



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

---

**“DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN  
SALUDABLES CON ALTO CONTENIDO DE COMPUESTOS  
BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE A PARTIR DE HARINA  
DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA  
(CHENOPODIUM PALLIDICAULE) GERMINADOS”**

---

**TESIS  
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO  
DE DOCTOR EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL.**

**Autor:**

**Ms. WILLIAMS ESTEWARD CASTILLO MARTÍNEZ**

**Asesor:**

**Dra. LUZ MARIA PAUCAR MENACHO**

**Coasesor:**

**Dra. CRISTINA MARTINEZ VILLALUENGA**

**CHIMBOTE - PERÚ  
2022**



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

## CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS DOCTORAL

Yo, Dra. LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis Doctoral titulada: DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN SALUDABLES CON ALTO CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE A PARTIR DE HARINA DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) GERMINADOS, elaborada por el (la) magister WILLIAMS ESTEWART CASTILLO MARTÍNEZ para obtener el Grado Académico de Doctor en INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 30 de agosto del 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Luz María Paucar Menacho", is written over a horizontal dotted line.

LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO  
ASESOR

DNI: 08099817

Código ORCID: 0000-0001-5349-6167



**UNS**  
ESCUELA DE  
POSGRADO

### CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN SALUDABLES CON ALTO CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE A PARTIR DE HARINA DE QUINUA (*CHENOPODIUM QUINOA*) Y CAÑIHUA (*CHENOPODIUM PALLIDICAULE*) GERMINADOS (NOMBRE DE LA TESIS)

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

DR. CESAR MORENO ROJO

PRESIDENTE

DNI: 32907242

Código ORCID: 0000-0002-7143-4450

DR. DANIEL ANGEL SÁNCHEZ VACA

SECRETARIO

DNI: 18146173

Código ORCID: 0000-0003-4326-1852

DRA. LUZ MARÍA PAUCAR MENACHO

VOCAL

DNI: 08099817

Código ORCID: 0000-0001-5349-6167

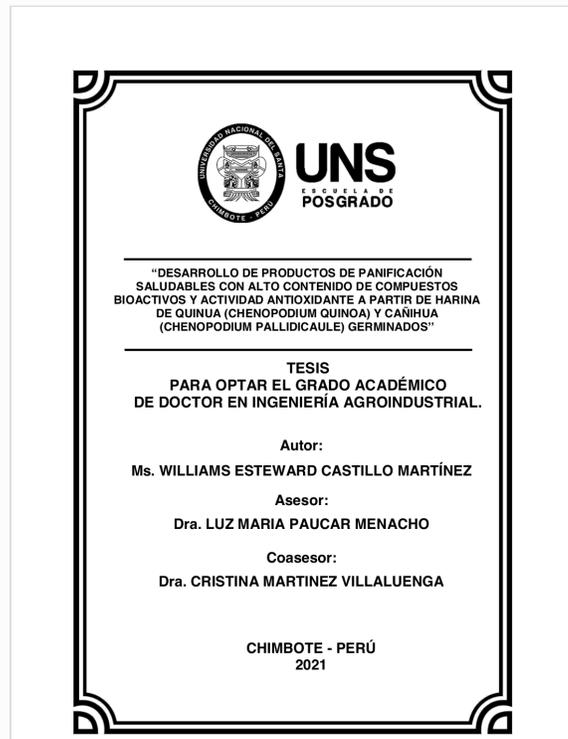


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Williams Esteward Castillo Martinez  
Título del ejercicio: practicas pre  
Título de la entrega: DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN SALUDABLE...  
Nombre del archivo: Tesis\_Doctoral\_WECM\_FINAL\_19.02.22.pdf  
Tamaño del archivo: 15.38M  
Total páginas: 165  
Total de palabras: 40,760  
Total de caracteres: 203,846  
Fecha de entrega: 18-ago.-2022 11:06a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 1883992155



## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Problema y fundamentación del problema de investigación.....	3
1.2 Antecedentes de la investigación.....	5
1.3 Formulación del problema de investigación.....	10
1.4 Delimitación del estudio.....	10
1.5 Justificación e importancia de la investigación.....	10
1.6 Objetivos de la investigación.....	12
1.6.1 Objetivo general.....	12
1.6.2 Objetivos específicos.....	12
CAPÍTULO II.....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
2.1.1. Granos Andinos. Quinoa y Cañihua.....	13
2.1.2. Proceso de germinación de Granos.....	22
2.1.4. Aplicación de granos de andino en el desarrollo de productos de panificación.....	29
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	32
CAPÍTULO III.....	34
MARCO METOLOGICO.....	34
3.1. HIPÓTESIS CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.2. VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.2.1. Variables – Definición Conceptual.....	34
3.2.2. Variables – Definición Operacional.....	35
3.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.4. DISEÑO O ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
3.7. PROCEDIMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	40
3.7.1. Procedimiento para elaboración de las harinas germinadas.....	40
3.7.2. Procedimiento para elaboración de pan de molde.....	44
3.7.3. Procedimiento para elaboración de galleta.....	45
3.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	46
CAPÍTULO IV.....	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
4.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS HARINAS DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM HALLIDICAULE).....	47
4.2. EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINAS DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) EN LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE SUS MASAS.....	50
4.3. SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE.....	55
4.4. SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) PARA LA ELABORACIÓN GALLETA.....	66

4.5. DETERMINACION DE SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) PARA LA ELABORACIÓN PAN DE MOLDE Y GALLETA .....	70
CAPÍTULO V .....	72
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	72
5.1. CONCLUSIONES .....	72
5.2. RECOMENDACIONES .....	73
IX. BIBLIOGRAFÍA .....	74
ANEXOS .....	94

## INDICE DE TABLA

Tabla 01: Matriz de experimentos (Diseño simplex centroide para la elaboración de pan de molde)	34
Tabla 02: Matriz de experimentos (Diseño simplex centroide para la elaboración de galletas)	35
Tabla 03: Composición proximal y compuesto bioactivos de quinua, quinua germinada, cañihua y cañihua germinada.	45
Tabla 04: Parámetros reológicos de las masas formuladas con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	48
Tabla 05: Resumen de análisis de Varianza del ajuste a los modelos del diseño de los resultados a los Parámetros reológicos de las masas formuladas con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	53
Tabla 06: Parámetros tecnológicos de los panes de molde formulados con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	54
Tabla 07: Resumen de análisis de Varianza del ajuste a los modelos del diseño de los resultados a los Parámetros tecnológicos de los panes de molde formulados con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	54
Tabla 08: Compuesto Bioactivos de los panes de molde formulados con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	57
Tabla 09: Resumen de análisis de Varianza del ajuste a los modelos del diseño de los resultados a los compuestos bioactivos de los panes de molde formulados con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	58
Tabla 10: Compuesto Bioactivos de las galletas formuladas con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	64
Tabla 11: Resumen de análisis de Varianza del ajuste a los modelos del diseño de los resultados a los de compuestos bioactivos de las galletas formuladas con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	54
Tabla 12: Composición proximal y compuesto bioactivos de pan de molde y galleta formuladas con la mezcla optimas de harina de quinua germinada, harina de cañihua germinada y harina de trigo.	67

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Síntesis de GABA por la enzima glutamato descarboxilasa (GAD)	19
Figura 02: Diagrama de Flujo del proceso de Obtención de harina de Cañihua germinada.	39
Figura 03: Diagrama de Flujo del proceso de Obtención de harina de Quinua germinada.	40
Figura 04. Proceso para la elaboración de panes de molde con harina germinada de quinua y cañihua	41
Figura 05. Proceso para la elaboración de galletas con harina germinada de quinua y cañihua	43
Figura 06: Gráfico de superficie de respuesta y contorno para a. Temperatura de gelatinización en °C (GT). b. Máxima Gelatinización en UA (GM). c. Consistencia de la masa en FE (C) de las masas formuladas con harina de Quinua y Cañihua germinadas	50
Figura 07: Gráfico de medias para contenido de compuestos bioactivos en pan de molde formulado con harina de Quinua y Cañihua germinadas.	58
<b>Figura 8:</b> Gráfico de superficie de respuesta y contorno para contenido de compuestos bioactivos en galletas formulado con harina de Quinua y Cañihua germinadas. a. ORAC, b. TPC, c. Ácido fítico, d. GABA	66

## DEDICATORIA

A mis dos estrellitas, mis hijos Adrian y Ariana que son el motor y motivo de mi vida, los amo mucho

A mis padre y madre por haberme forjado como la persona que soy actualmente; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, son los mejores padres.

