibrio de aminoácidos de los alimentos humanos y animales. Las saponinas quizás sean interesantes como insecticidas, antibióticos y fungicidas, y también utilizadas en la industria farmacéutica, sugerido como un mediador de la permeabilidad intestinal, que podría ayudar la absorción de medicamentos específicos, y para reducir el nivel del colesterol. Además se pueden utilizar semillas tostadas o extruidas para hacer dulces, snacks, leche etc.

Se puede usar el grano grande de quinua como semilla o para comercialización e industrialización, el grano mediano para consumo directo y el grano pequeño o quebrado para harinas (Tapia, 1996).

La adecuada tecnología de preparación final de la quinua, como en cualquier alimento, tiene un papel decisivo para su aceptación. La selección de procesos y recetas adaptadas a los usos y costumbres locales podría tener un papel trascendental en la apertura de nuevos mercados para quinuas adecuadamente desamargadas. Cada día se va ampliando más el horizonte de la utilización de la quinua para la elaboración de alimentos modernos de alta calidad.

La mayor proporción de transformados son las hojuelas de quinua, por la aceptación de este derivado, seguido por la harina de quinua que se destina a la elaboración de galletas, pan de quinua y otras masas de repostería (Yana, 2005).

En cuanto a la harina de quinua se emplea para enriquecer harinas de panificación en la elaboración de galletas, barras de cereal, tartas, fideos, rebozados, alimentos para niños etc., aportando un alto valor nutritivo.

En cuanto a sus usos industriales potenciales tenemos: En forma de aceite, la quinua se destaca del resto de los cereales por su importante contenido y calidad de aceite. Se estima que el aceite de quinua podría seguir el camino del de maíz, que se difundió por un lado gracias al contenido y composición del aceite, pero fundamentalmente por la demanda de otros productos derivados de este grano, tales como edulcorantes de maíz, etanol y almidón.

El grano de quinua posee un contenido de aceite promedio del 6%, superior al del maíz. Al igual que en este cereal, el aceite se encuentra concentrado en el germen, que representa el 30% en peso del grano. Como el germen de la quinua rodea al endospermo, puede ser fácilmente removido y así obtener una fracción que contenga 20% de aceite.

La composición de ácidos grasos del aceite de quinua es similar a la del maíz. Las altas concentraciones de ácido linoleico y linolénico los hacen muy susceptibles a la rancidez, pero ambos aceites tienen altos contenidos de antioxidantes naturales llamados isómeros de tocoferol.

En cuanto a las saponinas de la quinua, son sustancias que se encuentran en la superficie del grano, poseen propiedades detergentes muy fuertes, forman espuma estable en soluciones acuosas y presentan actividad hemolítica y sabor amargo, tóxicas para animales de sangre fría. Estas saponinas pueden encontrar nichos de mercado en la industria farmacéutica o en la de pesticidas.

La proteína de la quinua es de una excepcional altísima calidad, que superan, en crudo y en cocido a la de la caseína, por lo que las tortas de germen exprimido de quinua pueden transformarse en un importante complemento proteico para mejorar la calidad nutricional de la alimentación de seres humanos y de ganado.

En cuanto a los carbohidratos es usado como sustitutos de las cremas, el endospermo contiene un almidón de calidad inusual pues, a pesar que la mayoría de los gránulos de almidón poseen un diámetro inferior a los 3

micrones, gelatinizan a bajas temperaturas y presentan una alta viscosidad. Recientemente la *Nutrasweet Company* comenzó a explotar las propiedades del almidón de quinua y obtuvo una patente europea para elaborar un carbohidrato como sustituto de la crema.

En conclusión la excelente composición de los granos de quinua ofrece una gama de oportunidades para el desarrollo agrícola, agroindustrial, económico y social de las zonas rurales andinas, cuando se armonizan avances en la producción con los agroindustriales, comercialización, consumo y disponibilidad de insumos (Carrera, 1995).

2.1.4.1. EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN LA QUINUA.

Los procesos que utilizan calor seco, como el tostado y el expandido, pueden disminuir notablemente la disponibilidad de lisina, que es termolábil y además puede reaccionar con otros componentes del grano (Reacción de Maillard, por ejemplo) disminuyendo su biodisponibilidad.

Tellería *et al.* (1976) determinaron el efecto térmico de la proteína en cuatro variedades de quinua: blanca, Sajama y colorada. El Cuadro 16, muestra el efecto del lavado y del calor sobre la desnaturalización de la proteína. El proceso del lavado y remojo libera algunos aminoácidos del episperma que están enlazados con carbohidratos complejos (celulosa, hemicelulosa, beta-glucanos y glucofructanos, pentosanos); glucósidos (saponinas) o glucoproteínas (lectinas).

Con el proceso térmico, se facilita la digestibilidad de la proteína y de los almidones del grano de quinua (gelatinización). Se entiende por desnaturalización de una proteína a la alteración irreversible de la conformación nativa (estructura secundaria, terciaria, cuaternaria), que se produce sin la ruptura de enlaces covalentes (con excepción de los enlaces disulfuro).

La preparación de la quinua, no escapa de las alteraciones químicas que se producen en toda proteína, cuyo tipo y magnitud dependen de diversos parámetros: la variedad de quinua, las condiciones del procesamiento tales como temperatura, pH y presencia de oxígeno. Los resultados de estas reacciones pueden alterar el valor biológico de la proteína. Por ejemplo:

- a) Transformación de los aminoácidos esenciales en compuestos derivados, que no pueden ser utilizados por el organismo.
- b) Disminución de la digestibilidad por uniones intra e intercatenarias.
- c) Destrucción de aminoácidos esenciales.

En algunas regiones los campesinos desamargan la quinua sometiendo el grano al calor y luego la lavan. Este proceso de tostado con calor seco es utilizado por algunas empresas para eliminar la cáscara que contiene saponinas (Tapia, 1997). Después del tostado los granos de la quinua adquieren una coloración marrón que es producto de la presencia de azúcares reductores que producen una reacción de Maillard entre los grupos Epsilon-amino de los restos de lisina, que en presencia de glucosa conducen a la formación de Epsilon-N-desoxi-fructosil-1- lisina ligadas a las proteínas. La lisina en esta forma no es biológicamente útil.

En el proceso de desaponificación por tostado y posterior uso de fricción simple con NaCl (Tapia, 1997), el pH alcalino produce pérdida de lisina, cistina, serina, treonina, arginina y otros aminoácidos (Belitz *et al.*, 1997) y se forman ornitina, aloisoleucina y lisinoalanina como nuevos productos.

El uso del lavado casero y los procesos húmedos industriales para la extracción de las saponinas parecen ser los más adecuados, como lo confirma el estudio de Tellería (Cuadro 15). Sin embargo, no se pueden extrapolar totalmente estos resultados cuando se prepara una comida a base

de grano de quinua, porque en la preparación intervienen otros factores culinarios.

CUADRO 14: Composición de aminoácidos de cuatro variedades de granos integrales de quinua lavados y sometidos a cocción de 87°C (mg de aminoácidos/g de proteína)

	Amarilla		Blanca		Colorada		Sajama	
Aminoácidos	Integral	87 °C	Integral	87 °C	Integral	87 °C	Integral	87 °C
Ile.	24.6	43.3	37.7	47.2	33.1	41.7	32.4	29.5
Leu.	59.0	91.5	72.2	101.0	74.1	82.3	69.2	63.6
Lis.	51.5	80.0	67.6	87.7	63.6	82.6	59.6	51.3
AAST	11.2	15.3	20.1	27.5	14.2	23.8	21.0	23.4
AAAT	48.3	74.8	61.9	82.9	62.6	83.1	61.8	58.2
Tre.	29.2	45.9	37.2	52.1	41.1	42.3	35.7	33.1
Trp.	8.4	9.1	8.8	12.0	8.2	8.7	10.0	10.4
Val.	34.6	54.5	48.0	58.6	45.4	43.6	37.2	41.0
His.	21.3	31.0	27.5	33.0	27.7	26.4	25.2	21.3

FUENTE: FAO/OMS/UNU (1985).

AAST= metionina + cistina.

AAAT= fenilalanina + tirosina

2.1.4.2. HARINA DE QUINUA PRECOCIDA.

La harina de quinua precocida es el resultado de la cocción de la quinua, secada y respectivamente ser molida o pulverizada.

La cocción de la quinua en agua no disminuye el contenido de aminoácidos, al contrario su valor biológico se incrementa en valores de eficiencia alimenticia.

La quinua cruda es 12% más eficiente que la harina de trigo y la cocida es de

18% en valores de coeficiente de eficiencia proteica (CEP), la quinua cocida tuvo valores similares que la caseína pero la quinua cruda fue 33% más baja.

La eficiencia del Nitrógeno para el crecimiento (ENC) de la quinua cruda es similar al de la caseína, mientras que la quinua cocida tuvo un ENC 25% más alto que la caseína.

El calentamiento en seco (horno) produce una disminución del 40% de Metionina, 7% de la Lisina y 20% de Triptófano (Instituto de Investigaciones Agroindustriales-Proyecto III, 1977).

El procedimiento general para la obtención de harina de quinua precocida se desarrolló en base a las líneas de flujo establecidos por Buendía (1981).

A. LIMPIEZA.- Con la finalidad de eliminar el contenido de impurezas tales como: piedras pequeñas, tallos y pajas usando tamices de 2mm. Y luego pasando por tamices de 1.2 mm. se elimina la tierra, piedras pequeñas y pajillas.

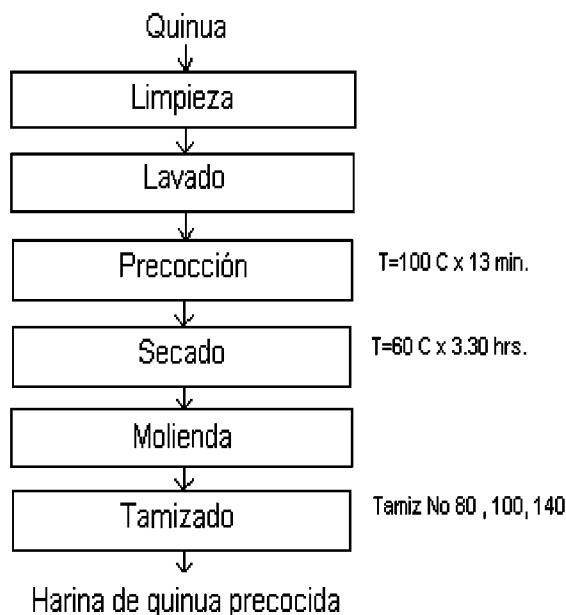
B. LAVADO.-El lavado tiene la finalidad de eliminar la cáscara y saponinas. Se realiza 4 veces con agua a 45 ° C y otra con agua fría.

C. PRECOCCIÓN.- Se realiza con vapor directo a 100 ° C por 14 min.

D. SECADO.-Se realiza con el secador de túnel en corriente de aire circulante a 60 ° C por un tiempo de 3 hrs. y 30 min.

E. MOLIENDA.- Se realiza una premolienda en el mortero eléctrico luego se lleva a una molienda más fina con un molino de martillo (de 5 HP).

F. TAMIZADO.- El producto molido se tamiza con las mallas No 80, 100 y 140 de la serie Taylor.



FUENTE: Buendía (1981)

Fig. 4: Diagrama de flujo de proceso de obtención de harina de quinua precocida.

2.2. ASPECTOS GENERALES SOBRE EL PAN DE MOLDE

2.2.1. DEFINICIÓN

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), pan de molde es el producto obtenido por la cocción en moldes, de una masa fermentada hecha básicamente con harina de trigo, agua potable, sal, azúcar, levadura y manteca, pudiendo tener otros ingredientes y aditivos permitidos.

2.2.2. CLASIFICACIÓN

Según la Norma Técnica Peruana NTP 206.004 (INDECOPI, 1988), según el grado de extracción de la harina utilizada, el pan de molde se clasificará en:

- PAN INTEGRAL: Es el pan de molde elaborado con harina integral.
- PAN BLANCO: Es el pan de molde elaborado con harina, con un máximo de 82% de extracción.

- PAN CORRIENTE: Es el pan de molde elaborado con harina de más de 82% hasta 86% de extracción.
- PAN TOSTADO DE MOLDE: Es el producto que como producto anterior tiene el pan de molde y que ha sido tostado (o secado) bajo condiciones controladas.

2.2.3. ELABORACIÓN DEL PAN DE MOLDE

2.2.3.1. MÉTODOS DE ELABORACIÓN DEL PAN DE MOLDE.

Los principales métodos de elaboración actualmente son:

-Método de masa directa, en este método todo los componentes de la masa son mezclados y combinados en una sola etapa. En el mezclado se trata de obtener una masa suave con un óptimo de elasticidad. La masa se fermenta por 2 a 4 horas y ocasionalmente se realiza el “punch” durante este periodo.

- Método de esponja, en este método el volumen de harina a utilizar es dividido en dos partes: una de ellas es mezclada con levadura y agua, dejándole fermentar cierto tiempo, a esta masa se le llama “esponja”, la cual se mezcla con la otra cantidad de harina y los otros ingredientes (masa).

La cantidad de harina a utilizar en la “esponja” y en la masa está regulada por el tipo de harina y el tipo de producto a elaborar. (Carrera, 1995)

2.2.3.2. ETAPAS DEL PROCESAMIENTO DEL PAN DE MOLDE

Las etapas para el procesamiento del pan de molde son las siguientes:

El método utilizado es el de masa directa procedimiento reportado por el Servicio Nacional de Aprendizaje - Colombia (SENA). Manual sobre el proceso de panificación (1985).

A. PESAJE Y MEDICIÓN: se hace de acuerdo con las cantidades establecidas en la formulación para cada producto, este pesaje se debe

realizar lo mas preciso posible de lo contrario los productos saldrán con muchos defectos.

B. MEZCLA Y AMASADO: los objetivos de este paso son la distribución homogénea de los ingredientes y un adecuado desarrollo del gluten. Los métodos mas empleados son el directo en el cual todos los ingredientes se mezclan al mismo tiempo y el de esponja en el cual inicialmente solo se mezclan la mitad de los ingredientes, completándose la mezcla después de la fermentación.

C. FERMENTACIÓN: la masa se coloca en un cuarto con temperatura y humedad controlada, en estas condiciones los almidones de la harina se transforman en azúcares y estos en alcohol y gas carbónico el cual hace que el volumen del pan se aumente. El proceso de fermentación es de tres tipos:

- La fermentación en masa o punteado que comprende desde el amasado hasta las primeras etapas del corte.
- La fermentación intermedia que abarca desde las ultimas partes del corte hasta el moldeo
- La denominada fermentación final en la cual se da el máximo desprendimiento de CO₂

D. DIVISIÓN O CORTE: Luego de la fermentación se divide la masa en tantas porciones como panes se vayan a fabricar. Para ello se emplea una maquina cortadora divisora, para obtener un peso similar en cada pan se debe tener en cuenta la perdida de peso de la masa por deshidratación.

Cuando la masa total no sufre una "prefermentación", simplemente se forman los panes con el tamaño deseado y pasamos los panes al cuarto de fermentación (Cepeda y Corchuelo, 1991).

E. BOLEO O REDONDEO: con cada porción de masa se hace una bola compacta. Este paso es generalmente manual y se realiza presionando la

masa con la palma de la mano en forma circular. Esto se hace con el fin de que los trozos de masa reposen antes de ser formados por un tiempo de 10 a 20 minutos.

F. MOLDEADO: cada bola de masa se extiende con un rodillo y se procede a dar la forma que corresponda al tipo de pan que se esta elaborando.

G. LEUDACIÓN (FERMENTACIÓN FINAL): los panes moldeados se colocan nuevamente en el cuarto de fermentación donde crecen aproximadamente el doble de su tamaño a una temperatura de 30-35°C y una humedad entre 80-85%.

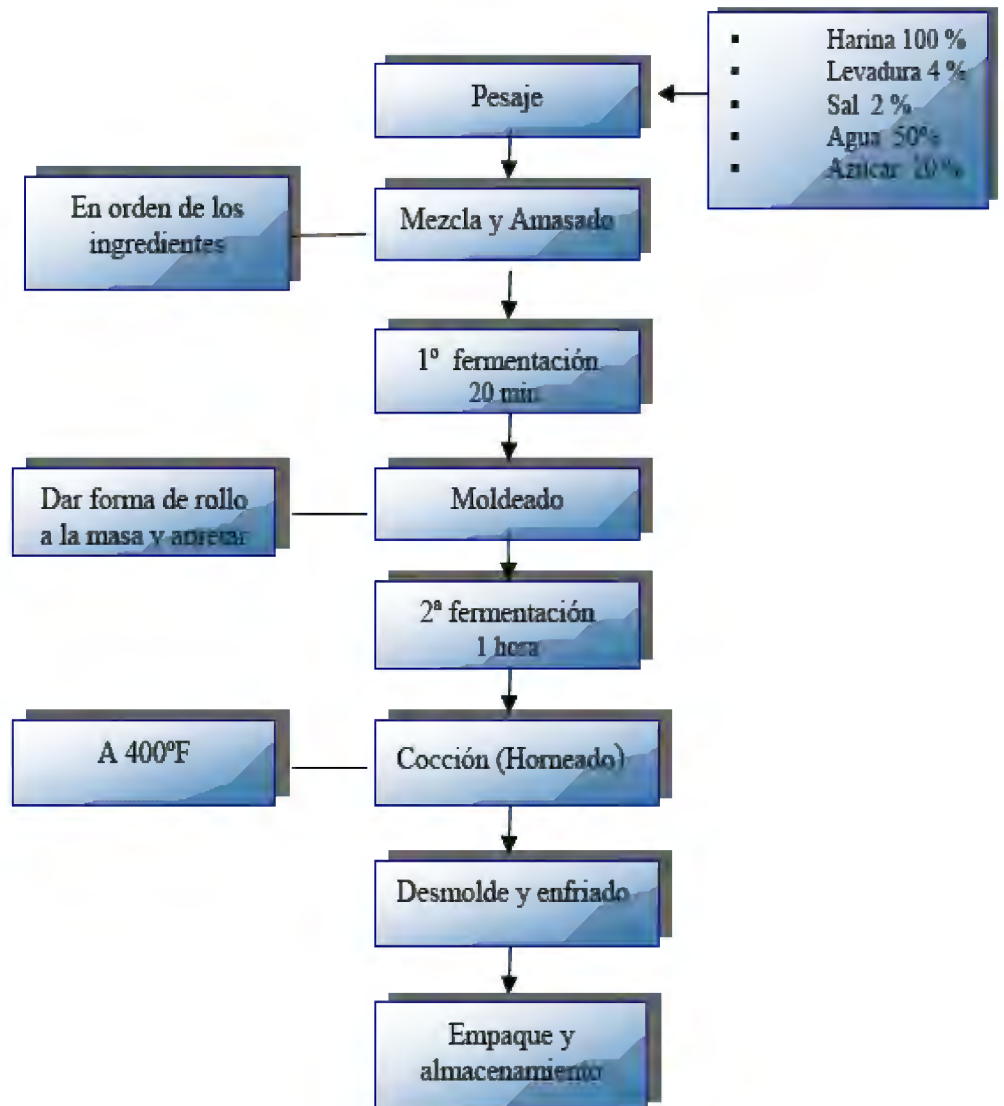
H. BRILLADO: los panes se brillan aplicándoles generalmente una mezcla de huevo y agua, con una brocha común.

I. HORNEADO: finalmente los panes se colocan en el horno a una temperatura acorde con el tamaño y el tipo de pan. Esta etapa sucede en dos fases:

- Cuando el producto adquiere una temperatura interna de 45-50°C la producción de gas se inactiva por la muerte de la levadura y da el volumen final del pan y la miga se expande por la acción del gas; cuando el producto tiene una temperatura interna entre 60 - 70°C hay coagulación de proteína y gelatinización de los almidones, el producto pierde su plasticidad y adquiere la forma definitiva del pan.

- En la segunda etapa ocurre el secado que forma la corteza y el cocimiento del pan (Othon, 1996).

J. ENFRIAMIENTO Y ALMACENAMIENTO: debe efectuarse a temperatura ambiente no todos los tipos de pan se empacan pero cuando se hace no se deben empacar panes aun calientes (27-30°C) y no empacar en polietilenos que contengan polímeros tóxicos (SENA, 1985).



FUENTE: Servicio Nacional de Aprendizaje - Colombia (SENA). Manual sobre el proceso de panificación (1985).

Fig. 5: Diagrama de flujo para la elaboración de pan de molde

2.2.4. INGREDIENTES PARA LA ELABORACIÓN DEL PAN DE MOLDE.

Los ingredientes indispensables o básicos en la elaboración del pan de molde son: la harina de trigo, el agua, la levadura y la sal. Si faltará sólo uno de estos ingredientes no se podría elaborar el pan de molde. Estos ingredientes

son los responsables de las características, apariencia, textura y sabor del pan.

Los ingredientes secundarios son: el azúcar, la grasa, el suero de leche y aditivos. Se puede producir pan de molde sin estos ingredientes, pero si queremos tener mayor calidad en los panes de molde, debemos de utilizarlas de todas maneras.

A continuación se detallan cada uno de los ingredientes:

2.2.4.1. HARINA DE TRIGO

Según la Legislación peruana, harina es el producto resultante de la molienda del grano de trigo (*Triticum aestivum* L.) con o sin separación parcial de la cáscara (ITINTEC, 1982). La designación “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. A los productos obtenidos de la molienda de otros granos (cereales y menestras), tubérculos y raíces le corresponde la denominación de “harina” seguida del nombre del vegetal de que provienen. A este tipo de harinas se les denomina sucedáneas según ITINTEC (1976).

La harina de trigo es la materia prima esencial en el completo sentido de la palabra: formadora de la masa para la elaboración de productos panificables. La harina de trigo tiene gluten que se forma por hidratación e hinchamiento de proteínas de la harina: gliadina y glutenina.

El hinchamiento del gluten posibilita la formación de la masa: unión, elasticidad y capacidad para ser trabajada, retención de gases y mantenimiento de la forma de las piezas.

La cantidad de proteína es muy diferente en diversos tipos de harina. Especial influencia sobre el contenido de proteínas y con ello sobre la cantidad de gluten tiene el tipo de trigo, época de cosecha y grado de extracción.

A las harinas que contienen menos proteína – gluten se las llama pobres en gluten, en cambio, ricas en gluten son aquellas cuyo contenido de gluten

húmedo es superior al 30 %. Harinas ricas en gluten se prefieren para masas de levadura, especialmente las utilizadas en la elaboración de masas para hojaldre. Para masas secas, en cambio, es inconveniente un gluten tenaz y formador de masa.

2.2.4.1.1. CLASIFICACIÓN DEL TRIGO PARA SU COMERCIALIZACIÓN EN EL MERCADO INTERNACIONAL.

Son varios los tipos de trigo que se cultivan alrededor del mundo; de acuerdo a su hábito de crecimiento éstos se clasifican en trigos invernales, primaverales e intermedios o facultativos. El trigo hexaploide (*Triticum aestivum*), comúnmente conocido como harinero, también se clasifica con base en el color de su grano en rojo y blanco. El trigo tetraploide (*Triticum durum*) es comúnmente conocido como durum o cristalino y tiene color ámbar.

Un ejemplo de clasificación del trigo, con base en su uso o procesamiento, es de acuerdo a su textura y características de fuerza de gluten (Cuadro 18). Los trigos de gluten fuerte y extensible (grupo 1) son necesarios en los procesos mecanizados de panificación (pan de molde en general) en los cuales las masas deben tolerar el trabajo intenso al cual son sometidas. Estos trigos también son utilizados como correctores de trigos de menor fuerza de gluten. Los trigos con gluten medio fuerte y extensible (grupo 2) son aptos para la producción semi-mecanizada y manual de pan a partir de masas fermentadas (pan blanco, pan de masa hojaldrada y pan dulce, moldeados manualmente y horneado sin molde) y no fermentadas (pan plano como el árabe, tortilla de harina, etc.). Por otro lado, los trigos de endospermo suave (o blando) y gluten débil (grupo 3), son requeridos en la industria galletera y de repostería. Estos trigos deben poseer un contenido de proteína menor que el de los trigos de los grupos 1 y 2. Los trigos de gluten tenaz (poco extensibles), del grupo 4, son altamente indeseables en la industria panificadora, ya que producen masas de panificación que, por el hecho de tener extensibilidad muy limitada, presentan poca tolerancia al

sobremezclado, deficiente capacidad de expansión durante la fermentación y el horneado, y pobres características de manejo y moldeado. El trigo cristalino o durum (grupo 5) produce semolina (harina gruesa) de color amarillo y posee un gluten medio fuerte a fuerte y tenaz, adecuado para elaborar pastas alimenticias muy densas y resistentes.

CUADRO 15. Clasificación del trigo con base en sus características generales de calidad y su uso industrial.

Grupo de calidad	Fuerza de gluten	Uso industrial	Observaciones
Grupo 1 (F)	Fuerte/extensible	-Panificación mecanizada -Mejorador de trigos de menor fuerza de gluten	Endospermo duro a semi-duro
Grupo 2 (M)	Medio/extensible	-Panificación manual y semi-mecanizada	Endospermo duro a semi-duro
Grupo 3 (S)	Débil/extensible	-Galletería y repostería -Panificación artesanal	Endospermo suave (blando)
Grupo 4 (T)	Medio/tenaz (poco extensible)	-Algunos productos de repostería	Endospermo duro a semi-duro No panificable
Grupo 5 (C) (<i>T. durum</i>)	Fuerte/tenaz	-Elaboración de pastas alimenticias (espagueti, etc.)	Endospermo muy duro y cristalino No panificable

FUENTE: Peña *et al.*, 1991.

2.2.4.1.2. CANTIDAD DE PROTEÍNA. El contenido de proteína del grano de trigo puede variar entre 9 y 17%, dependiendo de factores genéticos y factores asociados con el cultivo del cereal. Una propiedad única del trigo es que cuando su proteína insoluble hace contacto con el agua, forma el gluten que confiere visco-elasticidad a la masa de panificación. Por lo tanto, el gluten es el componente del grano de trigo más determinante de la calidad

del mismo. Esta propiedad del trigo es una de las principales razones de que sea el cereal más cultivado del mundo (la otra es su gran adaptabilidad a diversos ambientes).

La proteína del gluten representa entre 78 y 85% de la proteína total del endospermo de trigo y, por lo tanto, las variaciones en el contenido total de proteína indican las variaciones en el contenido de gluten. Esta relación está bien establecida y, en consecuencia, cuanto mayor el contenido de proteína (y de gluten) mayor será la calidad (fuerza de gluten) de panificación de la variedad. Por esto, el contenido de proteína es un factor importante en la comercialización del trigo.

2.2.4.1.3. CALIDAD DE PROTEÍNA. La cantidad de proteína, por sí sola, no siempre puede explicar las diferencias en las propiedades viscoelásticas de las masas de diferentes variedades. Por lo tanto, la calidad de la proteína del gluten es también un factor determinante (Weegels *et al.*, 1996).

La calidad de la proteína del gluten (propiedades viscoelásticas o fuerza de gluten) depende de dos factores principales:

- a) La proporción de dos componentes denominados gliadina (proteína que confiere flujo viscoso a la masa) y glutenina (da elasticidad y extensibilidad a la masa), y
- b) La presencia de unidades específicas de glutenina, conocidas como gluteninas de alto (APM) y de bajo (BPM) peso molecular, que pueden contribuir de manera positiva o negativa a la obtención de gluten fuerte y extensible (Weegels *et al.*, 1996).

Debido a diferencias genéticas mayores, el trigo harinero tiene algunas proteínas del gluten que el trigo cristalino no posee (las del genomio D, Cuadro 19). Por esto, el gluten del trigo cristalino no presenta la extensibilidad necesaria para producir masas expansibles de panificación, lo cual, por el contrario, sí es favorable para elaborar pastas alimenticias rígidas y densas. Dado que la mayoría de las proteínas que contribuyen a la

formación de gluten se encuentran bajo control genético, éstas pueden ser manipuladas y recombinadas mediante el fitomejoramiento.

Los fitomejoradores pueden desarrollar variedades de trigo que posean distintos tipos de calidad de proteína (distintas propiedades viscoelásticas).

CUADRO 16. Principales genes relacionados con la calidad del trigo

Característica	Gen	Cromosoma
Dureza del grano	<i>Ha</i>	5DS
Puroindolinas	<i>Pina-D1</i>	5DS
	<i>Pinb-D1</i>	5DS
Almidón		
(contenido de amilosa y amilopectina)		
Enzimas del granulo de almidón	<i>Wx-1</i>	7AS,4AL,7DS
Proteínas de almacenamiento		
Gluteninas	<i>Glu-1</i>	1AL,1BL,1DL
	<i>Glu-3</i>	1AS,1BS,1DS
Gliadinas	<i>Gli-1</i>	1AS,1BS,1DS
	<i>Gli-2</i>	6AS,6BS,6DS
	<i>Gli-3</i>	1AS,1BS
Contenido de proteína	<i>Pro1, Pro 2</i>	5DL, 5DS
Enzimas		
Alfa-amilasas	<i>Alpha-Amy-1</i>	6AL,6BL,6DL
	<i>Alpha-Amy-2</i>	7AL,7BL,7DL

FUENTE: Weegels *et al.* (1996).

2.2.4.1.4. Clasificación de la harina de trigo

Del mismo modo Tejero (2002) clasifica comercialmente las harinas en varios grupos, los más importantes son:

-Harina Fuerza: Es la harina que contiene un elevado contenido de gluten, hecho que facilita que la masa pueda fermentar y retener el gas generado es una especie de burbujas. Debe proceder de trigos especiales o duros. Debido a que la harina puede absorber más cantidad de agua, da como resultado un pan más tierno y que aguanta más tiempo sin secarse.

-Harina Floja: Se utiliza para preparar aquellas elaboraciones de pastelería y repostería que no se deben trabajarse excesivamente para evitar que tomen correa.

Si se elabora un pan esta harina presenta problemas en la fermentación, la masa no esponja tanto, hace que quede más apelmazado, y tiende a secarse rápidamente.

-Harinas acondicionadas y enriquecidas: Las harinas no siempre reúnen las condiciones óptimas para poder proporcionar un buen resultado en las elaboraciones de pastelería que deban prepararse utilizando tecnología moderna.

En estas ocasiones se le añaden ciertos productos (aditivos) con objeto de mejorar el nivel de plasticidad de la masa obtenida y sus características organolépticas de sabor, aroma y color, así como reducir el tiempo de fermentación. En el caso de harinas enriquecidas únicamente se aumentan el número de nutrientes, por ejemplo las proteínas (Gallegos, 2003).

CUADRO 17. Composición de la harina de trigo

Componentes	Mínimo (%)	Máximo (%)
Proteínas	7.5	15.0
Cenizas	0.3	1.0
Grasas	1.0	1.5
Fibras	0.4	0.5
Carbohidratos	68.0	75.0

FUENTE: Weegels *et al.* (1996).

2.2.4.1.5. Composición de la harina de trigo

La harina se compone de:

A. CARBOHIDRATOS: ALMIDÓN

Es el componente principal de la harina. Es un polisacárido de glucosa, insoluble en agua fría, pero aumentando la temperatura experimenta un ligero hinchamiento de sus granos. El almidón está constituido por dos tipos de cadena:

- Amilosa: polímero de cadena lineal.
- Amilopectina polímero de cadena ramifica a.

Junto con el almidón, vamos a encontrar unas enzimas que van a degradar un 10% del almidón hasta azúcares simples, son la alfa y la beta amilasa. Estas enzimas van a degradar el almidón hasta dextrina, maltosa y glucosa que servirá de alimento a las levaduras durante la fermentación.

B. PROTEÍNAS: GLUTEN

La cantidad de proteínas varía mucho según el tipo de trigo, la época de recolección y la tasa de extracción.

El gluten es un complejo de proteínas insolubles en agua, que le confiere a la harina de trigo la cualidad de ser panificable. Está formado por:

- Glutenina, proteína encargada de la fuerza o tenacidad de la masa.
- Gliadina, proteína responsable de la elasticidad de la masa.

La cantidad de gluten presente en una harina es lo que determina que la harina sea "fuerte" o "floja".

La harina fuerte es rica en gluten, tiene la capacidad de retener mucha agua, dando masas consistentes y elásticas, panes de buen aspecto, textura y volumen satisfactorios.

La harina floja es pobre en gluten, absorbe poca agua, forma masas flojas y con tendencia a fluir durante la fermentación, dando panes bajos y de textura

deficiente. No son aptas para fabricar pan pero si galletas u otros productos de repostería.

C. GRASAS:

Las grasas de la harina proceden de los residuos de las envolturas y de partículas del germen. El contenido de grasas depende por tanto del grado de extracción de la harina. Mientras mayor sea su contenido en grasa más fácilmente se enranciará.

D. HUMEDAD:

La humedad de una harina, según la norma peruana ITINTEC 205.027,1986 nos señala que no puede sobrepasar el 15%, es decir que 100 kilos de harina pueden contener, como máximo, 15 litros de agua. Naturalmente la harina puede estar más seca.

E. MINERALES: CENIZAS

Casi todos los países han clasificado sus harinas según la materia mineral que contienen, determinando el contenido máximo de cenizas para cada tipo. Las cenizas están formadas principalmente por calcio, magnesio, sodio, potasio, etc., procedentes de la parte externa del grano, que se incorporan a la harina según su tasa de extracción (Petryk, 2000).

2.2.4.2. LEVADURA

Se llama levadura la organismo vivo que produce enzimas, los cuales provocan cambios bioquímicos importantes en productos orgánicos naturales.

Son vegetales microscópicos que pertenecen a la familia *Saccharomyces* siendo exclusivo para panificación *Saccharomyces cerevisiae*, haciendo posible la fermentación alcohólica cuando se le somete a ciertas condiciones especiales.

La levadura para actuar necesita humedad, azúcares simples (levulosa y dextrosa), materiales nitrogenados que lo toman de la proteína de la harina, minerales y temperatura adecuada, pero su actividad depende de su contenido de enzimas, coenzimas y activadores (Bennion, 1970).

La fermentación en los alimentos es casi siempre una mezcla de carbohidratos, grasas, proteínas, etc. Los cuales sufren modificaciones simultáneas bajo la acción de diferentes tipos de fermentos.

La levadura es un fermento que produce una sustancia que rompe los almidones de la harina y los transforma en azúcar y éstos a su vez en alcohol y gas carbónico, que le dá al pan su carácter esponjoso.

La levadura está constituida por unos hongos microscópicos, sin color, en forma redonda u ovalada.

De las 500 especies de hongos que existen, la más importante en panificación es la *Saccharomyces cerevisiae*, la que es conocida simplemente como LEVADURA.

En nuestro medio encontramos levadura en dos presentaciones:

- Levadura comprimida o en pasta.
- La levadura activa seca en forma granulada.

2.2.4.3. AGUA

El agua es uno de los ingredientes más importantes en la elaboración del pan, y su calidad tiene una importancia fundamental en la técnica de la panificación, en la excelencia del producto, en la estructura de costos y en la comercialización.

La cantidad e agua depende del tipo de pan, de la harina y su capacidad de absorción y de la maquinaria que tenemos en el taller.

Calaveras (1996) considera al agua como material de unión impartiendo tenacidad a la estructura e interviniendo en la formación del gluten, pudiendo la calidad del agua tener grandes efectos en los productos horneados, así como también la cantidad y

tipo de minerales disueltos y presencia de sustancias orgánicas pueden afectar el sabor, color y atributos físicos de los productos finales.

El agua hidrata los almidones de la harina, que junto con el gluten, dan por resultado, una masa plástica, suave y elástica. Esta masa va crecer por acción del gas que se produce en la fermentación.

La presencia del agua hace posible la porosidad y el buen sabor del pan. Una masa con poco agua da un producto seco y quebradizo.

El agua blanda no tiene minerales, cuando se trabaja con ella se forman masas pegajosas.

El agua dura tiene en solución, sales minerales y difícilmente disuelve el jabón. Produce masas compactas, retrasa la fermentación. En este caso tendrá que emplearse más tiempo en la producción y más levadura encareciéndola.

Lo más recomendable es utilizar el agua medianamente dura (de lluvia o potable). Esta tiene suficientes sales minerales que refuerzan el gluten y sirven como nutrientes para la levadura mejorando de esta forma la producción Quaglia (1991).

2.2.4.4. SAL

Es otro ingrediente básico que mejora el sabor del pan, sin ella el pan sería desabrido.

Se conoce como sal comestible o simplemente sal al cloruro sódico obtenido y conservado de forma que se pueda utilizar en la alimentación humana.

Calaveras (1996), menciona las funciones que cumple la sal:

- Da sabor al producto, además resalta los sabores de otros ingredientes como las masas dulces.
- Fortalece el gluten, permitiendo a la masa retener mejor el agua y gases.
- Contrae y estabiliza el gluten de la harina, facilitando así conseguir una pieza bien formada con miga que no se desmorone al cortar.
- Coadyuva a mantener la humedad de la pieza una vez que esta ha salido del horno.