## **AGRADECIMIENTOS**

Esta tesis fue financiado por el CONCYTEC-PROCIENCIA en el marco de la convocatoria E041-01 (C 27-2018-FONDECYT-BM).

A mi asesor de tesis Dra. Luz María Paucar Menacho, por la orientación y ayuda que me brindo para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue formular productos de panificación saludables a partir de harina de granos de quinua (GQF) y cañihua (GCF) germinados. Para determinar la formulación que permita maximizar los compuestos bioactivos como ORAC y TPC se aplicó un diseño de mezclas simplex con centroide. Se elaboraron pan de molde con un porcentaje de sustitución de harina de trigo (WF) de 80-90%, GQF de 5-15% y GCF de 5-15% y galletas con porcentajes de sustitución de WF de 60-80%, GQF de 5-25% y GCF de 5-55%, teniendo un total de 14 experimentos. Se concluye que el proceso de germinación de granos permite aumentar los compuestos bioactivos, y los panes y galletas elaboradas presentaron un mayor contenido de estos compuestos respecto al control.

**Palabras Claves:** Compuestos bioactivos, Granos andinos, Germinación, Panificación.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to formulate healthy bakery products from quinoa grain flour (GQF) and germinated cañihua (GCF). To determine the formulation that maximizes bioactive compounds such as ORAC and TPC, a simplex mixture design with centroid was applied. Bread with a wheat flour (WF) substitution percentage of 80-90%, GQF of 5-15% and GCF of 5-15% and cookies with WF substitution percentages of 60-80%, GQF of 5-25% and GCF of 5-55% were elaborated, having a total of 14 experiments. It is concluded that the grain germination process allows increasing bioactive compounds, and the breads and cookies elaborated presented a higher content of these compounds with respect to the control.

**Key words:** Bioactive compounds, Andean grains, Germination, Baking.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad las condiciones de vida de las personas en general, se ven afectadas por diversos factores como, la exposición a la contaminación ambiental, radiaciones, las aguas contaminadas, el consumo o uso de tóxicos como el alcohol, tabaco y drogas, una alimentación no adecuada, la exposición a fertilizantes o pesticidas, el consumo de algunos medicamentos, además del estrés cotidiano generado por diversas actividades; este conjunto de situaciones vienen provocando la formación de especies reactivas del oxígeno y radicales libres en el organismo de las personas, atentando contra la salud. Las enfermedades degenerativas relacionadas con el estrés oxidativo (radicales libres) en los últimos 5 años ha experimentado tasas de crecimiento de 1.36% anuales. Existen alimentos y complementos dietéticos que podrían reducir la formación de radicales libres en el organismo, pero que son poco conocidos o tienen un costo inaccesible para las personas de los estratos económicos bajos. En el Perú tenemos cultivos con alto potencial nutraceutico pero que sin embargo aún no se está aprovechando en su real dimensión debido al incipiente desarrollo tecnológico en la creación de productos de alto contenido de antioxidantes y compuestos bioactivos.

Por lo tanto es un reto el diseño y elaboración de productos con estas características (alto contenido de antioxidantes y compuestos bioactivos), pero que además sean productos a bajo costo y por lo tanto se encuentren a disposición de todas las personas. En la actualidad el mercado ofrece una serie de productos de consumo básico, como los productos de panificación elaborados a base de harinas refinadas que en su mayoría solo aportan calorías y macronutrientes; una alternativa seria elaborar estos tipos de productos (panes, galletas) con contenidos de antioxidantes y compuestos bioactivos, puesto que son productos de consumo masivo y que podrían llegar a ser consumidas por muchas personas.

Continuar con el desequilibrio entre la producción de especies reactivas del oxígeno y la capacidad de un sistema biológico de detoxificar rápidamente los reactivos intermedios o reparar el daño resultante, continuará ocasionando la aparición de enfermedades (diabetes, obesidad, cáncer, hipertensión, etc.) y el envejecimiento. La

falta del aprovechamiento de granos nativos y la estandarización no permite que haya una adecuada producción de productos transformados; que permitan obtener productos de calidad, estandarizados y de características óptimas.

El Perú cuenta con gran cantidad de materias primas para la elaboración de harinas posibles de emplear en la elaboración de productos de panificación, siendo una de estas materias primas los granos andinos (Quinoa y cañihua), que bajo un tratamiento tecnológico de germinación incrementan significativamente su contenido de antioxidante y de compuestos bioactivos, obteniendo un insumo (harina de granos germinados) para la elaboración de productos de panificación con características de alimentos nutraceuticos al alcance de todas las personas. En ciertos germinados, como la soja, quinoa y kiwicha, se llegan a duplicar los valores de las vitaminas del complejo B (vitamina B1, piridoxina, biotina), tan necesarias para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Por si fuera poco, unido a estas cualidades nutricionales, en los brotes la transformación del almidón en azúcares más simples y de las cadenas de proteínas en aminoácidos, mejoran el sabor y palatabilidad, además de facilitar la digestión. Para que el consumo de productos ricos en antioxidantes y compuestos bioactivos esté al alcance de todas, una estrategia sería diseñar productos de consumo masivo como productos de panificación (panes, galletas) que contengan estos compuestos beneficiosos para la salud.

Es por ello que la presente investigación pretende desarrollar productos de panificación con capacidad antioxidantes y compuestos bioactivos a partir de granos quinoa y cañihua germinados.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1 Problema y fundamentación del problema de investigación

Los alimentos se refieren directamente a la salud, considerando la acción de los macro y micronutrientes en la prevención de enfermedades y el mantenimiento del cuerpo. Las fibras, por ejemplo, están compuestas de origen vegetal, y la inclusión de esta fibra en una dieta equilibrada es indispensable, ya que sus funciones beneficiosas son conocidas, por ejemplo, para reducir los bajos niveles de LDL-c, para aumentar la absorción de nutrientes. El Perú es uno de los países en vías de desarrollo donde los indicadores de desnutrición nos muestran una situación muy problemática, siendo la población infantil uno de los grupos más vulnerables, puesto que se trata de niños en crecimiento cuyos requerimientos energéticos, proteicos y demás nutrientes son relativamente elevados en relación a otros grupos de edad. Las materias primas que se utilizan en la elaboración de mezclas alimenticias, que actualmente se encuentran en el mercado, están constituidas principalmente por trigo, maíz y arroz, razón por la cual su valor nutritivo es bajo, limitándose al aporte energético proveniente de carbohidratos y grasas, existiendo déficit de proteínas (Higinio, 2011).

El estado nutricional de un individuo es resultado del equilibrio o desequilibrio entre el consumo de alimentos y el respectivo aprovechamiento de nutrientes para llenar los requerimientos de estos por el organismo. El consumo de alimentos, al igual que los procesos de digestión, absorción y utilización de nutrientes por el organismo, depende de múltiples factores los cuales interactúan para producir el balance entre el aprovechamiento biológico de nutrientes y los requerimientos, cuyo resultado final es el estado nutricional del individuo (Behrman et al., 2004).