2.2.4.5. AZÚCAR

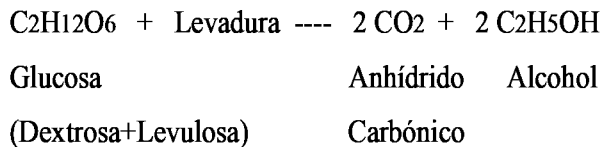
El azúcar funciona como ablandador al igual que la grasa vegetal, en los productos horneados. Además de dulzor, el azúcar también tiene la propiedad de retener humedad.

Permite conservar el pan por más tiempo por la propiedad higroscópica que permite absorber humedad.

Ayuda a una rápida formación de la corteza del pan, debido a la caramelización por una parte y a la reacción de Maillard entre azúcares reductores (maltosa, dextrosa y levulosa) y las proteínas de la harina; esto permite temperaturas de horno más bajas, rápida cocción y mayor cantidad de agua retenida en el producto final.

El azúcar es alimento para la levadura ayudándolo en el metabolismo, permitiendo la acción de las enzimas.

Quaglia (1991) , menciona que la levadura ataca a los azúcares fermentables (dextrosa y levulosa) que están presentes en la harina, como la maltosa formada en la hidrólisis del almidón, por eso su importancia en la disposición de azúcares para producir CO₂ que sirva para elevar la masa según la ecuación.



2.2.4.6. GRASAS

En la elaboración del pan con frecuencia se añade grasas (manteca, margarina, mantequilla y en algunos casos aceite) con el objeto de mejorar la calidad panadera. La incorporación de la grasa como ingrediente reblandece la miga, por lo que el pan mejora su vida de anaquel.

Las grasas son sustancias que se emplean para la elaboración de productos horneados mejorando la característica de las masas, donde las grasas se reparten en

finas capas entre los hilos del gluten de la masa, produciendo un efecto lubricante, da una masa suave y la uniformidad de la miga es mas pronunciada (Quaglia, 1991). Además mejora la presentación del pan con buena coloración, suavidad y buen sabor al pan.

2.2.4.7. SUERO DE LECHE

Spreer (1991) define el suero de leche como un líquido que se obtiene por la coagulación de la leche en la elaboración del queso, una vez que es separada la cuajada del queso y la grasa. Linden (1994) menciona que el suero de leche no debe ser considerado como un subproducto de la fabricación de los quesos o de la caseína, sino como un producto derivado de las mismas.

Según el procedimiento que haya sido utilizado para la separación de la cuajada del queso, coagulación ácida o la coagulación enzimático (por el cuajo); se obtendrá suero de leche dulce o suero de leche ácido (Linden, 1994 y Spreer, 1991).

A parte de su valor nutricional incrementando las proteínas y Calcio, en panificación se considera al suero como un ingrediente mejorador de la calidad del pan, brindándole un sabor especial y característico, mejorando la textura (suavidad) y otorgándole un color atractivo a los panes.

Linden (1994) menciona que las proteínas del suero lácteo no constituyen la fracción más abundante pero sí la más interesante en términos nutricionales y económicos con un alto potencial.

Tiene un mayor valor nutricional al de las caseínas, debido al hecho de que son más equilibradas en aminoácidos sobre todo en razón de su contenido en aminoácidos azufrados y en lisina.

El suero de leche en polvo no higroscópico comercialmente llamado Lactalis de origen francés es un producto en polvo de alta solubilidad obtenido por atomización del suero dulce de leche proveniente del queso fresco.

Es una buena fuente de carbohidratos debido a su alto contenido de Lactosa además ofrece un amplio rango de beneficios funcionales asimismo es un económico sustituto de una porción de sólidos no grasos de leche.

2.2.4.8. ADITIVOS PARA PAN

En la elaboración del pan de molde estará permitido el uso de los siguientes aditivos según la Norma ITINTEC 206.004 (1988), el mismo que será verificado por la autoridad sanitaria así como también la verificación de su pureza:

2.2.4.8.1. AGENTES OXIDANTES

Como Azodicarbomida (ADA en 45 mg/Kg), Yodato de K y Ca (75 mg/Kg), Cisterna y Cloruro (90 mg/Kg).

La oxidación establece una estructura estable en el sistema de la masa.

2.2.4.8.2. EMULSIFICANTES

Como los Glicéridos (etoxilados), Gliceridos (mono y di) de ácidos grasos dietéticos, Lecitina, Esteres poliglicerol, Esteres propilengicol de ácidos grasos, Compuestos sorbitan, Aceite de soya, Esteres estearil, ácido dactílico-2-estearol y sus sales de Ca y Na, todas en proporción PCF (Prácticas correctas de fabricación).

Los emulsificantes favorecen la mezcla de las moléculas de agua y grasa en la formación de la masa.

2.2.4.8.3. ENRIQUECEDORES

Como Tiamina (Dosis mínima 4.4 mg/Kg), Riboflavina (Dosis mínima 2.6 mg/Kg), Niacina (Dosis mínima 35.0 mg/Kg) y Hierro (Dosis mínima 28.0 mg/Kg).

Son aditivos que permiten mejorar el nivel nutritivo del pan.

2.2.4.8.4. CONSERVADORES

Como ácido propiónico y sus sales de Ca y Na (4000 mg/kg), ácido sórbico y sus sales de Ca, K y Na (1500 mg/Kg). Estos aditivos prolongan el tiempo de vida útil del producto.

2.2.4.8.5. COLORANTES Y SABORIZANTES

Los saborizantes naturales y artificiales permitidos por la autoridad sanitaria y colorantes de acuerdo a la Norma NTN 209.134, 1988.

Sirven para dar color y aromatizar al producto y dar una mejor calidad al producto.

2.2.5. PANIFICACIÓN CON HARINAS PRECOCIDAS

En relación al uso de la harina de quinua precocida no hay mucha referencia bibliográfica al menos encontrándose la investigación de Carrera (1995) incorporando 20% de quinua precocida en panes edondos. En relación al uso de harina de maíz precocida Horzt. W. mencionado por Carrera(1988), refiere que con una sustitución del 20% se obtiene un pan con valor nutritivo semejante al del trigo y de buen volumen.

En relación al uso de harina de yuca precocida Vitti *et al.* mencionado por Carrera (1988) refiere el efecto del uso de harina de yuca precocida en panes y galletas a niveles de hasta 15% y 20% respectivamente.

Las harinas precocidas están compuestas de almidones en un porcentaje considerable, además se sabe que el gránulo de almidón se compone de moléculas de amilosa y amilopectina asociadas con cadenas de hidrógeno.

La fuerza de la red micelar es la que controla el comportamiento del almidón en el agua (Proyecto 41, Brasil), en conformidad además se sabe que los gránulos de almidón muestran una capacidad limitada de absorber agua fría. Sometiendo una suspensión acuosa de almidón a la influencia del calor o de un agente químico hay un debilitamiento de la red micelar dentro de los gránulos por quiebra de los ligazones de hidrógeno, esto permite una hidratación del gránulo. De esta forma ocurre un entumecimiento del gránulo y con ello un aumento de solubilidad y alteración de la viscosidad.

2.3. DISEÑO DE MEZCLAS

2.3.1. MARCO GENERAL

Muchos productos están formados por la mezcla de dos o más ingredientes.

Ejemplos:

-Formulaciones para tortas, las cuales utilizan polvo de hornear, manteca, harina, azúcar y agua.

-Bebida energizante obtenida a partir de jugos de sandía, piña y naranja.

-Mezcla de tabaco, compuestas de tabaco ahumado, tabaco de hojas delgadas, una preparación turca y tabaco procesado.

En cada uno de los casos expuestos, generalmente una o más características de cada producto son de interés para el productor o experimentador responsable de la mezcla de ingredientes. Tales características son:

-La esponjosidad o apariencia de la corteza de la torta, donde cualquiera de ellas está relacionada con las proporciones de los ingredientes.

-El sabor frutado de la bebida energizante, el cual depende de los porcentajes de sandía, piña y naranja que están presentes en la misma.

-El sabor y aroma de la mezcla de tabaco.

Como se puede apreciar, la característica medida en el producto final depende de los porcentajes o proporciones de los ingredientes individuales que están presentes en la formulación y, por tal motivo, está sujeta a cambios si dichos porcentajes o proporciones varían (Cornell,2002).

2.3.2. DISEÑO DE MEZCLA Y SU RELACIÓN CON EL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

La metodología de Superficie de Respuesta (MSR) es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas útiles para modelar y analizar problemas en los cuales una respuesta de interés es influenciada por varias variables, y el objetivo es

optimizar esta respuesta (Montgomery, 1991).

Según Villarroel *et al.* (2000), el método de Superficie de Respuesta permite formular y desarrollar productos, habiendo demostrado ser una excelente herramienta para simplificar diseños experimentales, permitiendo trabajar simultáneamente son diferentes variables.

2.3.3. EXPERIMENTACIÓN TRADICIONAL FRENTE AL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA.

Madrigal *et al.* (1992), citado por Pinto (1995), señala que la experimentación tradicional o “uno a la vez” consiste en mantener constantes los valores de todos los factores excepto uno de ellos, siendo éste el que se analiza. Este método es sencillo y permite representar sus resultados gráficamente. La utilización del mismo es una buena alternativa cuando se presentan circunstancias fuera de lo común, como las siguientes:

- El resultado es una función compleja del factor x (quizá multimodal) lo cual hace necesario emplear varios niveles del mismo factor para interpretar su efecto.
- Los efectos son aditivos y no existen interacciones, esto es, el efecto de un factor no está influenciado por los niveles de los otros factores.

Según Giovanni (1983), citado por Pinto (1995), el método de experimentación tradicional es ineficiente por tres razones:

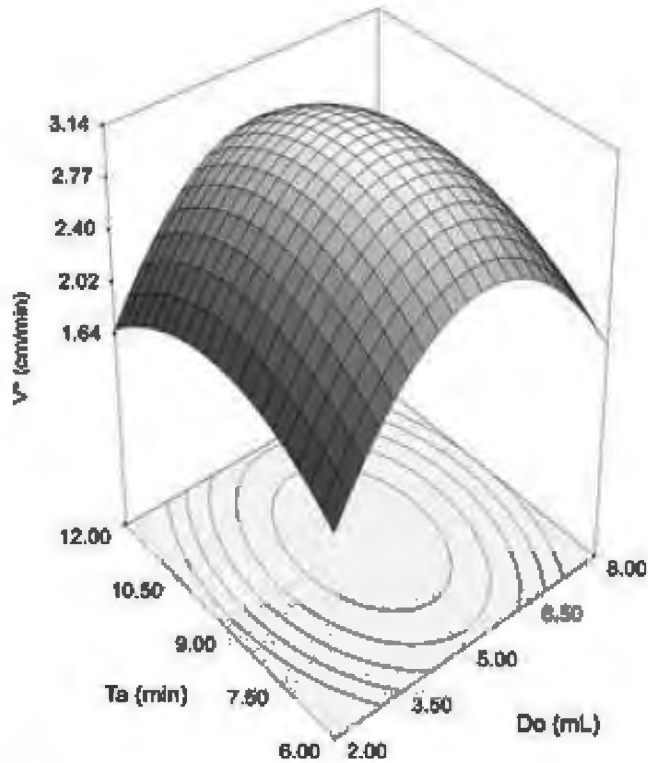
- a) Se requiere un gran número de experimentos, lo que puede ser costoso y consume mucho tiempo.
- b) La variable de respuesta óptima no puede ser determinada por estos procedimientos porque el experimentador debe aceptar las suposiciones formadas para especificar los niveles.
- c) Ninguno de estos procedimientos establece una ecuación que describa la relación entre las variables y la respuesta de éstas (variable control).

Montgomery (1991), presenta dos diseños de superficie de respuesta:

2.3.3.1. PRIMER DISEÑO DE SUPERFICIE DE

RESPUESTA:

Considera que los niveles de cada factor son independientes de los niveles de los otros factores.



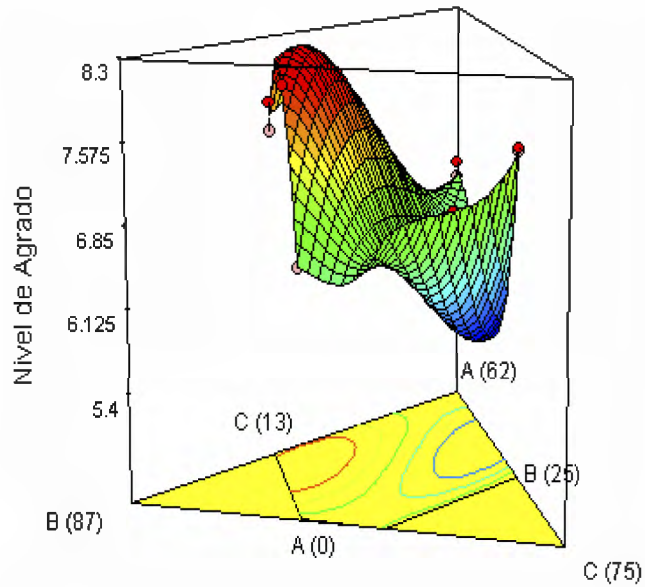
FUENTE: Ayala (1995).

Fig. 6: Primer diseño de superficie de respuesta.

2.3.3.2. SEGUNDO DISEÑO DE SUPERFICIE DE

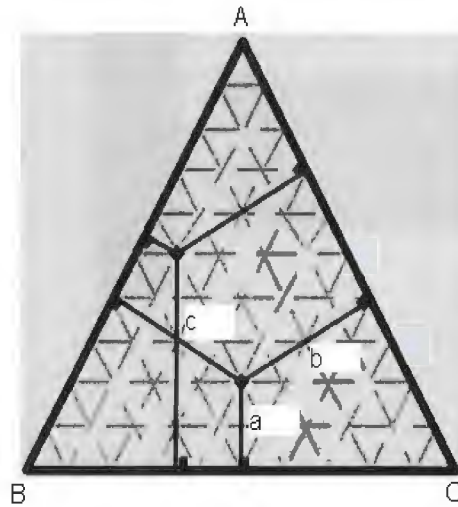
RESPUESTA (DISEÑO DE MEZCLAS).

Considera que los niveles de los factores no son independientes de los niveles de los otros. Montgomery (1991) menciona que en los experimentos de Diseño de Mezclas, los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla y, en consecuencia, sus niveles no son independientes. Si baja el nivel de uno de los componentes el nivel del otro(s) tendrá que subir para que la suma total de los componentes sea igual a uno o al cien por ciento.



FUENTE: Ayala (1995).

Fig. 7: Segundo diseño de superficie de respuesta- diseño de mezclas



FUENTE: Elías (2002).

Fig. 8: Diseño de mezclas – variación de los componentes principales.

2.3.4. MÉTODO DE DISEÑO DE MEZCLAS

En un diseño de mezcla se asume que la respuesta medida es dependiente solamente de las proporciones de los ingredientes presentes en la mezcla y no de la cantidad de

esta última (Cornell, 2002).

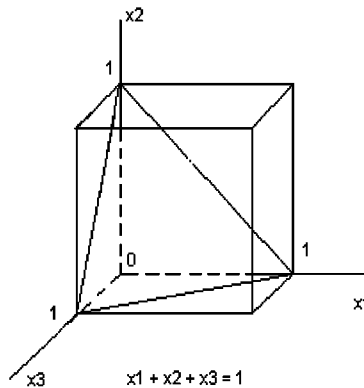
La característica distintiva de un diseño de mezcla es que los factores controlables o independientes representan cantidades proporcionales de la mezcla, en vez de cantidades no circunscritas a ella; donde las proporciones son por volumen, por peso, o por fracción molar. Las proporciones son no negativas y, están expresadas como fracciones de la mezcla, ellas deben sumar la unidad, especialmente si éstos son los únicos ingredientes a ser estudiados en las diferentes mezclas. Si la suma de las proporciones de los componentes es menor que la unidad, por ejemplo, si la suma es igual a 0.80 porque el 0.20 de la mezcla se mantiene constante, y se desea trabajar solo con las proporciones variables que suman 0.80 entonces dichas proporciones deben ser escritas como fracciones escaladas, de tal forma que éstas sumen la unidad (Cornell, 2002).

Según Montgomery (1991), en experimentos de mezcla, los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla, y en consecuencia, sus niveles no son independientes.

Por ejemplo, si X_1, X_2, \dots, X_p denota las proporciones de p componentes de una mezcla, entonces:

$$0 < X_i < 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

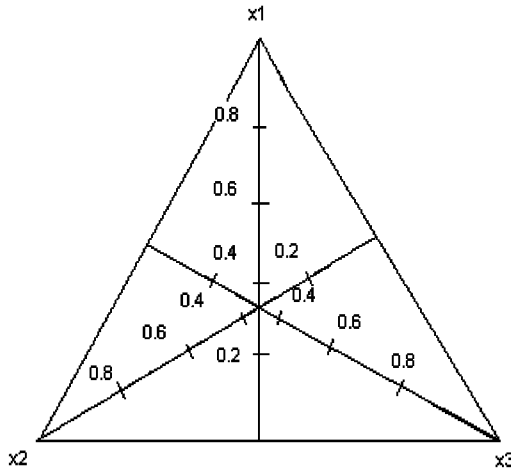
$$X_1 + X_2 + \dots + X_p = 1 \quad (\text{Es decir, } 100\%) \dots\dots\dots(1)$$



FUENTE: Montgomery (1991).

Fig. 9: Espacio factorial restringido para mezclas con tres componentes.

Cuando hay tres componentes de una mezcla, la región experimental restringida puede representarse de manera conveniente en papel de coordenadas trilineales, como se muestra en la figura 10. Cada uno de los tres lados de la gráfica de esa figura representa una mezcla que carece en absoluto de uno de los tres componentes (el componente indicado en el vértice opuesto). Las nueve líneas de malla en cada dirección indican incrementos de 10% en los componentes respectivos.



FUENTE: Montgomery (1991).

Fig. 10: Sistema de coordenadas trilineales en diseño de mezclas.

2.3.5. DISEÑOS DE TRATAMIENTOS PARA MEZCLAS

Montgomery (1991) señala que los diseños simplex se emplean para estudiar los efectos de componentes de mezclas en la variable de respuesta. Un diseño de red simplex (p,m) para p componentes consiste en puntos definidos por las siguientes condiciones de coordenadas (las proporciones asumidas por cada componente toman los valores equiespaciados $m + 1$ desde 0 hasta 1):

$$X_i = 0, 1/m, 2/m, \dots, 1 \quad i = 1, 2, \dots, p$$

Y se emplean todas las posibles combinaciones (mezclas) de las proporciones de la ecuación anterior. Por ejemplo, sean $p=3$ y $m=2$, entonces:

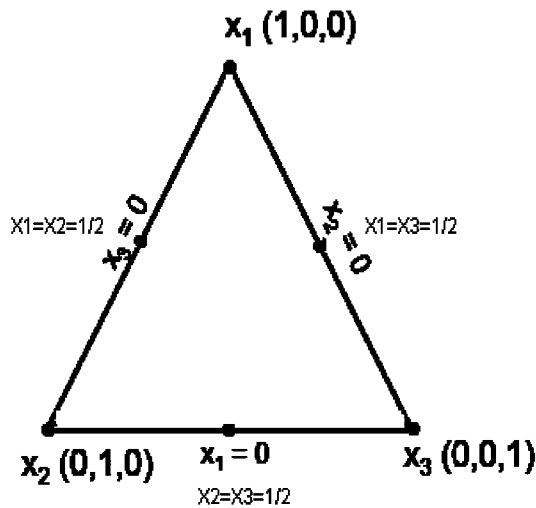
$$X_i = 0, 1/2, 1 \quad i = 1, 2, 3$$

Y la red simplex consiste en las seis corridas siguientes:

$$(X_1, X_2, X_3) = (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (1/2, 1/2, 0), (1/2, 0, 1/2), (0, 1/2, 1/2).$$

El diseño se muestra en la figura 9. Los tres vértices $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$ y $(0, 0, 1)$ son los componentes puros, mientras que los puntos $(1/2, 1/2, 0)$, $(1/2, 0, 1/2)$ y $(0, 1/2, 1/2)$ son mezclas binarias o de dos componentes, localizadas en los puntos centrales de las tres aristas del triángulo. En general el número de puntos en un diseño de red simplex (p, m) es:

$$N = \frac{(p + m - 1)!}{m! (p - 1)!} \dots\dots\dots(2)$$

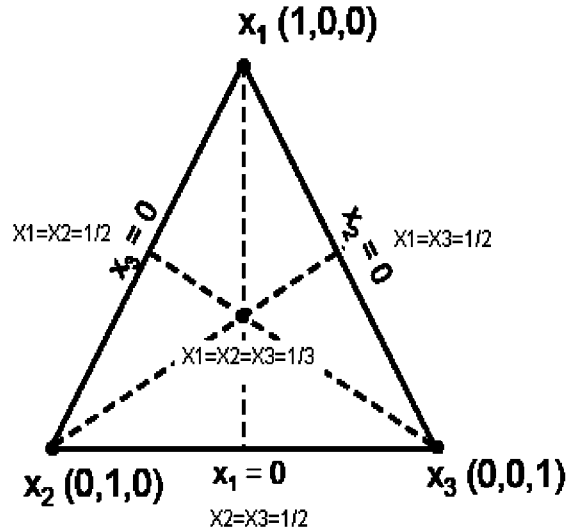


FUENTE: Montgomery (1991).

Fig. 11: Diseño de red simplex para p=3 componentes.

Una alternativa al diseño de red simplex es el diseño de centroide simplex. En un diseño de centroide simplex de p componentes hay $2^p - 1$ puntos, que corresponden a las p permutaciones de $(1, 0, 0, \dots, 0)$ la $(p - 2)$ permutaciones de

$(1/2, 1/2, 0, \dots, 0)$, las $(p-3)$ permutaciones de $(1/3, 1/3, 1/3, 0, \dots, 0)$ y el centroide global $(1/p, 1/p, \dots, 1/p)$, en la figura 10 se presenta el diseño de centroide simple con tres componentes $p=3$.



FUENTE: Montgomery (1991).

Fig. 12: Diseño de centroide simple para $p=3$ componentes.

Kuehl (2001) señala que los principales diseños de tratamientos para mezclas son:

a) **DISEÑO DE RETÍCULA SIMPLEX:** El arreglo formado por una distribución uniforme de coordenadas de diseño en un sistema simple, se conoce como retícula. Los diseños de retícula simple se componen de una malla de coordenadas de diseño construidas de manera que permiten estimar las ecuaciones polinomiales de la superficie de respuesta. La designación (k,m) se usa en un diseño de retícula simple con k componentes para estimar una ecuación polinomial de superficie de respuesta de grado m . Por ejemplo el diseño de retícula simple tiene 3 componentes en la mezcla para estimar una ecuación de superficie de respuesta cuadrática.

b) **DISEÑO SIMPLEX CON CENTROIDE:** El diseño simple con centroide es

un diseño en el sistema de coordenadas simplex que se compone de mezclas que contienen 1,2,3 o k componentes en proporciones iguales.

c) DISEÑO SIMPLEX CON CENTROIDE AMPLIADO: Es posible obtener mezclas más completas si se aumentan los diseños centroides simplex con mezclas sobre los ejes del espacio de factores. Los puntos del diseño se colocan en cada eje, equidistantes al centro o centroide hacia los vértices. Un diseño de k componentes tendrá puntos de diseño adicionales con coordenadas:

X1	X2	Xk
$(k+1)/2k$	$1/2k$	$1/2k$
$1/2K$	$(k+1)/2K$	$1/2k$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
$1/2k$	$1/2k$	$(k+1)/2k$

FUENTE: Kuehl (2001).

Fig. 13: Diseño simplex con centroide ampliado de k componentes

2.4. TIEMPO DE VIDA ÚTIL

2.4.1. DEFINICIÓN DE VIDA ÚTIL

La vida útil de un alimento representa aquel periodo 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 *et al.*,2005).

Labuza (2000) indica que el tiempo de vida útil depende de 4 factores principales: formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento. La formulación involucra la selección de las materias primas más apropiadas e

ingredientes funcionales que permiten incrementar la aceptación y lograr la seguridad e integridad del producto. El procesamiento somete las materias e ingredientes formulados a condiciones que son desfavorables o inhibitorias para las reacciones de deterioro y promueven cambios físicos y químicos favorables que dan al alimento su forma y características finales. Una vez que el alimento abandona la etapa de procesamiento sigue manteniendo sus características y el periodo en que el alimento retiene dichos atributos esta en función del microambiente del empaque. Los parámetros más importantes son: composición del gas (oxígeno, dióxido de carbono, gases inertes, etileno, etc.), humedad relativa, presión ó estrés mecánico, luz y temperatura. Estos parámetros son dependientes tanto del empaque como de las condiciones de almacenamiento.

Dado que los productos alimenticios tienen una vida finita y variable, se deben tomar precauciones para maximizar el mantenimiento de la calidad, que se traduce en costos y patrones de manipuleo.

La vida del producto debe exceder el tiempo mínimo de distribución requerido, hasta que llegue al consumidor y que este, como usuario final, someta a un periodo razonable de almacenamiento al producto (Dethmers, 1979; citado por Chao, 2003). En general, el final de la vida en anaquel del producto alimenticio se define como el tiempo en el cual las muestras almacenadas son percibidas como diferentes en alguna medida (Chao, 2003).

2.4.2. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL.

La vida en anaquel de un producto esta determinada por los componentes del sistema, el proceso de elaboración, el método de empackado, el tiempo y la humedad relativa durante el transporte y almacenamiento. En forma general, estos factores pueden ser caracterizados en factores intrínsecos y extrínsecos (Kilcast y Subramanian, 2000; citado por Chao, 2003).

Los factores intrínsecos están constituidos por las propiedades del producto final, como son:

- Contenido de humedad
- pH y acidez
- Potencial redox
- Oxígeno disponible
- Contenido de nutrientes
- Microflora natural y recuento de microorganismos supervivientes
- Bioquímica de la formulación del producto (reactivos químicos, enzimas, etc.)
- Uso de preservantes en la formulación del producto
- Los factores intrínsecos se encuentran influenciados por variables como, tipo y calidad de la materia prima, formulación del producto y su estructura.

Los factores extrínsecos son aquellos que el producto tiene que enfrentar durante la cadena de distribución del mismo, estos incluyen los siguientes:

- Perfil tiempo – temperatura durante el procesamiento, presión del espacio de cabeza
- Control de la temperatura durante el almacenamiento y distribución
- Humedad relativa durante el procesamiento, almacenamiento y distribución
- Exposición a la luz (UV e IR) durante el procesamiento, almacenamiento y distribución
- Contaminación microbiana durante el procesamiento, almacenamiento y distribución
- Composición de la atmósfera dentro del empaque
- Tratamiento térmico subsecuente (es decir, recalentamiento o cocción del producto antes de que sea consumido)
- Manipulación del consumidor.

Estos factores operan comúnmente en forma conjunta e impredecible, por lo que debe investigarse la posibilidad de interacción entre ellos. Un tipo de interacción

particular muy útil ocurre cuando los factores como, reducción de la temperatura, tratamiento térmico, acción antioxidante y empaque en atmósfera controlada, operan con la finalidad de inhibir el crecimiento microbiano, en el llamado “efecto de barrera”. Esta forma de interacción de los factores, los cuales, de forma individual, no podrían prevenir el crecimiento microbiano, en combinación, permiten a los productores usar técnicas de procesamiento más moderadas de tal manera que permitan una mayor retención de las propiedades sensoriales y nutricionales (Kilcast y Subramanian, 2000; citado por Chao, 2003).

La interacción de los factores intrínsecos y extrínsecos puede inhibir o estimular procesos que ponen fin a la vida en anaquel. Estos procesos pueden ser clasificados de la siguiente manera:

a. Cambios de deterioro químicos

Pueden ocurrir muchas reacciones de deterioro como resultado de las reacciones dentro del alimento y de los componentes del mismo con agentes externos, tales como el oxígeno. El desarrollo de la rancidez es un factor importante en los alimentos ricos en grasa y ocurre a través de diversos mecanismos, como por ejemplo, reacciones lipolíticas/ hidrolíticas, reacciones de oxidación y reacciones de reversión de aromas. Los procesos enzimáticos limitan la vida en anaquel de frutas y vegetales y las reacciones de oxidación limitan la vida en anaquel de las carnes. Los cambios químicos pueden deberse también a la exposición a la luz, produciendo pérdida de color, rancidez, desarrollo de sabores indeseables en la leche y en los bocaditos (Chao, 2003).

b. Cambios de deterioro microbiológicos

Los alimentos que consumimos, raramente por no decir nunca, son estériles sino que contienen asociaciones microbianas cuya composición depende de que organismos llegan a él y de cómo se multiplican, sobreviven e interaccionan en el alimento en el transcurso del tiempo. Los microorganismos existentes en un

alimento procederán tanto de la microflora propia de la materia prima como de los microorganismos introducidos durante las operaciones de recolección/sacrificio, tratamiento, almacenamiento y distribución (Adams, 1997).

El crecimiento de ciertos microorganismos durante el almacenamiento depende de varios factores como el recuento microbiano al inicio del almacenamiento, propiedades fisicoquímicas del alimento como el pH, contenido de humedad, potencial de oxido-reducción , contenido de nutrientes y preservantes; el método utilizado para el procesamiento del alimento y condiciones de almacenamiento del producto (James, 2002).

La patogenicidad de ciertos microorganismos es la mayor preocupación del procesamiento y manejo de los alimentos. Además de indigestión, los microorganismos tales como las especies de *Salmonella* y las cepas de *Escherichia coli* causan infección mientras que otras tales como *Aspergillus flavus*, *Clostridium botulinum* y *Staphylococcus aureus* producen químicos en los alimentos que son tóxicos para los humanos. La presencia de mohos y su crecimiento podría ocasionar apariencias y sabores indeseables (Man y Jones, 1997).

c. Cambios de deterioro físicos

La pérdida de humedad es la mayor causa del deterioro físico en los alimentos. Esta pérdida puede darse tanto en productos frescos (donde se pierde humedad), como en productos secos ó deshidratados (donde se gana humedad). Otro fenómeno de migración, especialmente en alimentos complejos, es el de la grasa de un componente a otro. Los cambios físicos de los materiales en empaque, pueden también limitar la vida en anaquel (Kilcast y Subramanian, 2000; citado por Chao, 2003).

d. Cambios de deterioro relacionado con la temperatura

El deterioro puede producirse tanto a temperaturas bajas como a temperaturas altas. El incremento de la temperatura generalmente incrementa la velocidad de las reacciones químicas. En alimentos con contenido graso, la grasa sólida se vuelve líquida y actúa como solvente para las reacciones en la fase oleosa. El incremento de la temperatura puede también cambiar las características de cristalización de los alimentos con contenido en azúcares. La desestabilización del sistema de emulsión puede ocurrir bajo condiciones de variación en la temperatura y agitación mecánica. Las temperaturas fluctuantes producen formación de cristales en los alimentos congelados, como los helados. En contraste, el incremento de la temperatura reduce el endurecimiento de los panes (Kilcast y Subramanian, 2000; citado por Chao, 2003).

2.4.3. CLASIFICACIÓN DE LOS ALIMENTOS DURANTE EL ALMACENAMIENTO

Los alimentos pueden ser divididos en dos grandes categorías Percibibles incluyendo los semiperecibles y los de tiempo de vida estables.

a) Alimentos perecibles: son todos aquellos que pueden mantenerse solo por un corto tiempo de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración o congelamiento para inhibir el crecimiento microbiano y la acción de enzimas. Los alimentos semiperecibles son aquellos que son mas estables por los inhibidores naturales, o aquellos que reciben algún tipo de tratamiento de preservación leve para mejorar la tolerancia a las condiciones ambientales y abusos durante su distribución y manipuleo. Los alimentos semiperecibles generalmente mantienen una calidad aceptable de 30 a 90 días bajo condiciones ideales de empaque y almacenamiento (IFT,1974; Dethmers, 1979).

b) Alimentos estables: son aquellos que no son afectados por microorganismos, porque cada alimento es conservado mediante una temperatura de esterilización, formuladas como mezclas secas o procesadas para que tengan una baja actividad de agua. Los cambios en la calidad sensorial, así como también los cambios físicos y químicos están en función de la temperatura de almacenamiento. Cecil y Woodrof (1963) citado por Ángeles (2002) determinaron un periodo de almacenamiento de menos de 6 meses hasta más de 3 años para alimentos enlatados a 38°C de 2.5 a más de 7 años para productos mantenidos a 21°C, y de 4 a 7 años para productos mantenidos por debajo de 0°C (IFT, 1974; Dethmers, 1979).

2.4.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL.

En la experimentación con alimentos, diversos estudios de estabilidad se realizan de manera rutinaria, algunos se centran en la velocidad de deterioro de la calidad, y otros en el período de tiempo requerido para que el producto sea inadecuado para el consumo humano. Deben considerarse determinados criterios de deterioro, dependiendo del tipo de alimento que se va a estudiar. Un criterio es el incremento o disminución del número de unidades (X) en el promedio de calificación de un panel sensorial. Otro indicador de una muestra deteriorada es la presencia de levaduras, mohos, o un alto recuento de bacterias que hagan inaceptables las muestras para pruebas sensoriales de sabor. Finalmente, cualquier cambio organoléptico, como el color y olor, que hacen a la muestra inaceptable para el panel sensorial y el consumidor son considerados como criterios de producto deteriorado. Es uno o la combinación de estos criterios los que constituyen una muestra deteriorada (Gácula, 1975).

Otra metodología empleada para determinar el tiempo de vida útil utiliza los resultados de controles simultáneos de calidad física, química, microbiológica y sensorial practicados a productos almacenados en las condiciones de comercialización. Se deben establecer previamente los límites de cada una de las variables que se estudiarán, y cuáles de ellos son críticos. Así, por ejemplo, para los controles microbiológicos se emplean los límites reglamentarios vigentes; para

calidad sensorial y sus diferentes parámetros, determinados con un panel entrenado, se ha fijado un límite, que en el caso de la escala de Karlsruhe corresponde a 5,5 y que representa el límite de comercialización. Para cada variable estudiada se establece la ecuación que represente la cinética de deterioro en el tiempo. Las ventajas de este método son: posibilidad de correlacionar las variables estudiadas y definir posibles causas del deterioro y estimar por cálculo el tiempo que tarda la calidad en llegar al límite, sin necesidad de realizar controles hasta alcanzar ese tiempo, el que puede ser verificado, posteriormente, repitiendo el estudio hasta sobrepasar ese tiempo. Su desventaja es que no considera la opinión del consumidor y es muy probable que la vida útil así obtenida sea más corta que la que resultaría al considerar la aceptabilidad del consumidor. Esta metodología ha sido aplicada en estudios de vida útil de productos dietéticos.

Modelar un estudio de vida en anaquel no es tarea sencilla por cuanto son muchas las variables involucradas y no siempre se pueden manejar a voluntad. Los estudios de almacenamiento acelerado dan cuenta de los cambios extremos que puede experimentar un alimento. Son importantes para decidir cuáles variables estudiar y establecer la frecuencia de los controles a realizar (Wittig de Penna *et al.*, 2005).

La aceptabilidad es frecuentemente determinada usando un alto número de consumidores (de 50 a 500, o más), sin entrenamiento, que evalúan en una sola sesión una serie de productos con diferentes tiempos de almacenamiento. Esta metodología usa productos elaborados en diferentes fechas o bien guarda en congelación muestras que se extraen en diferentes fechas para detener el deterioro. Otra técnica empleada en la industria, en las etapas iniciales del desarrollo de productos, es la evaluación de la variación que experimenta la calidad de los prototipos en el tiempo, por un panel entrenado en ese producto. En este caso es necesario verificar los resultados, con consumidores, antes del lanzamiento del producto (Wittig de Penna *et al.*, 2005).

También han sido descritos estudios de correlación entre los resultados del panel entrenado y el de los consumidores para definir la vida en anaquel. El panel entrenado, durante el almacenamiento cuantifica el deterioro de los parámetros limitantes hasta que el deterioro se hace significativo. Las muestras se almacenan a baja temperatura y se presentan a un panel de consumidores con el fin que señalen su aceptación o rechazo. Los datos obtenidos se correlacionan para establecer, en la escala de calidad, la información de aceptabilidad generada por los consumidores. La vida en anaquel queda definida por el período de tiempo en que los consumidores califican inaceptable el producto. La ventaja de este método es que los datos de los consumidores se pueden usar para correlacionarlos con otros datos, de controles instrumentales, químicos, etc. Las desventajas provienen del tipo de escala usada para medir el deterioro y que el almacenamiento de las muestras involucra errores que pueden resultar magnificados cuando se emplean datos de diferentes sesiones. Aun no hay acuerdo en las ventajas de usar panelistas entrenados (Wittig de Penna *et al.*, 2005).

Un método realista sería evaluar la aceptabilidad con un número representativo de consumidores (sobre 100), las muestras de las diferentes partidas de producción durante el tiempo de almacenamiento. Pero este diseño es muy costoso y toma mucho tiempo. Una forma de simplificar esta situación es usar diseños de muestreo escalonado en el cual se puede intensificar el muestreo al final de la vida en anaquel. La ventaja es que las muestras proceden de una misma partida, los productos se evalúan a lo largo de todo el período hasta ser inaceptables y puede realizarse con personas sin entrenamiento (Wittig de Penna *et al.*, 2005).