Los granos andinos como como Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), Kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) entre otros, son un recurso potencial para el país debido a sus características nutricionales excepcionales con el potencial de aliviar la

desnutrición. En general, los granos andinos han mostrado un alto nivel de resistencia a sequías, bajas temperaturas climáticas, alta salinidad, plagas y enfermedades (Jacobsen et al., 2003). En consecuencia, estos alimentos también pueden ser fuentes prometedoras de varios metabolitos secundarios (fitoquímicos) que las plantas sintetizan en condiciones climáticas y de crecimiento adversas. Los fitoquímicos, y en particular los compuestos fenólicos, son compuestos bioactivos característicos de frutas, verduras, granos y otros alimentos de origen vegetal. Estos metabolitos no solo están involucrados en los procesos de defensa y protección de las plantas (función primaria) (Bennet y Wallsgrove, 1994), sino que también se han relacionado con la reducción del riesgo de diversas ENT cuando se ingieren regularmente a través de la dieta (Llu, 2004; Dembinska-Kiec et al., 2008). Según varios estudios epidemiológicos, los compuestos fenólicos, un gran grupo de antioxidantes naturales, se han asociado con el efecto protector observado en vegetales y frutas contra el cáncer y las enfermedades cardiovasculares (Arts y Hollman, 2005; Scalbert et al., 2005a). La falta del aprovechamiento de granos nativos y la estandarización no permite que haya una adecuada producción de productos transformados; que permitan obtener productos de calidad, estandarizados y de características óptimas.

La germinación es un proceso biológico natural en el que las semillas dejan su etapa de latencia, ya que se ofrecen las condiciones necesarias para el crecimiento y el desarrollo, como la humedad, la temperatura y los nutrientes, entre otros factores (Sangronis y Machado, 2007; Buenos Pueblos, Barcelos y Lima, 2002). Durante la germinación, pueden ocurrir ciertos cambios que pueden variar según el tipo de planta, la variedad de semillas y las condiciones de germinación (Sangronis y Machado, 2007). Este fenómeno, además de proporcionar una textura crujiente y un sabor diferenciado, también aumenta su valor nutricional debido a la mejora de la digestibilidad de la proteína (Ribeiro, 2006). Además, la germinación reduce los factores antinutricionales presentes en los granos. Hay una mayor

biodisponibilidad de minerales y vitaminas (Crede et al., 2004; Vilas Boas, Barcelos y Lima, 2002; Bau, Villaume y Mejean, 2000; Trugo et al., 2000). Por lo tanto, la germinación del grano parece ser un proceso importante de mejora nutricional, cuya acción y disponibilidad de compuestos fenólicos deben investigarse mejor (Felix; Canniatti-Brazaca, 2008; Monteiro et al., 2004).

## **1.2 Antecedentes de la investigación**

Una investigación de Paucar-Menacho et al. (2018) evaluó el impacto de las condiciones de germinación en el contenido fitoquímico y la actividad antioxidante de la quinua. El uso de la metodología de conveniencia demostró que las condiciones óptimas para maximizar el contenido del contenido total fenólico (TPC) y la actividad antioxidante en quinua brotada fueron de 20 ° C durante 42 h. Los brotes producidos en estas condiciones exhibieron aumentos del 80% y 30% en la actividad TPC y antioxidante, respectivamente, en comparación con las semillas no germinadas, y contenían una alta concentración de ácido c-aminobutírico (GABA). La falta de ajuste no significativa y los altos coeficientes de determinación obtenidos confirmaron la idoneidad de los modelos predictivos desarrollados para TPC y actividad antioxidante, mientras que el obtenido para GABA no fue significativo ( $R^2 < 0.75$ ) dentro de las condiciones estudiadas. La brotación en condiciones óptimas mejoró el contenido de compuestos flavonoides y no flavonoides, siendo el aumento de flavonoides más pronunciado. Kaempferol-O-dirhamnosyl-galactopyranose y quercetin-O-glucuronide fueron los compuestos que experimentaron el aumento más notable en la quinua después de la germinación. En conclusión, este estudio proporcionó información útil sobre las condiciones óptimas de germinación para mejorar los niveles de compuestos promotores de la salud en la quinua.

En el caso de la cañihua, Luna (2015) realizó un estudio donde evaluó la influencia del germinado y cocción húmeda en compuestos bioactivos de dos accesiones de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Para el germinado

empleó tiempos correspondientes a 72 y 96 horas, posteriormente realizó un proceso de cocción húmeda con temperaturas de 65 y 85°C, a presión atmosférica. Los análisis que llevó a cabo determinaron que el grano de cañihua germinada tuvo un mayor incremento a 72 horas para la presencia de compuestos fenólicos con un valor de 95.29 mg. ácido gálico/100 g de materia seca. Por otro lado, la capacidad antioxidante se incrementó con un tiempo de 96 horas con un de valor de 181.84  $\mu\text{mol}$ . Trolox eq/g de materia seca, mostrando mejores resultados la accesión PIK 030133 y la composición proximal son variables, resaltando que el contenido proteico aumentó durante el proceso de germinación a medida que el tiempo se incrementaba.

Aliaga, Mamani y Mamani (2017), por su parte, llevaron a cabo una investigación con el objetivo de analizar y desarrollar un método idóneo para conseguir un adecuado grano germinado de cañahua en un ambiente controlado en la Estación Experimental Choquenaira, la cual pertenecía a la Facultad de Agronomía – UMSA. Los granos que se utilizaron para el proceso de germinado fueron variedades de cañahua Ecotipo naranja y Purapurani, obtenidos a través de una selección masal y cuyos niveles de rendimiento estuvieron en promedio entre 1.560 y 1300 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Los resultados del germinado para longitud de la radícula y cotiledón en Ecotipo naranja fueron de 36,16 mm y 30,20 mm en Purapurani controlado a la temperatura de la germinación de 30°C. Mientras, el peso de germinado fueron 3,22 mg para Ecotipo naranja y 3,00 mg en Purapurani en la misma condición de temperatura”. Asimismo, en el análisis químico del grano en promedio contenido de proteína en el grano de cañahua del Ecotipo naranja fue 15,44% y Purapurani es 19,24%. Mientras, el contenido de proteína en los germinados presenta el 6,28% en Ecotipo naranja y 6,25% en Purapurani. Los minerales analizados en el grano de cañahua fueron significativos hierro 13,21 mg/100g y el contenido en fósforo fue 300,19 mg/100g para Ecotipo naranja y para variedad Purapurani el hierro fue de 13,72 mg/100g y en fósforo fue 452,37 mg/100g. Mientras, estos valores para los germinados incrementan en una proporción de 27%, para el hierro a 16,80 mg/100g y el contenido en fósforo a

374,31 mg/100g para Ecotipo naranja y para variedad Purapurani el hierro a 13,80 mg/100g y en Fósforo disminuye a 340,61 mg/100g. La temperatura se encontró asociada a las condiciones del proceso de germinado en los granos de cañahua, influyendo en la tasa de absorción de agua, la velocidad de las reacciones enzimáticas y el transporte de las sustancias de reserva. Al tomar en cuenta los resultados obtenidos, los autores concluyeron que, para el desarrollo del germinado en un corto tiempo los factores importantes eran la temperatura y humedad. Además de ello, determinaron que el producto final contenía una excelente fuente de proteína, hierro y fosforo.

Respecto al uso de granos andinos germinados en productos de panificación se puede mencionar el estudio realizado por Choquehuanca (2015), donde se logró estimar la demanda y el nivel de aceptabilidad de galletas suplementadas con 40% de harina de cañihua germinada variedad Cupi, recubiertas con chocolate. Dicha investigación se llevó a cabo en tres ciudades de la zona sur del Perú: Arequipa, Cusco y Juliaca. El resultado que se obtuvo, en relación a la demanda de galleta, se ubicó en el siguiente orden: Cusco, Juliaca y Arequipa. Dicha posición indicó que los pobladores de las ciudades que tenían ingresos económicos menores a S/. 420.00 eran los principales demandantes, aunque su nivel de ingresos era menor con respecto a los otros grupos. El estudio estimó un precio de venta por cada paquete de galleta correspondiente a S/. 0.50, el cual mostró un favoritismo en los encuestados que alcanzó un 97%, con una frecuencia de compra semanal. También se valoró su carácter nutritivo respecto a otros productos similares y como último punto el autor determinó que la aceptabilidad era alta con un promedio de 4,21 a 4,45 de una escala hedónica de 5 puntos.

Yang, Guo y Zhao (2020) investigaron la posibilidad de utilizar harina de malta de trigo (WMF) para mejorar las propiedades fisicoquímicas de la masa de trigo y el rendimiento en la elaboración de galletas. Se investigó el efecto de la sustitución de la WMF en la reología, las propiedades amasado, retención de agua y la microestructura de la masa de trigo, así como la textura y la fisonomía de las galletas. Los resultados ilustraron que la incorporación de WMF

disminuyó significativamente ( $p < 0,05$ ) la absorción de agua, el tiempo de desarrollo, el tiempo de estabilidad y la resistencia a la extensión, mientras que aumentó el grado de ablandamiento, la extensibilidad y la resistencia de las pastas de harina de trigo (WF) al adelgazamiento por cizallamiento. El perfil de pegado típico de la WF desapareció cuando el nivel de sustitución de la WMF superó el 2,5%. La adición de WMF no tuvo una influencia significativa en el agua ligada e inmovilizada en 1 masa de trigo ( $p > 0,05$ ), mientras que el tiempo de relajación transversal del agua libre disminuyó gradualmente con el aumento del nivel de WMF. Los resultados de la microestructura mostraron que los gránulos de almidón estaban conectados y engranados en una matriz proteica débil para las muestras con adición de WMF. La Luminosidad ( $L^*$ ) y la dureza de las galletas disminuyeron con el aumento del nivel de WMF, mientras que el enrojecimiento ( $a^*$ ) y la proporción de extensión aumentaron. En general, el WMF puede utilizarse como mejorador de la cocción para la elaboración de galletas, seleccionando el nivel de sustitución adecuado para el WF convencional.

Shafi, Baba, Masoodi, y Bazaz (2016) estudiaron las propiedades físico-químicas y de consistencia de las mezclas de harina de castaña y trigo, así mismo el efecto de la cocción en su la capacidad antioxidante durante la producción de galletas. Se compararon la composición proximal, el contenido mineral, las propiedades funcionales y antioxidantes de la harina de castaña de agua (WCF) con la harina de trigo refinada. WCF mostró mayor contenido de fenólicos (4.25gGAE / 1000 g), flavonoides (1.92 g QE / 1000 g) y minerales (K, Mg, Zn, Cu) que la harina de trigo. WCF mostró una mayor tendencia a la retrogradación, pero un pico de viscosidad más bajo que la harina de trigo. Se evaluaron las mezclas de harina de trigo y castaña de agua y las galletas para determinar su actividad acuosa y sus propiedades físicas y texturales. La actividad de agua de las galletas disminuyó significativamente (0,415-0,311) con un aumento en el nivel de WCF en la harina de trigo. También se determinó el contenido fenólico total, el contenido de flavonoides y la actividad antioxidante (DPPH y FRAP) de las mezclas de harina de trigo WCF, así como

sus galletas. El horneado dio lugar a un mayor aumento en la capacidad antioxidante DPPH de las galletas WCF (33,8%) que las galletas WF (25%). El horneado tuvo un efecto similar en el valor de FRAP. Las galletas de harina de trigo mostraron una disminución del 51% y el 62%, mientras que las galletas WCF mostraron una disminución del 36% y el 34% en los valores de TPC y TFC, respectivamente. Por tanto, las galletas WCF mostraron una mejor retención de las actividades antioxidantes, lo que sugiere una mayor estabilidad de los fenólicos de WC que los fenólicos de trigo. El análisis sensorial mostró que las galletas hechas con castañas de agua (100%) tenían una buena aceptabilidad debido a su sabor característico. Por lo tanto, la harina de castaña de agua sirve tanto como harina sin gluten como rica en antioxidantes para la producción de galletas.

Cornejo, Caceres, Martínez-Villaluenga, Rosell, y Frias (2015), determinaron el efecto de las condiciones de germinación sobre los beneficios nutricionales del pan de harina de arroz integral germinado (GBR). Se determinó la composición proximal, el ácido fólico, la digestibilidad proteica in vitro y la hidrólisis enzimática del almidón, la glucosa y el contenido de almidón, así como los compuestos bioactivos más relevantes (GABA, c-orizanol y compuestos fenólicos totales) y la actividad antioxidante de los panes preparados con GBR en diferentes condiciones de germinación. Al comparar diferentes tiempos de germinación (0 h, 12 h, 24 h y 48 h), obtuvieron que la germinación durante 48 h proporciona al pan de GBR una calidad nutricional superior en base a su mayor contenido en proteínas, lípidos y compuestos bioactivos (GABA y polifenoles), mayor capacidad antioxidante y menor contenido en ácido fólico e índice glucémico, aunque se detectó una ligera disminución de la digestibilidad proteica in vitro. En general, la germinación parece ser una forma natural y sostenible de mejorar la calidad nutricional de los panes de arroz sin gluten

Abderrahim, et al (2012) en su investigación tuvieron como objetivo determinar el efecto de la germinación de cañahua (*Chenopodium pallidicaule*) sobre: 1) capacidad antioxidante, 2) contenido de compuestos fenólicos extraíbles y no

extraíbles, 3) productos de reacción de Maillard y 4) marcadores de estrés oxidativo. La germinación aumentó la capacidad antioxidante, los compuestos fenólicos y los productos de reacción de Maillard, incluidos los productos finales glicosados avanzados, mientras que disminuyó los marcadores de estrés oxidativo. Todos los parámetros exhibieron un patrón de curso temporal similar con un máximo a las 72 h. Además del aumento de los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante, la germinación de cañihua produjo productos finales glicosados avanzados. El impacto en la salud humana de estos compuestos en semillas germinadas merece atención en el futuro.

### **1.3 Formulación del problema de investigación**

¿Cuál es el efecto de desarrollar productos de panificación, a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinados, sobre el contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante en galletas y pan de molde?

### **1.4 Delimitación del estudio**

Como limitación del estudio, se puede mencionar la disponibilidad de recursos en los tiempos programados para los ensayos de laboratorio. Entre los recursos más críticos están el equipo de germinación, las semillas certificadas y otros recursos financieros relevantes.

### **1.5 Justificación e importancia de la investigación**

El consumo de productos saludables es necesario, los granos andinos germinados (cañihua y kiwicha) han tomado notoriedad en el mundo en los últimos años y cada vez son más consumidos e incluidos en la dieta debido al importante aporte de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante reportado en investigaciones a nivel internacional, sin embargo la industrialización aún está retrasada y no se han generado productos, el proceso de germinación se presenta como una estrategia económica y efectiva

de biofortificación de los granos andinos, es como poner una fábrica de compuestos bioactivos, muy importantes para la salud. La germinación posibilita la producción de nutrientes y compuestos bioactivos, como las vitaminas C, B, E, clorofila, enzimas y fibra resultado de una serie de transformaciones bioquímicas. La cantidad de sustancias antioxidantes aumenta significativamente en el producto ya transformado en brote. El Perú cuenta con gran cantidad de materias primas para la elaboración de harinas posibles de emplear en la elaboración de productos de panificación, siendo una de estas materias primas los granos andinos (kiwicha y cañihua), que bajo un tratamiento tecnológico de germinación incrementan significativamente su contenido de antioxidante y de compuestos bioactivos, obteniendo un insumo (harina de granos germinados) para la elaboración de productos de panificación con características de alimentos nutraceuticos al alcance de todas las personas. En ciertos germinados, como la soja y kiwicha, se llegan a duplicar los valores de las vitaminas del complejo B (vitamina B1, piridoxina, biotina), tan necesarias para el buen funcionamiento de nuestro organismo. Por si fuera poco, unido a estas cualidades nutricionales, en los brotes la transformación del almidón en azúcares más simples y de las cadenas de proteínas en aminoácidos, mejoran el sabor y palatabilidad, además de facilitar la digestión. Para que el consumo de productos ricos en antioxidantes y compuestos bioactivos esté al alcance de todas, una estrategia sería diseñar productos de consumo masivo como productos de panificación (panes, galletas) que contengan estos compuestos beneficiosos para la salud. Es por ello que la presente investigación pretende diseñar y desarrollar productos de panificación con capacidad antioxidantes y compuestos bioactivos a partir de granos andinos germinados.