2.4.5. Modelos de distribución de tiempo de vida útil.

Una asunción fundamental en los análisis estadísticos subyacentes en los experimentos de prueba de vida es que la distribución de vida de un producto consumido, pertenece a la familia de las distribuciones de probabilidad.

Los parámetros de la distribución de probabilidad se relacionan directa o indirectamente a tales aspectos físicos como posición y valores de escala.

Los parámetros de distribución de vida están estimados por el uso de los datos experimentales de prueba de vida.

Una vez que los parámetros del modelo de vida hallan sido estimados, esto puede ser usado para predecir probabilidades de varios eventos tales como fallas futuras (Gácula, 1984).

a.- Distribución Normal

La distribución Normal, también llamada distribución de Gauss o distribución gaussiana, es la distribución de probabilidad que con más frecuencia aparece en estadística y teoría de probabilidades. Esto se debe a dos razones fundamentalmente:

- Su función de densidad es simétrica y con forma de campana, lo que favorece su aplicación como modelo a gran número de variables estadísticas.
- Es, además, límite de otras distribuciones y aparece relacionada con una multitud de resultados ligados a la teoría de las probabilidades gracias a sus propiedades matemáticas.

La función de densidad está dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

donde μ (M) es la media y σ (sigma) es la desviación estándar (σ^2 es la varianza).

Muchas variables aleatorias continuas presentan una función de densidad cuya gráfica tiene forma de campana (Zylberberg, 2005).

b.- Distribución Weibull

La distribución Weibull esta compuesta por una familia de distribuciones que tienen por fórmula:

$$Y = \alpha\beta(x - y)^{\beta-1} e^{-\alpha(x-y)^\beta} \quad (4)$$

En la que:

α = parámetro de escala

β = parámetro de situación

La curva de la función varía mucho dependiendo de los valores numéricos de los parámetros.

La distribución de Weibull es una extensión del modelo de velocidad de fallas constante exponencial, dado que la distribución de Weibull tiene la velocidad de fallas polinomial con exponente $(\beta - 1)$ (Zylberberg, 2005).

c.- Distribución Logística

La distribución Logística ha sido usada por modelos de crecimiento y es usado en ciertos tipos de regresión conocido como la regresión logística. Esto tiene también aplicaciones en datos de modelos de vida. La forma de la distribución Logística y la distribución Normal son muy similares (1). Hay algunos que sostienen que la distribución logística es inapropiada para los datos de modelamiento de tiempo de vida porque el límite del lado izquierdo de la distribución se extiende a la infinidad negativa. Esto podría ser un resultado concebible en el modelo negativo de tiempo de falla. Sin embargo, proporcionada la distribución en cuestión tiene relativamente la media alta y un relativo pequeño parámetro de posición, el tema sobre el tiempo de falla negativo no debe presentarse así mismo como un problema. La (Función de densidad de la probabilidad) pdf de la distribución Logística esta dado por:

$$f(t) = \frac{e^z}{\sigma(1 + e^z)^2} \quad (5)$$

Donde:

$$Z = \frac{T - \mu}{\sigma} \quad (6)$$

Y:

μ = el parámetro de posición

σ = el parámetro de escala

La confiabilidad por una misión de tiempo T por la distribución Gumbel esta dado por:

$$R(T) = \frac{1}{1 + e^z} \quad (7)$$

La distribución Logística no tiene parámetro de forma. Esto significa que la Función de densidad de la probabilidad logística tiene una sola forma, la forma de campana, en esta forma no hay cambios. La forma de la distribución Logística es muy similar al de la distribución Normal.

La media, μ , o la vida media es también el parámetro de situación de la función de densidad de la probabilidad Logística, como esta localizada la función de densidad de la probabilidad a lo largo de la abscisa.

A medida que μ decrece, la función de densidad de la probabilidad se mueve a la izquierda.

A medida que μ crece, la función de densidad de la probabilidad se mueve a la derecha.

A medida que σ decrece, la función de densidad de la probabilidad consigue empujar hacia la media, o se vuelve estrecho y alto.

A medida que σ crece, la función de densidad de la probabilidad se expande lejos de la media, o se vuelve amplio y bajo.

La principal diferencia entre la distribución Normal y la distribución Logística yace en la extremidad y en el comportamiento del valor falla de la función. La

distribución Logística tiene ligeramente larga extremidad comparado con la distribución Normal.

Además, en la extremidad mas alta de la distribución Logística, los niveles del valor de falla de la función fuera por largo t cercano $1/\sigma$ (Reliability HotWire, 2005).

d.- Distribución Loglogística

Tal como podría indicar su nombre, la distribución Loglogística tiene ciertas similitudes con la distribución Logística. Una variable al azar esta Loglogisticamente distribuida si el logaritmo de l variable al azar es distribuido logísticamente. A causa de esto, hay varias similitudes matemáticas entre las dos distribuciones. Por ejemplo, el razonamiento matemático para la construcción de la escala de ploteo de probabilidad es muy similar para estas dos distribuciones. La función de densidad de la probabilidad de la distribución Logística esta dado por:

$$f(T) = \frac{e^z}{\sigma T(1 + e^z)^2} \quad (8)$$

Donde:

$$Z = \frac{\ln(T) - \mu}{\sigma} \quad (9)$$

Y:

μ = parámetro de escala

σ = parámetro de forma

La confiabilidad de una misión de tiempo T por la distribución Logística esta dado por:

$$R(T) = \frac{1}{1 + e^z} \quad (10)$$

Para $0 < \sigma < 1$:

La forma de la distribución Loglogística es muy similar a la de la distribución Weibull.

A medida que μ incrementa, donde σ se mantiene igual, la función de densidad de la probabilidad de la distribución Logística consigue extenderse hacia la derecha y este eleva el decrecimiento mientras mantenga la forma.

A medida que μ decrece, donde σ se mantiene igual, La función de densidad de la probabilidad de la distribución Logística consigue empujar hacia la izquierda y se eleva el incremento.

Para $\sigma > 1$:

$f(T)$ decrecimiento monotónico y es convexo.

Para $\sigma = 1$:

$f(T)$ decrecimiento monotónico y es convexo. (Reliability HotWire, 2005)



FUENTE: Gacula y Kubala (1975).

Fig. 14: Densidad, distribución acumulativa y función riesgo de las distribuciones Exponencial, Normal, Log-normal y Weibull.

2.4.6. Método Gráfico del Ploteo de Riesgos Acumulados Weibull.

El método de riesgos acumulados de Weibull es una técnica gráfica que emplea un papel probabilístico o escalar de riesgos desarrollado por Nelson en 1968, para determinar si el conjunto de datos de una población podrían lógicamente ajustarse a la distribución de dos parámetros de Weibull (se asume que $\gamma=0$) (Grant y Leavenworth, 1981; Gacula y Kubala, 1975).

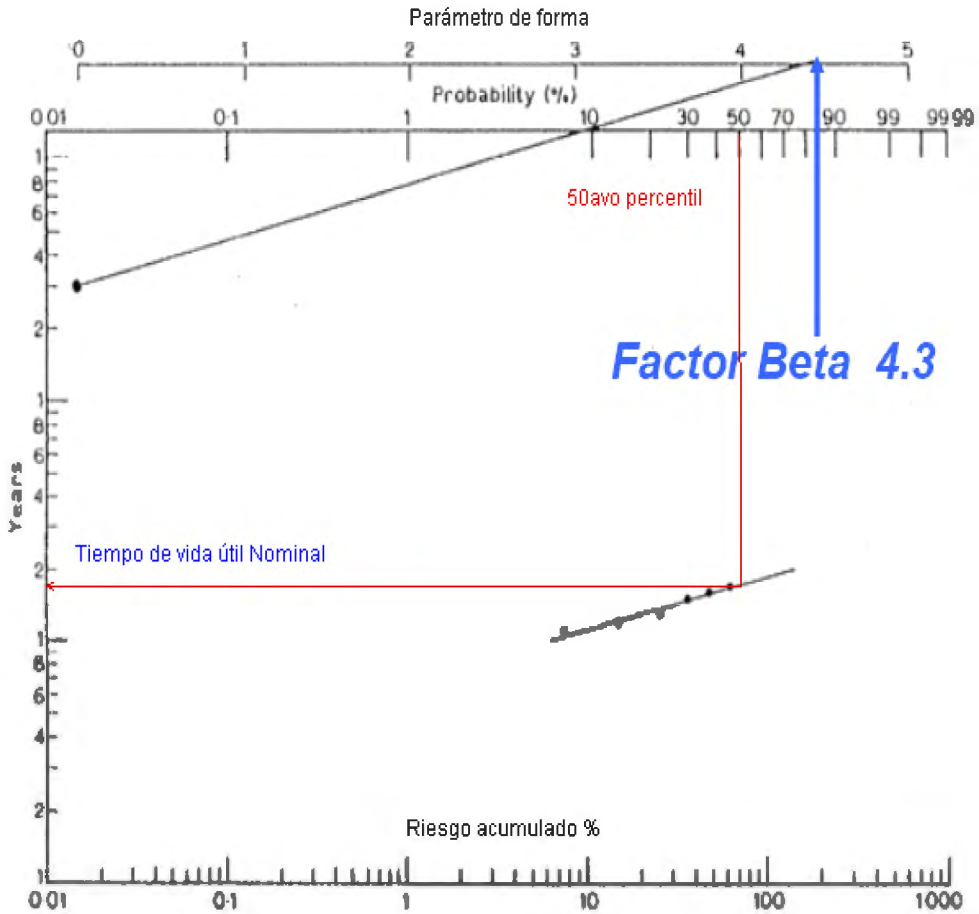
Se tiene que la función acumulada de riesgo es:

$$H(x) = (x / \alpha)^\beta, \quad x \geq 0 \dots\dots\dots(11)$$

Tomando logaritmos a ambos lados de la ecuación, el tiempo (x) puede ser expresado como la función acumulada de riesgo.

$$\text{Log}(x) = (1 / \beta) \log(H) + \log(\alpha) \dots\dots\dots(12)$$

El ploteo de $\log(x)$ y $\log(H)$ en el papel logarítmico formará una línea recta (o muy cercana a ésta), si es que los datos, de hecho siguen la distribución de Weibull, en la siguiente figura se muestra un ejemplo del método gráfico del ploteo de riesgos acumulados de Weibull.



FUENTE: Gacula y Kubala (1975).

Fig. 15: Modelo del método gráfico del ploteo de riesgos acumulados de Weibull.

La facilidad del método radica en que es posible predecir mediante las restas necesarias el porcentaje de fallos que habrá entre dos límites cualesquiera de tiempo definidos, y también porque es posible extrapolar más allá de los datos reales de ensayo, permitiendo de este modo, predicciones de vida útil sin acumular muchas horas en el laboratorio.

El método gráfico del ploteo de riesgos acumulados de Weibull permite el conocimiento de numerosa información como: Tiempo de vida útil Nominal simbolizada por NL_{50} que se obtiene cuando la distribución de las fallas se asemeja a la distribución normal. Por lo tanto el 50-ésimo percentil es un buen estimado para el tiempo promedio de fallas, dado que gracias a la distribución simétrica, el 50-

ésimo percentil coincide con la media. El NL_{50} se obtiene del ploteo de riesgos trazando una línea desde la intersección del punto 50 en la escala de probabilidad hasta la línea ajustada en la ordenada de las abscisas. Generalmente la distribución de Weibull no es simétrica, por lo que, la media no coincide con la mediana o con el punto medio (50%) de la escala de probabilidad (Gacula y Kubala, 1975).

La probabilidad de que un producto sea inaceptable en el tiempo x está dada por la “probabilidad de falla sensorial” (de siglas en inglés PSF, probability sensory failure). Para obtener el PSF del papel probabilístico de Weibull, se traza una línea horizontal desde un tiempo de falla seleccionado (ordenadas) hasta la línea ajustada. En el punto de intersección, se levanta una paralela al eje de ordenada y se lee el PSF.

Es decisión del investigador el escoger una duración razonable del tiempo de vida útil de un producto. La confiabilidad estadística $R(x)$, definida por:

$$R(x) = 1 - F(x) \dots \dots \dots (13)$$

Es una guía práctica para escoger una duración razonable del tiempo de vida útil de un producto. Como $F(x)$ es la función acumulada de la distribución, expresado como la proporción de muestras que fallarían a ó antes del tiempo x , $R(x)$ es por lo tanto, la proporción de muestras que superan dicho tiempo x (probabilidad de supervivencia). La confiabilidad de un componente se define como la probabilidad de que éste funcione adecuadamente al menos el tiempo especificado en determinadas condiciones experimentales.

Para la distribución de Weibull, $R(x) = e^{-(x/\omega)^\beta} \dots \dots \dots (14)$

Analíticamente, $F(x)$ es PSF (Probabilidad de falla sensorial), la cual se puede obtener del ploteo de riesgos acumulados. En términos de porcentaje (Gacula y Kubala, 1975).

$$R(x) = 100 - PSF \dots \dots \dots (15)$$

Para el cálculo de los parámetros de la ecuación de Weibull, se tiene que:

$$\alpha = e^{(b_0)} \dots\dots\dots(16) \quad y$$

$$\beta = 1/b_1 \dots\dots\dots(17)$$

Donde:

b_0 y b_1 : Valores para el intercepto y la pendiente del modelo lineal de primer orden ($y = b_0 + b_1x$).

X : Tiempo de fallo de las diferentes muestras.

(Cantillo *et al.*,1998).

Una forma común también de calcular el parámetro β del papel probabilístico de Weibull es empezar con un punto específico localizado en la parte superior izquierda del papel y trazar una línea paralela a la línea ajustada hasta que ésta intercepte la línea del parámetro de forma. El estimado de β se lee en el punto de intersección. También es posible calcular el parámetro de forma usando la siguiente fórmula:

$$\beta = (1 / \sigma) (\pi / \sqrt{6}) \dots\dots\dots(18)$$

Donde: σ , es la desviación estándar del logaritmo natural de las muestras que fallaron X_i , $i= 1,2,3,\dots,X_n$.

2.4.7. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO PARA EL ESTUDIO DE VIDA ÚTIL.

Un estudio de vida útil se realiza hasta lograr un deterioro apreciable en las muestras (o sea, hasta conseguir un rechazo por parte del consumidor). Por este

motivo es muy importante definir cuál es el tiempo máximo de almacenamiento con el que se va trabajar. Normalmente en las empresas se conoce un tiempo estimado de deterioro de las muestras, en condiciones normales de almacenamiento; sin embargo, cuando se plantean estudios acelerados de vida útil esta información no siempre se conoce previamente. Por lo tanto, es interesante hacer algún tipo de ensayo preliminar, en las condiciones de ensayo seleccionadas, que permitan fijar dentro de márgenes amplios, el tiempo en el que la muestra sufre un deterioro importante (Gámbaro, 2005).

2.4.8. PRINCIPIOS BÁSICOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Con relación a las pruebas que pueden ser utilizadas existen diversas formas de clasificarlas aunque todos los autores coinciden en que estas se dividen en dos grandes grupos:

- Pruebas analíticas
- Pruebas afectivas.

Cualquiera que sea la prueba que se vaya a emplear, es necesario que los jueces entiendan la necesidad de efectuar la misma de la manera más objetiva posible, demuestren su capacidad para seguir las instrucciones y ejecuten la misma de manera correcta.

a. Pruebas analíticas.

Se realizan en condiciones controladas de laboratorio y son realizadas con jueces que han sido seleccionados y entrenados previamente (jueces analíticos). Las mismas se subdividen en pruebas discriminatorias, escalares y descriptivas.

-Las pruebas discriminatorias permiten comparar dos o más productos, e incluso estimar el tamaño de la diferencia. De manera general son sencillas y de gran utilidad práctica.

-Las pruebas escalares son aquellas en las cuales se mide de manera cuantitativa la intensidad de una propiedad sensorial con la ayuda de una escala. Debido a que las mismas se emplean como herramientas de trabajo en otros métodos sensoriales, algunos autores y especialistas en la temática no la tienen en cuenta dentro de la clasificación de los métodos de evaluación sensorial.

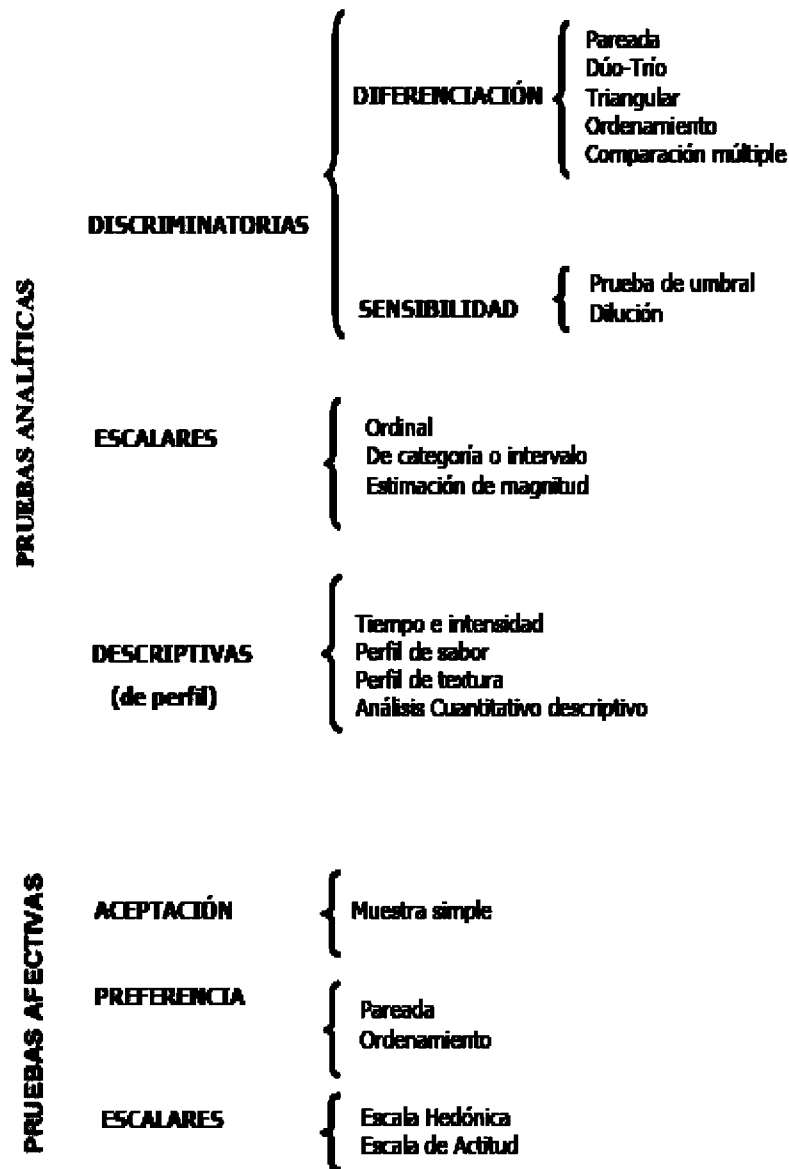
-Las pruebas descriptivas son de manera general más complejas, mediante las mismas los jueces establecen los descriptores que definen las diferentes características sensoriales de un producto y utilizan dichos descriptores para cuantificar las diferencias existentes entre varios productos (Espinosa, 2007).

b. Pruebas afectivas.

Se realizan con personas no seleccionadas ni entrenadas, las que constituyen los denominados jueces afectivos. Los mismos en la mayoría de los casos se escogen atendiendo a que sean consumidores reales o potenciales del producto que se evalúa, pudiendo tener en cuenta situaciones económicas, demográficas, entre otros aspectos. Las pruebas afectivas se emplean en condiciones similares a las que normalmente se utilizan al consumir el producto, de ahí que puedan llevarse a cabo en supermercados, escuelas, plazas, etc.

Los resultados que de las mismas se obtienen siempre permitirán conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos por lo que es importante que las personas entiendan la necesidad de emitir respuestas lo más reales posibles.

El cuestionario a emplear es otro elemento que debe ser analizado con rigor, para evitar que este introduzca errores en los resultados obtenidos. El mismo no debe ser muy extenso para evitar fatiga en los jueces o rechazo a realizar la prueba, además debe ser fácil de responder, redactarse de manera clara con preguntas de fácil comprensión y con impresión legible (Espinosa, 2007).



FUENTE: Espinosa, 2007

Fig. 16: Clasificación de los métodos de evaluación sensorial.

2.4.8.1. Pruebas para medir aceptabilidad

El principal propósito de los métodos afectivos es evaluar la respuesta (reacción, preferencia o aceptación) de consumidores reales o potenciales de un producto, idea o característica específica de un producto. A diferencia de los métodos analíticos que se realizan con evaluadores seleccionados y

entrenados, las pruebas afectivas se realizan con los consumidores objetivo del producto en cuestión.

La medición de aceptabilidad sensorial se realiza a través del uso de escalas hedónicas. Se basan en que el consumidor dé su impresión una vez que ha probado la muestra, señalando cuanto le grada o desagrada (grado de aceptabilidad sensorial).

El consumidor debe evaluar cada muestra sobre una escala que puede ser de tipo estructurada, semiestructurada o no estructurada (Hough, 2005).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.

- Laboratorio de Análisis Físico y Químico de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
- Laboratorio de empaques de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNALM.
- Planta Piloto de Alimentos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la UNALM.
- Planta de Alimentos balanceados de la UNALM.

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

3.2.1. Materia prima

Para la etapa de optimización se utilizó la quinua variedad rosada proveniente de la provincia de Ayacucho distrito de Tambillo cuyo procesamiento en harina precocida se realizó en la Planta de Alimentos balanceados de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Para la etapa de determinación del tiempo de vida útil el producto de estudio fueron muestras de pan de molde con incorporación de harina de quinua precocida y suero

en bolsas plásticas de polietileno de alta densidad los cuales fueron elaborados en la Planta Piloto de Alimentos de la UNALM.

3.2.2. Insumos

- Harina de trigo panadera
- Levadura seca instantánea en polvo
- Azúcar rubia
- Sal industrial
- Manteca vegetal
- Suero de leche dulce (11% Proteína)
- Agua potable

3.3. MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1. Materiales

- Vasos de precipitado
- Erlemeyers
- Fiolas
- Probetas
- Pipetas volumétricas
- Utensilios para panificación (moldes sin tapa)
- Bolsas plásticas de polietileno de alta densidad
- Papel probabilístico de Weibull
- Platos descartables de color blanco
- Vasos de plástico descartables
- Agua de mesa
- Lapiceros
- Tarjetas de evaluación sensorial
- Software MINITAB 15
- Software STATGRAPHIC PLUS

- Software EXCEL
- Software DESIGN EXPERT 7.1

3.3.2. Equipos

- Balanza analítica
- Balanza convencional
- Cámara de fermentación de laboratorio
- Amasadora de laboratorio
- Horno de panificación de laboratorio
- Secador de bandejas
- Potenciómetro digital
- Medidor de Textura
- Colorímetro Minolta
- Termómetro digital
- Cronómetro digital

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. Métodos de Análisis físico-químico

3.4.1.1. En la materia prima

En la harina de quinua precocida se realizó:

- Análisis proximal: Humedad, proteína, grasa (extracto etéreo), carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) y cenizas, por los métodos recomendados por la AOAC (1995).
- Análisis de color, método C I E L °A °B Minolta CR-400.
- Análisis de la Acidez, Norma Técnica Peruana NTP 206.013 (1981).
- Análisis de textura instrumental se determinó mediante un medidor de textura TA-XT2 dotado de un software TEXTURE PRO.

3.4.1.2. En el producto terminado

En el pan de molde con quinua precocida se realizó:

- Análisis proximal: Humedad, proteína, grasa (extracto etéreo), carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) y cenizas, por los métodos recomendados por la AOAC (1990).

3.4.2. Métodos para Evaluación Sensorial.

Se realizó la evaluación sensorial tanto en el producto terminado y en el almacenamiento del mismo.

3.4.2.1. En el producto terminado

Se utilizó dos pruebas:

- La prueba de evaluación sensorial descriptiva de escala no estructurada: color, sabor, textura y de apariencia general (Anzaldúa, 1994).
- La prueba de evaluación sensorial de aceptabilidad general de escala no estructurada (Anzaldúa, 1994).

3.4.2.2. Durante el almacenamiento del producto terminado.

Se utilizó la siguiente prueba:

La prueba de aceptación y rechazo del producto, que consiste en la medición de la aceptabilidad sensorial a través del uso de escalas hedónicas. Se basan en que el consumidor de su impresión una vez que ha probado la muestra, señalando cuanto le gusta o desagrada (grado de aceptabilidad sensorial). El consumidor debe evaluar cada muestra sobre una escala que puede ser de tipo estructurada, semiestructurada o no estructurada (Hough, 2005).

En la evaluación se utilizó la escala semiestructurada como se muestra en la Fig. 36.

La evaluación sensorial se realizó entre las 11 a 12 hrs. y entre las 16 y 17 hrs. Las muestras se sirvieron a 18 y 22 °C, temperatura a la cual se consumen normalmente el producto.

Las muestras de pan de molde complementadas con harina de quinua precocida y suero de leche fueron colocadas en recipientes o envases de polietileno de alta densidad (Vermeiren *et al.*,1999), transparente y luego almacenadas en ambientes de temperatura y humedad relativa controlada (21° C y 80% HR).

Se realizó un muestreo en los días: 0, 3, 7, 11, 12 y 13, las cuales fueron evaluadas mediante un análisis sensorial de aceptación y rechazo (Hough, 2005). La ficha de evaluación sensorial se muestra en la figura 36.

3.4.3. Métodos para el Análisis estadístico.

Se utilizó los siguientes análisis estadísticos:

- En los resultados fisicoquímicos en el producto terminado, se realizó un Análisis de varianza (ANOVA) con la finalidad de determinar si existen diferencias significativas entre las muestras y el control. En los casos de encontrar diferencias, se efectuó la prueba de rangos múltiples de Duncan (Gutiérrez y de la Vara, 2003). Todos los análisis estadísticos se desarrollaron para una probabilidad del 95% de confianza, con el programa estadístico Statgraphics plus 5.1.
- En los resultados sensoriales en el producto terminado, se realizó una comparación de medianas por Kruskal Wallis (Raj, 1980).
- Durante el almacenamiento del producto terminado, el uso del análisis de riesgos de Weibull facilitó la determinación del tiempo de vida útil y el modelamiento de los datos de evaluación sensorial (Cardelli y Labuza,2001).

3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En las figura 17, se muestra el esquema experimental para la optimización de la formulación y en la figura 21 se muestra el esquema experimental para la determinación del tiempo de vida útil del pan de molde con incorporación de harina de quinua precocida desarrollado en la investigación, los pasos que se siguieron fueron:

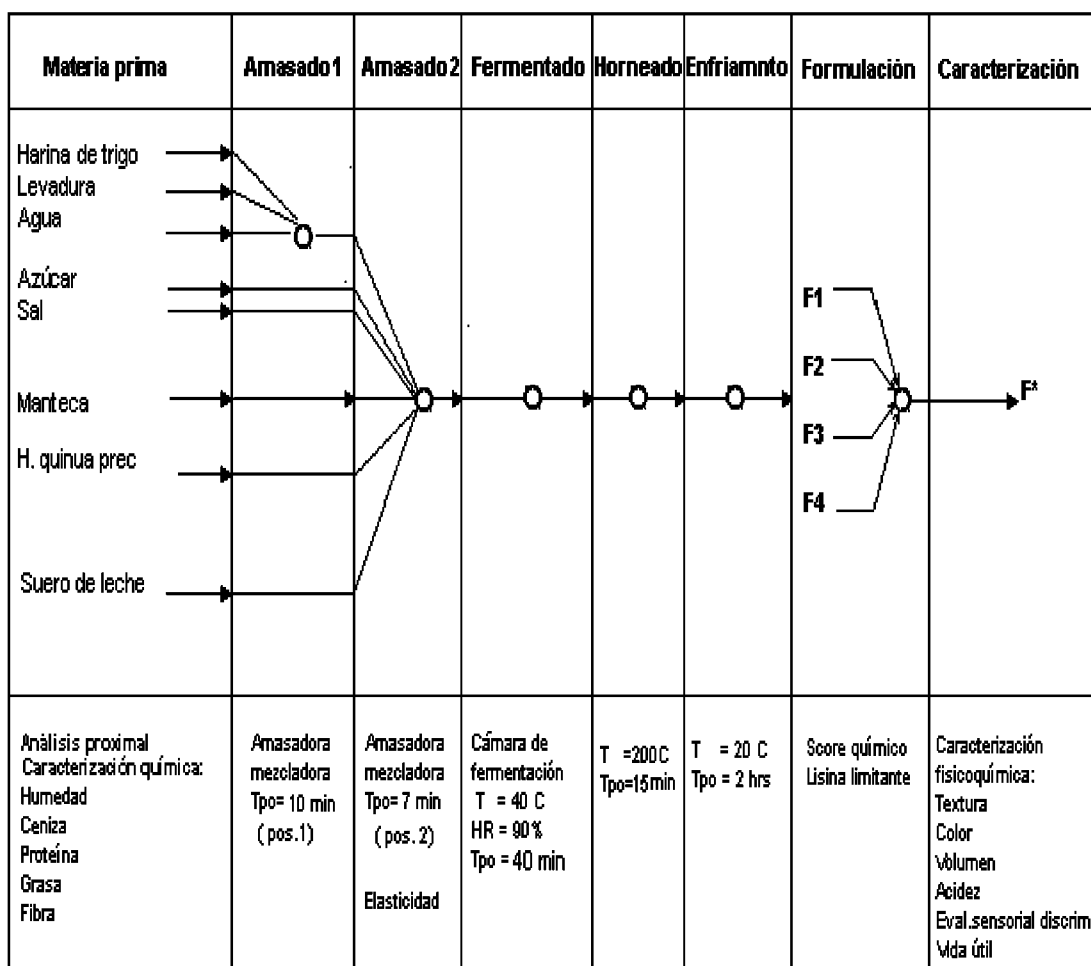
- Obtención de la harina de quinua precocida

- Obtención del pan de molde

- Formulaciones con incorporación de harina de quinua y suero.

- Determinación del costo mínimo.

- Determinación del tiempo de vida útil



F = Formulación mediante el diseño de mezcla

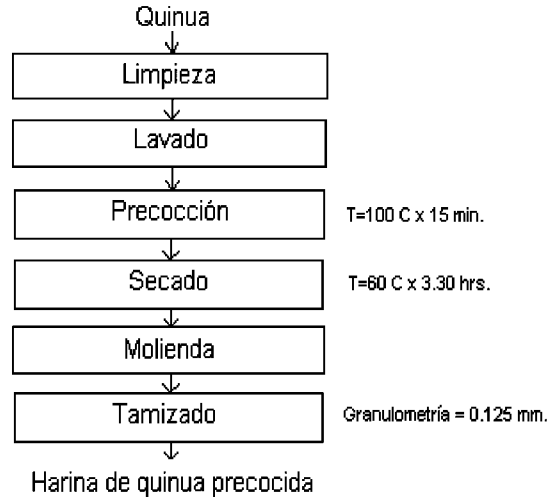
F* = Mejor formulación

Fig. 17: Esquema experimental para obtención de pan de molde con máximo nivel de incorporación de harina de quinua precocida.

3.5.1. Obtención de la harina de quinua precocida

Para elaborar las mezclas de los componentes se usó la harina de quinua bajo la forma precocida, para lo cual se siguió el proceso de obtención recomendado por Buendía (1981).

El flujo de elaboración seguido es el que se presenta en la Fig. 18.



FUENTE: Buendía (1981).

Fig.18: Diagrama de flujo de obtención de harina de quinua precocida.

3.5.1.1. Análisis proximal de la harina de quinua precocida

Una vez obtenida la harina de quinua se realizó un análisis proximal para determinar el contenido de proteínas presentes en la harina.

3.5.2. Obtención del pan de molde

Para la elaboración del pan tipo molde, es necesario realizar varios ensayos para lograr la estandarización del proceso y la fórmula base, el cual se realiza con cuatro ensayos utilizando diferentes proporciones de los ingredientes para determinar la mejor masa panaria, teniendo en cuenta las características fisicoquímicas y sensoriales del pan de molde.

Siguiendo el procedimiento de un método directo, según el diagrama de flujo de la figura 19:

A. Pesaje y medición

Se hace de acuerdo con las cantidades establecidas en la formulación para cada producto, este pesaje se debe realizar lo mas preciso posible de lo contrario los productos saldrán con muchos defectos.

B. Amasado 1

El amasado se realizó en una amasadora-sobadora, a la primera velocidad por 10 minutos. Se adicionó levadura seca y agua, junto con la harina de trigo.

C. Amasado 2

Seguidamente se agregó el resto de ingredientes en la amasadora-sobadora a la posición 2 (velocidad) por 7 minutos aproximadamente, hasta que los ingredientes queden homogéneos y se perciba elasticidad adecuada de la masa.

CUADRO 18: Formulación base para pan de molde

Insumos	Cantidad (g)	Cantidad (%)
Harina de trigo	500,0	53,48
Sal	10,0	1,07
Azúcar rubia	50,0	5,35
Levadura instantánea	15,0	1,60
Manteca vegetal	60,0	6,42
Agua	300,0	32,09
TOTAL	935,0	100,0

* Se adicionó 4000 mg/Kg de conservador propionato de Calcio.

FUENTE: Modificado de SENA,1985.

Se amasa de tal forma que se produzca un estiramiento repetido de la masa (elasticidad). Esta es una etapa muy importante puesto que la calidad de la masa influye en las siguientes operaciones. La masa no debe estar muy “dura” por que esto dificultará su cortado posterior y si es muy “aguada” será difícil de obtener la forma deseada.

D. Moldeado

En esta etapa se da la forma cilíndrica a la porción de la masa (180 g.), colocando el trozo de la masa formado en el molde sin tapa, previamente el molde engrasado ligeramente con grasa.

E. Fermentación

Se lleva la masa a la cámara de fermentación 40 °C y 90% de humedad relativa, durante un tiempo de 40 minutos aproximadamente. El crecimiento de masa se obtiene al cabo de este tiempo.

Es importante el control de la temperatura y humedad, ya que en otro caso se produce una textura irregular en el pan de molde acabado producido por el ritmo desigual de la producción de gas.

F. Horneado

Una vez que la masa creció por la fermentación hasta dos tercios se introduce en el horno. Esta es la etapa de cocción del pan, el horneado se da durante 15 minutos con una temperatura que oscila entre los 200 °C ó 420 °F.

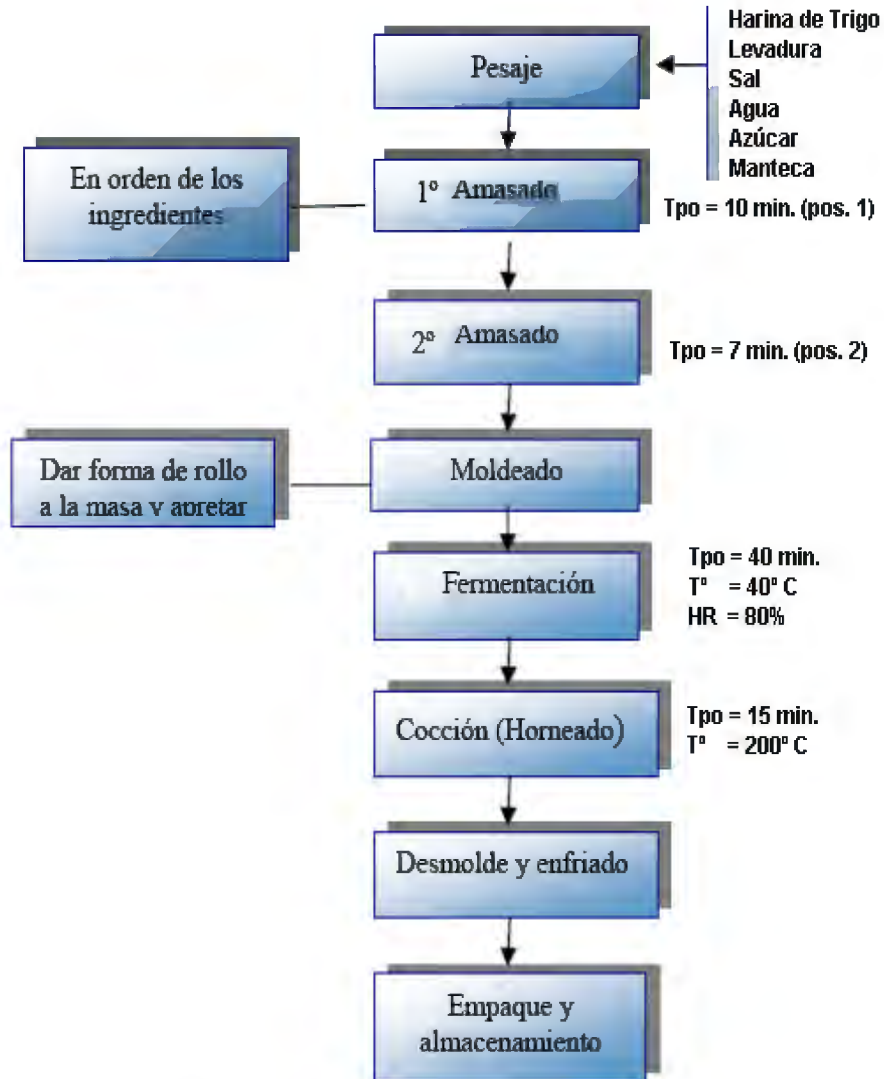
G. Enfriamiento, desmoldado y rebanado

Una vez que sale del horno se pone en reposo los panes de molde con la finalidad de un enfriamiento por 30 min. aprox. luego realizar un desmoldado sacando los panes de sus moldes respectivos para un enfriamiento posterior de aprox. 2 horas a temperatura ambiente.