## **1.6 Objetivos de la investigación**

### **1.6.1 Objetivo general**

- Desarrollar productos de panificación con capacidad antioxidante y compuestos bioactivos a partir de harina de granos andinos germinados.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

- Elaborar las harinas de granos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*).
- Determinar la composición proximal, compuestos bioactivos y actividad antioxidante de las harinas de granos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*).
- Evaluar el efecto de la incorporación de harinas de granos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en las características reológicas de sus masas.
- Optimizar la sustitución de harina de trigo por harina de granos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) para la elaboración de pan de molde y galleta con alto contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. Granos Andinos. Quinua y Cañihua.**

En el Perú, y predominantemente en comunidades rurales de los Andes, la alimentación se basa en el consumo de vegetales, predominando los tubérculos (papa, oca y mashua), los cuales contienen abundante presencia de hidratos de carbono, pero son carentes de algunos aminoácidos esenciales. Por otro lado, el consumo de granos tales como la quinua, cañihua y kiwicha (ricos en contenido de lisina y metionina) logran compensar las carencias presentadas por los tubérculos (Ayala et al., 2004). Por su parte, Repo y Encina (2008) mencionan que la quinua (*Chenopodium quinoa*), perteneciente a la familia *Chenopodiaceae*, es una planta anual cuyo tamaño oscila entre 1 y 3,5 metros y posee una antigüedad que supera los 5000 años. Esta planta ha sido utilizada por los incas desde mucho antes que los españoles lleguen al territorio nacional: en el Perú actual, en Bolivia, Ecuador, Chile, Argentina y Colombia. La quinua en aquellas épocas era considerada un alimento sagrado, siendo empleada, además, para fines medicinales. De la misma manera, indican que la kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) tiene como origen la región de los Andes del sur de Perú y de Bolivia, pudiéndose encontrar en las regiones semiáridas más altas; muestra resistencia a climas rigurosos con presencia de heladas, sequías y bajas temperaturas. Posiblemente, sea el cultivo de grano que tenga mayor resistencia a las bajas temperaturas (-3 °C), sin causar estragos en su producción.

El contenido proteico de la kañiwa varía entre el 15% y 19% y, al igual que la quinua y kiwicha, tiene un contenido relevante de aminoácidos azufrados; además posee un balance de aminoácidos de primera línea, siendo esencialmente rica en lisina, isoleucina y triptófano. Esta calidad proteica, en combinación con un contenido de carbohidratos del orden del 60% y aceites vegetales del orden del 8%, la hacen altamente un alimento altamente nutritivo.

Tanto la quinua como la kañiwa, son relativamente ricos de lípidos. El aceite que poseen estos cereales tiene un alto contenido en ácidos grasos insaturados, así como también de tocoferoles.

#### **A. Quinua.**

La quinua (*Chenopodium quinoa*) es un pseudocereal que pertenece a la familia Chenopodiaceae. La región andina, que comprende los países Chile, Argentina, Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, es el centro de origen de muchas variedades de quinua, que durante miles de años fue el principal alimento de las culturas antiguas de la región (FAO, 2011). Su grano tiene proteína de calidad, que satisface las necesidades de aminoácidos básicos, balance proteico de alimentos y piensos. Además, también satisface la creciente demanda de alimentos equilibrados y funcionales, relacionados con la búsqueda de alternativas dietéticas, como la ausencia de gluten (Spehar, Rocha Y Santos, 2011). La quinua ha recibido mucha atención recientemente debido a su potencial agrícola y nutricional, tanto que 2013 fue considerado el Año Internacional de la Quinua por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), con el objetivo de hacer que este grano sea aún más popular. La FAO considera a la quinua como un posible promotor de la seguridad alimentaria y la erradicación de la pobreza, así como una herramienta para combatir la desnutrición y estimular la biodiversidad.

La quinua se origina en las cercanías del lago Titicaca y su cultivo se expandió posteriormente a todos los países andinos (FAO, 2013 a). El cultivo de la quinua muestra una capacidad extraordinaria para adaptarse a condiciones ecológicas extremas: puede crecer desde el nivel del mar hasta casi 4.000 m, soporta temperaturas de -4 ° C a casi 40 ° C y humedad relativa de 40% a 88 % La quinua es extremadamente tolerante a la sal, capaz de crecer en salinidad por encima del agua de mar, pero notablemente resistente a las heladas y al estrés hídrico. Es una planta muy eficiente en términos de agua, que produce rendimientos aceptables, con lluvias de 100 a 200 mm (Boscaiu y Vicente, 2013). Debido a la adaptabilidad y la alta calidad nutricional, hay muchos estudios sobre

el sistema de producción de este grano y su adaptación a diferentes condiciones ambientales. Según la FAO (2013 b), los mayores productores de quinua son Bolivia (45% de la producción mundial en 2011) y Perú (48% de la producción mundial en 2011), pero este grano ya se cultiva en países como Francia, Inglaterra, Suecia, Dinamarca, Holanda, Italia, Estados Unidos, Canadá, Kenia e India con buenos rendimientos.

Según Mujica y Jacobsen (2006), la quinua es un alimento ideal para la nutrición humana debido a que su proteína es de excelente calidad, con un equilibrio de aminoácidos esenciales y porque tiene los ácidos grasos esenciales omega 3, 6 y 9, vitaminas y minerales como calcio y hierro. Las principales reservas de carbohidratos en los granos de quinua se encuentran en el perispermo, mientras que las de proteínas, minerales y lípidos se encuentran en el endospermo y el embrión. Ando et al. (2002) cuantificaron la composición de las fracciones de quinua y encontraron el 57% de las proteínas totales y el 49% de los lípidos totales en el embrión.

Según Koziol (1992), quien estudió las características nutricionales de las diferentes variedades de quinua cultivadas en tres áreas geográficas de Chile, los granos de quinua tienen un promedio de 15% de proteína, 6.3% de lípidos, 3.49% de cenizas, 63% de carbohidratos y 1.79% de fibra. La quinua de la variedad BRS Piabiru estudiada por Borges et al. (2003), presentaron un contenido de proteína más alto que los valores promedio de proteína que normalmente se encuentran en la quinua y también un contenido de lípidos más bajo.

De acuerdo con Repo-Carrasco-Valencia et al. (2010), la composición nutricional de la quinua varía principalmente según las diferencias ambientales y la variabilidad genética. Miranda et al. (2012) estudiaron las características físico-químicas y nutricionales de seis variedades de quinua cultivadas en Chile y encontraron resultados diferentes para todos los genotipos evaluados. Torrez, Guzmán y Carvajal (2002) evaluaron la variación nutricional de 10 variedades de quinua producidas en Bolivia y encontraron diferencias entre las variedades analizadas. Por lo tanto, es necesario caracterizar las diferentes variedades de

quinua para determinar sus principales diferencias de modo que se utilice un procesamiento adecuado del grano.

Comercialmente, este grano se puede encontrar en formas integrales o pulidas, como harinas, copos, bocadillos o bebidas expandidas. Se puede comer cocinado, de manera similar al arroz o en combinación con otros ingredientes en diferentes preparaciones alimenticias, en sopas, salsas, cereales para el desayuno, entre otros (Borges et al., 2010). Existen muchos estudios en la literatura sobre el uso de granos de quinua en formulaciones preparadas para celíacos o para aumentar el valor nutricional de productos como la pasta (Borges et al., 2003), galletas (Pagamunici et al., 2013), panes (Calderelli et al., 2010; Elgeti, 2014), barras de cereal (Degaspari et al., 2010) y pastel (Silva et al., 2010). También se han desarrollado nuevos productos con un atractivo funcional como la bebida fermentada (Bicudo et al., 2012), copos pregelatinizados (Degáspari y Silva, 2010), extruidos (Taverna, Leonel y Mischan, 2012), entre otros.