Luego de este enfriamiento se realiza un rebanado respectivo.

H. Empaque y almacenamiento

Se embolsa en bolsas de polietileno de alta densidad sugeriblemente para su posterior almacén a 21°C y 80% HR.



FUENTE: Modificado de SENA,1985.

Fig. 19: Diagrama de flujo para elaboración de pan de molde.

3.5.3. Formulaciones con incorporación de harina de quinua y suero de leche.

3.5.3.1 Método de Diseño de Mezclas

El presente trabajo consistió en realizar la complementación proteica de la harina de trigo con la harina de quinua y suero de leche aplicando el Método de Diseño de Mezclas, se aplicó el diseño simplex con centroide ampliado para mezclas. Este método discrimina los componentes entre principales y secundarios. Se eligió como

componentes principales la Harina de Trigo (A), la Harina Precocida de Quinua (B) y el Suero de Leche (C). Cualquier punto sobre el triángulo equilátero representa una mezcla igual a 100%. Se mantuvo constante los componentes secundarios. Los componentes principales se trabajaron en base seca para evitar las distorsiones por contenido de humedad.

3.5.3.2 Determinación de las líneas de restricción

Se aplicaron restricciones en la harina de trigo, harina de quinua precocida y suero de leche, el cual estableció un área restrictiva.

3.5.3.3. Isolínea de Restricción Proteica

Para determinar la Isolínea de restricción proteica se tomó como base el método reportado por Torres *et al.* (1994). Se consideró que la cantidad de proteínas de las materias primas principales es producto de la suma del aporte proteico de cada componente principal:

$$P = MAP_1 + MBP_2 + MCP_3 \dots \dots \dots (19)$$

Donde:

- P = Proteína, en gramos.
M = Masa de los componentes principales, en gramos
A, B y C = Proporciones de Harina de Trigo, Harina de quinua precocida y suero de leche, en base seca.
P₁, P₂ y P₃ = Porcentaje de proteínas sobre cien

De las líneas isoproteicas obtenidas que correspondían a diferentes niveles de proteína se eligió aquella que pasaba por la intersección de las líneas de mayor incorporación de quinua y la línea del 2% de incorporación de suero hasta llegar a la intersección de la isoproteica y la línea del 6% de suero. Es así que se obtuvieron dos puntos extremos y posteriormente un punto medio.

3.5.3.4. Evaluación de las mezclas por el cómputo químico.

Posteriormente se determinó la calidad proteica de las mezclas mediante el cómputo químico (Mitchell y Block, 1946).

El cómputo químico es un método que se basa en calcular el porcentaje de presencia de los aminoácidos esenciales, con respecto al patrón de referencia de aminoácidos esenciales. El porcentaje de aminoácido esencial, que está en menor proporción indica el aminoácido limitante al cual se le denomina score químico (SQ), cuando no hay déficit de ningún aminoácido esencial el SQ es 100% y equivale al de una proteína ideal o de referencia: por el contrario, si una proteína es carente en un aminoácidos esenciales su SQ es cero.

Los patrones de referencia, reciben este nombre debido a que son proteínas que permiten una óptima síntesis proteica por lo que son utilizados como referencias o mezclas aminoacídicas deseables.

$$\text{Cómputo químico} = \frac{\text{g AAE. Alimento o mezcla}}{\text{g AAE. Proteína patrón}} \dots\dots\dots(20)$$

CUADRO 19: Patrón de aminoácidos propuesto para Niños mayores de un año y adultos.

Aminoácidos esenciales	(g/100 g de prot.)
Fenilalanina+Tirosina	4.7
Histidina	1.8
Isoleucina	2.5
Leucina	5.5
Lisina	5.1
Metionina+cistina	2.5
Treonina	2.7
Triptofano	0.7
Valina	3.2
Total AA esenciales	28.7

FUENTE: Institute of Medicine National Academy of Science, 2002
FAO/OMS Expert consultation, 1989.

3.5.3.5. Evaluación fisicoquímica de las mezclas en la formulación de pan de molde.

Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas de las tres formulaciones complementadas frente a la formulación testigo (100% de harina de trigo). Las propiedades fisicoquímicas fueron:

TEXTURA

La determinación de la textura (firmeza) del pan se realizó con el medidor de Textura TA-XT2 y sonda cilíndrica de 25 mm. Mediante el método estándar AACC 74-09 con las siguientes parámetros :

Velocidad de ensayo : 1,7 mm/s

Velocidad de retirada: 1,7 mm/s

Distancia: 25%

Fuerza: 5 g.

Para la determinación se utilizó como muestra 2 rodajas de pan de molde de 1,25 cm. de grosor cada uno, seguidamente estas muestras fueron colocadas en la parte central bajo la sonda cilíndrica para la respectiva evaluación.

VOLUMEN

Se midió por medio del desplazamiento de semillas de linaza, en una probeta, mediante el método AACC 10-05

PESO

Medido directamente en la balanza analítica.

ALTURA

Se midió directamente con una regla graduada.

COLOR

Se midió con el colorímetro minolta, tanto el color interno y externo de las muestras, se obtuvieron los parámetros L, a* y b* empleando cuatro muestras con cinco repeticiones para cada uno.

ACIDEZ

Se determinó la acidez del pan de molde mediante la NTP 206.013 1981, con 10 g de la muestra y 100 ml. de agua destilada recientemente hervida y fría, se mezcló agitando eventualmente cada 10 min. durante 1 hora (con una licuadora), se filtró en una matraz de 200 ml y se completó el volumen con agua destilada. Se tomó alícuota de 20 ml. de filtrado y con 5 gotas de fenolftaleína para su respectiva titulación con NaOH 0.1N, la acidez se expresó como porcentaje de H₂SO₄:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{G \times N \times 0,049}{\text{Peso muestra} \times 200/20} \times 100 \dots\dots\dots(21)$$

pH

Se determinó el pH del pan de molde con el potenciómetro , las muestras para la determinación fueron las mismas para el análisis de acidez.

HUMEDAD

Se determinó la humedad mediante el método AOAC 14004, se tuvo una muestra de 2 g, Se secó la muestra en su respectivo crisol en el horno a 130 +/- 3°C hasta llegar a una masa constante (aprox. 5 horas), enfriamos en una desecadora hasta que alcance la temperatura ambiente para luego ser pesados, el porcentaje de humedad se expresa:

$$\% H = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100 \dots\dots\dots(22)$$

3.5.3.6. Evaluación sensorial de las mezclas.

Se evaluaron las propiedades sensoriales de las tres formulaciones frente a la formulación testigo (100% de harina de trigo). Para los evaluaciones se tuvieron muestras de rodajas de pan de molde los cuales se sirvieron en platos de plástico marcados con un código de tres dígitos tomados al azar de una tabla de números aleatorios de acuerdo a Anzaldúa (1994). El panel de consumidores estuvo integrado por 60 jueces no entrenados que gustan de consumir este producto.

Las propiedades sensoriales importantes para la evaluación descriptiva fueron: color, sabor y suavidad (textura).

Para la prueba de aceptabilidad general se utilizó una escala no estructurada en cuyo extremo izquierdo detalla “me desagrada mucho” y en el extremo derecho “me agrada mucho”.

Se utilizaron los siguientes formatos para determinar las propiedades sensoriales de las mezclas.

NOMBRE:.....
 FECHA:.....HORA:.....

Por favor observe y deguste el *pan proteico* que se le presenta y marque con una X sobre cualquier parte de la línea de acuerdo a su apreciación de aceptabilidad.

Muestra

152 |-----|-----|
 Me desagrada Ni me agrada Me agrada
 mucho ni me desagrada mucho

132 |-----|-----|
 Me desagrada Ni me agrada Me agrada
 mucho ni me desagrada mucho

142 |-----|-----|
 Me desagrada Ni me agrada Me agrada
 mucho ni me desagrada mucho

162 |-----|-----|
 Me desagrada Ni me agrada Me agrada
 mucho ni me desagrada mucho

Comentarios:.....

FUENTE: Adaptado de Gallegos (2003)

Fig. 20: Formato de evaluación sensorial para determinar aceptabilidad del pan.

3.5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación estadística de los resultados físicoquímicos del pan de molde, se empleó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos (Trigo, Quinoa, Suero: 100,00%, 0,00%, 0,00%; 84,39%, 10,41%, 5,20%; 82,54%, 13,92%, 3,54%; 80,88%, 17,30%, 1,82% todas en b.h.) y cinco repeticiones. Se practicó un ANOVA y la comparación de medias se llevó a cabo con la prueba de rangos múltiples de Duncan (Gutiérrez y de la Vara, 2003).

Para el caso de la evaluación sensorial se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, con sus respectivos diagramas de Caja y Bigote de comparación de medianas, esto debido a que las evaluaciones en el comportamiento sensorial son diferentes a las evaluaciones fisicoquímicas. Este es un método no paramétrico que analiza el efecto de un sector de clasificación en una variable representada en un modelo factorial de varianza (Raj, 1980).

Todos los análisis estadísticos se desarrollaron para una probabilidad del 95% del nivel de confianza. Se empleó el software estadístico Statgraphics plus versión 5,1. El análisis estadístico de datos derivados de un experimento tiene como propósito proveer información referente a la manera en que las unidades experimentales responden a los tratamientos aplicados. El primer paso consiste en someter los datos a un análisis de varianza para establecer si hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

3.5.5. DETERMINACIÓN DEL COSTO MÍNIMO

Considerando los costos (Nuevos soles) por tonelada métrica (TM) de cada uno de los componentes principales y de los insumos se calculó el costo de la formulación óptima, calculándose la ganancia bruta y neta.

3.5.6. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL

El esquema experimental que explica el procedimiento para la determinación del tiempo de vida útil se muestra en la figura 21. Se elaboró un pan de molde complementado con harina de quinua y suero de leche de un lote de producción y se almacenó a la temperatura de 21°C para sus respectivas evaluaciones sensoriales de las 6 muestras correspondientes a cada periodo de almacenaje.

En el presente trabajo de investigación se evaluó la aceptabilidad general, como variable dependiente, y el tiempo de almacenamiento como variable independiente.

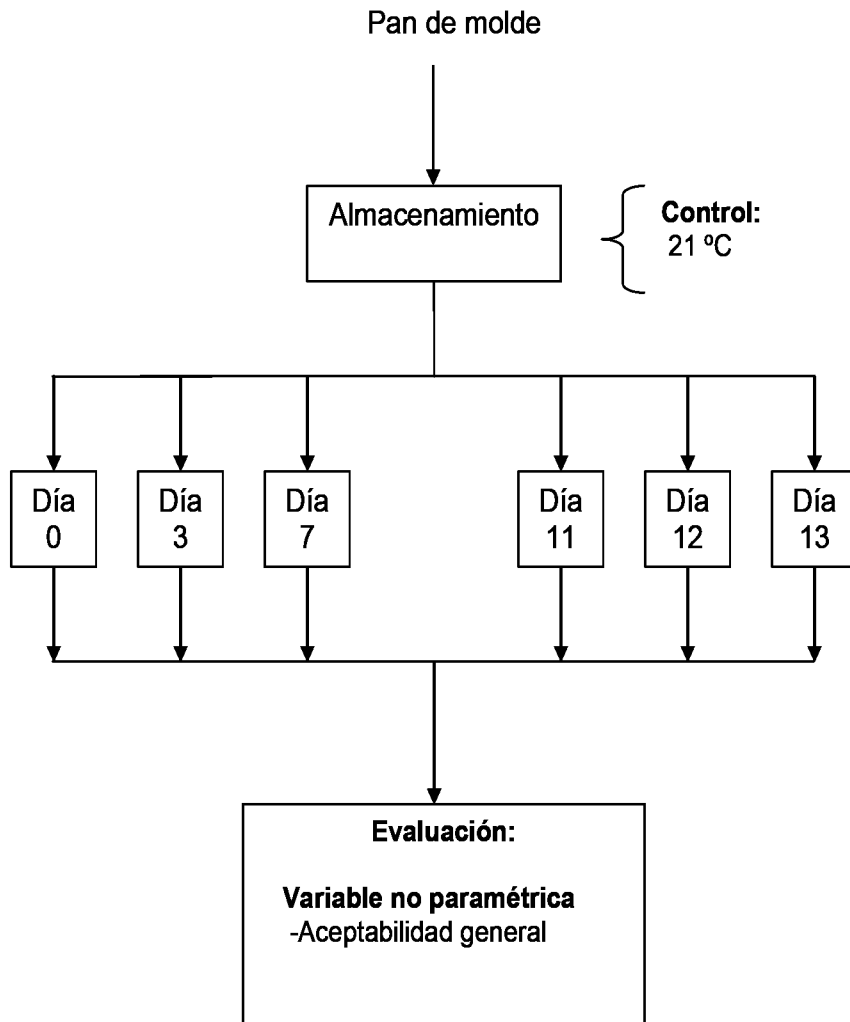


Fig. 21: Esquema experimental de aceptabilidad general de un pan de molde con incorporación de harina de quinua durante el almacenaje.

Con respecto al tiempo máximo de almacenamiento es interesante hacer algún tipo de ensayo preliminar, en las condiciones de ensayo seleccionadas, que permitan fijar dentro de márgenes amplios, el tiempo en el que la muestra sufre un deterioro importante (Gámbaro, 2005).

3.5.6.1. Evaluación sensorial durante el almacenamiento

La evaluación sensorial se llevó a cabo con 50 panelistas no entrenados de ambos sexos y en edad promedio de 22 años de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Durante la evaluación sensorial, los panelistas no entrenados, recibieron las muestras de pan de molde complementado con harina de quinua y suero de leche correspondientes a los 6 tiempos de almacenaje y evaluaron la aceptabilidad general de cada muestra mediante una escala hedónica semiestructurada de 9 puntos, como se muestra en la figura 36.

Además se solicitó a los panelistas que respondan a la pregunta que se encuentra en la parte inferior de la hoja de calificaciones que se muestra en la figura 36, ¿consumiría normalmente este producto?, respondiendo si o no.

Este análisis es usado para medir a que nivel de aceptación es capaz de llegar el panelista al consumir un determinado alimento, lo que se determina a partir de la apreciación de cómo agrada o desagrada éste a una muestra poblacional de potenciales consumidores (Ureña, 1999).

FECHA:.....		HORA:.....							
INSTRUCCIONES:									
Por favor pruebe la muestra:									
De un calificativo de aceptabilidad a la muestra usando la escala y respondiendo la pregunta.									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Me disgusta mucho		Indiferente				Me gusta mucho			
¿Ud. normalmente consumiría este producto? Si				<input type="checkbox"/>	No				<input type="checkbox"/>
Muchas gracias									

FUENTE: Hough (2005)

Fig. 22: Ficha de escala semiestructurada para evaluar la aceptabilidad en el almacenamiento del pan de molde.

3.5.6.2. Ajuste de Datos para el Tiempo de vida útil.

Cuando se dispone de un conjunto de observaciones, pertenecientes a una determinada variable aleatoria T de distribución desconocida, lo primero que conviene hacer es tratar de identificar alguna distribución teórica por la cual se puedan ajustar bien dichas observaciones. En otras palabras, se trataría de comprobar si dichas observaciones se distribuyen según un patrón conocido (según una normal, una binomial, etc.), pues ello nos simplificaría el análisis descriptivo de los datos, así como la realización de inferencias sobre la población.

En muchas ocasiones será posible identificar la distribución que mejor se aproxima a las observaciones mediante el uso de gráficos de probabilidad. Este tipo de gráficos muestran la función de distribución (f.d.) linealizada de una distribución teórica junto con una nube de puntos que representan estimaciones (no paramétricas) puntuales de la f.d. de T . Evidentemente, cuanto más se aproxime la nube de puntos a la recta que aparece en el gráfico, tanto mejor será el ajuste.

Si se lograra aproximar la distribución de T mediante alguna distribución teórica conocida, sería posible usar esta última para representar gráficamente estimaciones de la función de distribución y/o de la función de densidad (f.d.p.) asociada a las observaciones. En tales casos, se habla de descripción paramétrica de la variable T (porque hemos logrado identificar la distribución –y los parámetros asociados- que describen correctamente el comportamiento de la variable aleatoria analizada).

El programa estadístico Minitab es muy utilizado para identificar y describir gráficamente la distribución que mejor se ajuste a un conjunto de observaciones. Las posibles distribuciones de ajuste son: la Normal, la Log-

normal (base e), la Weibull, la de Valores Extremos, la Exponencial, la Logística y la Loglogística.

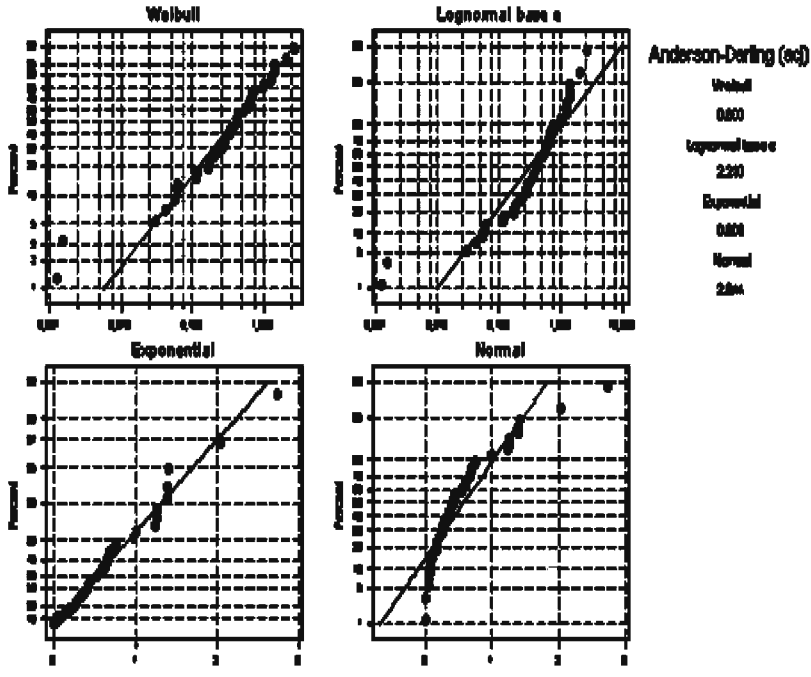
Al representar gráficamente las funciones de distribución (f.d.) de las diferentes distribuciones teóricas, se obtienen curvas muy similares, la mayoría de las cuales resultan difíciles de ser identificadas a simple vista. Es por ello que se utilizan los gráficos de probabilidad, los cuales hacen uso de escalas especiales en los ejes, de manera que al representar la f.d. ésta tenga forma lineal.

Los programas estadísticos actuales (como Minitab) son capaces de realizar los cálculos anteriores, automatizando así el proceso de construcción de estos gráficos de probabilidad.

Cuando se tengan ya representados todos los puntos (x,y) asociados a las observaciones, se deberá hallar la recta de regresión asociada, la cual corresponderá a la f.d. de la distribución elegida cuyos parámetros mejor se ajusten a las observaciones, tal como se observa en la figura 23. Para ver si las observaciones pueden aproximarse bien por dicha distribución, habrá que analizar (gráficamente o mediante el estadístico Anderson-Darling) si los puntos representados se encuentran suficientemente próximos a la recta, prestando especial atención a los valores de los extremos.

Como hemos comentado, las últimas versiones de Minitab incorporan una serie de opciones que permiten intentar ajustar un conjunto de observaciones mediante algunas de las principales distribuciones continuas. Si el proceso tiene éxito (i.e.: si logramos ajustar razonablemente bien alguna de las distribuciones teóricas a los datos), podremos suponer que los datos siguen un patrón caracterizado por una distribución continua conocida, lo cual nos facilitará la obtención de información adicional sobre el comportamiento de la variable aleatoria (Ángel, 2007).

Para el análisis de las observaciones obtenidas en la parte experimental de este estudio se utilizó el programa estadístico Minitab versión 15.



FUENTE: Ángel (2007).

Fig. 23: Distribución normal, weibull, lognormal y exponencial reportado por el programa estadístico minitab 15.

3.5.6.3. Determinación del Tiempo de vida útil del pan de molde

Para la determinación del Tiempo de vida útil se utilizó el Método Gráfico de Ploteo de Riesgos Acumulados de Weibull siguiendo la metodología propuesta por Gacula y Kubala (1984) que se detalla:

- 1) Se realizó la prueba sensorial de aceptabilidad general mediante una escala hedónica semiestructurada de 9 puntos, como se muestra en la figura 36, de acuerdo al diseño propuesto por Ureña, (1999).
- 2) Se ordenaron los periodos (en días) en orden ascendente de fallas detectadas.
- 3) Se determinó el valor del Riesgo, $h(x)$ para cada muestra fallada con la siguiente relación:

$$H(t) = \frac{100 \dots \dots \dots}{R} \dots \dots \dots (23)$$

R

Donde R es la inversa del ranking de los periodos de falla de las muestras.

4) Luego se calculó el valor del Riesgo acumulado, H(t) de las muestras que fallaron. El valor de riesgo acumulado correspondiente a la unidad fallada es la sumatoria de todos los valores de riesgo de las unidades que fallaron anteriormente incluyendo la unidad fallada.

5) Se realizó el ploteo de los datos (figura 58) para la construcción del gráfico:

$$H(t) = (t / \alpha)^\beta \dots\dots\dots(24)$$

$$\log(t) = \frac{1}{\beta} \log(H) + \log(\alpha) \dots\dots\dots(25)$$

El parámetro de forma puede ser calculado como:

$$\beta = \frac{1}{\sigma} \left(\frac{\pi}{6} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(26)$$

Con σ como la desviación estándar del logaritmo natural de las muestras en que los jueces “detectaron diferencias” o puede ser calculado gráficamente del papel de probabilidad de riesgos acumulados de Weibull (Taoukis *et al.*, 1998).

6) Se realizó la regresión lineal de los datos ploteados.

7) El cálculo del tiempo final de vida útil, se realizó tomando el criterio de 69.3% o un Pc del 50% de falla, a la cual se le conoce como “Tiempo de vida útil Nominal” (Cardelli y Labuza, 2000). Para lo cual se trazó una línea perpendicular del origen del 50% de percentil hacia la curva de regresión, y a partir de dicho intercepto se trazó una línea paralela al eje de las sumatorias de fallas hasta el intercepto del eje del tiempo (tiempo de vida útil).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. OBTENCIÓN DE LA HARINA DE QUINUA PRECOCIDA

El procedimiento de obtención de la harina de quinua precocida se realizó según lo recomendado por Buendía (1991). En cuanto al lavado de la quinua de la presencia de saponinas se realizó por 4 veces seguidas dándonos una muestra sin espuma, como menciona Koziol (1990) cuando se disuelven en agua y se agitan, las saponinas dan una espuma estable, cuya altura está correlacionada con el contenido de saponinas en los granos.

El análisis de saponina fue únicamente de tipo cualitativo para determinar si quedan saponinas detectables mediante el índice afrosimétrico (Ruíz W.A., 1979). Este es un método físico basado en la propiedad tensoactiva de las saponinas que al ser agitadas en agua dan una espuma estable: la altura de la cual está relacionada con el contenido de saponinas en los granos.

En cuanto a la precocción a 100° C por 15 minutos, según Carrera (1995) nos afirma que la precocción mayor de 15 minutos trae como consecuencia la pérdida de la estructura del grano. Este fenómeno se puede explicar ya que, por encima de los 55.7 °C los gránulos de almidón se hinchan por la absorción de agua de los grupos polares hidroxilo, en ese momento la viscosidad aumenta considerablemente por que los granos hinchados se adhieren los unos a los otros Cheftel (1976).

La precocción es tan importante por que en las modificaciones que ocurren como consecuencia de esta, es responsable de la compatibilidad de los granos de quinua con la masa de harina de trigo facilitando el proceso de mezclado.

En el aspecto nutricional, la importancia de la precocción radica en que se incrementa el valor biológico de los aminoácidos, en valores de eficiencia alimenticia la quinua cocida es 18% más eficiente que la harina de trigo, del mismo modo en valores de eficiencia proteica (CEP) la quinua cocida tiene valores similares a la caseína, en valores de eficiencia de nitrógeno para el crecimiento

(ENC) la quinua cocida es 25% más alto que la caseína (Instituto de Investigaciones Agroindustriales, 1977).

En el proceso de secado se realizó en un secador de bandejas a 60° C por un tiempo de 3.30 horas según lo recomendado por Buendía (1991). El proceso de la molienda de la quinua con el molino de martillo PULLMAN, a una granulometría de 0.125 mm. estuvo dentro del rango encontrados por Moreyra *et al.*(1996).

Igualmente el rendimiento harinero de la harina de quinua precocida de 81% con una pérdida de 19% estuvo dentro del rango encontrados por Moreyra *et al.*(1996) en dos variedades de quinua (Kancolla y Sajama).



Fig. 24: Imagen de la harina de quinua precocida

4.1.1. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA HARINA DE QUINUA PRECOCIDA

En promedio la harina de quinua precocida presentó 70,73% de carbohidratos, 11,50% de proteína, 7,06% de grasa, 6,48% de humedad, 2,15% de cenizas y 2,08 de fibra cruda. Estos resultados coinciden con los

reportados por Molina (1972), Repo Carrasco (1989) y de Bruin (1964) en estudios hechos a diferentes variedades de quinua.

CUADRO 20: Análisis proximal de la harina de quinua precocida.

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Humedad	11,00
Proteínas	11,50
Fibra cruda	2,08
Grasas	7,06
Cenizas	2,15
Carbohidratos	66,21
Total	100,00

La humedad reportada de 11,00% es el valor recomendado para harinas de granos, como manifiesta Cheftel (1976) a humedades inferiores a 11,00% se evitan deterioros en el almacenamiento prolongado, a temperaturas de 20 ° C. El análisis de humedad de la harina de quinua precocida cumple con los parámetros establecidos en la norma A.O.A.C.925.09, ya que ésta exige como máximo una humedad 15,50%.

Con respecto al porcentaje de proteína 11,50% en general variará según la variedad y el tratamiento de limpieza que haya tenido el grano (Molina, 1970).

4.1.2. ANÁLISIS PROXIMAL DEL SUERO DE LECHE EN POLVO

El suero de leche en polvo según la ficha técnica proporcionada por la empresa Austracorp tuvo los siguientes porcentajes promedios 74,40% de carbohidratos, 12,80% de proteína, 7,10% de cenizas, 4,20% de humedad y 1,50% de grasas. Valores que coinciden con los reportados por Arcila y Mendoza (2006).

CUADRO 21: Análisis proximal del suero de leche en polvo

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Humedad	4,20
Proteínas	12,80
Grasas	1,50
Cenizas	7,10
Carbohidratos	74,40
Total	100,00

FUENTE: Laboratorio Austracorp (2006)

En panificación se considera al suero de leche como un ingrediente mejorador de la calidad del pan, brindándole un sabor especial y característico, mejorando la textura (suavidad) y otorgándole un color atractivo a los panes.

Linden (1994) menciona que las proteínas del suero de leche no constituyen la fracción más abundante pero sí la más interesante en términos nutricionales y económicos con un alto potencial. Tiene un mayor valor nutricional al de las caseínas, debido al hecho de que son más equilibradas en aminoácidos sobre todo en razón de su contenido en aminoácidos azufrados y en lisina.

4.1.3. ANÁLISIS PROXIMAL DE LA HARINA DE TRIGO

La harina de trigo según la ficha técnica proporcionada por la empresa Sayon contiene 72,70% de carbohidratos, 14,22% de humedad, 10% de proteína, 1,44% de grasa, 1,13% de fibra cruda y 0.51% de cenizas. Valores dentro de los rangos reportados por Reyes *et al.*, (2004).

CUADRO 22: Análisis proximal de la harina de trigo.

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Humedad	14,22
Proteínas	10,00
Fibra cruda	1,13
Grasas	1,44
Cenizas	0,51
Carbohidratos	72,70
Total	100,00
Acidez	0.075

FUENTE: Laboratorio Sayon (2006)

La determinación de la acidez titulable es 0.075 %, lo cual está dentro de los rangos reportados, la acidez en las harinas se debe sobre todo a la presencia de ácidos grasos provenientes de la transformación de materias grasas.

En general en base a los análisis realizados podemos afirmar que la harina de trigo utilizada en las evaluaciones es de muy buena calidad.

4.2. FORMULACIONES CON INCORPORACIÓN DE HARINA DE QUINUA PRECOCIDA/SUERO Y DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE FORMULACIÓN FACTIBLE.

4.2.1. Determinación de las líneas de restricción

Para determinar las líneas de restricción se consideró los porcentajes de proteína del análisis proximal de los componentes principales utilizados en la elaboración del pan de molde que se muestran en los cuadros 20, 21 y 22, en el que se puede apreciar que los componentes que aportan más proteína son la harina de quinua y el suero de leche.

Como es evidente, no se puede lograr una mezcla con 100% de harina de quinua precocida o 100% de suero de leche por lo que el diseño tuvo restricciones correspondientes a los límites máximos y mínimos de cada uno de los componentes, los mismos que fueron definidos:

- Para la quinua: de 0% (0.00) a 20% (0.20) masa total. (Carrera, 1995)
- Para el suero: de 2% (0.02) a 6 % (0.06) masa total (Burringtong, 1995)
- Para el trigo: Se determinó por diferencia de 98% (0.98) a 74% (0.74) masa total en el diseño de mezclas.

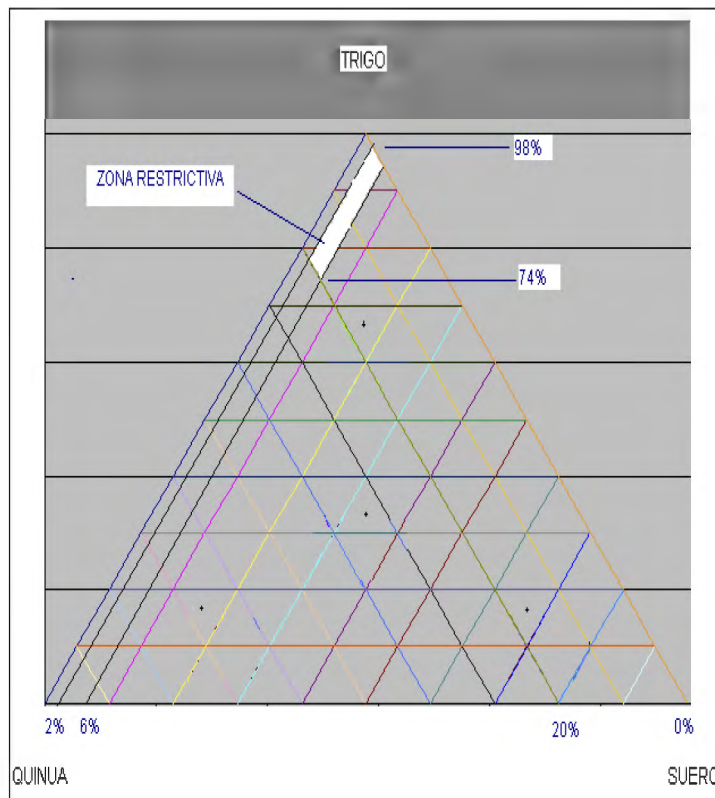


Fig. 25: Área restrictiva en el diseño de mezcla

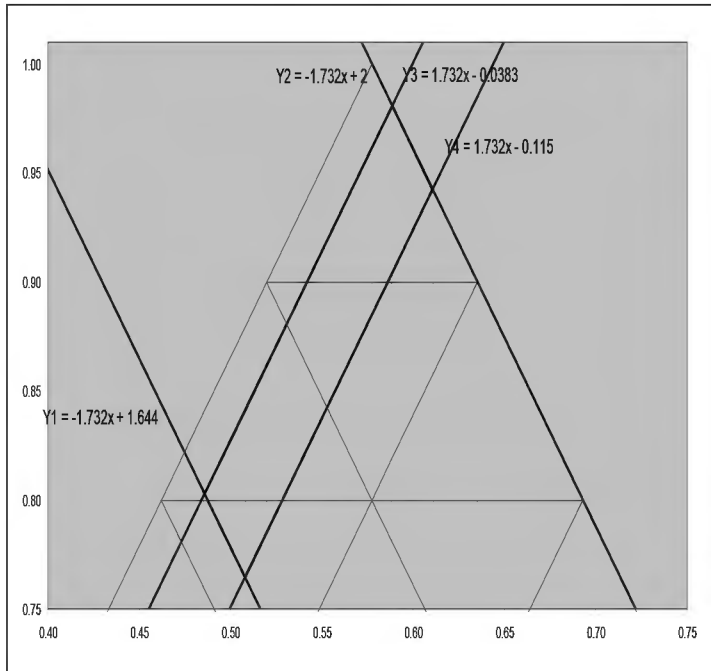


Fig. 26: Ecuaciones en el área restrictiva, vista ampliada.

Una vez definida las coordenadas de los componentes, así como los límites de quinua, trigo y suero, se establecieron ecuaciones que permitieron determinar la línea que atravesase el punto de máxima incorporación de quinua.

4.2.1.1. Determinación de líneas de restricción isoproteica.

Para determinar la línea de restricción isoproteica se tomó como base el método reportado por Torres *et al.* (1994). Se consideró que la cantidad de proteínas de las materias primas principales es producto de la suma del aporte proteico de cada componente principal.

De la ecuación: $MAX1 + MBX2 + MCX3 = P.....(19)$

Teniendo en cuenta el análisis proximal de las materias primas que se reportaron en los cuadros 20,21 y 22, el porcentaje de proteínas que aporta

cada componente en la masa principal quedan definidas las siguientes variables:

M	= A + B + C (proteína de los comp. principales m. s.)
M	= 45,9 + 0,0 + 0,0
M	= 45,9 g de masa principal.
A, B y C	= Componentes
X1	= 0,100
X2	= 0,115
X3	= 0,128
P	= Proteínas, en gramos.

Estos valores se reemplazaron en la ecuación obteniendo:

$$4.5872 \mathbf{A} + 5.2752 \mathbf{B} + 5.8716 \mathbf{C} = \mathbf{P} \dots \dots \dots (27)$$

Se observó que para cada valor de P, se halló una función isoproteica lineal en la cual cualquier mezcla sobre esta función tuvo el mismo nivel de proteínas.

De: $A + B + C = 1$ tenemos la ecuación C en función de A y B:

$$\text{Tenemos: } \mathbf{C} = 1 - \mathbf{A} - \mathbf{B} \dots \dots \dots (28)$$

Reemplazamos (28) en (27):

$$4.5872 \mathbf{A} + 5.2752 \mathbf{B} + 5.8716 (1 - \mathbf{A} - \mathbf{B}) = \mathbf{P}$$

Despejando B:

Ecuación B en función de A y P:

$$B = -2.1536 A + 9.8451 - 1.6767 P \dots\dots\dots(29)$$

Ecuación P en función de A y B:

$$P = -1.2844 A - 0.5963 B + 5.8716 \dots\dots\dots(30)$$

Ecuación P en función de A y B:

$$P = 4.59\% = 0.459 \text{ (en tanto por uno).}$$

De la ecuación (30)

$$P = -1.2844 A - 0.5963 B + 5.8716$$

$$0.459 = -1.2844 A - 0.5963 B + 5.8716$$

$$1.2844 A = 5.8716 - 0.459 - 0.5963 B$$

$$1.2844 A = 5.4126 - 0.5963 B$$

$$1.2844 A = \frac{5.4126}{1.2844} - \frac{0.5963}{1.2844} B$$

$$1.2844 \quad 1.2844$$

$$A = 4.2141 - 0.4643 B \dots\dots\dots(31)$$

Asemejando la ecuación de la recta: $y = a + b x$, tabulamos valores de A y B.

El valor de C se determina con la ecuación (28) y el valor de B con la ecuación (29).

Con la ecuación: (29) tabulamos datos con $P=4.59$, A entre 0.70 (70% de Harina de Trigo) y 1.00 (100% de Harina de Trigo).

Para determinar B:

Mínimo:

Con $A=0.70$ (70% HT) y $P=4.59$:

$$B = -2.1536 A + 9.8451 - 1.6767 P$$

$$B = -2.1536 (0.70) + 9.8451 - 1.6767 (4.59)$$

$$B = 0.65$$

Máximo:

Con A=1.00 (100% HT) y P=4.59:

$$B = -2.1536 A + 9.8451 - 1.6767 P$$

$$B = -2.1536 (1.00) + 9.8451 - 1.6767 (4.59)$$

$$B = 0.00$$

Para determinar C:

Mínimo

$$C = 1 - A - B$$

$$C = 1 - 0.70 - 0.65$$

$$C = -0.35$$

Máximo:

$$C = 1 - A - B$$

$$C = 1 - 1.00 - 0.00$$

$$C = 0.00$$

Así sucesivamente con P=4.61, P=4.66, P=4.74 y P=4.784.

En las ecuaciones anteriores se asignaron valores a A, hallándose B para posteriormente encontrar C. Los valores calculados se muestran en el cuadro 23, que por ser lineal la función de restricción isoproteica, quedaron definidas por dos puntos.

CUADRO 23: Valores de rangos de los componentes A, B y C en el diseño de mezclas para diferentes porcentajes de proteína.

PROTEÍNA %	A	B	C
4.59	0.70	0.650	-0.35
	1.00	0.000	0.00
4.61	0.70	0.605	-0.30
	1.00	-0.041	0.04
4.66	0.70	0.521	-0.22
	1.00	-0.125	0.12
4.74	0.70	0.400	-0.10
	1.00	-0.250	0.25
4.784	0.70	0.320	-0.02
	1.00	-0.330	0.33

Para la determinación de las líneas de restricción isoproteica se tuvo que realizar la transformación de los componentes principales: Harina de Trigo, harina de quinua precocida y suero de leche, de masa total a masa seca explicados en el anexo 2, con la finalidad de evitar las distorsiones por contenido de humedad. Así mismo se mantuvo constante los componentes secundarios.

4.3. GRAFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE RESTRICCIÓN ISOPROTEICA

En el anexo 3 se muestran las deducciones de las ecuaciones y sus paralelas (Elías, 2004), mediante las cuales determinamos los valores de X e Y en el triángulo del diseño de mezcla a saber:

$$Y = A \dots\dots\dots(32)$$

$$Y = -2C + 1.732 X \dots\dots\dots(33)$$

$$Y = 2 (1-B) - 1.732 X \dots\dots\dots (34)$$

Reemplazamos la ecuación (32) en (33) se obtuvo:

X en función de A y C:

$$X = (A+2C)/ 1.732 \dots\dots\dots(35)$$

Mediante las ecuaciones (32) y (35) se transformó las coordenadas A, B y C en coordenadas X e Y, lo que se aplicó para encontrar las funciones de restricción isoproteica.

De los valores de X e Y obtenidos, hallamos la pendiente y el intercepto con las respectivas ecuaciones:

$$\text{Pendiente: } b = \frac{(Y2 - Y1)}{(X2 - X1)} \dots\dots\dots(36)$$

De la ecuación de la recta: $y = a + b x$

Despejamos: $a = y - b x$(37)

En el cuadro 24 se muestran los valores de A, B y C transformados a X e Y, para cada uno de los porcentajes de proteína establecidos y en la figura 27 las líneas de restricción isoproteica a diferentes porcentajes de proteína.

CUADRO 24: Valores de las ecuaciones en el diseño de mezclas.

PROTEÍNA (%)		X	Y	b.	a.
4.59	Mínimo	0.00	0.70	0.52	0.700
	Máximo	0.58	1.00		
4.61	Mínimo	0.05	0.70	0.52	0.674
	Máximo	0.63	1.00		
4.66	Mínimo	0.15	0.7	0.53	0.6205
	Máximo	0.72	1.00		
4.74	Mínimo	0.29	0.70	0.53	0.5463
	Máximo	0.86	1.00		
4.78	Mínimo	0.39	0.70	0.53	0.4933
	Máximo	0.96	1.00		

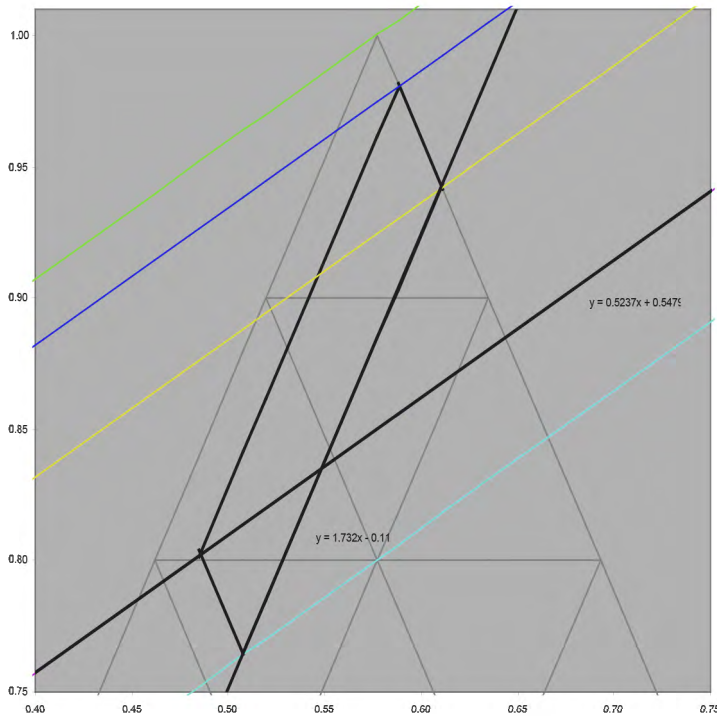


Fig. 27: Líneas isoproteicas dentro del diseño de Mezclas

4.4. DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA DE FORMULACIÓN FACTIBLE.

De las líneas isoproteicas obtenidas que correspondían a diferentes niveles de proteína se eligió aquella que pasaba por la intersección de las líneas de mayor incorporación de quinua y la línea del 2% de incorporación de suero hasta llegar a la intersección de la línea del 6% de suero. Es así que se obtuvieron dos puntos extremos y posteriormente un punto medio.

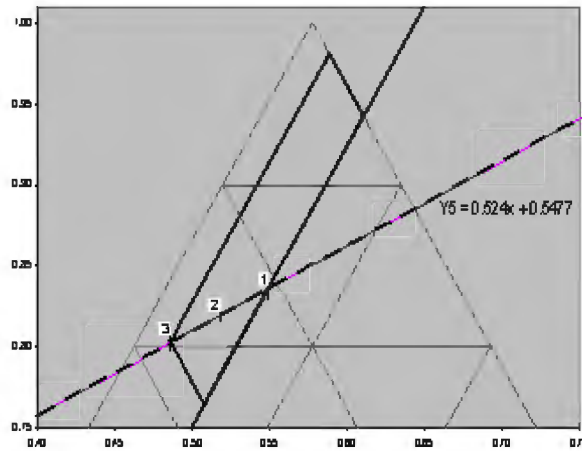


Fig. 28: Línea isoproteica en la zona restrictiva.

Dicho puntos tuvieron los siguientes valores que se muestran en el cuadro 25.

CUADRO 25: Valores de X, Y, B, C y A en el diseño de mezclas.

	X	Y	B	C	A
1.Extremo superior	0.549	0.835	0.107	0.057	0.835
2.Medio	0.517	0.819	0.143	0.039	0.819
3.Extremo inferior	0.486	0.802	0.178	0.020	0.802

Los valores isoproteicos en base seca obtenidos expresamos en porcentajes para su respectiva evaluación por cómputo químico luego la evaluación fisicoquímica y sensorial, se muestran en el cuadro 26 y figura 29.

CUADRO 26: Valores de A, B y C expresados en porcentaje

Componente principal	A	B	C
	m.s.	m.s.	m.s.
1.Extremo superior	83,5%	10,7%	5,7%
2.Medio	81,9%	14,3%	3,9%
3.Extremo inferior	80,2%	17,8%	2,0%

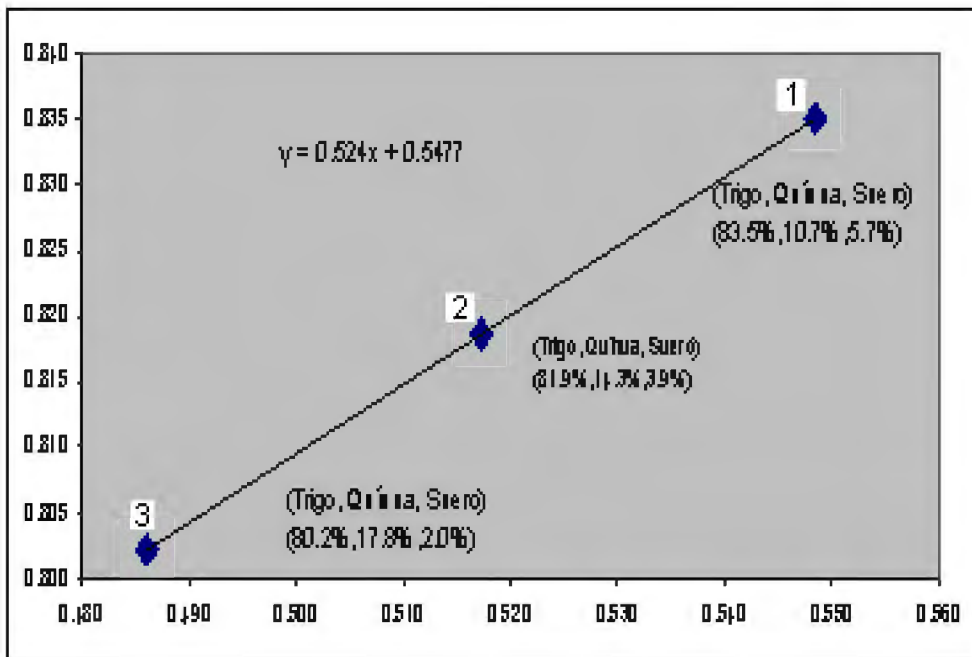


Fig. 29: Mezclas en la línea de formulación factible expresados en porcentajes.

4.5. EVALUACIÓN DE LAS MEZCLAS POR CÓMPUTO QUÍMICO

4.5.1. Determinación del cómputo químico para las mezclas isoproteicas.

En el cuadro 27 se observan las cantidades presentes de aminoácidos en los componentes principales de la mezcla propuesta por el Institute of Medicine National Academy of Science en el 2002, con los cuales se realizó la determinación del cómputo químico en cada uno de los componentes.

CUADRO 27: Aminoácidos presentes en los componentes principales de la mezcla.

Aminoácidos esenciales		Trigo	Quinoa	Suero	Patrón de aminoácidos *
		(g/100 g de prot.)	(g/100 g de prot.)	(g/100 g de prot.)	(g/100 g de prot.)
1	Fenilalanina+Tirosina	8.2	7.3	6.0	4.7
2	Histidina	2.0	3.2	1.8	1.8
3	Isoleucina	4.2	4.4	5.6	2.5
4	Leucina	6.8	6.6	9.2	5.5
5	Lisina	2.6	6.1	8.0	5.1
6	Metionina+cistina	3.7	4.8	3.8	2.5
7	Treonina	2.8	3.8	6.3	2.7
8	Triptofano	1.2	1.1	1.6	0.7
9	Valina	4.4	4.5	5.4	3.2
	Total AA esenciales	35.9	41.8	47.6	28.7

FUENTE: Institute of Medicine National Academy of Science, 2002
FAO/OMS Expert consultation, 1989.

Con la fórmula de determinación del cómputo químico, realizamos los cálculos respectivos para cada componente y se muestran en el cuadro 28.

$$\%CQ = \frac{\text{grs. Proteína del componente}}{\text{Patrón de aminoácidos}} \times 100 \dots\dots\dots(20)$$

CUADRO 28: Cómputo químico de los componentes principales.

Lisina como Aminoácido limitante			
Aminoácidos esenciales	Trigo	Quinoa	Suero
	(%)	(%)	(%)
Fenilalanina+Tirosina	174.47	155.32	1.267
Histidina	111.11	177.78	1.018
Isoleucina	168.00	176.00	2.224
Leucina	123.64	120.00	1.668
Lisina	50.98	119.61	1.562
Metionina+cistina	148.00	192.00	1.528
Treonina	103.70	140.74	2.340
Triptofano	171.43	157.14	2.265
Valina	137.50	140.63	1.685

En el trigo y quinua se detecta que se tiene deficiencia en lisina mientras que en el suero es notorio la deficiencia de histidina, para el estudio se tomó la lisina como un aumento de calidad proteica en el pan de molde con harina de quinua precocida.

Se observa un cómputo químico en lisina de 50.98 limitante en el trigo valor muy bajo en comparación con los demás aminoácidos esenciales.

4.5.2. Determinación de proteínas que aporta cada componente principal en la mezcla.

Con la ecuación (20) y los valores encontrados en el cuadro 25 determinamos las proteínas que aportan cada componente principal de la mezcla, es notorio la línea isoproteica donde cada mezcla aporta 4,7 g de proteína se muestran en el cuadro 29.

CUADRO 29: Proteínas que aporta cada componente principal.

	Trigo	Quinua	Suero	Prot. de c/mezcla
	(g)	(g)	(g)	(g)
Extremo superior	3.8305	0.5670	0.3375	4.7
Medio	3.7551	0.7531	0.2268	4.7
Extremo inferior	3.6800	0.9390	0.1160	4.7

$$T + Q + S = \text{Proteínas de cada mezcla.}$$

4.5.2.1. Determinación de la cantidad de a.a. que aporta cada componente de la mezcla del Extremo Superior (Trigo, Quinua y Suero: 83,5%, 10,7% y 5,7%).

Con los cuadros 27 y 29 determinamos la cantidad de aminoácidos que aporta cada componente de la mezcla del Extremo superior, los cuales se muestran en el cuadro 30, es notorio el valor de los aminoácidos totales de 4,7349 g.

CUADRO 30: Cantidad de aminoácidos que aporta cada componente principal de la mezcla del Extremo superior.

	Aminoácidos esenciales	Trigo (g)	Quinoa (g)	Suero (g)	AA que aporta cada componente (g)
1	Fenilalanina+Tirosina	0.3141	0.0414	0.0201	0.3756
2	Histidina	0.0766	0.0181	0.0062	0.1009
3	Isoleucina	0.1609	0.0249	0.0188	0.2046
4	Leucina	0.2605	0.0374	0.0310	0.3288
5	Lisina	0.0996	0.0346	0.0269	0.1611
6	Metionina+cistina	0.1417	0.0272	0.0129	0.1818
7	Treonina	0.1073	0.0215	0.0213	0.1501
8	Triptofano	0.0460	0.0062	0.0054	0.0576
9	Valina	0.1685	0.0255	0.0182	0.2122
	AA esenciales	1.3751	0.2370	0.1607	1.7728
	AA no esenciales	2.4553	0.3300	0.1768	2.9622
	AA Totales	3.8305	0.5670	0.3375	4.7349

4.5.2.1.1. Determinación del cómputo químico y aminoácido limitante.

Con el cuadro 30 determinamos los aminoácidos que aportan cada componente y el cómputo químico, es notorio la lisina con 66,70 % en la mezcla de Trigo, Quinoa y Suero: 83,5%, 10,7% y 5,7% respectivamente, los cuales se muestran en el cuadro 31

CUADRO 31: Cómputo químico y aminoácido limitante de los componentes principales.

Aminoácidos esenciales	AA que aporta cada componente (g/100 g de prot.)	Patrón de Amino Ácidos (g/100 g de prot.)	Cómputo químico (%)
1 Fenilalanina + tiros.	7.9322	4.7	168.77
2 Histidina	2.1318	1.8	118.43
3 Isoleucina	4.3209	2.5	172.84
4 Leucina	6.9452	5.5	126.28
5 Lisina	3.4016	5.1	
6 Metionina + cistina	3.8403	2.5	153.61
7 Treonina	3.1705	2.7	117.43
8 Triptofano	1.2155	0.7	173.64
9 Valina	4.4826	3.2	140.08
AA esenciales	37.4406		
AA no esenciales	62.5594		
AA Totales	100.0000		

4.5.2.2. Determinación de la cantidad de a.a. que aporta cada componente de la mezcla del Medio (Trigo, Quinoa y Suero: 81,9%, 14,3% y 3,9%).

Con los cuadros 27 y 29 determinamos la cantidad de aminoácidos que aporta cada componente de la mezcla del Medio, los cuales se muestran en el cuadro 32, es notorio el valor de los aminoácidos totales de 4,7350 g.

CUADRO 32: Cantidad de aminoácidos que aporta cada componente principal de la mezcla del Medio.

Aminoácidos esenciales		Trigo (g)	Quinoa (g)	Suero (g)	AA que aporta cada componente (g)
1	Fenilalanina+Tirosina	0.3079	0.0550	0.0135	0.3764
2	Histidina	0.0751	0.0241	0.0042	0.1034
3	Isoleucina	0.1577	0.0331	0.0126	0.2035
4	Leucina	0.2553	0.0497	0.0208	0.3259
5	Lisina	0.0976	0.0459	0.0181	0.1616
6	Metionina+cistina	0.1389	0.0361	0.0087	0.1838
7	Treonina	0.1051	0.0286	0.0143	0.1481
8	Triptofano	0.0451	0.0083	0.0036	0.0569
9	Valina	0.1652	0.0339	0.0122	0.2113
	AA esenciales	1.3481	0.3148	0.1080	1.7708
	AA no esenciales	2.4070	0.4383	0.1189	2.9642
	AA Totales	3.7551	0.7531	0.2268	4.7350

4.5.2.2.1. Determinación del cómputo químico y aminoácido limitante.

Con el cuadro 30 determinamos los aminoácidos que aportan cada componente y el cómputo químico, es notorio la lisina con 66,94 % en la mezcla de Trigo, Quinoa y Suero: 81,9%, 14,3% y 3,9% respectivamente, los cuales se muestran en el cuadro 33.

CUADRO 33: Cómputo químico y aminoácido limitante de los componentes principales.

Aminoácidos esenciales	AA que aporta cada Componente (g/100 g de prot.)	Patrón de Amino Ácidos (g/100 g de prot.)	Cómputo Químico (%)
1 Fenilalanina + tirosina	7.9493	4.7	169.13
2 Histidina	2.1828	1.8	121.27
3 Isoleucina	4.2970	2.5	171.88
4 Leucina	6.8818	5.5	125.12
5 Lisina	3.4137	5.1	
6 Metionina + cistina	3.8807	2.5	155.23
7 Treonina	3.1276	2.7	115.84
8 Triptofano	1.2026	0.7	171.79
9 Valina	4.4634	3.2	139.48
AA esenciales	37.3989		
AA no esenciales	62.6011		
AA Totales	100.0000		

4.5.2.3. Determinación de la cantidad de a.a. que aporta cada componente de la mezcla del Extremo Inferior (Trigo, Quinoa y Suero: 80,2%, 17,8% y 2,0%). Con los cuadros 27 y 29 determinamos la cantidad de aminoácidos que aporta cada componente de la mezcla del Extremo superior, los cuales se muestran en el cuadro 34, es notorio el valor de los aminoácidos totales de 4,7350 g.

CUADRO 34: Cantidad de aminoácidos que aporta cada componente principal de la mezcla del Extremo inferior.

Aminoácidos esenciales	Trigo (g)	Quinoa (g)	Suero (g)	AA que aporta cada Componente (g)
1 Fenilalanina+Tirosina	0.3018	0.0685	0.0069	0.3772
2 Histidina	0.0736	0.0300	0.0021	0.1058
3 Isoleucina	0.1546	0.0413	0.0064	0.2023
4 Leucina	0.2502	0.0620	0.0106	0.3229
5 Lisina	0.0957	0.0573	0.0092	0.1622
6 Metionina+cistina	0.1362	0.0451	0.0044	0.1857
7 Treonina	0.1030	0.0357	0.0073	0.1461
8 Triptofano	0.0442	0.0103	0.0018	0.0563
9 Valina	0.1619	0.0423	0.0063	0.2104
AA esenciales	1.3211	0.3925	0.0552	1.7688
AA no esenciales	2.3589	0.5465	0.0608	2.9662
AA Totales	3.6800	0.9390	0.1160	4.7350

4.5.2.3.1. Determinación del cómputo químico y aminoácido limitante.

Con el cuadro 30 determinamos los aminoácidos que aportan cada componente y el cómputo químico, es notorio la lisina con 67,17 % en la mezcla de Trigo, Quinoa y Suero: 80,2%, 17,8% y 2,0% respectivamente, los cuales se muestran en el cuadro 35.

CUADRO 35: Cómputo químico y aminoácido limitante de los componentes principales.

Aminoácidos Esenciales	AA que aporta cada Componente (g/100 g de prot.)	Patrón de Amino Ácidos (g/100 g de prot.)	Cómputo Químico (%)
1 Fenilalanina +tirosina	7.9665	4.7	169.50
2 Histidina	2.2339	1.8	124.10
3 Isoleucina	4.2730	2.5	170.92
4 Leucina	6.8184	5.5	123.97
5 Lisina	3.4255	5.1	67.17
6 Metionina + cistina	3.9211	2.5	156.84
7 Treonina	3.0845	2.7	114.24
8 Triptofano	1.1896	0.7	169.94
9 Valina	4.4441	3.2	138.88
AA esenciales	37.3566		
AA no esenciales	62.6434		
AA Totales	100.0000		

Asimismo en el cuadro 36 y figura 30, se observan los porcentajes de las mezclas con sus respectivos cómputos químicos, donde se puede apreciar que los valores de los cómputos químicos de las mezclas de la línea de formulación factible son 66,70%, 66,94% y 67,17% valores relativamente elevados con respecto al patrón (100% Trigo) cuyo valor es de 50,98%.

CUADRO 36: Mezclas con sus respectivos cómputos químicos.

Mezclas	(Trigo, Quinoa, Suero) % m.s.	Cómputo químico
1	(100%,0%,0%)	50.98
2	(83.5%,10.7%,5.7%)	66.70
3	(81.9%,14.3%,3.9%)	66.94
4	(80.2%,17.8%,2.0%)	67.17

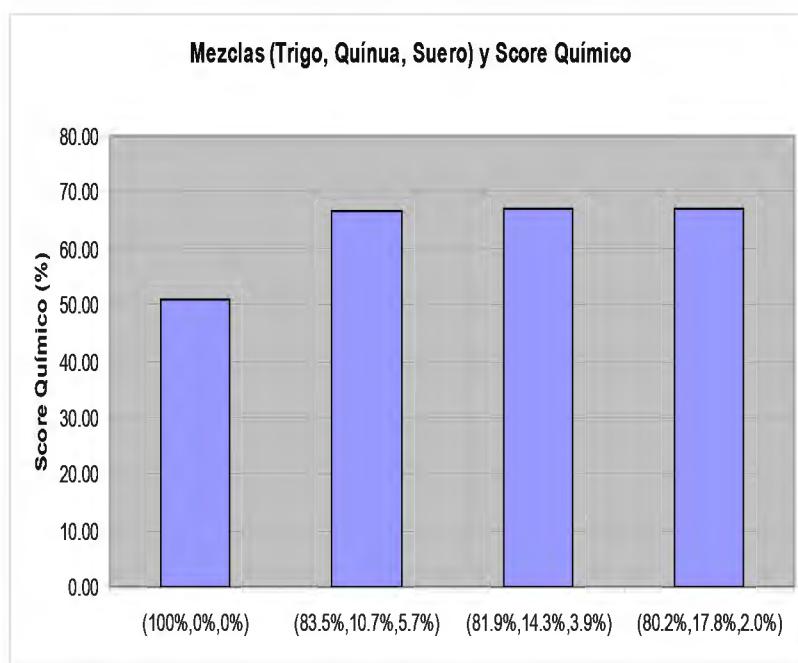


Fig. 30: Porcentajes (m.s.) de las mezclas con sus respectivos cálculos químicos.

Con la incorporación del 14,3% m.s. de harina de quinoa precocida y 3,9% m.s. de suero en la harina de trigo se logró incrementar el cómputo químico de 50,98% a 66,94% e incrementar el contenido de proteínas de 4.59% a 4.73%.

CUADRO 37: Valores de los componentes principales A, B y C en base húmeda expresados en porcentaje.

Componente principal	A (Trigo)		B (Quinoa)		C (Suero)	
	m.s.	b.h.	m.s.	b.h.	m.s.	b.h.
Extre. superior	83,50%	97,30%	10,70%	12,00%	5,70%	6,00%
Medio	81,90%	82,54%	14,30%	13,92%	3,90%	3,54%
Extre. inferior	80,20%	80,88%	17,80%	17,30%	2,00%	1,82%

m.s. = masa seca

b.h. = base húmeda

4.6. EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS MEZCLAS EN LAS FORMULACIONES DE PAN DE MOLDE.

Para la evaluación fisicoquímica de las mezclas en las formulaciones del pan tipo molde, se estandarizó el proceso y la fórmula apropiada de elaboración del pan, el cual se realizó con cuatro ensayos: Formulación 1 (100,00% T, 0,00% Q, 0,00% S) llamada testigo, Formulación 2 (97,30% T, 12,00% Q y 6,00% S), Formulación 3 (82,54% T, 13,92% Q y 3,54% S) y Formulación 4 (80,88% T, 17,30% Q y 1,82% S), es importante reportar que en la etapa de mezclado y en la fermentación de las formulaciones 2, 3 y 4 de los panes de molde complementados hubo un ligero incremento de tiempo por la adición de harina e quinua y suero de hasta 20 minutos en el mezclado, Rivera (2006) menciona que las sustituciones afectan el comportamiento del mezclado y llega un momento en que no hay tenacidad ni elasticidad para resistir a la presión de los gases produciendo un pan pequeño.

En la fermentación el incremento de tiempo de hasta 45 minutos, Othon (1996) menciona que debido a la pérdida de fuerza de las proteínas del trigo (Gluten) a medida que aumenta el contenido de sustitución aumenta el tiempo de fermentación, debido a que la quinua y suero no poseen proteínas funcionales (Gluten), siendo un factor negativo para la elaboración de productos de panificación.

Mientras que en el horneado hubo un ligero decremento de tiempo de hasta 11 minutos, posiblemente por la adición del suero de leche y el azúcar que posibilitó el aumento de color más rápidamente en los panes de molde. Linden (1994) considera al suero de leche como un ingrediente mejorador de la calidad del pan, brindándole un sabor especial y característico, mejorando la textura (suavidad) y otorgándole un color atractivo a los panes. Quaglia (1991) menciona que el azúcar permite la reacción de Maillard entre azúcares reductores (maltosa, dextrosa y levulosa) y las proteínas de la harina; por lo tanto una rápida cocción.

CUADRO 38: Valores del tiempo y temperatura del amasado, fermentación y horneado del proceso de elaboración del pan de molde con incorporación de harina de quinua precocida y suero.

Formulación	Amasado		Fermentación		Horneado	
	Tiempo (min)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Temp. (°C)	Tiempo (min)	Temp. (°C)
1	17	23	40	40	15	200
2	18	23	43	40	14	200
3	19	23	43	40	12	200
4	20	23	45	40	11	200

Una vez obtenida los panes de las formulaciones respectivas se evaluaron las características: peso, volumen, textura, altura, color, acidez, pH y humedad.

a. PESO

El peso promedio de los panes de molde se observan en el cuadro 39, estadísticamente las formulaciones 3 y 4 son iguales, mientras que la formulación 1(control) tuvo un promedio muy bajo en peso.

CUADRO 39: Valores del peso promedio de las formulaciones

Formulaciones	Peso (g)
1	156.68
2	159.54
3	159.54
4	159.40

Con respecto al peso de las 3 formulaciones con incorporación de quinua y suero, el peso de la formulación 3 es tomado como el adecuado debido a que existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y valores de peso, realizando comparaciones múltiples con la

prueba de Duncan podemos notar que los tratamientos 3 y 4 son iguales y el que tiene mayor Media es el tratamiento 3 con una Media de 159.54.

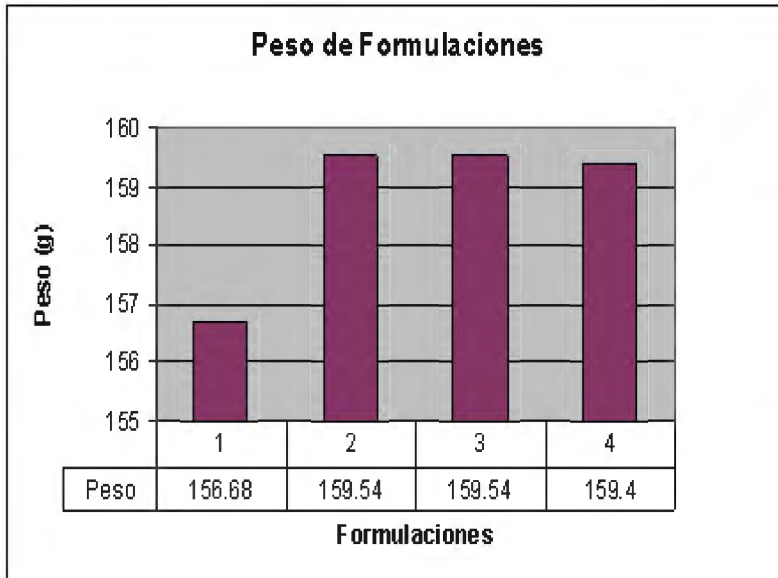


Fig. 31: Valores promedios de peso de las formulaciones.

b. VOLUMEN

Los resultados del volumen promedio del pan de molde se muestran en el cuadro 40, el volumen no varió en forma significativa entre los diversos panes de molde elaborados con incorporación de harina de quinua precocida y suero, pero sí es notoria una ligera diferencia a favor de los panes con incorporación de 12,0% y 13,92% de harina de quinua, y 6,0% de suero y 3,54% de suero. Así mismo la variación en relación con el control (100% Trigo) de los panes con incorporación de quinua y suero es bastante significativa.

Es importante anotar que a cada uno de los ensayos realizados con cada tratamiento se realizó por quintuplicado. El efecto de la harina de quinua precocida y suero se ve influenciado en el volumen del producto, ya que este va disminuyendo a medida que aumentan los porcentajes de incorporación.

Estadísticamente existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de volumen, realizando la prueba de Duncan se observa que el que tiene mayor Media es el tratamiento 1 (control). Igualmente los tratamiento 3 y 4 son iguales, mientras que los tratamientos 2 y 3 son diferentes, el que tiene mayor Media es el tratamiento 2 con una Media de 656.

CUADRO 40: Valores del volumen promedio en las formulaciones

Formulaciones	Volumen (ml.)
1	729.2
2	656.0
3	638.0
4	631.2

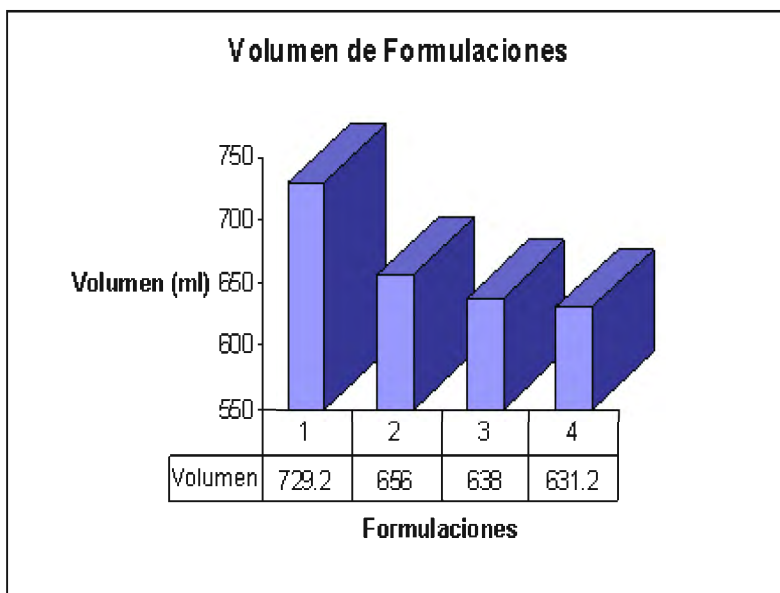


Fig. 32: Valores promedio de volumen de las formulaciones.

c. TEXTURA EN MIGA

La textura de los panes de molde se encontró en el rango de los ligeramente suaves ya que la presencia de la harina de quinua precocida le afectara significativamente, los cuales se muestran en el cuadro 41.

A mayores niveles de harina de quinua, la estructura de la miga varia significativamente. Una probable explicación es por la precocción de la quinua lo cual le da una estructura mas firme al pan de molde.

Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de textura, realizando la prueba de Duncan podemos notar que el tratamiento 1 (control), es el adecuado denotando una menor textura con respecto a los demás tratamientos. Entre los tratamientos 3 y 4 son iguales, por lo que es recomendable tomar el tratamiento 3 con valor de Media de 148.4, menos textura (más suave) entre estos dos tratamientos.

CUADRO 41: Valores de textura (firmeza) promedio de las formulaciones.

Formulaciones	Textura (g-f)
1	91.0
2	132.8
3	148.6
4	151.4

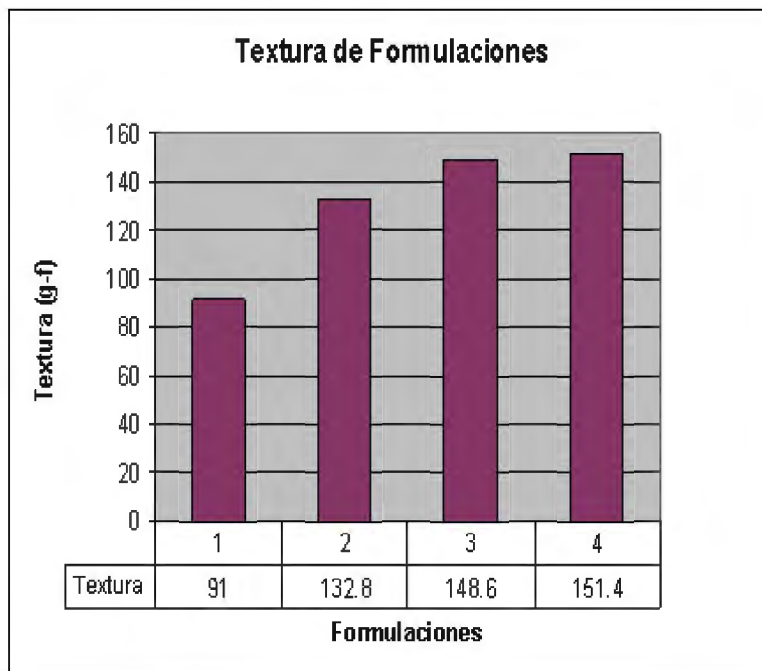


Fig. 33: Valores promedio de la textura (firmeza) de las formulaciones.

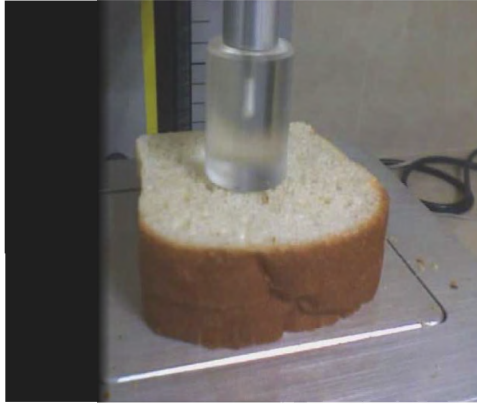


Fig. 34: Determinación de la textura (firmeza) del pan de molde.

d. ALTURA

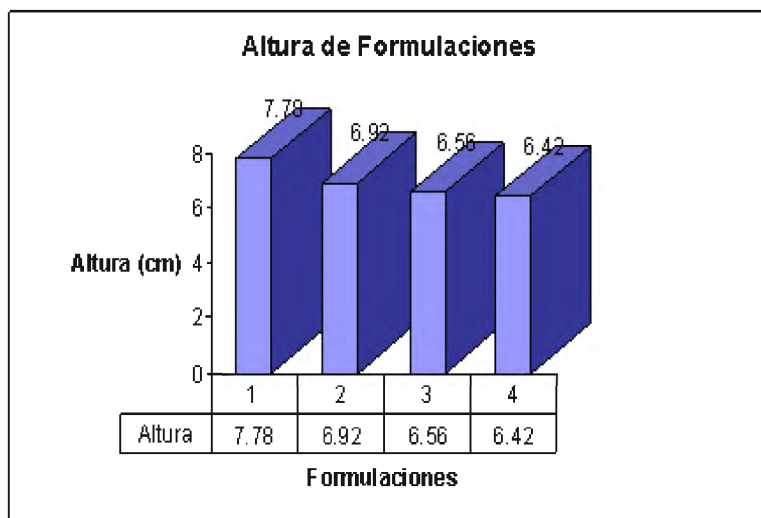
Los resultados de la altura promedio del pan de molde se muestran en el cuadro 42, la altura no varió en forma significativa entre los diversos panes de molde complementados con harina de quinua precocida y suero, pero es notorio una ligera diferencia a favor de los panes que tenían 12,0%; 13,92% de incorporación de quinua, y 6,0%; 3,54% de suero además la variación en relación con el control (100% Trigo) de los panes con incorporación de quinua y suero es significativo.

El efecto de la harina de quinua precocida y suero se ve influenciado en la altura del producto, ya que este va disminuyendo a medida que aumentan los porcentajes de incorporación.

Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de altura, realizando la prueba de Duncan podemos ver que el que tiene mayor Media es el tratamiento 1(control). Los tratamientos 2 y 3 son diferentes y se toma el que tiene mayor Media o sea el tratamiento 2 con una Media de 6.92.

CUADRO 42: Valores de la altura promedio de las formulaciones

Formulaciones	Altura (cm)
1	7.78
2	6.92
3	6.56
4	6.42

**Fig. 35: Valores promedio de la altura de las formulaciones.**

e. COLOR

Los resultados del color se muestran en el cuadro 43, los panes de molde complementados con harina de quinua y suero muestran coloraciones de miga ligeramente cremas amarillas a medida que hubo mayor cantidad de incorporación de quinua y suero el color amarillo se hizo más notorio.