## **B. Cañihua.**

Para las personas que viven en el altiplano peruano, desde la época prehispánica, los granos altoandinos fueron muy importantes para su sustento, debido a la contribución calórica que proporcionan y también debido al alto contenido de proteínas de buena calidad (Repo-Carrasco, Espinoza, Jacobsen, 2003). La producción de granos altoandinos casi desapareció durante la conquista española debido a su sustitución por cultivos de granos extranjeros (Valencia-Chamorro, 2004). Entre los granos de grano alto, se destaca el cañihua (*Chenopodium pallidicaule*), originario de Perú y Bolivia, que fue domesticado por la cultura Tiahuanaco en la meseta del Collao, ubicada a más de 3,600 m sobre el nivel del mar. En 1929, Paul Aellen identificó y clasificó este grano, conocido popularmente como cañihua (en quechua) o cañahua (en aymara) (Apaza-Mamani, 2010).

La Cañihua es una planta herbácea, con una altura entre 50 y 60 cm, con un período vegetativo entre 140 y 150 días, con diferentes colores (amarillo-verde,

púrpura-rojo), dependiendo de la variedad y el período de crecimiento. La diversificación y variabilidad genética de la caña se encuentra en las tierras altas peruanas, específicamente en las prefecturas de Melgar, Puno, San Antonio de Putina, Lampa y Huancané, departamento de Puno - Perú; (Apaza-Mamani, 2010). Mantener la dieta tradicional de las personas en la región andina es parte de su identidad, por lo que las alternativas que permiten el uso de cañihua y el uso del valor nutricional son importantes para la supervivencia de esta cultura (Tacora et al., 2010). El período de cosecha a menudo se lleva a cabo en varias etapas y el pequeño tamaño de los granos de cannabis dificulta su procesamiento debido a la inexistencia de procesos y equipos. Por este motivo, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) lleva a cabo programas sociales: recuperación agrícola de especies nativas en extinción o subutilizadas, entre las que destaca la cañihua. En estos programas, se alienta la realización de estudios e investigaciones para el uso completo de estas materias primas, que pueden utilizarse en el desarrollo socioeconómico y para complementar la dieta de la población (Brack, 2000).

El grano de Cañihua tiene una forma cilíndrica o cónica con un diámetro entre 1.0 - 1.2 mm, es una buena fuente de proteínas, lípidos y, especialmente, de fibra dietética que se compara con los cereales como el trigo y el arroz, y no tiene saponinas, compuestos glucosídicos de esteroides o terpenos. Los componentes principales son los carbohidratos (57 - 65%), cuyo contenido depende de la variedad, y entre estos compuestos se encuentran los azúcares, como la sacarosa (2.6%), la glucosa (1.8%) y la maltosa (1,7%) y almidón, que necesita investigación sobre sus propiedades (Repo-Carrasco; Espinoza; Jacobsen, 2003). Con respecto al contenido de proteínas, el cañihua ha sido reconocido por su valor nutricional y contiene todos los aminoácidos esenciales en su composición (Gross et al., 1989), y su calidad es comparable a las proteínas de la leche. La fracción proteica total de este cereal es una mezcla compleja de albúmina, globulinas (41%), prolaminas (28%) y gluteninas insolubles (31%) (Repocarrasco; Espinoza; Jacobsen, 2003).

Aunque el contenido de lípidos es relativamente bajo, la calidad de los ácidos grasos es alta, con un alto contenido de ácidos grasos insaturados. Otra característica importante de la cañihua es el contenido de flavonoides presentes en sus diversas variedades, con valores promedio de 90 mg/100 g, que son superiores al contenido promedio de 58mg/100 g encontrado para la quinua INIA-415 Pasankalla (Repo-Carrasco et al., 2010).

La harina es el polvo obtenido de la molienda de los cereales, siendo una mezcla de los compuestos nutricionales disponibles en el grano, lo que facilita el almacenamiento y la comercialización. La principal forma de consumo de cañihua es asado y molido, recibiendo así el nombre de "cañihuaco", un tipo de harina integral. El proceso de tostar los granos extiende la vida útil del producto, que puede usarse en sopas, bebidas y postres (Apaza-Mamani, 2010). Las características de las harinas de fuentes alternativas como el amaranto (Tapia-Blácido; Sobral; Menegalli, 2010), arroz (YU et al., 2012), plátanos (Pelissari et al., 2013a) y quinua (Ruales; Valencia; Nair, 1993) fueron estudió. Las harinas también se pueden usar en el desarrollo de películas y coberturas comestibles y, en comparación con el almidón, como materia prima, tienen las ventajas de mayores rendimientos (g/100 g de granos) y menores costos de producción y también proporcionan películas con menos rigidez (mayor valores de elongación / propiedades mecánicas) que los del almidón, y algunos ejemplos observados por (PELISSARI et al., 2013b) en el desarrollo de películas de harina de plátano, por Colla, Sobral, Menegalli (2006) para amaranto, para Dias et al., (2010) para arroz y por Salas-Valero, Tapia-Blácido, Menegalli (2015), entre otros.

### **2.1.2. Compuestos bioactivos de granos andinos**

Los compuestos bioactivos se definen como componentes de los alimentos que una vez ingeridos ejercen una influencia en actividades celulares o funciones fisiológicas del organismo humano o animal. Los principales compuestos bioactivos de los granos de pseudocereales han sido revisados recientemente e incluyen a los compuestos fenólicos, las betalaínas, los fitosteroles, saponinas, fitatos, fitoecdisteroides, ácidos grasos, tocoferoles, tocotrienoles y

carotenoides (Tang & Tsao, 2017). En este capítulo nos centraremos en los compuestos fenólicos y el ácido gamma-aminobutírico por su abundancia en los granos de pseudocereales y gran avance en el conocimiento de sus efectos en salud.

## **A. Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos están formados por al menos un grupo fenol y un anillo aromático y contienen uno o más grupos hidroxilos. Generalmente se clasifican en función del número y de la disposición de los átomos de carbono en flavonoideos (flavonoles, flavonas, flavan-3-oles, antocianidinas, flavanonas, e isoflavonas, entre otros) y no flavonoideos (ácidos fenólicos, ácidos hidroxicinámicos y estilbenos, entre otros). Los compuestos fenólicos se pueden encontrar libres como agliconas o conjugados con azúcares y ácidos orgánicos (Crozier et al., 2006; Cartea et al., 2011) o unidos a polisacáridos de la pared celular y proteínas por enlaces éster o éter (Acosta-Estrada, Gutiérrez-Uribe, & Serna-Saldívar, 2014).

El contenido y el perfil fenólico de los granos de quinua, cañihua y kiwicha es variable dependiendo del genotipo y condiciones ambientales durante el cultivo (Abderrahim et al., 2015; Tang *et al.*, 2015). Entre los pseudocereales andinos, la quinua destaca por su mayor contenido de compuestos fenólicos (Valencia, Ccapa, Catacora, & Quispe, 2017; Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010). La mayoría de los polifenoles de la quinua están en forma libre oscilando desde 167,15 a 308,3 mg de equivalentes de ácido gálico/100 g (Han et al., 2019). La contribución de la fracción libre al contenido fenólico total del grano de quinua varía de un 53.5% a un 78% (Han et al., 2019), siendo el ácido gálico y ferúlico los compuestos más abundantes (Han et al., 2019). Los flavonoides es el segundo grupo de compuestos fenólicos más representativo de la quinua (Rochetti et al., 2019; Han et al., 2019). Los principales flavonoides presentes en las semillas de quinua son derivados de rutina, quercetina y kaempferol presentes principalmente en la fracción libre. Los compuestos fenólicos unidos

en la quinua están presentes en concentraciones más bajas, siendo el ácido ferúlico el más abundante de esta fracción (Gómez-Caravaca et al., 2011; Tang et al., 2015; Han et al., 2019; Rochetti et al., 2019). Por otro lado, las variedades pigmentadas de quinua son fuente de antocianinas siendo los glucósidos de cianidina las estructuras químicas más abundantes (Rochetti et al., 2019).