Kent -Jones y Amos (1986), señalan que el color de la harina y por consiguiente del pan depende principalmente de la proporción de pigmentos amarillos naturales presentes en la quinua.

En cuanto al color de la corteza del pan de molde muestran coloraciones ligeramente oscuras propias de un pan de molde.

CUADRO 43: Valores promedio de color de las formulaciones

Formulaciones	Color interno(miga)			Color externo (corteza)		
	L*	a.*	b.*	L*	a.*	b.*
1	59.708	-0.874	15.942	28.470	11.628	9.848
2	62.612	-0.690	26.154	27.740	12.356	9.460
3	60.150	-0.530	26.964	25.100	10.412	8.266
4	60.042	-0.078	27.702	21.762	8.046	5.226

**Fig. 36: Determinación del color interno (miga) del pan de molde.****Fig. 37: Determinación del color externo (corteza) del pan de molde.**

e.1. COLOR INTERNO (MIGA)

Realizando el cálculo de variación de color interno con la fórmula 38, los resultados se muestran en el cuadro 44. Los valores de la variación de color de los panes complementados con quinua y suero en comparación con el patrón (pan de molde 100% trigo) existe una ligera variación, lo que indica que medida que hay aumento de quinua en la mezcla el color amarillo aumenta ligeramente en nuestras formulaciones de pan de molde con incorporación de harina de quinua precocida.

$$\Delta E = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{1/2} \dots\dots\dots(38)$$

CUADRO 44: Valores de variación de color (miga) de las formulaciones.

Variación	L*	a.*	b.*	ΔE
ΔE1	8.433216	0.033856	104.2849	10.61848
ΔE2	0.195364	0.118336	121.4845	11.03622
ΔE3	0.111556	0.633616	138.2976	11.79164

Estadísticamente las diferencias de Luminosidad entre el patrón (100% Trigo) y las formulaciones con quinua y suero existen diferencias significativas al 5% (Valor de P:0.0256<0.05) entre los tratamientos y los valores de L(color interno, luminosidad), realizando la prueba de Duncan podemos notar que entre los tratamientos el que tiene menor Media es el tratamiento 1 (control). Los tratamientos 3 y 4 son iguales por lo que tomamos el tratamiento 3 con una Media de 60.15.

e.2. COLOR EXTERNO (CORTEZA)

Realizando el cálculo de variación de color externo con la fórmula 38, los resultados se muestran en el cuadro 45. Los valores no son uniformes en comparación con el patrón (pan de molde 100% trigo), lo que indica que la

variación de color en las formulaciones de pan de molde complementados con harina de quinua precocida y suero se acrecienta lo obscuro a medida que incrementamos la harina de quinua y suero.

Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de color externo (L, luminosidad), realizando la prueba de Duncan podemos ver que entre los tratamientos el que tiene mayor Media es el tratamiento 1 (control). Entre los tratamientos 2 y 3 son iguales estadísticamente por lo que se puede tomar cualquiera de los tratamientos, tomamos el tratamiento 3.

CUADRO 45: Valores de variación de color (corteza) de las formulaciones.

Variación	L*	a.*	b.*	ΔE
ΔE_{11}	0.5329	0.529984	0.150544	1.101557
ΔE_{22}	11.3569	1.478656	2.502724	3.916412
ΔE_{33}	44.99726	12.83072	21.36288	8.898925



Fig.38: Diferencia de color de pan de trigo (izquierda) y pan de quinua/suero (derecha).

f. ACIDEZ:

Según La norma ITINTEC 206.004 (1988) la acidez del pan de molde será como máximo 0,5% (base seca) expresada en ácido sulfúrico para cualquier tipo de pan de molde.

En el cuadro 46 se muestran los valores de acidez de las formulaciones con incorporación de harina de quinua precocida y suero, se observa un ligero aumento en el porcentaje de acidez.

Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.0015 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de acidez, realizando la prueba de Duncan podemos notar que entre todo los tratamientos el que tiene menor Media es el tratamiento 1 (control). Los tratamientos 2 y 3 son iguales y el que tiene menor Media es el tratamiento 2 con una Media de 0.532%.

CUADRO 46: Valores de la acidez promedio de las formulaciones.

Formulaciones	Acidez (%)
1	0.4169
2	0.5318
3	0.5422
4	0.5369

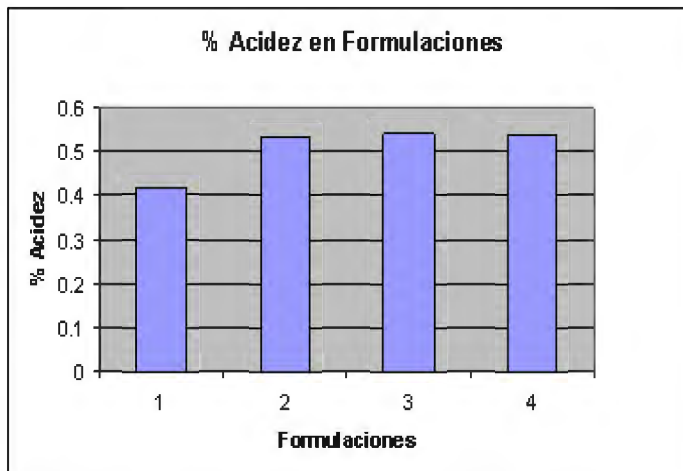


Fig. 39: Diferencia del porcentaje de acidez de las formulaciones

g. pH

En el cuadro 47 se reportan los valores promedio de pH de las formulaciones de pan de molde. Se observan valores de pH ligeramente diferentes de 5.562, 5.564 y 5.612 respectivamente entre las formulaciones con incorporación de quinua y suero, sin embargo si hay una diferencia notable con respecto a la formulación patrón (100% Trigo).

Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de pH, realizando la prueba de Duncan podemos observar que entre todo los tratamientos el que tiene menor Media es el tratamiento 1 (control). Entre los tratamientos 2 y 3 son iguales y el que tiene menor Media es el tratamiento 3 con una Media de 5.564.

CUADRO 47: Valores de pH promedio de las formulaciones.

Formulaciones	pH
1	5.226
2	5.562
3	5.564
4	5.612

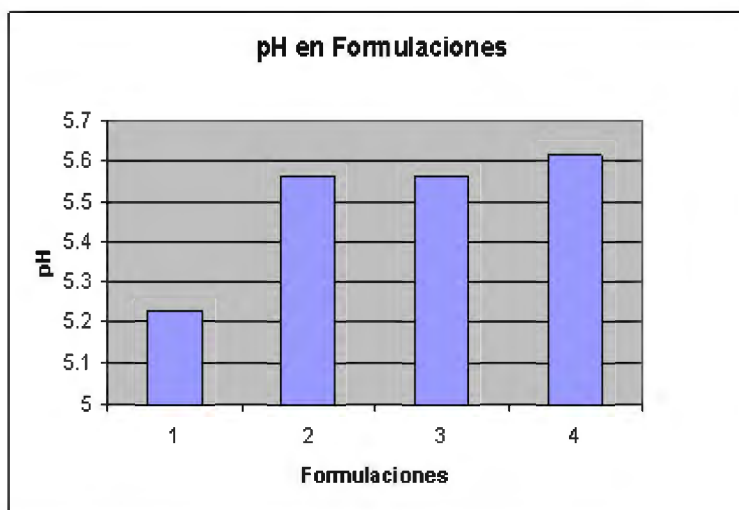


Fig. 40: Diferencia de pH promedio de las formulaciones.

h. HUMEDAD

Según La norma peruana ITINTEC 206.004 (1988) la humedad del pan de molde será como máximo 40% (base húmeda) para cualquier tipo de pan de molde.

En el cuadro 48 se muestran los valores de humedad de las formulaciones complementados con harina de quinua precocida y suero, se observan humedades de 35.63%, 35.74% y 35.94% respectivamente todas dentro del límite máximo de 40%.

No existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.8583 > 0.05$) entre los tratamientos y los valores de humedad, realizando la prueba de Duncan para visualizar la igualdad de los tratamientos, podemos ver que entre todo los tratamientos el que tiene ligeramente menor Media es el tratamiento 1 (control).

Se observa que a medida que aumenta los porcentajes de incorporación en los tratamientos (formulaciones), el porcentaje de humedad también lo hace; esto se debe a que el porcentaje de quinua y suero va aumentando en cada tratamiento, a pesar que la quinua y suero contiene menos agua que el trigo. (ver. Cuadro 48).

El elevado contenido de humedad de la harina de trigo, reduce el porcentaje de absorción de agua, y esto se ve reflejado en el proceso de amasado (Arroyave y Esguerra, 2006).

CUADRO 48: Valores de Humedad promedio de las formulaciones.

Formulaciones	Humedad (%)
1	34.24
2	35.63
3	35.74
4	35.94

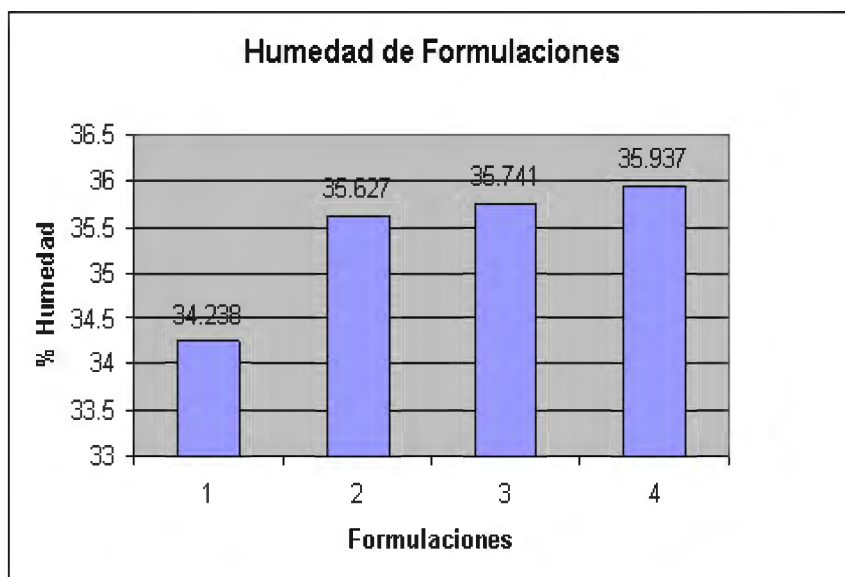


Fig. 41: Diferencia de Humedades promedio de las formulaciones

h.1.PÉRDIDA DE HUMEDAD EN EL PROCESO

En cuanto a la pérdida de humedad de la masa antes del horneado y luego del horneado (enfriamiento por media hora) los valores se muestran en el cuadro 49, según Bennion (1970) la pérdida de humedad no debe exceder de 9%, por que significaría que la masa se cuece demasiado.

La pérdida de peso de los panes de molde es debido a la evaporación de agua durante la cocción y enfriamiento del pan.

CUADRO 49: Valores de pérdida de humedad en el proceso.

Formulación	Peso de masa cruda (g)	Peso de masa horneada (g)	H(%) perdida
1	180.26	165.94	7.944
2	181.06	165.3	8.704
3	180.84	164.34	9.124
4	180.46	166.22	7.902

La menor evaporación de agua se da en una masa más resistente que en una masa blanda (Quaglia, 1991).

Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de humedad en el proceso, realizando la prueba de Duncan podemos ver que entre todos los tratamientos el que tiene menor Media es el tratamiento 4. Entre los tratamientos 4 y 1 son iguales y el que tiene menor Media es el tratamiento 4 con una Media de 7.9017.

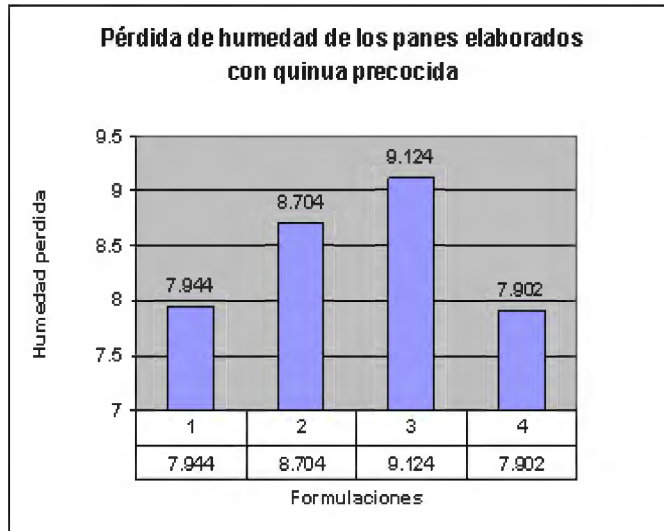


Fig. 42: Valores de pérdida de humedad de panes con quinua y suero.

Todos los análisis fisicoquímicos fueron tratados estadísticamente, el análisis estadístico de datos derivados de un experimento tiene como propósito proveer información referente a la manera en que las unidades experimentales responden a los tratamientos aplicados. El primer paso consiste en someter los datos a un análisis de varianza para establecer si hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

El rechazo de la hipótesis nula de igualdad de medias en el análisis de Varianza, conduce a preguntar cuáles diferencias entre las medias muestrales son las responsables del rechazo.

Para ello existen procedimientos de comparaciones múltiples entre todas las parejas de medias, que se usan aun cuando el objetivo sea seleccionar a los tratamientos con las mejores medias. (Miller, 1966).

Cuando el investigador efectúa un trabajo experimental para seleccionar el mejor k de tratamientos, esto es, el tratamiento con mayor (o menor) media, o seleccionar un subconjunto, lo más pequeño posible de entre los k tratamientos, que tenga una alta probabilidad de incluir al mejor o a los mejores tratamientos, no es adecuado que compare todas las parejas posibles de los tratamientos, sino que debe usar un método de selección de medias.

En este caso, el análisis de varianza aporta la estimación de la varianza del error con sus grados de libertad y la información básica sobre si existen o no diferencias significativas en las medias de los tratamientos.

Ramírez y Castillo (1985), al estudiar las zonas de rechazo de la prueba de F del análisis de varianza y cuatro pruebas de comparación múltiple, para el caso de tres tratamientos, ponen énfasis en los eventos en que la hipótesis de igualdad de tratamientos fue rechazada por el análisis de varianza pero no por la prueba de comparación, y viceversa. Ellos encontraron que las pruebas de Tukey y Dunnett tienen menor probabilidad de no coincidir con la prueba de F del análisis de varianza.

El método de Duncan separó conjuntos de menos tratamientos al seleccionar los tratamientos con igual media que el mayor, mientras que el método de Tukey separa conjuntos con mayor número de tratamientos.

Entre los métodos de Tukey y Duncan, el segundo fue mejor pues selecciona conjuntos con menos tratamientos; el de Tukey fue demasiado conservador.

Estos tratamientos estadísticos en las evaluaciones fisicoquímicos en forma mayoritaria nos conducen a afirmar que la formulación 3 (14,3% de incorporación de harina de quinua precocida y 3,9% de suero) es la mejor formulación.

CUADRO 50: ANÁLISIS PROXIMAL DEL PAN DE MOLDE CON QUINUA (13,92%), SUERO (3,54%) Y EL PAN DE MOLDE DE TRIGO.

COMPONENTE	PAN MOLDE QUINUA (%)	PAN MOLDE TRIGO (%)
Humedad	35,74	34,24
Proteína	9,30	9,36
Grasa	2,65	2,32
Fibra cruda	1,71	0,75
Ceniza	0,60	0,58
Carbohidratos	50,00	52,75
Total	100,00	100,00

Del análisis proximal el valor de proteína en el pan de molde de trigo es ligeramente superior en 0.06% al pan de molde de quinua, posiblemente a la variedad de quinua utilizada esto es en cantidad pero en calidad de proteína el pan de molde quinua es muy superior debido al contenido de aminoácidos presentes en ella, con respecto a la humedad el pan de molde de quinua es superior en 1,5%, igualmente el pan de molde de quinua precocida es superior en contenido de fibra en 0,96% al pan de molde de harina de trigo.

4.7. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MEZCLAS

Las evaluaciones sensoriales reafirman los resultados fisicoquímicos de que la formulación 3 es la mejor formulación cuyos resultados se muestran en las figuras 53, 54 y 55.

4.7.1. EVALUACIÓN SENSORIAL DESCRIPTIVA.

El sabor, la textura y el color son las cualidades generales salientes de los productos de cereal. El producto fallará ciertamente en el mercado si una de estas cualidades generales no resuelve las expectativas de consumidores. Sin embargo, cada

producto tiene su perfil sensorial característico con cualidades especificadas. El ingrediente, líquido (agua), levadura, sal, edulcorantes, grasa, emulsionantes, huevos, leche en polvo, y especias utilizadas en la hornada tienen su propio efecto en las características sensoriales del producto final. Además de las materias primas y de los precursores del sabor, el proceso de granos cambia considerablemente los compuestos sabor-activos y el sabor percibido. El proceso debe proporcionar a los productos que tengan una forma conveniente y buenas características sensoriales (Hui, 2006).

Los resultados de la evaluación sensorial pueden ser apreciados en el Anexo 7, mientras que la figura 43 nos muestra el ploteo caj y bigote para la evaluación del color. En las puntuaciones que cada juez determinó para cada atributo evaluado del pan de molde con quinua se puede resaltar que en el atributo del color el que tiene mayor Mediana es el tratamiento 3 con una mediana de 188.425.

La evaluación sensorial se realizó a las cuatro formulaciones, con diferentes porcentajes de harina de quinua precocida y suero. Se estableció mediante la Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, a un nivel de significancia del 5%

La prueba de Kruskal-Wallis prueba la hipótesis nula que las medianas de los jueces dentro de cada uno de los 4 niveles de la mezclas son las mismas. Los datos de todos los niveles primero son combinados y alineados (clasificados) del más pequeño al más grande. La fila de la media entonces es calculada para los datos en cada nivel. Ya que el P-valor es menos de 0.05, hay una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas en el nivel de confianza del 95.0 %. Para determinar cuales medianas son considerablemente diferentes uno de otros, se seleccionan el ploteo de Caja-y- bigote (Box and Whisker) de la lista de Opciones Gráficas y se seleccionan la opción de muesca de la mediana.

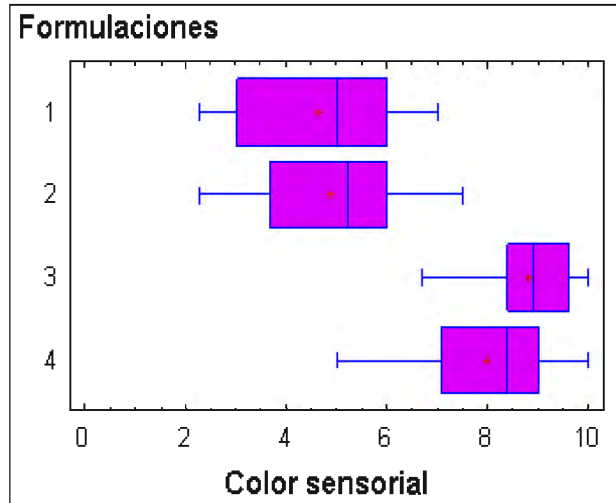


Fig. 43: Ploteo Caja y bigote para la evaluación del color sensorial.

Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de color sensorial, realizando la prueba de Kruskal Wallis podemos ver que entre todo los tratamientos el que tiene mayor Mediana es el tratamiento 3 con una mediana de 188.425, mediante el ploteo de Caja y Bigote se reafirma la variación considerable de la mediana del tratamiento 3, el color les fue agradablemente para los jueces de la evaluación sensorial.

En cuanto al sabor sensorial, existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de sabor sensorial, realizando la prueba de Kruskal Wallis podemos ver que entre todo los tratamientos el que tiene mayor Mediana es el tratamiento 3 con una mediana de 193.358, mediante el ploteo de Caja y Bigote se reafirma la variación considerable de la mediana del tratamiento 3, el sabor les fue agradablemente para los jueces de la evaluación sensorial.

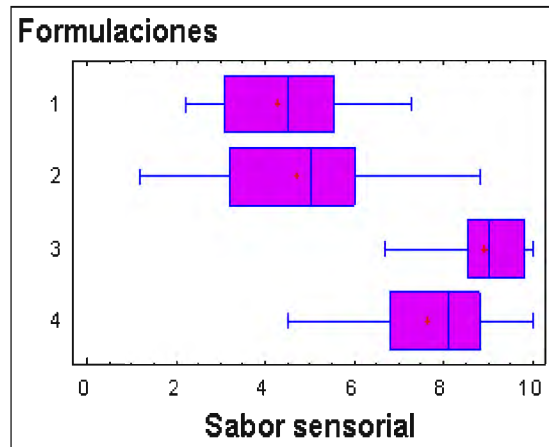


Fig. 44: Ploteo Caja y bigote para la evaluación del sabor sensorial.

En la suavidad (firmeza) del pan de molde existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de textura sensorial (suavidad), realizando la prueba de Kruskal Wallis podemos ver que entre todo los tratamientos el que tiene menor Mediana es el tratamiento 3 con una mediana de 72.5657, mediante el ploteo de Caja y Bigote se reafirma la variación considerable de la mediana del tratamiento 3, la suavidad fue notorio para los jueces de la evaluación sensorial.

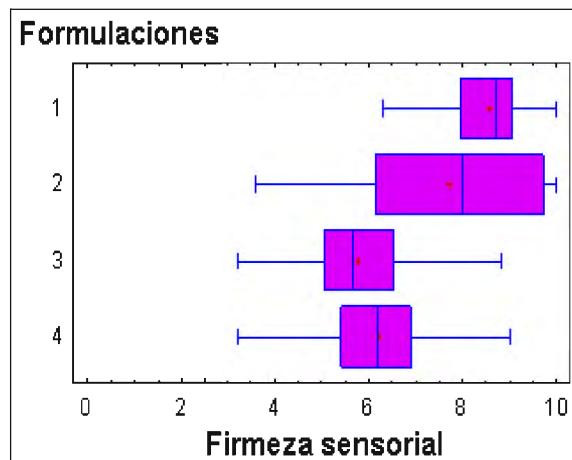


Fig. 45: Ploteo Caja y bigote para la evaluación de la textura (firmeza) sensorial.

Para el consumidor, las cualidades dominantes del pan son sabor y textura. La degradación del gusto del pan se relaciona con las técnicas de fabricación modernas y la velocidad de la producción en grande del pan (Wirtz, 2003). Sin embargo, el sabor y la estabilidad de la textura pueden ser mejorados usando las pre-pastas que contienen la levadura o los ácidos lácticos. Además de la producción en grande, panaderías locales más pequeñas producen sus propios panes especiales. Los factores regionales, étnicos, socioeconómicos, e incluso del género o de edad también determinan qué tipos de panes se producen (Hui, 2006).

Aparte de los componentes principales de la harina, el azúcar, la levadura, la sal, y otros ingredientes del pan influyen en el sabor muy poco. La mayor parte del sabor se convierte de estas materias primas durante la pasta que se procesa y que cuece al horno. El sabor del pan se forma en el proceso con la oxidación y reacciones enzimáticas y térmicas. Los compuestos volátiles se evaporan en reacciones oxidativas. Las enzimas producen precursores del sabor en la pasta procesada y en el primer tiempo de la hornada. Los compuestos aromáticos más importantes del pan se forman durante la hornada, cuando las reacciones del calor, por ejemplo la reacción del Maillard y la caramelización, ocurren. Las reacciones enzimáticas y posibles fermentaciones influyen el sabor de la miga de pan, considerando que las reacciones del calor afectan al sabor de la corteza del pan. Consecuentemente, la corteza y la miga del pan tienen diversas características de sabor (Kirchhoff y Schieberle, 2001).

4.7.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD (DISCRIMINATIVA) DE CONSUMIDORES EN LAS FORMULACIONES

Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de aceptabilidad sensorial, realizando la prueba de Kruskal Wallis podemos ver que entre todo los tratamientos el que tiene mayor Mediana es el tratamiento 3 con una mediana de 150.73, mediante el ploteo de Caja

y Bigote se reafirma la variación considerable de la mediana del tratamiento 3 , la aceptabilidad fue notorio para los jueces de la evaluación sensorial.

La catación del producto se lleva a cabo en parte para comunicar y en parte para contribuir a la toma de decisiones.

Las pruebas de aceptación solo deben realizarlas personas inexpertas, seleccionadas simplemente en base a criterios del tipo de consumidores del producto, por lo que un entrenamiento específico no solo es innecesario, sino también contraproducente. Sin embargo, las personas consultadas deben comprender las instrucciones y tener claro el procedimiento de la prueba. Debido a la ausencia de entrenamiento previo y a la importancia de minimizar los efectos de primer orden, es considerablemente frecuente cuando se diseñan pruebas de aceptación.

Después de las pruebas seleccionadas para este panel sensorial se obtuvieron respuestas claras y concisas por parte de los panelistas, en su mayoría los resultados mas altos fueron para las sustituciones del tratamiento 3 el que arrojó un rango de aceptabilidad mayor, conduciendo así a determinar que este produce una buena asimilación entre los consumidores potenciales.

Además los panelistas manifestaron su aceptabilidad por características como color, sabor, textura y apariencia del producto evaluado.

Las pruebas de aceptación se emplearon para evaluar el grado de satisfacción o aceptabilidad del producto, con el fin de determinar en una serie de productos cual es el más aceptable o preferido.

Al respecto, un estudio realizado por IIAI (1977), también encontraron que los panes de molde eran aceptables sensorialmente hasta con un 10% de incorporación de quinua más en el estudio arrojó un 14%.

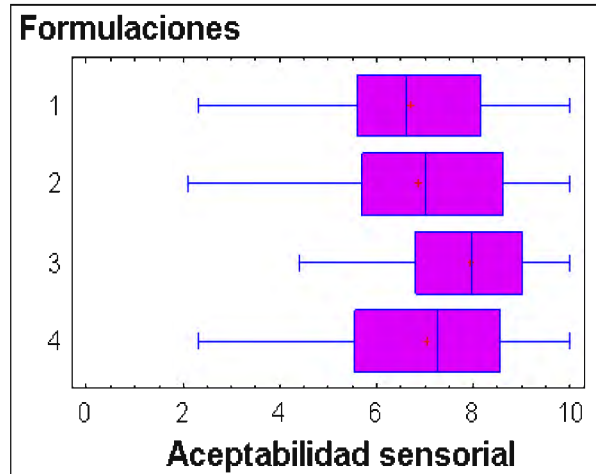


Fig. 46: Ploteo Caja y bigote para la evaluación de la aceptabilidad sensorial.

4.7.3. DETERMINACION DEL PORCENTAJE MÁS ADECUADO

De acuerdo al cómputo químico, a las evaluaciones fisicoquímicos y sensoriales, efectuados a las formulaciones, se determinó que el porcentaje mas adecuado es el del tratamiento 3, es decir el que tiene el 14 % b.h. de incorporación de harina de quinua precocida y 3,5% b.h. de suero, debido a que este fue el que presentó mejores condiciones para la realización de productos de panificación (pan tipo molde), su incremento proteico no fue el mas alto pero fue significativo frente a un pan comercial de harina de trigo.

Aunque el tratamiento 4 tenia mayor incremento de proteína, es importante tener en cuenta todas las características para una buena panificación, es decir que el pan tenga buen volumen, textura de la miga, entre otras.



Fig. 47: Formulaciones de pan de molde con incorporación de quinua y suero.

4.7.4. DETERMINACIÓN DEL COSTO MÍNIMO

El costo para 935 g de masa sin cocer es de 2,076 Nuevo soles y para 1 TM de masa cruda tenemos 2220.756 Nuevo soles, sólo en la masa cruda, para luego obtener los cálculos con los otros costos de la formulación óptima (14% de harina de quinua precocida y 3,5% de suero) para 1 TM de masa total en los cuales se toma en cuenta los costos de mano de obra, energía eléctrica (costo \$41 por 1 megaWatts), agua potable, mano de obra de los tres ayudantes con sueldo cada uno de S/. 600.00 nuevos soles, los cuales se muestran en el cuadro 51.

CUADRO 51: Costo mínimo de la formulación óptima (14% de harina de Quinua precocida y 3,5% suero).

Ingredientes	Cantidad (g)	Porcentaje (%)	Costo Nuevo Soles
Harina de trigo	409,5	43,796	0,737
Harina de quinua	71,5	7,647	0,858
Suero de leche	19,0	2,032	0,049
Sal	10,0	1,069	0,008
Azúcar rubia	50,0	5,299	0,095
Levadura	15,0	1,604	0,135
Manteca vegetal	60,0	6,417	0,193
Agua	300,0	32,085	0,001
Total	935,0	100,000	2,076

Tomando como base la utilización de un horno eléctrico, 1 mezcladora-amasadora y 1 rebanadora, trabajando por 8 horas diarias obtuvimos los costos de la energía eléctrica para la producción de los panes de molde con incorporación de harina de quinua precocida para 1 TM de masa, se muestran en el cuadro 52 y 53.

CUADRO 52: Otros Costos de la formulación óptima (14% de harina de Quinua precocida y 3,5% de suero).

	Costo Nuevo Soles
Gas	30,00
Mano de obra	1800,00
Bolsas	280,00
Energía eléctrica	3,60
Total Nuevo soles	2113.60

CUADRO 53: Costos de energía eléctrica por equipos para 1 TM de pan de molde (14% de harina de Quinua precocida y 3,5% Suero).

EQUIPOS	KW/Hr.	KW/Hr por 8 Hrs.	Total en N. Soles
Horno eléctrico	1,50	12,00	1,48
Mezcladora amasadora	1,79	14,32	1,76
Rebanadora	0,37	2,98	0,37
Totales	3,66	29,30	3,61

Luego se puso el costo unitario del pan de molde (120 g.) a 0,5 Nuevo soles en 8000 panes de molde (para 1 TM total de masa), tenemos S/. 4000.00 nuevos soles, finalmente se obtuvo una ganancia neta de 1886,118 Nuevo soles, los cuales se muestran en el cuadro 52.

CUADRO 54: Costo por unidad del pan de molde (14% harina de Quinua Precocida y 3,5% suero) y Ganancia neta.

Costo por unidad de cada pan	S/. 0.277595
Ganancia total de venta	S/. 4000
Ganancia Bruta	S/. 3999.722
Gastos otros	S/. 2113.605
Ganancia Neta	S/. 1886.118

4.8. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL

Los resultados de la evaluación sensorial se muestran en el cuadro 55. Dichos datos se utilizaron para hallar el tiempo de vida útil sensorial mediante el Método Gráfico de Riesgos Acumulados de Weibull.

CUADRO 55. Aceptación/ rechazo de los panelistas que probaron las muestras de pan de molde con incorporación de quinua a diferentes tiempos de almacenamiento a 21° C.

Consumidor	Tiempo de Almacenaje (días)					
	0	3	7	11	12	13
1	Si	Si	Si	Si	Si	Si
2	Si	Si	Si	Si	Si	No
3	Si	Si	Si	Si	Si	No
4	Si	Si	Si	Si	Si	No
5	Si	Si	Si	Si	Si	No
6	Si	Si	Si	Si	Si	No
7	Si	Si	Si	Si	Si	No
8	Si	Si	Si	Si	Si	No
9	Si	Si	Si	Si	Si	No
10	Si	Si	Si	Si	Si	No
11	Si	Si	Si	Si	Si	No
12	Si	Si	Si	Si	Si	No
13	Si	Si	Si	Si	Si	No
14	Si	Si	Si	Si	No	No
15	Si	Si	Si	Si	No	No
16	Si	Si	Si	Si	No	No
17	Si	Si	Si	Si	No	No
18	Si	Si	No	Si	No	No
19	Si	Si	No	Si	No	No
20	Si	Si	No	Si	No	No
21	Si	Si	No	Si	No	No
22	Si	Si	No	No	No	No
23	Si	Si	No	No	No	No
24	Si	Si	No	No	No	No
25	Si	Si	No	No	No	No
26	Si	Si	No	No	No	No

27	Si	Si	No	No	No	No
28	Si	Si	No	No	No	No
29	Si	Si	No	No	No	No
30	Si	Si	No	No	No	No
31	Si	Si	No	No	No	No
32	Si	Si	No	No	No	No
33	Si	Si	No	No	No	No
34	Si	Si	No	No	No	No
35	Si	Si	No	No	No	No
36	Si	Si	No	No	No	No
37	Si	Si	No	No	No	No
38	Si	Si	No	No	No	No
39	Si	Si	No	No	No	No
40	Si	Si	No	No	No	No
41	Si	Si	No	No	No	No
42	Si	Si	No	No	No	No
43	Si	Si	No	No	No	No
44	Si	Si	No	No	No	No
45	Si	Si	No	No	No	No
46	Si	Si	No	No	No	No
47	Si	Si	No	No	No	No
48	Si	No	No	No	No	No
49	Si	No	No	No	No	No
50	Si	No	No	No	No	No
%Aceptación	100	94	34	42	26	2
%Rechazo	0	6	66	58	74	98

Tomando los valores de porcentajes de aceptación del Cuadro 55 graficamos en bloques y en la Fig. 48 se puede apreciar como la aceptabilidad del producto va decayendo en mayor proporción hasta el día 7, manteniéndose casi constante hasta el día 11, para volver a decaer durante los últimos días de almacenaje hasta el día 13, debido probablemente a cambios del sabor y a un ligero incremento del porcentaje de acidez.

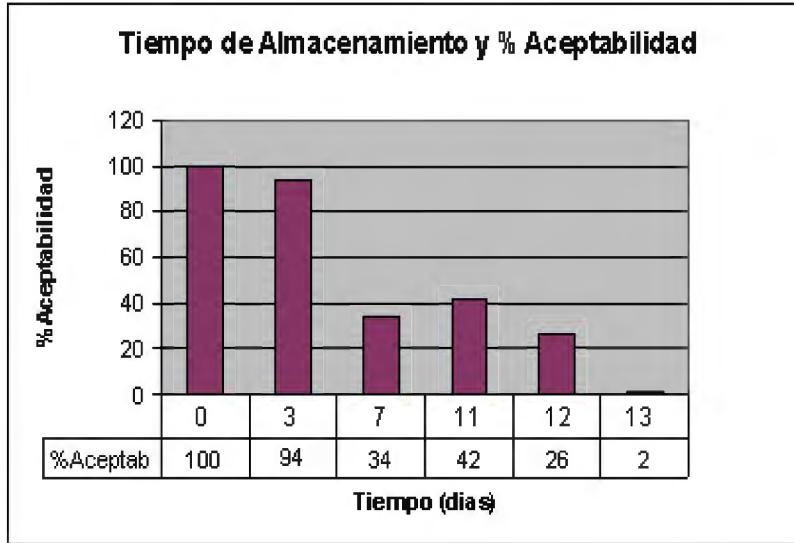


Fig. 48: Porcentaje de aceptabilidad del consumidor y el tiempo de almacenaje del pan de molde con incorporación de harina de quinua y suero.

Los resultados sensoriales fueron usados para la determinación del final del tiempo de vida útil, estos fueron transferidos a una hoja de cálculo para la determinación de los riesgos acumulados y se construyó las curvas de riesgo, empleando el papel probabilístico de Weibull y siguiendo la metodología propuesta por Gacula y Kubala (1984).

El cálculo de los parámetros de forma y escala (β y α) se obtuvo a partir de los gráficos del ploteo de riesgos acumulados de Weibull para la aceptabilidad del producto. Los valores de estos parámetros son:

Parámetro de forma:

$$= \beta = 4$$

Parámetro de escala:

$$= \alpha = 96.98$$

El valor del parámetro de forma β , es mayor que 1 lo cual según Gacula y Kubala (1975), indica que la velocidad de fallas es creciente. Este resultado describe apropiadamente la velocidad de fallas del deterioro de un producto alimenticio.

Cardelli y Labuza (2000), mencionan que la distribución Weibull es simétrica para los valores comprendidos entre $2 < \beta < 4$, lo que permite una mejor estimación del tiempo de vida útil del pan de molde.

Según Gacula y Kubala (1975) los valores de β , por encima de 2 y menores a 5, indican que la curva de Weibull se asemeja a la curva normal (forma acampanada). Basándose en este resultado, el 50avo percentil constituye una buena aproximación del tiempo medio de fallas de la aceptabilidad analizada, ya que por la simetría de la distribución del 50avo percentil coincide con la media. A este valor se le conoce como tiempo de vida útil Nominal (NL_{50}).

En la Figura 49 se muestra la regresión de los datos sensoriales según la metodología de Gacula y Kubala (1984) de los datos ploteados entre el valor de riesgo acumulado (ΣH) y el tiempo en horas (anexo 9), se realizó en la hoja de cálculo Excel, presentándonos un R^2 de 0.8178 y la ecuación potencial $y = 96.982x^{0.2306}$, correlacionando esta con la ecuación de Gacula y Kubala (1984): $t = \alpha \cdot X^{1/\beta}$ se calculó el factor beta (β) y alfa (α) correspondientes al tiempo de vida útil del pan de molde.