Entre los pseudocereales andinos, la kiwicha presenta el contenido fenólico total más bajo (21,2-57,0 mg de equivalentes de ácido gálico/100 g) (Alvarez-Jubete et al., 2010a; Rochetti et al., 2019; Rochetti et al., 2017). La fracción fenólica de los granos del género *Amaranthus* está compuesta principalmente por ácidos fenólicos como el ácido ferúlico seguido de flavonoides y otros polifenoles como sesamina, tirosol y cardol (Rochetti et al., 2017 y 2019). Los glucósidos de quercetina son los flavonoides más abundantes en las variedades no pigmentadas de amaranto (Paucar-Menacho et al., 2018; Rochetti et al., 2017) a diferencia de las variedades pigmentadas en las que los glucósidos de cianidina son los flavonoides más abundantes (Rochetti et al., 2019).

Los compuestos fenólicos de los granos de pseudocereales andinos pueden ejercer un efecto antioxidante bien de forma directa, mediante la donación de átomos de hidrógeno por parte de estos compuestos a los radicales libres (radicales superóxido y peróxido), evitando así la oxidación de lípidos y de otras moléculas en el organismo quelando iones metálicos (Repo-Carrasco Valencia et al., 2017, Abderrahim y col, 2015; Tang y col, 2015), o bien indirecta aumentando la expresión y actividad de enzimas implicadas en la detoxificación celular como la superóxido dismutasa, la catalasa, la glutatión peroxidasa, la glutatión S-transferasa y la NADPH quinona oxidoreductasa 1 (Drzikova-Kostova et al., 2007).

Además, los compuestos fenólicos juegan un papel importante en la prevención de enfermedades cardiovasculares debido a sus propiedades anti-aterogénicas (Lin et al., 2019) y antiinflamatorias (Noratto et al., 2015), habiéndose descrito otras actividades beneficiosas para la salud de estos compuestos, como son propiedades anticancerígenas, antienvjecimiento y antitrombóticas (Lin et al.,

2019). Por otra parte, se ha descrito que los compuestos fenólicos de los pseudocereales andinos poseen propiedades anti-inflamatorias y antiaterogénicas, ya que inhiben la liberación de moléculas proinflamatorias por parte de los macrófagos y la adhesión de los monocitos a las células endoteliales de la aorta (Noratto et al., 2015). Así mismo, mejoran la producción de óxido nítrico en el endotelio vascular, compuesto que causa la dilatación de los vasos sanguíneos, contribuyendo de este modo a la disminución de la presión arterial (Agrawal et al., 2014).

Estudios epidemiológicos y de intervención dietética muestran que el consumo de alimentos ricos en compuestos fenólicos es inversamente proporcional a la prevalencia de diabetes (Tan et al., 2017). Los estudios experimentales han demostrado que los flavonoides pueden reducir la glucosa sanguínea postprandial al inhibir la digestión de carbohidratos. Los compuestos fenólicos pueden tener un papel clave en la inhibición de enzimas digestivas, como es el caso de la  $\alpha$ -amilasa y la  $\alpha$ -glucosidasa a través de uniones no específicas (Tan et al., 2017). Las enzimas  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucosidasa participan en la digestión del almidón, que constituye una de las principales fuentes de glucosa en sangre. La hidrólisis de éste por la  $\alpha$ -amilasa produce maltosa, sacarosa y otros oligosacáridos que posteriormente son hidrolizados a glucosa por la  $\alpha$ -glucosidasa (Nyambe-Silavwe et al., 2015). Por tanto, los compuestos fenólicos pueden contribuir a controlar la respuesta glucémica mediante la inhibición de estas enzimas asociadas a la digestión de carbohidratos (Zhang et al., 2015). Este control es clave para el tratamiento de la diabetes ya que generalmente se manifiesta con una elevación persistente en los niveles de glucosa que resulta en alteraciones del metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas (Xu et al., 2018). En este sentido, la utilización de granos de pseudocereales de variedades pigmentadas representa una oportunidad en el desarrollo de ingredientes funcionales con potenciales efectos para la salud ya que se ha demostrado que las antocianinas reducen el índice de hidrólisis de almidón *in vitro* debido a su capacidad para inhibir las enzimas de digestión de carbohidratos, reduciendo así el riesgo de diabetes tipo 2 y la obesidad (Han et al., 2019).

Adicionalmente, los compuestos fenólicos pueden ejercer un papel regulador de los niveles de glucosa en sangre por otros mecanismos que incluyen la inhibición del transporte de glucosa en el intestino delgado, aumentando la eliminación de glucosa en los tejidos y protegiendo y regenerando las células dañadas y/o potenciando la secreción de insulina pancreática (Alkhalidy et al., 2018).

## B. Acido gamma-aminobutírico

Los granos de pseudocereales andinos presentan, además, pequeñas concentraciones de ácido  $\gamma$ -aminobutírico (GABA), aminoácido libre no proteico de cuatro átomos de carbono, que se sintetiza a través de la  $\alpha$ -descarboxilación irreversible del ácido glutámico por la enzima glutamato descarboxilasa (GAD) (**Figura 1**). El contenido de GABA en los granos andinos quinoa y kiwicha es de 22.41 y 2.6 mg/100 g (Paucar-Menacho et al., 2018 y 2017). En las plantas, el GABA está involucrado en el crecimiento y defensa contra insectos fitófagos. A este compuesto se le atribuyen efectos beneficiosos para la salud humana por sus propiedades antihipertensivas (Yoshimura, 2010), así como por su efecto positivo en la mejora de los procesos cognitivos (Wu et al., 2012; Diana et al., 2014) y en la inhibición de la proliferación de células cancerígenas (Oh y Oh., 2004).

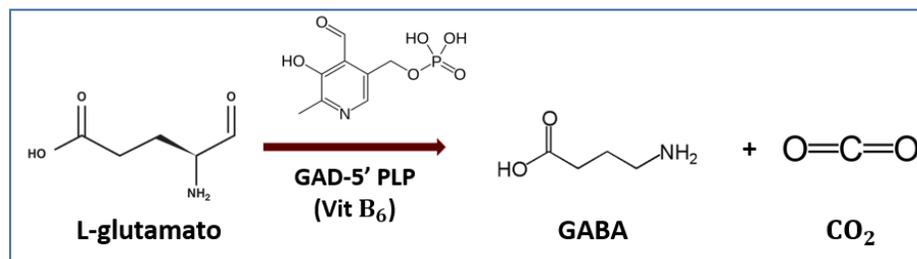


Figura 1: Síntesis de GABA por la enzima glutamato descarboxilasa (GAD) (Xu et al., 2010).

### 2.1.2. Proceso de germinación de Granos

La germinación es simple y de bajo costo, y mejora la palatabilidad, la digestibilidad y la disponibilidad de ciertos nutrientes (López-Martínez, Leyva-

López, Gutiérrez-Grijalva, & Heredia, 2017). La germinación del grano, produce cambios en la composición, se ha optimizado las condiciones para granos de Quinoa y Kiwicha. Se aumenta el contenido de proteínas, fibra dietética total, compuestos fenólicos libres y unidos, así como la actividad de búsqueda de radicales libres (Pasko et al., 2009; Perales-Sánchez et al., 2014). Otros estudios han demostrado que cereales germinados y granos pseudocereales como la quinoa tienen aumento de los niveles de ácido g-aminobutírico (Morita, Park, & Maeda, 2013; Zhang et al., 2014; (Bravo et al., 2013)), que ejercer efectos fisiológicos beneficiosos in vivo, como la regulación de la presión arterial y la frecuencia cardíaca, etc.