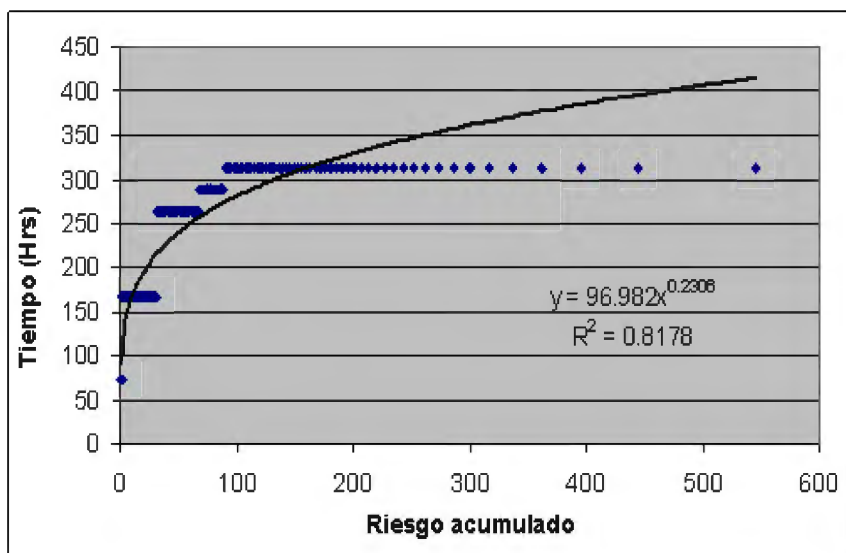


Fig. 49: Regresión de los datos sensoriales.

El tiempo promedio de fallas (o tiempo de vida útil nominal), se interpreta como el tiempo requerido para que el 50% de las muestras defectuosas sean detectadas como diferentes. Es decir, que para la presente investigación se aceptan el 50% de unidades defectuosas, evaluándose la aceptabilidad del producto.

La Figura 50 muestra el ploteo de riesgos acumulados de Weibull para la aceptabilidad del pan de molde, se observa que los datos se ajustan razonablemente a una línea recta.

La elección de la duración del tiempo de vida útil de un producto es una decisión hecha a criterio del investigador (Gacula y Kubala, 1975). Todo depende el riesgo que uno está dispuesto a correr al colocar un producto con determinado porcentaje de fallas.

Teniendo en cuenta los resultados del gráfico de la figura 50, se tiene que para el pan de molde con incorporación de harina de quinua y suero se fija el final del tiempo de vida útil sensorial de 11 días.

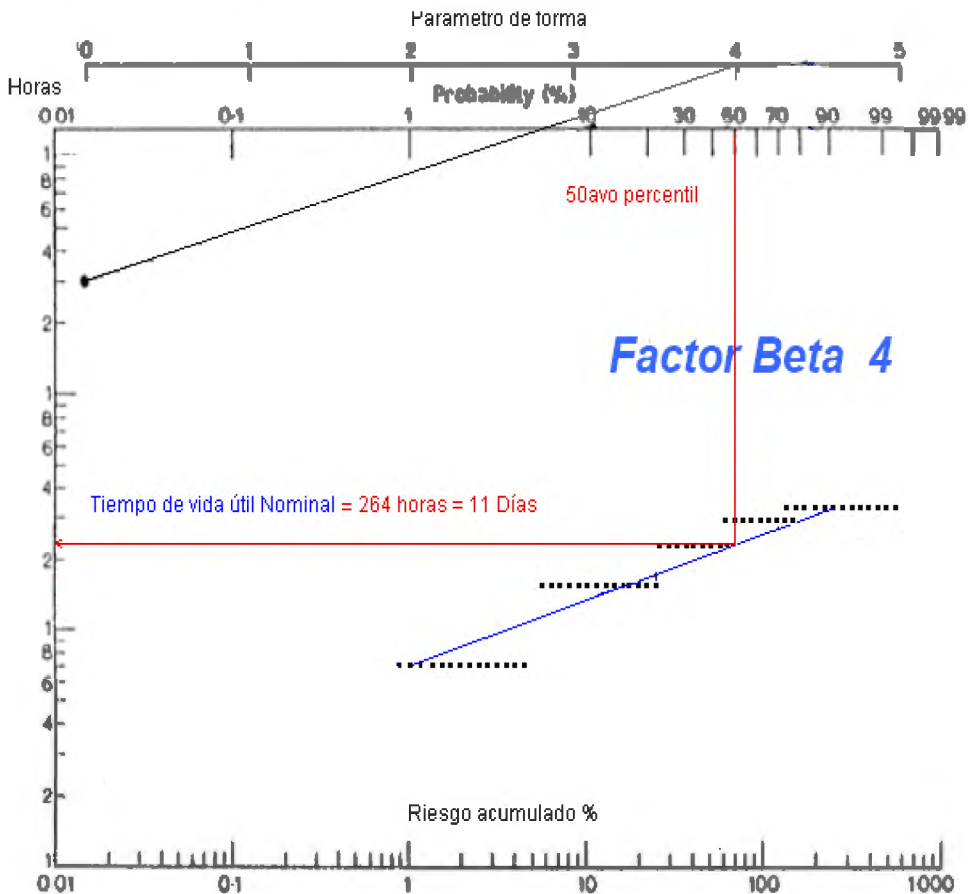


Fig. 50: Tiempo de vida útil sensorial en el papel probabilístico Weibull.

V. CONCLUSIONES

- El porcentaje más adecuado de mezcla de harina de trigo, harina de quinua precocida y suero de leche fueron: 82,54%, 13,92% y 3,54% respectivamente, expresados en base húmeda.
- La incorporación de harina de quinua precocida y suero de leche a la harina de trigo incrementó el cómputo químico de 51% a un 67%.
- La característica fisicoquímica del pan de molde complementado con Harina de quinua precocida y suero de leche se vieron reflejados en pérdidas de volumen y altura; así como en incrementos de peso y color.
- Las características sensoriales presentaron un aumento de sabor y color.
- El tiempo de vida útil sensorial del pan de molde complementado con harina de quinua precocida y suero de leche es de 11 días, utilizando el método gráfico de Riesgos acumulados de Weibull.
- Los resultados del cálculo gráfico del parámetro de forma β , se encuentran dentro del rango óptimo (2 a 4) para la estimación del tiempo de vida útil por el método gráfico del ploteo de riesgos acumulados de Weibull

VI. RECOMENDACIONES

- La complementación proteica con harina de quinua precocida y suero de leche debe ser garantizada, ya que es importante mezclar un porcentaje exacto de estas con la harina de trigo, para trabajar con una mezcla homogénea y así obtener un producto final con características internas y externas óptimas.
- Se sugiere practicar ensayos de alveograma a este producto para determinar las propiedades de elasticidad, viscosidad y plasticidad.
- Evaluar la calidad nutritiva y biológica de los panes de molde con quinua precocida.
- Evaluar otros parámetros de calidad en la determinación del tiempo de vida útil sensorial del pan de molde complementados con harina de quinua y suero de leche, como por ejemplo la textura (firmeza) y la acidez.
- Emplear otro tipo de prueba sensorial (dúo, trio, etc.) para la determinación de los tiempos de falla sensoriales de la muestra.
- Realizar comparaciones del método gráfico de riesgos acumulados de Weibull con otras metodologías como la metodología de análisis de supervivencia, metodología de aceptabilidad límite y metodología de punto de corte.
- Trabajar con panelistas entrenados para determinar un valor de aceptabilidad arbitrario a emplear en futuras determinaciones del Tiempo de vida útil sensorial de productos procesados.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, M. y Moss, M. 1997. Microbiología de los alimentos. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza. España.
2. Ahamed, N.; Singhal, R.; Kulkarni, P. y Pal, M. 1998. A lesser – known grain, *Chenopodium quinoa*: Review of the chemical composition of its edible parts. Food and Nutrition Bulletin. 19: 61-70.
3. Ángel, A. 2007. Ajuste de datos por una distribución teórica con Minitab. Disponible en: http://www.uoc.edu/in3/e-math/docs/Ajuste_datos.pdf
Revisado el 9 de Abril 2007.
4. Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia, S.A. 198 pp.
5. A.O.A.C. 2002 Official Methods of Analysis of AOAC International 17th Edition, Current Through Revisión No 1 AOAC International. Arlington.
6. A.O.A.C. 1995. Manual of official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Sixteen Edition. Arlington. Virginia. USA.
7. Arcila, N y Mendoza, 2006. Elaboración de una bebida instantánea a base de semillas de amaranto (*Amaranthus cruentus*) y su uso potencial en la alimentación humana. *Rev. Fac. Agron.*, ene. vol.23, no.1, p.114-124. ISSN 0378-7818.

8. Arroyave, L. y Esguerra, C. 2006. Utilización de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) en el proceso de panificación. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Alimentos. Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería de Alimentos. Colombia – Bogota.
9. Ayala, J. y Pardo, R. 1995. Optimización por diseños experimentales. Concytec. Lima- Perú.
10. Bennion, B. 1970. Fabricación del pan. Edit. Acribia- Zaragoza (España). 4ta . Edición.
11. Burrington, K. 1995. Reference Manual for U.S. whey and lactose products. Bakery applications for the whey and lactose products. Wisconsin Center for Dairy Research 102 pp.
12. Calaveras, J. 1996. Tratado de panificación y bollería. Editorial Acribia. Barcelona. España.
13. Cardozo, A. y Tapia, M. 1979. Valor nutritivo. En quinua y Kañiwa. Cultivos Andinos (Tapia, M., ed.). Serie Libros y Materiales Educativos No 49, pp. 149-192, Bogota, Colombia: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
14. Cardelli, C. y Labuza, T. 2001. Application of Weibull Hazard Analysis to the determination of the Shelf Life of Roasted and Ground Coffee. Academia Press. Lebens.
15. Carrera, P. 1995. Sustitución de la harina de trigo por quinua (*Chenopodium quinoa*) precocida en la elaboración de pan. Tesis para optar el Título de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima- Perú.

16. Cepeda, R. y Corchuelo G. 1991. Tecnología de Cereales y Oleaginosas, 1ra ed. editorial Unisur, Bogotá (Colombia).
17. Chao, A. 2003. Utilización del método escalonado y la distribución de Weibull para la determinación de la vida en anaquel del chorizo parrillero. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae, Escuela de Post Grado, Especialidad Tecnología de alimentos, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
18. Cheftel, J. y Cheftel, H.1976. “ Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos”. Vol. I. Editorial Acribia. Zaragoza-España.
19. Collazos, C.1993.Composición de alimentos de mayor consumo en el Perú. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición 6ta Ed. Lima-Perú.
20. Cornell, J. 2002. Experiments with Mixtures: Designs Models and the Análisis of Mixture Data.Third Edition. John Willey & Sons, Inc. New York. 649p.
21. Cornell, J.1996. Response surface designs analyzes. Marcel Dekke.New York.
22. Dethmers, A. 1979. Utilizing Sensory Evaluation to determine Product Shelf Life. Food Technology. USA. September. p.40 – 42.
23. Elías, C. 2002. Aplicación del Método de Diseño de Mezclas en la sustitución de carne por harina texturizada de soya en Cabanossi. Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae en Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.

24. Espinosa, M. 2007. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Universitaria. Cuba. p116
25. FAO/ OMS/ UNU,1985. Necesidades de energía y de proteínas. Informe de una reunión consultiva conjunta de expertos. Serie de informes técnicos N° 724. Roma.
26. Gácula, M. y Kubala, J. 1975. Statistical Methods for Shelf Life Failures. *Journal of Food Science*. N° 40: 404
27. Gácula, M. y Singh, J. 1984. Statistical methods in food and consumers research. New York: Academic Press, 505 pp.
28. Gutiérrez H. y De la Vara R.2003. Análisis y Diseño de experimentos. Ed. Mc Graw Hill Interamericana. México. 571 pp.
29. Houhg, G.;Langohr,K.; Gómez,G. y Curia,A. 2003. Survival analysis applied to sensory shelf life of foods. *Journal of food Science*, 68,359-362.
30. Hui Y. 2006. Baking products - science and technology. First edition. Blackwell Publishing - Science and Technology. p285.
31. Ignacio, Q.;Fernandez, C. y Cortes, G. 1976. Contribución al estudio morfológico del grano de quinua. En la segunda convención Internacional de Quenopodiaceas. Universidad Boliviana Tomas Rias, Comité Departamental de Obras Públicas, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas,Potosí. Bolivia. Pp. 58-60.
32. IIAI .1977. Instituto de Investigaciones Agro Industriales – Programa Nacional de Alimentación popular.Proyecto III: La quinua como sucedánea

y fortificación en la harina de trigo en Panificación, Fideería y Galletería. División Tecnológica Alimentaria. Lima- Perú.

33. James, M. 2002. Microbiología moderna de los alimentos. 4^{ta} edición. Ed. Acribia, S.A., Zaragoza. España. 33-49.

34. Kent D. y Amos, A. 1986. Química moderna de los cereales. Madrid (España). Editorial Aguilar, 5ta. Edición.

35. Kilcast, D. y Subramanian, R. 2000. The Stability and Shelf Life of Food. Woodhead Publishing Limited. England.

36. Kirchoff, E. y Schieberle, P. 2001. Determination of key aroma compounds in the crumb of a three-stage sourdough rye bread by stable isotope dilution assays and sensory studies. J Agricultural Food Chemistry 49:4304-4311.

37. Koziol, M. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), J. Food Compos. Anal. %: 35-68.

38. Kuehl, R. 2001. Diseño de experimentos. Tomson Editores S.A. México.

39. Labuza, T. 2000. Determination of Shelf Life of Foods. Disponible en http://www.fscn.che.umn.edu/Ted_Labuza.tpl.html. Revisado el 10 de Septiembre 2006.

40. Linden, G. 1994. Bioquímica Agroindustrial. Editorial Acribia S.A. – Zaragoza (España).

41. Man, C. y Jones, A. 1997. Shelf Life Evaluation of Foods. Blackie Academia and Professional. Londres. UK.

42. Michell, H., y Block, R. 1946: Some relationships between the amino acid content of proteins and their nutritive value for the rat. *J. Biol. Chem.*, 16s: 599.
43. Montgomery, D. 1991. *Diseño y análisis de experimentos*. Grupo Editorial Iberoamericano, México.
44. Mujica, A. 1993. *Cultivo de quinua*. Instituto Nacional de Investigación Agraria. Dirección general de Investigación Agraria. Manual N° 11-93.
45. Othon, S. 1996. *Química, Almacenamiento e Industrialización de Cereales*. Editorial AGT. México.
46. Prakash, D. y Pal, M. 1998. Chenopodium: seed protein, fractionation and amino acid composition. *International J. Food Sciences and Nutrition*. 82: 481-488.
47. Peña, R.; Amaya, A. y Del Toro, E. 1991. Efecto del almacenamiento y del lavado del grano en las características de calidad de muestras de trigo (variedad Seri M82) con diferentes niveles de carbón parcial (*Tilletia indica*). En: Estado actual de la investigación sobre el carbón parcial en México. Fuentes-Dávila G. y Hettel G.P. (editores). Reporte Especial de Trigo No. 7. México, D.F.: CIMMYT. Pp.24-32.
48. Pinto, J. 1995. *Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la optimización del proceso de clarificación de jugo de manzana*. Tesis para optar el grado académico de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM Perú.

49. Quaglia, G. 1991. Ciencia y tecnología de la Panificación. Edit. Acribia. Zaragoza, España. pp. 239-258.
50. Rahnotra, G.; Gelroth, J.; Glaser, B.; Lorenz, K. y Jhonson, D. 1993. Composition and nutritional quality of quinoa. Cereal Chem. 63: 471-475.
51. Raj, D. 1980. Teoría del muestreo, 1ª ed, editorial Fondo de la cultura económica, México D.F.
52. Ramírez, V. y Castillo, M. 1985. Estudio de las zonas de rechazo del análisis de varianza y algunas pruebas de comparaciones múltiples, para el caso de tres medias. Agrociencia Núm. 61: 65-78.
53. Reliability HotWire, the emagazine for the reliability professional. 2005. Issue 56, USA. Disponible en: <http://www.weibull.com/hotwire/index.htm>. Revisado el 9 de Febrero 2007.
54. Repo –Carrasco. 1992. “Cultivos andinos y la alimentación infantil”. Comisión de coordinación de tecnología andina.
55. Rivera, A. 2006. Reporte de Laboratorio de Farinología .Corpoica, Tibaitata.
56. Ruales, J. y Fair, B. 1992. Nutritional quality of the proteins in quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) Plant Foods for Human Nutrition. 42: 1-11.
57. SENA. 1985. Servicio Nacional de Aprendizaje. Manual sobre el Proceso de panificación. Subdirección Técnico- Pedagógica. 2ª edición Bogota.
58. Spreer. 1991. Lactología Industrial: Leche, preparación y elaboración; Máquinas y aparatos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza- España.

59. Taha, H. 1998. Investigación de operaciones. Editorial Prentice may. México.
60. Taoukis, P.; Bili, M.y Giannakourou. 1998. Application of Shelf life Modelling Of Chilled salad products to a TTI based distribution and stock rotation system. Proceeding of the International Symposium on Applications of Modelling as an innovate Technology in the Agri-food-chain. Ed. L.M.M. Tijssen. Wageningen. Netherlands.p. 131-140.
61. Tejero, F. 2002. Harinas Especiales pa a Panes de Molde, Integrales y Bollería. Consultada el 12 julio 2008. Disponible en: www.franciscotejero.com.
62. Torres, G.; Garrido, F. y Kaiser, S. 1994. Nuevas posibilidades de utilización de la carne ovino. Desarrollo y formulación de productos de cecinería. Alimentos No 2 Vol. 19. p5-14.
63. Ureña, M.; D'arrigo, M. y Girón, O. 1999. Evaluación sensorial de los alimentos. 1^{era} edición. Ed. Agraria. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú.
64. Vermeiren L.; Devlieghere, M.; Van Beest, N.; De Kruijf y Debevere,J. 1999. Developments in the active packaging of foods. Trends Food Sci. Technol. 10: 77-86.
65. Villarroel, M.; Uquiche, E.; Brito, G. y Cancino, M. 2000. Optimización de formulaciones para productos dietéticos de pastelería. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 50(1).
66. Weegels P.;Hamer R.y Schofield J. 1996. Critical review: Functional Properties of wheat glutenin. J Cereal Sci 23:1-18.

67. Wirtz, R. 2003. Improving the taste of bread. In: Cauvain SP, editor. Bread making- Improving quality. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd.; Boca Raton, FL: CRC Press LLC. Pp. 467-486.

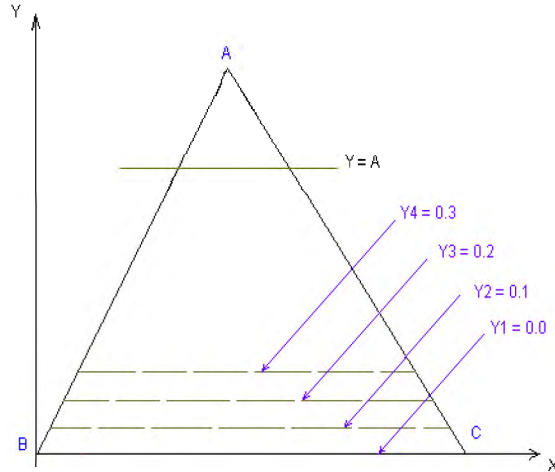
68. Wittig de Penna, E.; Curia, A.; Calderón, S.; Lopez, L.; Fuenzalida, R. y Hough, G. 2005. Un estudio transcultural de yogurt batido de fresa: aceptabilidad con consumidores versus calidad sensorial con paneles entrenados. ALAN, vol.55,no.1, p.77-85. ISSN 0004-0622. Caracas, Venezuela.

69. Zylberberg, A. 2005. Probabilidad y Estadística - 1a ed. Editorial Nueva Librería, Buenos Aires, Argentina. Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_de_probabilidad#Bibliograf.C3.A
a. Revisado el 8 de Enero de 2007

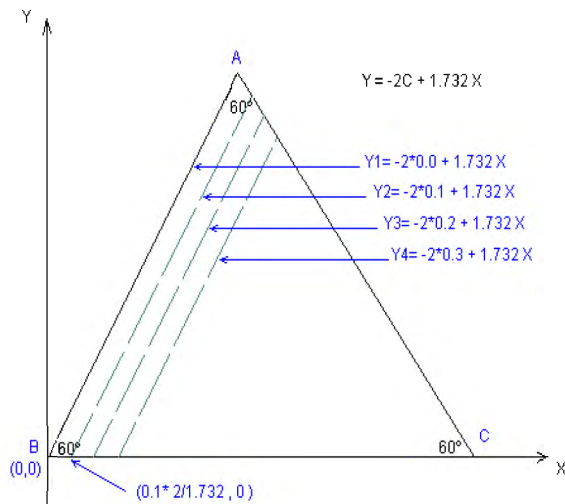
ANEXO 1

DEDUCCIONES DE LAS ECUACIONES EN LAS LINEAS DE RESTRICCIÓN DEL TRIÁNGULO.

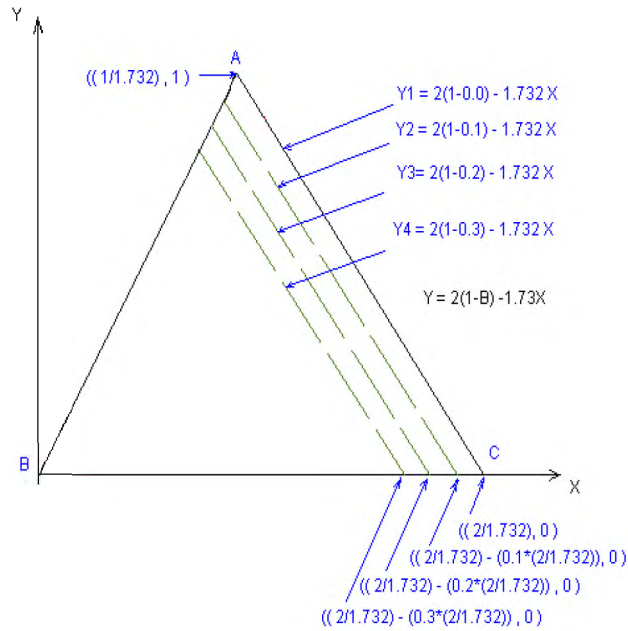
a. Deducción de la ecuación en la línea base del triángulo y sus paralelas.



b. Deducción de la ecuación en la línea con pendiente positiva y sus paralelas.



c. Deducción de la ecuación en la línea con pendiente negativa y sus paralelas.



Resumen de la deducción de ecuaciones de los gráficos:

Y = A(1)

Y = - 2C + 1.732 X.....(2)

Y = 2 (1-B)- 1.73 X.....(3)

ANEXO 2

TRANSFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DE BASE HÚMEDA A MASA SECA.

a) En la harina de quinua precocida:

La mínima incorporación de quinua es cero: $Q1 = 0.0$

La máxima incorporación de quinua es 20% (b.h.) si se toma como base 100g tendremos 20g de incorporación de quinua.

Se sabe por análisis proximal que la harina precocida de quinua tiene 11% de humedad de lo cual realizamos la conversión en tan o por uno.

Con la siguiente relación recomendada por Elías (2002):

Relación:

Con 11% de Humedad:

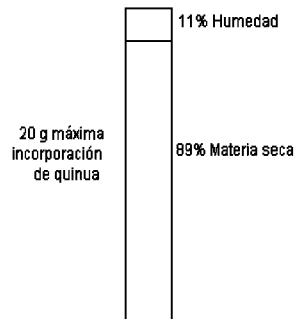
$$= 20 \times \frac{11}{100} = 2.2 \% \text{ en tanto por uno: } 0.022$$

Con 89% de masa seca:

$$Q2 = B2 = 20 \times \frac{(100 - 11)}{100} = 20 \times \frac{89}{100} = 17.8 \% = 0.178 \text{ (en tanto x uno).}$$

$$\text{Comprobando} = 0.022 + 0.178 = 0.20$$

Figura 1: Porcentaje de materia seca en la quinua.



b) En el suero de leche:

La incorporación de suero de leche dulce es de un mínimo de 2% (b.h.) si se toma como base 100g tendremos 2g de incorporación de suero.

Se sabe por análisis proximal en la ficha técnica que tiene 4.20% de humedad de lo cual realizamos la conversión en tanto por uno.

Con la siguiente relación:

Relación:

Con 4.20% de Humedad:

$$= 2 \times \frac{4.20}{100} = 0.084 \% \text{ en tanto por uno: } 0.00084$$

Con 95.8% de materia seca:

$$S1 = C1 = 2 \times \frac{(100 - 4.2)}{100} = 2 \times \frac{95.8}{100} = \frac{1.916}{100} \% = 0.0196 \text{ (tanto x uno).}$$

$$\text{Comprobando} = 0.00084 + 0.0196 = 0.02$$

Figura 2: Porcentaje de materia seca en el suero de leche (mínimo 2%).



La incorporación de suero lácteo dulce es de un máximo de 6% si se toma como base 100g tendremos 6g de incorporación de suero.

Relación:

Con 4.20% de Humedad:

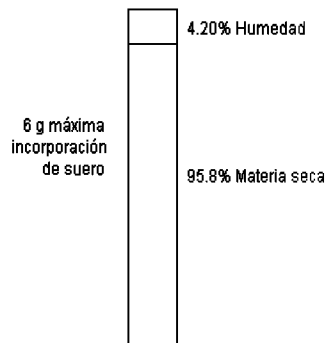
$$= 6 \times \frac{4.20}{100} = 0.252 \% \text{ en tanto por uno: } 0.00252$$

Con 95.8% de materia seca:

$$S2 = C2 = 6 \times \frac{(100 - 4.2)}{100} = 6 \times \frac{95.8}{100} = \frac{5.748}{100} \% = 0.0575 \text{ (tanto x uno).}$$

$$\text{Comprobando} = 0.00252 + 0.05748 = 0.06$$

Figura 3: Porcentaje de materia seca en el suero de leche (máximo 6% b.h.).



c) En la harina de trigo:

La incorporación de harina de trigo es de un mínimo de 74% (b.h.) si se toma como base 100g tendremos 74g de incorporación de harina de trigo.

Se sabe por análisis proximal en la ficha técnica que tiene 14,22% de humedad de lo cual realizamos la conversión en tanto por uno.

Con la siguiente relación:

Relación:

Con 14.22% de Humedad:

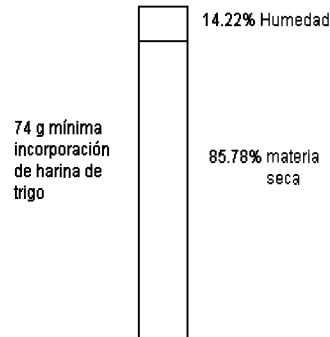
$$= 74 \times \frac{14.22}{100} = 10.523 \% \text{ en tanto por uno: } 0.1052$$

Con 85.78% de materia seca:

$$S1 = C1 = 74 \times \frac{(100 - 14.22)}{100} = 74 \times \frac{85.78}{100} = \frac{63.48}{100} \% = 0.6348 \text{ (txuno).}$$

$$\text{Comprobando} = 0.1052 + 0.6348 = 0.74$$

Figura 4: Porcentaje de materia seca en la harina de trigo (mínimo 74% b.h.).



La incorporación de harina de trigo se considera como un máximo de 98% si se toma como base 100g tendremos 98g de incorporación de harina de trigo.

Relación:

Con 14.22% de Humedad:

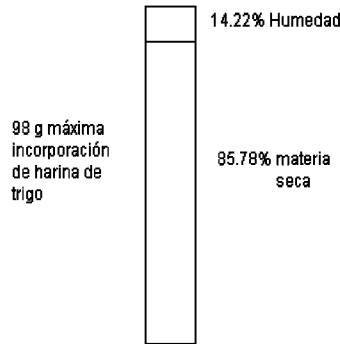
$$= 98 \times \frac{14.22}{100} = 13.94 \% \text{ en tanto por uno: } 0.1394$$

Con 85.78% de materia seca:

$$S2 = C2 = 98 \times \frac{(100 - 14.22)}{100} = 98 \times \frac{85.78}{100} = \frac{84.064}{100} \% = 0.8406 \text{ (tuno).}$$

$$\text{Comprobando} = 0.1394 + 0.8406 = 0.98$$

Figura 5: Porcentaje de materia seca en harina de trigo (máximo 98% b.h.).



Cuadro 1: Resumen de los cálculos en base húmeda (en tanto por uno)

Q1(%)	0.00	Q2(%)	0.20
S1(%)	0.02	S2(%)	0.06
T1(%)	0.74	T2(%)	0.98

Cuadro 2: Resumen de los cálculos en masa seca (en tanto por uno)

Q1= B1	0.0000	Q2 = B2	0.1780
S1= C1	0.0196	S2 = C2	0.0575
T1 = A1	0.6398	T2 = A2	0.8406

La humedad con base húmeda, H_{bh} , y la humedad con base seca, H_{bs} , se definen respectivamente con las ecuaciones respectivas: Donde m_w es la masa del agua, m_s es la masa de la materia seca y m_t es la masa total. En los cálculos de diseño de mezcla se tomó la masa o materia seca, más no la base seca con la finalidad de que no haya interferencia alguna de humedad en las incorporaciones de quinua.

$$H_{bh} = \frac{m_w}{m_w + m_s} = \frac{m_w}{m_t}$$

$$H_{bs} = \frac{m_w}{m_s}$$

ANEXO 3

DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE MÁXIMA INCORPORACIÓN DE HARINA DE QUINUA (EXTREMO SUPERIOR)

Se halla interceptando Y1 y Y3:

En la harina de quinua precocida:

Con la ecuación de la línea recta: $y = a + b x$

$$Y1 = 1.644 - 1.732 X$$

Tabulamos valores de $X = 0.286, 0.386, 0.486, 0.586$ y 0.686

En Y1:

$$Y1 = 1.644 - 1.732 (0.286) = 1.15$$

$$Y1 = 1.644 - 1.732 (0.386) = 0.98$$

$$Y1 = 1.644 - 1.732 (0.486) = 0.80$$

$$Y1 = 1.644 - 1.732 (0.586) = 0.63$$

$$Y1 = 1.644 - 1.732 (0.686) = 0.46$$

En el suero de leche:

Con la ecuación de la línea recta: $y = a + b x$

$$Y3 = -0.0383 + 1.732 X$$

Tabulamos valores de $X = 0.286, 0.386, 0.486, 0.586$ y 0.686

En Y3:

$$Y3 = -0.0383 + 1.732 (0.286) = 0.46$$

$$Y3 = -0.0383 + 1.732 (0.386) = 0.63$$

$$Y3 = -0.0383 + 1.732 (0.486) = 0.80$$

$$Y3 = -0.0383 + 1.732 (0.586) = 0.98$$

$$Y3 = -0.0383 + 1.732 (0.686) = 1.15$$

Resumen:

Los valores de X son tabulados y se obtienen Y1 y Y3 respectivamente en el punto de intersección $Y1=Y3=0.80$ con $X=0.486$:

Cuadro: Valores de X, Y1 e Y3, intersección en $X=0.486$

X	Y1	Y3
0.286	1.15	0.46
0.386	0.98	0.63
0.586	0.63	0.98
0.686	0.46	1.15

Determinación de la línea isoproteica (Y5) que pasa por la máxima incorporación de harina de quinua.

Se determinó mediante el punto definido anteriormente ($X=0.486$) y la pendiente de la línea isoproteica:

De la ecuación de la línea recta: $y = a + bx$

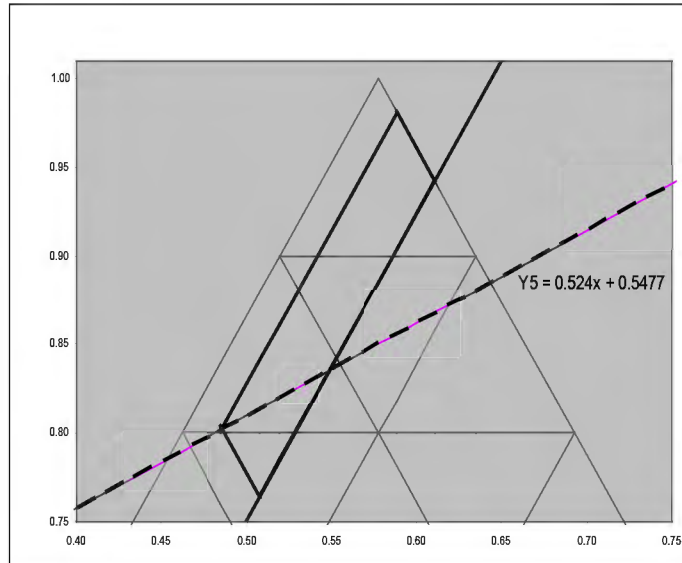
Despejamos: $a = y - bx$

$$a = 0.80 - 0.524 (0.486) = 0.5477$$

Resumen:

Cuadro: Valores definidos de la ecuación isoproteica.

X	Y	b	A
0.486	0.80	0.524	0.5477

Figura: Línea isoproteica en la zona restrictiva.

Determinación del punto de mínima incorporación de harina de quinua (extremo inferior):

-Hallando la intersección entre la línea isoproteica (Y5) determinada anteriormente y la línea de restricción de 6% de suero (Y4):

Con la ecuación: $y = a + bx$

Tabulamos valores: 0.5480, 0.5485 y 0.5490.

Determinamos valores de Y4:

$$Y4 = (-0.115) + 1.732 (0.5480) = 0.8342$$

$$Y4 = (-0.115) + 1.732 (0.5485) = 0.8350$$

$$Y4 = (-0.115) + 1.732 (0.5490) = 0.8359$$

Determinamos valores de Y5:

$$Y5 = (0.5477) + 0.524 (0.5480) = 0.8347$$

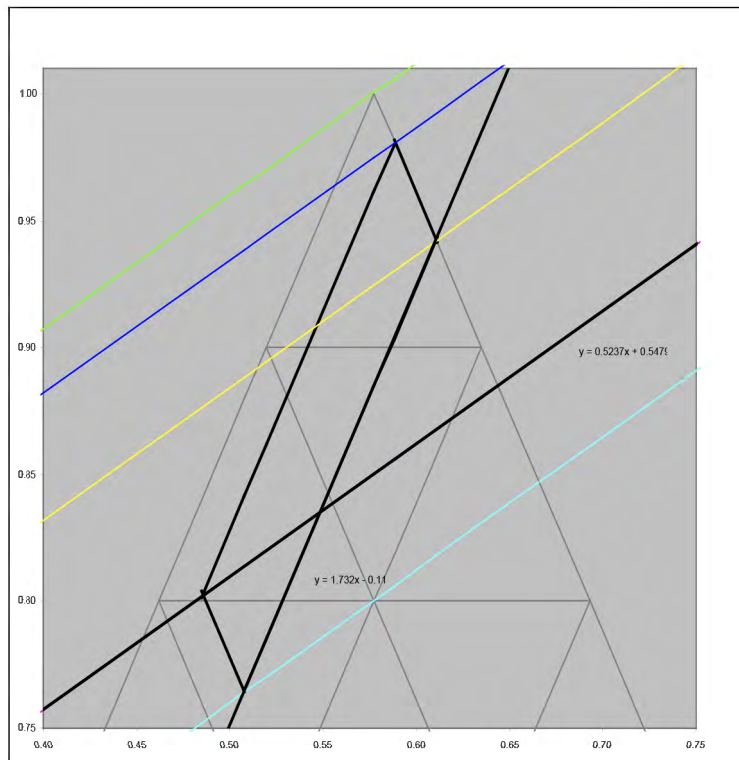
$$Y5 = (0.5477) + 0.524 (0.5485) = 0.8350$$

$$Y5 = (0.5477) + 0.524 (0.5490) = 0.8352$$

Resumen:**Cuadro: Valores de X, Y4 e Y5.**

X	Y4	Y5
0.5480	0.8342	0.8347
0.5485	0.8350	0.8350
0.5490	0.8359	0.8352

Es notorio la intersección entre Y4 e Y5 en el punto $X = 0.5485$.

Figura: Intersección de las líneas Y4 e Y5 en el Diseño de Mezcla.

ANEXO 4

DETERMINACIÓN DEL PUNTO MEDIO DE LA LÍNEA ISOPROTEICA (Y5) QUE PASA POR LA MÁXIMA INCORPORACIÓN DE HARINA DE QUINUA.

De datos anteriores $X_1=0.486$ y $X_2=0.548$ realizamos un promedio:

$$X_{media} = \frac{x_1 + x_2}{2} = \frac{0.486+0.5485}{2} = 0.5173$$

Determinamos Y:

$$Y = a + bx$$

$$Y = 0.5477 + 0.524x \cdot 0.5173 = 0.8186$$

De " X " :

Cuadro: Valores de X media e Y.

X1	X2	X (Media)	Y
0.4860	0.5485		

Los puntos extremos y medios quedan definidos como:

Ecuación:	$B = 1 - \frac{(Y + 1.732 X)}{2}$
-----------	-----------------------------------

Extremo superior: $x = 0.5485$, $y = 0.8350$

$$\text{Para } B = 1 - \frac{(Y + 1.732 X)}{2} = 1 - \frac{(0.8350 + 1.732x \cdot 0.5485)}{2} = 0.107$$

Medio: $x = 0.517$, $y = 0.819$

$$\text{Para B} = 1 - \frac{(Y + 1.732 X)}{2} = 1 - \frac{(0.819 + 1.732 \times 0.517)}{2} = 0.143$$

Extremo inferior: $x = 0.486$, $y = 0.802$

$$\text{Para B} = 1 - \frac{(Y + 1.732 X)}{2} = 1 - \frac{(0.802 + 1.732 \times 0.486)}{2} = 0.178$$

Ecuación: $C = \frac{1.732X - Y}{2}$

Extremo superior: $x = 0.549$, $y = 0.835$

$$\text{Para C} = \frac{1.732X - Y}{2} = \frac{1.732 \times 0.549 - 0.835}{2} = 0.057$$

Medio : $x = 0.517$, $y = 0.819$

$$\text{Para C} = \frac{1.732X - Y}{2} = \frac{1.732 \times 0.517 - 0.819}{2} = 0.039$$

Extremo inferior: $x = 0.486$, $y = 0.802$

$$\text{Para C} = \frac{1.732X - Y}{2} = \frac{1.732 \times 0.486 - 0.802}{2} = 0.020$$

Ecuación: $A = 1 - B - C$

Extremo superior: $B=0.107$ y $C=0.057$

Para $A=1-0.107-0.057=0.835$

Medio: $B=0.143$ y $C=0.039$

Para $A=1-0.143-0.039=0.819$

Extremo inferior: $B=0.178$ y $C=0.020$

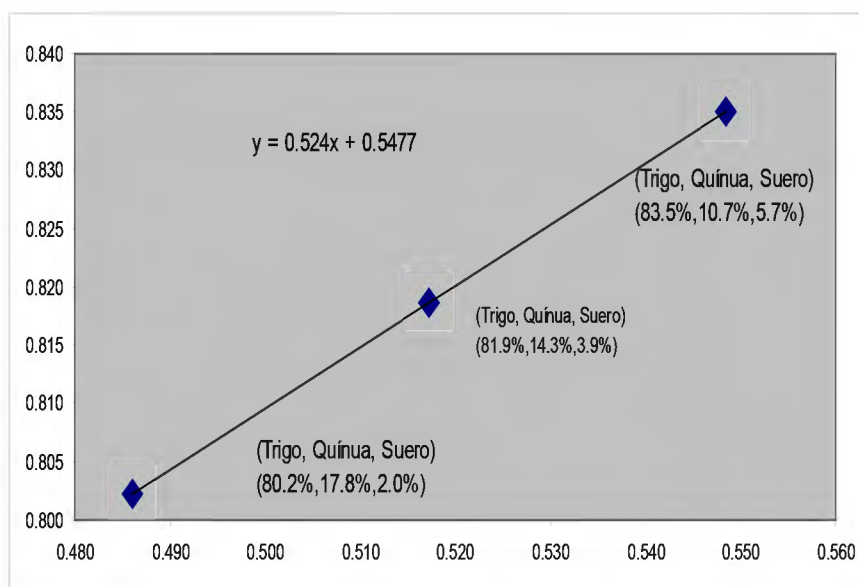
Para $A=1-0.178-0.020=0.802$

Resumen:

Cuadro: Valores de X, Y, B, C y A en el Diseño de Mezcla.

	x	Y	B	C	A
Extremo superior =	0.549	0.835	0.107	0.057	0.835
Medio =	0.517	0.819	0.143	0.039	0.819
Extremo inferior =	0.486	0.802	0.178	0.020	0.802

Figura: Línea isoproteica con diferentes porcentajes de sustitución de harina de quina precocida.



ANEXO 5

DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE AMINOÁCIDOS QUE APORTA CADA COMPONENTE EN LA MEZCLA DEL EXTREMO SUPERIOR (TRIGO, QUINUA, SUERO: 83.5%,10.7% Y 5.7%)

EN LA HARINA DE TRIGO:

a) Con la fórmula siguiente:

$$G \text{ Trigo} = \frac{\text{Aminoácido esencial (g/100 g proteína)}}{100} \times g \text{ Trigo}$$

$$G \text{ Trigo} = \frac{\text{Fenilalanina+Tirosina (g/100 g proteína)}}{100} \times g \text{ Trigo}$$

$$G \text{ Trigo} = \frac{8.2}{100} \times 3.8305 = 0.3141$$

Tabulamos sucesivamente con los demás valores:

EN LA HARINA DE QUINUA PRECOCIDA:

b) Con la fórmula siguiente:

$$G \text{ Quinoa} = \frac{\text{Aminoácido esencial (g/100 g proteína)}}{100} \times g \text{ Quinoa}$$

$$G \text{ Quinoa} = \frac{\text{Fenilalanina+Tirosina (g/100 g proteína)}}{100} \times g \text{ Quinoa}$$

$$G \text{ Quinoa} = \frac{7.3}{100} \times 0.5670 = 0.0414$$

Tabulamos sucesivamente con los demás valores:

EN EL SUERO DE LECHE:

c) Con la fórmula siguiente:

$$G \text{ Suero} = \frac{\text{Aminoácido esencial (g/100 g proteína)} \times g \text{ Suero}}{100}$$

$$G \text{ Suero} = \frac{\text{Fenilalanina+Tirosina (g/100 g proteína)} \times g \text{ Suero}}{100}$$

$$G \text{ Suero} = \frac{6.0}{100} \times 0.3375 = 0.0201$$

Sucesivamente con los demás valores:

DETERMINAMOS LOS AMINOÁCIDOS NO ESENCIALES CON LA FÓRMULA SIGUIENTE:

EN LA HARINA DE TRIGO:

$$a) \text{AA no esenciales} = \frac{g \text{ Trigo} \times (100 - \text{Total AA esenciales})}{100}$$

$$\text{AA no esenciales} = \frac{3.8305 \times (100 - 35.9)}{100} = 2.4553$$

$$\text{AA Totales} = \text{AA esenciales} + \text{AA no esenciales} = 1.3751 + 2.4553 = 3.8305$$

EN LA HARINA DE QUINUA PRECOCIDA:

$$b) \text{AA no esenciales} = \frac{g \text{ Quinua} \times (100 - \text{Total AA esenciales})}{100}$$

$$\text{AA no esenciales} = \frac{0.5670 \times (100 - 41.8)}{100} = 0.3300$$

$$\text{AA Totales} = \text{AA esenciales} + \text{AA no esenciales} = 0.2370 + 0.3300 = 0.5670$$

EN EL SUERO DE LECHE:

$$c) \text{AA no esenciales} = \text{g Suero} \times \frac{(100 - \text{Total AA esenciales})}{100}$$

$$\text{AA no esenciales} = 0.3375 \times \frac{(100 - 47.6)}{100} = 0.1768$$

$$\text{AA Totales} = \text{AA esenciales} + \text{AA no esenciales} = 0.1607 + 0.1768 = 0.3375$$

Sucesivamente con los demás valores:

		Trigo (g)	Quinoa (g)	Suero (g)	AA que aporta cada Componente (g)
1	Fenilalanina+Tirosina	0.3141	0.0414	0.0201	0.3756
2	Histidina	0.0766	0.0181	0.0062	0.1009
3	Isoleucina	0.1609	0.0249	0.0188	0.2046
4	Leucina	0.2605	0.0374	0.0310	0.3288
5	Lisina	0.0996	0.0346	0.0269	0.1611
6	Metionina+cistina	0.1417	0.0272	0.0129	0.1818
7	Treonina	0.1073	0.0215	0.0213	0.1501
8	Triptofano	0.0460	0.0062	0.0054	0.0576
9	Valina	0.1685	0.0255	0.0182	0.2122
	AA esenciales	1.3751	0.2370	0.1607	1.7728
	AA no esenciales	2.4553	0.3300	0.1768	2.9622
	AA Totales	3.8305	0.5670	0.3375	4.7349

ANEXO 6

EVALUACIONES FISICOQUIMICAS DE LAS MEZCLAS EN LAS FORMULACIONES DE PAN DE MOLDE.

Formulaciones		Repeticiones	Textura (g-f)	Volumen (ml)	Peso (g)	Altura (cm)
1 (control)	T=100.00% Q=0.00% S=0.00%	1	89	728	156	7.7
		2	95	728	157	7.8
		3	94	730	156.2	7.8
		4	90	730	157.5	7.7
		5	87	730	156.7	7.9
		promedio	91	729.2	156.68	7.78
2	T= 84.39% Q=10.41% S=5.20%	1	133	650	159.6	6.9
		2	132	660	159.5	7
		3	131	670	159.6	6.8
		4	133	650	159.5	6.9
		5	135	650	159.5	7
		promedio	132.8	656	159.54	6.92
3	T= 82.54% Q=13.92% S=3.54%	1	145	636	159.7	6.5
		2	146	636	159.6	6.5
		3	153	638	159.4	6.4
		4	149	640	159.4	6.6
		5	150	640	159.6	6.8
		promedio	148.6	638	159.54	6.56
4	T= 80.88% Q=17.30% S=1.82%	1	155	632	159.4	6.4
		2	158	632	159.5	6.5
		3	159	630	159.4	6.4
		4	137	630	159.3	6.5
		5	148	632	159.4	6.3
		promedio	151.4	631.2	159.4	6.42

COLOR:

Color interno (miga)			Color externo (corteza)		
(L*)	(a*)	(b*)	(L*)	(a*)	(b*)
59.14	-0.88	15.92	28.51	11.71	9.58
59.23	-0.91	15.82	28.12	11.7	10.12
61.02	-0.94	15.75	29.33	11.73	10.2
58.95	-0.79	15.8	27.55	11.27	9.28
60.2	-0.85	16.42	28.84	11.73	10.06
59.708	-0.874	15.942	28.47	11.628	9.848
61.24	-0.65	26.36	28.26	12.1	9.48
63.02	-0.67	26.21	27.45	12.41	9.47
60.02	-0.8	26.14	28.34	12.33	9.48
63.34	-0.66	26.49	26.37	11.96	9.49
65.44	-0.67	25.57	28.28	12.98	9.38
62.612	-0.69	26.154	27.74	12.356	9.46
60.25	-0.55	26.94	25.56	10.65	8.32
60.12	-0.54	27.01	24.26	10.36	8.26
59.8	-0.45	26.98	24.92	11.27	8.81
60.23	-0.56	26.87	25.18	9.57	7.54
60.35	-0.55	27.02	25.58	10.21	8.4
60.15	-0.53	26.964	25.1	10.412	8.266
59.68	-0.06	27.98	21.38	8.23	5.46
60.12	-0.05	27.64	21.43	8.11	5.28
62.42	-0.06	27.52	22.38	8.47	5.63
60.83	-0.17	27.91	20.43	8.01	5.03
57.16	-0.05	27.46	23.19	7.41	4.73
60.042	-0.078	27.702	21.762	8.046	5.226

HUMEDAD Y ACIDEZ:

Peso muestra= 2 g		Humedad		%Acidez			
placa+m.	Placa	Pérdida peso	(%)	Gasto NaOH 0.1N		%Acidez	pH
62.8412	62.1113	0.7299	36.495	0.8	10.12	0.387352	5.24
55.3451	54.7887	0.5564	27.820	0.9	10.10	0.436634	5.21
64.8262	64.1112	0.7150	35.750	0.9	10.21	0.431929	5.24
56.3842	55.6221	0.7621	38.105	0.8	10.00	0.392000	5.23
57.1011	56.4362	0.6649	33.245	0.9	10.10	0.436634	5.21
Promedio			34.283	0.86	10.106	0.41698	5.226
43.6877	42.9448	0.7429	37.145	1.1	10.20	0.528431	5.57
64.7333	63.9998	0.7335	35.660	0.9	10.00	0.441000	5.56
57.3117	56.6085	0.7032	35.160	1.2	10.12	0.581028	5.56
45.8974	45.1917	0.7057	35.285	1.2	10.11	0.581602	5.57
63.8092	63.1115	0.6977	34.885	1.1	10.23	0.526882	5.55
Promedio			35.627	1.1	10.132	0.531978	5.562
58.1111	57.4174	0.6937	34.685	1.2	10.30	0.570874	5.56
43.6777	42.9549	0.7228	36.140	1.2	10.00	0.588000	5.56
64.6324	63.9559	0.6765	33.825	1.0	10.00	0.490000	5.55
57.9897	57.2117	0.778	38.900	1.1	10.20	0.528431	5.58
57.3116	56.6085	0.7031	35.155	1.1	10.10	0.533663	5.57
Promedio			35.741	1.12	10.12	0.542292	5.564
55.5834	54.9202	0.6632	33.160	1.2	10.40	0.565385	5.64
55.9411	55.1441	0.7970	39.850	1.1	10.10	0.533663	5.57
60.8986	60.1525	0.7461	37.305	0.9	10.10	0.436634	5.61
64.6324	63.9552	0.6772	33.860	1.2	10.20	0.576471	5.63
63.7091	62.9989	0.7102	35.510	1.2	10.30	0.570874	5.61
Promedio			35.937	1.12	10.22	0.536986	5.612

PÉRDIDA DE HUMEDAD EN EL PROCESO:

(Trigo,Quinoa,Suero) (%)	Masa cruda (g)	Masa horneada (g)	Humedad perdida	
			(g)	(%)
(100%,0%,0%)	180.4	166.3	14.1	7.815965
	180	166.1	13.9	7.722222
	180.3	166	14.3	7.931226
	180.4	165.7	14.7	8.148559
	180.2	165.6	14.6	8.102109
	Promedio	180.26	165.94	14.32
(84.39%,10.41%,5.2%)	181.4	165	16.4	9.040794
	180.6	165.8	14.8	8.194906
	181	165.7	15.3	8.453039
	181	165	16	8.839779
	181.3	165	16.3	8.990623
	Promedio	181.06	165.3	15.76
(82.5%,13.92%,3.5%)	180.5	164	16.5	9.141274
	180.7	164.2	16.5	9.131157
	181	164.5	16.5	9.116022
	181	164.4	16.6	9.171271
	181	164.6	16.4	9.060773
	Promedio	180.84	164.34	16.5
(80.88%,17.3%,1.82%)	180.3	166.5	13.8	7.65391
	180.6	166.2	14.4	7.973422
	180.5	165.4	15.1	8.365651
	180.4	166.1	14.3	7.926829
	180.5	166.8	13.7	7.590028
	Promedio	180.46	166.2	14.26

ANEXO 7

**RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DESCRIPTIVA
DE PANES DE MOLDE.**

Juez	Formulación 1			Formulación 2		
	Color miga	Sabor	Textura (suavidad)	Color miga	Sabor	Textura (suavidad)
1	5	4	9.7	3.2	5.7	7.7
2	5.6	2.5	9.4	2.3	3.2	5
3	3	4	10	4	4.1	8
4	6	4.5	8.6	3.4	5.6	6.4
5	6.5	4.1	9	4.5	5.2	9
6	2.3	4	8.7	5	5	6.1
7	5	3.2	9	4.2	4.5	8.2
8	6	3	6.7	6.2	6.1	6.5
9	2.3	2.3	6.8	5	5.3	5.2
10	5.5	5.3	8.7	5.3	4.5	7.6
11	2.4	5	8	3	5.6	6.3
12	6.5	5.6	7.5	6	3.5	6.2
13	5.5	5.1	9	3.2	5.5	5.9
14	3.1	2.3	9.4	2.3	6.7	8.3
15	6.8	3.1	9.1	5	3.2	9.8
16	5	5	6.4	5.2	5	10
17	6	4	7.6	6	8.1	8.8
18	6.5	6	8.1	4.5	8.8	8.7
19	4.5	5.5	8.7	5.4	3.2	9
20	5.6	2.8	8.5	4.2	2.3	9.8
21	3.2	4.6	7.9	5	5.5	5.5
22	6.2	5.6	8.3	3.2	6.7	6.7
23	5	5.3	8.7	3	8.8	10
24	7	6.3	10	6	2.1	6.9
25	3	4.5	7.5	6.5	2.3	10
26	6	3.1	6.1	3	1.2	9.9
27	6	5.6	7.8	6	4.5	4.5
28	2.3	6.2	7.9	6.6	2.5	3.6
29	5	4.5	9	2.3	6.3	5.1
30	6	6.1	8.9	5	2.4	9.8
31	5	5.3	6.3	4.1	6.6	6.9
32	3	2.5	9	5.6	4.1	10
33	4	5.6	9.4	5.5	6.1	6
34	5	3.2	8.6	5.6	2.4	5.6
35	3.6	3.3	9	6	4	10
36	3	3.2	10	7	3.2	6
37	6	2.4	8	2.3	4	8.9
38	2.4	2.6	9	5	6.3	5.6

39	3.3	4.7	9	6.1	6.2	10
40	5	2.4	7.6	2.4	2.3	9
41	3	2.2	8.6	7.3	5.6	4.1
42	3	2.6	9	5.2	6	10
43	5	3.1	9.5	2.3	2.3	5.5
44	4.7	3.2	7.8	6.3	2.3	6.7
45	3.2	3.2	10	6.2	5	9
46	6	3.1	9	5.6	3.2	9.7
47	5	2.4	10	5.6	3	8.4
48	5.2	4.5	9	6	6	9
49	3	5.2	10	5.6	5.6	9.7
50	6	5.2	8.6	2.3	6	7.2
51	6.2	6.3	8.2	5.6	3.2	8.7
52	2.3	6.2	8	6	2.3	6.9
53	5	5	9.4	2.6	5	10
54	5	5.6	7.8	4.5	5	6.3
55	2.3	6	8.7	6.1	8.4	10
56	5.5	5.7	10	5.3	3	6.5
57	2.3	2.3	9.2	7.2	6	5.6
58	5.6	2.4	7.7	5.6	8.1	8
59	5.2	7.3	8.7	7.5	2.6	10
60	6.5	7.1	8.3	6.3	5.7	9
	4.652	4.282	8.573	4.886	4.715	7.713

Formulación 4			Formulación 3		
Color	Sabor	Textura	Color	Sabor	Textura
7	8.8	6.3	10	10	5.7
8.4	9.6	5.8	9	9	5.4
8	8.1	4.7	8	8	5.6
9	8	5.5	8.4	9.5	5.8
8.4	8.4	6	10	10	8.2
9	7.2	6.3	8	8.3	5.1
10	6	7.1	9	8.9	5.2
8.9	8	6.5	9	7.5	5.4
2.3	8.4	5.5	9.7	8	6.1
5	7.6	6.7	10	9	5.1
9	8.2	5.4	10	9.7	9
9.7	8.9	4.6	10	8.6	8
5.5	6.8	8.1	9.6	8.5	5.3
9	5	8.8	8.1	5	5.6
9.7	9	6.7	8.8	9	5.7
5.5	9.7	4	10	9.7	6.1
6.7	9.2	5	9.2	8.7	4.6

8.8	8.7	9	8.2	6.7	5.2
9.6	8.4	6	8.8	8.8	5.5
10	10	6	9.6	9.6	6.3
8.8	6	8.8	8.1	8.1	5.3
9	6.8	9.6	8.8	8.8	5
9.2	9	8.1	9	8.8	8.1
8.2	9.7	8.8	9.2	9.2	8.8
7.9	6.8	6.2	8.2	8.2	6.7
8.4	9	4	10	8.7	5.1
10	8.8	5.4	9	9.6	8.2
7.8	9.6	5.5	8.4	10	9
8.1	8.1	6	9	8.9	4
8.8	8.8	4.4	10	10	5.1
9	5.8	8.2	8.9	9.9	8
9	9.2	6.2	10	9.8	7.8
7.8	8.2	4.6	9	10	5
10	6.8	4.7	8.4	7.5	7.9
9	5.6	7.6	7	9.8	5
7.5	8.7	5.4	9	8.6	4.2
8.4	8.1	6.2	8.9	10	5.5
8.4	8.8	6.5	6.7	9.8	6.7
8.1	4.5	5.3	8	7.6	6.3
6	6.1	7.6	8.4	8.8	6.8
8.8	5.3	6.3	10	10	6.1
7	7.2	6.2	8.4	8.4	6
9	5.6	5.2	9	5.6	4
8.8	7.5	6.1	8.9	10	6.6
6.1	4.7	5.4	9	8.9	3.2
10	5	7.3	8.7	6.9	2.3
9	8.4	6.1	6.3	9.8	4
7	8.7	3.2	8	8.7	5.7
7.6	7.6	7.8	6.7	10	6
6.3	8.9	6.2	8.8	8.1	6.5
6.2	6.8	6.3	9.6	8.8	5
5.6	7	5.6	8.1	9.5	6
6	9	6	9	10	6.1
7.2	9.7	7.2	10	9.3	5.2
2.3	5.5	2.3	9.6	8.6	3.2
7.6	7	8.8	7.5	9.8	6.5
8.8	8.4	6.4	8.6	9.9	2.3
9.6	6.8	6.3	8.7	10	8.7
8.1	8	5.3	8.4	9	3.2
10	2.9	6.5	8.4	9.1	2.4
7.998	7.640	6.227	8.818	8.917	5.773

ANEXO 8

**RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD
(DISCRIMINATIVA) DE CONSUMIDORES EN LAS FORMULACIONES.**

Juez	Form. 1	Form. 2	Form. 4	Form. 3
1	6.5	6.8	8.2	8.5
2	4.4	6.8	10	9
3	6.4	9.7	8.5	8.6
4	9.2	3.9	5	9.8
5	8.1	5	7.3	9.2
6	8.5	5.6	9.8	8.2
7	9.1	10	5	7.7
8	9	6.5	6.3	8
9	4.4	6.1	5	8.3
10	8.7	7.2	8.4	7.7
11	6.6	6.4	3	9.6
12	7.6	9.2	6	7.6
13	8.2	9.5	8.9	7.3
14	6.3	8.5	2.3	9.1
15	8.6	9.1	5	9.4
16	3	10	9	7.2
17	5.5	4.4	9.7	8.6
18	6.8	8.7	5.5	7.2
19	9.7	6.6	6.7	9.6
20	3.9	7.6	8.8	7.7
21	5	8.2	9.6	8.4
22	5.6	9	8.1	7.5
23	10	9.4	8.8	9
24	6.5	3	4.5	8.5
25	6.1	5.5	9.2	7.6
26	7.2	8.2	8.2	9.1
27	5	10	5	8.8
28	9	6.7	5.6	9.1
29	6.8	5.3	7.5	6.8
30	5.5	8.9	8.2	9.3
31	6.7	7.4	2.4	8.7
32	4.7	9	7.6	8.4
33	5.6	6.3	7.2	9.4
34	8.1	6.2	7.6	6.4
35	8.8	8.7	6.5	9.6
36	4.5	5	5	9.4
37	6.1	5	8.6	10

38	5.3	7.4	6.5	6.4
39	7.2	7.6	4.7	7.8
40	5.6	9.2	7.7	6.6
41	7.5	9.3	8.2	6.5
42	6.1	5.9	9.5	7.9
43	2.4	8	6.6	6.7
44	7.3	5.9	7.2	5.8
45	9.8	5.9	6.2	6.6
46	7.6	5.8	7.2	6.7
47	6.3	6.8	8.5	6.7
48	6.2	5.9	10	6.8
49	8.4	7.4	8.6	8.7
50	5.6	8.3	6.6	7.5
51	6	7.3	9.3	6.7
52	8.9	7.4	4	7.4
53	2.3	7.6	4.2	6.7
54	6.6	7.2	9	7.2
55	8.2	2.9	8	4.4
56	7.5	4.6	6.8	6.6
57	5.5	3.2	7.5	8.2
58	6.7	2.8	5.1	9.4
59	6.5	2.1	7.2	6.2
60	7.1	4.1	6.1	8.1
	6.705	6.867	7.045	7.932

ANEXO 9

EVALUACIÓN SENSORIAL DURANTE EL ALMACENAMIENTO

	Y		X
Rank	Horas	Valor H	EH
131	72	0.76335878	0.76335878
130	72	0.76923077	1.53258955
129	72	0.7751938	2.30778335
128	168	0.78125	3.08903335
127	168	0.78740157	3.87643492
126	168	0.79365079	4.67008571
125	168	0.8	5.47008571
124	168	0.80645161	6.27653733
123	168	0.81300813	7.08954546
122	168	0.81967213	7.90921759
121	168	0.82644628	8.73566387
120	168	0.83333333	9.5689972
119	168	0.84033613	10.4093333
118	168	0.84745763	11.256791
117	168	0.85470085	12.1114918
116	168	0.86206897	12.9735608
115	168	0.86956522	13.843126
114	168	0.87719298	14.720319
113	168	0.88495575	15.6052747
112	168	0.89285714	16.4981319
111	168	0.9009009	17.3990328
110	168	0.90909091	18.3081237
109	168	0.91743119	19.2255549
108	168	0.92592593	20.1514808
107	168	0.93457944	21.0860602
106	168	0.94339623	22.0294565
105	168	0.95238095	22.9818374
104	168	0.96153846	23.9433759
103	168	0.97087379	24.9142497
102	168	0.98039216	25.8946418
101	168	0.99009901	26.8847408
100	168	1	27.8847408
99	168	1.01010101	28.8948419
98	168	1.02040816	29.91525
97	168	1.03092784	30.9461778
96	168	1.04166667	31.9878445
95	264	1.05263158	33.0404761
94	264	1.06382979	34.1043059
93	264	1.07526882	35.1795747
92	264	1.08695652	36.2665312

91	264	1.0989011	37.3654323
90	264	1.11111111	38.4765434
89	264	1.12359551	39.6001389
88	264	1.13636364	40.7365026
87	264	1.14942529	41.8859279
86	264	1.1627907	43.0487186
85	264	1.17647059	44.2251891
84	264	1.19047619	45.4156653
83	264	1.20481928	46.6204846
82	264	1.2195122	47.8399968
81	264	1.2345679	49.0745647
80	264	1.25	50.3245647
79	264	1.26582278	51.5903875
78	264	1.28205128	52.8724388
77	264	1.2987013	54.1711401
76	264	1.31578947	55.4869295
75	264	1.33333333	56.8202629
74	264	1.35135135	58.1716142
73	264	1.36986301	59.5414772
72	264	1.38888889	60.9303661
71	264	1.4084507	62.3388168
70	264	1.42857143	63.7673883
69	264	1.44927536	65.2166636
68	264	1.47058824	66.6872519
67	264	1.49253731	68.1797892
66	288	1.51515152	69.6949407
65	288	1.53846154	71.2334022
64	288	1.5625	72.7959022
63	288	1.58730159	74.3832038
62	288	1.61290323	75.996107
61	288	1.63934426	77.6354513
60	288	1.66666667	79.302118
59	288	1.69491525	80.9970332
58	288	1.72413793	82.7211712
57	288	1.75438596	84.4755571
56	288	1.78571429	86.2612714
55	288	1.81818182	88.0794532
54	288	1.85185185	89.9313051
53	312	1.88679245	91.8180975
52	312	1.92307692	93.7411745
51	312	1.96078431	95.7019588
50	312	2	97.7019588
49	312	2.04081633	99.7427751
48	312	2.08333333	101.826108
47	312	2.12765957	103.953768
46	312	2.17391304	106.127681
45	312	2.22222222	108.349903
44	312	2.27272727	110.622631
43	312	2.3255814	112.948212

42	312	2.38095238	115.329164
41	312	2.43902439	117.768189
40	312	2.5	120.268189
39	312	2.56410256	122.832291
38	312	2.63157895	125.46387
37	312	2.7027027	128.166573
36	312	2.77777778	130.944351
35	312	2.85714286	133.801494
34	312	2.94117647	136.74267
33	312	3.03030303	139.772973
32	312	3.125	142.897973
31	312	3.22580645	146.12378
30	312	3.33333333	149.457113
29	312	3.44827586	152.905389
28	312	3.57142857	156.476817
27	312	3.7037037	160.180521
26	312	3.84615385	164.026675
25	312	4	168.026675
24	312	4.16666667	172.193341
23	312	4.34782609	176.541168
22	312	4.54545455	181.086622
21	312	4.76190476	185.848527
20	312	5	190.848527
19	312	5.26315789	196.111685
18	312	5.55555556	201.66724
17	312	5.88235294	207.549593
16	312	6.25	213.799593
15	312	6.66666667	220.46626
14	312	7.14285714	227.609117
13	312	7.69230769	235.301425
12	312	8.33333333	243.634758
11	312	9.09090909	252.725667
10	312	10	262.725667
9	312	11.11111111	273.836778
8	312	12.5	286.336778
7	312	14.2857143	300.622493
6	312	16.6666667	317.289159
5	312	20	337.289159
4	312	25	362.289159
3	312	33.3333333	395.622493
2	312	50	445.622493
1	312	100	545.622493

ANEXO 10

**ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE LAS EVALUACIONES FISICOQUÍMICAS
DE LAS MEZCLAS**

ANALISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA LA TEXTURA INSTRUMENTAL EN LA MIGA

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	11645.8	3	3881.92	144.71	0.0000
Within groups	429.2	16	26.825		
Total (Corr.)	12075.0	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan			
Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
1	5	91.0	X
2	5	132.8	X
3	5	148.6	X
4	5	151.4	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*-41.8	9.37605
1 - 3	*-57.6	9.37605
1 - 4	*-60.4	9.37605
2 - 3	*-15.8	9.37605
2 - 4	*-18.6	9.37605
3 - 4	-2.8	9.37605

- Denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de textura, realizando la prueba de Duncan podemos notar que el tratamiento 1 (control), es el adecuado denotando una menor textura con respecto a los demás tratamientos. Entre los tratamientos 3 y 4 son iguales, por lo que es recomendable tomar el tratamiento 3 con valor de Media de 148.4, más suave entre estos dos tratamientos.

ANALISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA EL VOLUMEN DEL PAN DE MOLDE

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	30331.2	3	10110.4	468.07	0.0000
Within groups	345.6	16	21.6		
Total (Corr.)	30676.8	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan

Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
4	5	631.2	X
3	5	638.0	X
2	5	656.0	X
1	5	729.2	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*73.2	8.41351
1 - 3	*91.2	8.41351
1 - 4	*98.0	8.41351
2 - 3	*18.0	8.41351
2 - 4	*24.8	8.41351
3 - 4	6.8	8.41351

* denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de volumen, realizando la prueba de Duncan podemos ver que el que tiene mayor Media es el tratamiento 1 (control). Los tratamiento 3 y 4 son iguales, mientras que los tratamientos 2 y 3 son diferentes, el que tiene mayor Media es el tratamiento 2 con una Media de 656.

ANALISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA EL PESO DEL PAN DE MOLDE.

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	29.746	3	9.91533	100.92	0.0000
Within groups	1.572	16	0.09825		
Total (Corr.)	31.318	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan

Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
1	5	156.68	X
4	5	159.4	X
3	5	159.54	X
2	5	159.54	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*-2.86	0.567435
1 - 3	*-2.86	0.567435
1 - 4	*-2.72	0.567435
2 - 3	0.0	0.567435
2 - 4	0.14	0.567435
3 - 4	0.14	0.567435

* denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de peso, realizando la prueba de Duncan podemos ver que entre los tratamientos 3 y 4 son iguales y el que tiene mayor Media es el tratamiento 3 con una Media de 159.54.

ANALISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA LA ALTURA DEL PAN DE MOLDE

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5.596	3	1.86533	169.58	0.0000
Within groups	0.176	16	0.011		
Total (Corr.)	5.772	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan

Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
4	5	6.42	X
3	5	6.56	X
2	5	6.92	X
1	5	7.78	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*0.86	0.189866
1 - 3	*1.22	0.189866
1 - 4	*1.36	0.189866
2 - 3	*0.36	0.189866
2 - 4	*0.5	0.189866
3 - 4	0.14	0.189866

* denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de altura, realizando la prueba de Duncan podemos ver que el que tiene mayor Media es el tratamiento 1(control). Los tratamientos 2 y 3 son diferentes y se toma el que tiene mayor Media o sea el tratamiento 2 con una Media de 6.92.

ANALISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA EL COLOR INTERNO (L=LUMINOSIDAD) DE LA
MIGA DEL PAN DE MOLDE

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	26.7727	3	8.92423	4.05	0.0256
Within groups	35.2826	16	2.20517		
Total (Corr.)	62.0553	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan

Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
1	5	59.708	X
4	5	60.042	XX
3	5	60.15	XX
2	5	62.612	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*-2.904	2.68826
1 - 3	-0.442	2.68826
1 - 4	-0.334	2.68826
2 - 3	2.462	2.68826
2 - 4	2.57	2.68826
3 - 4	0.108	2.68826

- denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.0256 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de L(color interno, luminosidad), realizando la prueba de Duncan podemos ver que entre los tratamientos el que tiene menor Media es el tratamiento 1 (control). Los tratamientos 3 y 4 son iguales por lo que tomamos el tratamiento 3 con una Media de 60.15.

ANÁLISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA EL COLOR EXTERNO (L=LUMINOSIDAD) DEL
PAN DE MOLDE

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	138.419	3	46.1397	71.20	0.0000
Within groups	10.3679	16	0.647992		
Total (Corr.)	148.787	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan			
Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
4	5	21.762	X
3	5	25.1	X
2	5	27.74	XX
1	5	28.47	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	0.73	1.45725
1 - 3	*3.37	1.45725
1 - 4	*6.708	1.45725
2 - 3	*2.64	1.45725
2 - 4	*5.978	1.45725
3 - 4	*3.338	1.45725

* denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de color externo (L, luminosidad), realizando la prueba de Duncan podemos ver que entre los tratamientos el que tiene mayor Media es el tratamiento 1 (control). Entre los tratamientos 2 y 3 son iguales estadísticamente por lo que se puede tomar cualquiera de los tratamientos, tomamos el tratamiento 3.

ANALISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA LA HUMEDAD DEL PAN DE MOLDE:

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	9.70172	4	2.42543	0.32	0.8583
Within groups	112.681	15	7.51204		
Total (Corr.)	122.382	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan			
Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
1	5	34.283	X
22	1	35.627	X
3	5	35.741	X
4	5	35.937	X
2	4	35.9975	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	-1.7145	5.6976
1 - 3	-1.458	5.37175
1 - 4	-1.654	5.37175
1 - 22	-0.877	9.30414
2 - 3	0.2565	5.6976
2 - 4	0.0605	5.6976
2 - 22	0.8375	9.496
3 - 4	-0.196	5.37175
3 - 22	0.581	9.30414
4 - 22	0.777	9.30414

* denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: No existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.8583 > 0.05$) entre los tratamientos y los valores de humedad , realizando la prueba de Duncan para visualizar la igualdad de los tratamientos, podemos ver que entre todo los tratamientos el que tiene ligeramente menor Media es el tratamiento 1 (control). Entre los tratamientos 3 y 4 el que tiene ligeramente tiene menor Media es el tratamiento 3 con una Media de 35.741.

ANÁLISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA LA ACIDEZ DEL PAN DE MOLDE

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0.0549203	3	0.0183068	8.27	0.0015
Within groups	0.0354219	16	0.00221387		
Total (Corr.)	0.0903422	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan

Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
1	5	0.416143	X
2	5	0.531789	X
4	5	0.536605	X
3	5	0.542194	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*-0.115645	0.0851777
1 - 3	*-0.12605	0.0851777
1 - 4	*-0.120462	0.0851777
2 - 3	-0.010405	0.0851777
2 - 4	-0.0048168	0.0851777
3 - 4	0.0055882	0.0851777

* denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.0015 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de acidez, realizando la prueba de Duncan podemos ver que entre todos los tratamientos el que tiene menor Media es el tratamiento 1 (control). Los tratamientos 2 y 3 son iguales y el que tiene menor Media es el tratamiento 2 con una Media de 0.531789

ANALISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA EL pH DEL PAN DE MOLDE

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	0.47618	3	0.158727	552.09	0.0000
Within groups	0.0046	16	0.0002875		
Total (Corr.)	0.48078	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan

Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
1	5	5.226	X
2	5	5.562	X
3	5	5.564	X
4	5	5.612	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*-0.336	0.0306951
1 - 3	*-0.338	0.0306951
1 - 4	*-0.386	0.0306951
2 - 3	-0.002	0.0306951
2 - 4	*-0.05	0.0306951
3 - 4	*-0.048	0.0306951

* denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de pH, realizando la prueba de Duncan podemos ver que entre todo los tratamientos el que tiene menor Media es el tratamiento 1 (control). Entre los tratamientos 2 y 3 son iguales y el que tiene menor Media es el tratamiento 3 con una Media de 5.56.

ANÁLISIS DE VARIANZA Y LA COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS
EXPERIMENTALES PARA LA PÉRDIDA DE HUMEDAD EN EL PROCESO

ANOVA

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Between groups	5.35611	3	1.78537	27.08	0.0000
Within groups	1.05497	16	0.0659357		
Total (Corr.)	6.41109	19			

PRUEBA DE DUNCAN

Method: 95.0 percent Duncan

Col_1	Count	Mean	Homogeneous Groups
4	5	7.90197	X
1	5	7.94402	X
2	5	8.70383	X
3	5	9.1241	X

Contrast	Difference	+/- Limits
1 - 2	*-0.759812	0.464848
1 - 3	*-1.18008	0.464848
1 - 4	0.0420482	0.464848
2 - 3	-0.420271	0.464848
2 - 4	*0.80186	0.464848
3 - 4	*1.22213	0.464848

* denotes a statistically significant difference.

CONCLUSIÓN: Existen diferencias significativas al 5% (Valor de $P:0.000 < 0.05$) entre los tratamientos y los valores de humedad en el proceso, realizando la prueba de Duncan podemos ver que entre todos los tratamientos el que tiene menor Media es el tratamiento 4. Entre los tratamientos 4 y 1 son iguales y el que tiene menor Media es el tratamiento 4 con una Media de 7.9017.