Ahora bien, un método para aprovechar el valor nutricional existente en los granos andinos es la germinación. La germinación es simple y de bajo costo, y mejora la palatabilidad, la digestibilidad y la disponibilidad de ciertos nutrientes (López-Martínez, Leyva-López, Gutiérrez-Grijalva, & Heredia, 2017). La germinación del grano, produce cambios en la composición, se ha optimizado las condiciones para granos de Quinoa y Kiwicha. Se aumenta el contenido de proteínas, fibra dietética total, compuestos fenólicos libres y unidos, así como la actividad de búsqueda de radicales libres (Pasko et al., 2009; Perales-Sánchez et al., 2014). Otros estudios han demostrado que cereales germinados y granos pseudocereales como la quinoa tienen aumento de los niveles de ácido g-aminobutírico (Morita, Park, & Maeda, 2013; Zhang et al., 2014; (Bravo et al., 2013)), que ejercer efectos fisiológicos beneficiosos in vivo, como la regulación de la presión arterial y la frecuencia cardíaca, etc.

La Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC) define granos germinados como "granos malteados o germinados que contienen todo el salvado original, germen y endospermo considerándose granos enteros siempre que el crecimiento del brote no exceda la longitud del grano, y los nutrientes no hayan disminuido". La germinación es un proceso simple y de bajo coste que presenta muchas ventajas, sobre todo la mejora nutricional del grano y de cualquier producto que pueda formularse con granos germinados ya que

aumenta la palatabilidad, la digestibilidad y la disponibilidad de ciertos nutrientes haciéndolos atractivos al consumidor (López-Martínez et al., 2017).

Para que una semilla pueda germinar, hay ciertas condiciones que tienen que ser favorables como la cantidad adecuada de agua, la temperatura, la composición de gases en la atmósfera, luz y ausencia de inhibidores de la germinación. De todas estas condiciones, la cantidad de agua a usar para la imbibición de la semilla y la temperatura de germinación son los factores más cruciales en el proceso de germinación.

De forma general se puede afirmar que el proceso de germinación tiene tres etapas muy bien definidas:

**Primera etapa:** La semilla de granos andinos es sanitizada con hipoclorito de sodio al 0,01%, durante aproximadamente 30 minutos y después de realizar varios lavados con agua se inicia la etapa de remojo con una relación semilla:agua (1:5, p/v) para que las semillas puedan embeber agua, alcanzando un porcentaje de humedad de hasta el 30% de su peso. Fisiológicamente, esta fase se caracteriza por un acentuado aumento en la intensidad respiratoria (hay producción de energía que va a ser utilizada en reacciones bioquímicas), principalmente a partir del 14-16% de humedad. Bioquímicamente, se caracteriza por el inicio de la degradación de las sustancias de reserva (carbohidratos, proteínas y lípidos) que deberán nutrir el crecimiento del eje embrionario.

**Segunda etapa:** Se inicia cuando la humedad sobrepasa una humedad de 30%, en esta etapa ocurre un transporte activo de las sustancias desdobladas en la fase anterior, del tejido de reserva hacia el meristemático. En esta fase, sin embargo, el eje embrionario todavía no consigue crecer, pero ya no se absorbe más agua. Esta etapa es de 8 a 10 veces más larga que la primera, y la intensidad respiratoria de la semilla se hace muy lenta.

**Tercera etapa:** Cuando la semilla alcanza aproximadamente el 40% de humedad, rápidamente esta vuelve a absorber agua y respira intensamente. Desde este punto en adelante tiene inicio el crecimiento visible del eje

embrionario más conocido como brote. A nivel bioquímico, lo que la caracteriza es que las sustancias desdobladas en la primera etapa y transportadas en la segunda etapa, son organizadas en sustancias complejas, para formar el citoplasma, el protoplasma y las paredes celulares, lo que permite el crecimiento del eje embrionario formándose el brote.

Es importante entender que el inicio de una nueva etapa no inhibe la ocurrencia de la etapa anterior, de tal manera que, cuando la tercera etapa se inicia, la semilla en germinación presenta simultáneamente las tres fases. Dentro de las principales enzimas que se van a formar y activar durante el proceso de germinación tenemos: amilasas, hemicelulasas, xilanasas y proteasas (Román, 2000).

La germinación, produce cambios en la composición nutricional de pseudocereales aumentando el contenido de proteínas, fibra dietética total, compuestos fenólicos libres o ligados, así como la actividad antioxidante de la kiwicha (Pasko et al., 2009; Perales-Sánchez et al., 2014). La mejora en las propiedades nutricionales de la harina de kiwicha germinada son atribuidas a los cambios bioquímicos que tienen lugar durante la germinación. Las enzimas hidrolíticas, como la  $\alpha$ -amilasa y proteasas se activan y descomponen el almidón en azúcares y las proteínas en aminoácidos, respectivamente (Ghumman et al., 2016; Xu et al., 2017). A modo de ejemplo, se observó que la germinación de *Amarantus quitensis* y *A. caudatus* disminuye el contenido de almidón total y el índice glucémico a la vez que aumenta la cantidad de fibra dietética de la harina resultante (Cornejo et al., 2019).

Otros estudios han demostrado que la germinación aumenta los niveles de GABA en los granos de quinoa, lo que supone un beneficio en las propiedades saludables del grano ya que este compuesto ejerce efectos fisiológicos beneficiosos *in vivo*, como la regulación de la presión arterial y la frecuencia cardíaca (Diana et al., 2014). El aumento en el contenido de GABA durante la germinación ha sido atribuida a la activación de la enzima glutamato decarboxilasa (Cáceres, et al., 2014).

Los compuestos fenólicos de los granos de pseudocereales aumentan durante la germinación debido a la activación de las enzimas implicadas en su biosíntesis (Paucar-Menacho et al., 2017; Cáceres, et al., 2014). Los granos de cañihua germinados a una temperatura de 20 °C y tiempos de hasta 72 h experimentaron un aumento de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante (Abderrahim et al., 2012). Por otro lado, la germinación aumenta la bioaccesibilidad de los compuestos fenólicos, hecho que se atribuye a la activación y aumento de la actividad de la enzima feruloil esterasa implicada en la hidrólisis de enlaces éster que unen los compuestos fenólicos a los componentes de la fibra (Cáceres, et al., 2014). Alvarez-Jubete y colaboradores (2010) examinaron el efecto de la germinación en la composición de polifenoles y las propiedades antioxidantes de los extractos metanólicos de amaranto, quinua, trigo sarraceno y trigo. Los resultados de este trabajo indicaron que la germinación aumentó el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de todos los granos aunque los valores disminuyeron después de la elaboración de pan sin gluten. Aun así el pan elaborado con estos granos germinados presentaba una mayor actividad antioxidante y fibra dietética total en comparación con los productos tradicionales (Chauhan et al., 2015).

La germinación propicia además la mejora de las propiedades fisicoquímicas de la harina resultante (Chauhan et al., 2015; Siwatch et al., 2017). Investigaciones realizadas por Chauhan y colaboradores (2015) han demostrado que la germinación afecta significativamente los perfiles de pegajosidad de la harina de amaranto. En concreto, se observó una disminución de la viscosidad y temperatura de pegado. Además, se observó la germinación aumenta la cristalinidad del almidón del amaranto (Siwatch et al., 2017).

Los beneficios que aporta la germinación a la calidad nutricional de los granos de pseudocereales dependen de las condiciones de germinación, condiciones que han sido investigadas para la kiwicha por Paucar-Menacho y colaboradores (2017) quienes establecieron que la temperatura y el tiempo óptimos de germinación son 26 °C y 63 horas. En estas condiciones óptimas de germinación los valores de GABA, compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante

aumentaron 29.1, 4.0 y 6.4 veces. Por otro lado, Chen y colaboradores (2017) observaron que la germinación de kiwicha en condiciones óptimas aumentaba de forma notable el ácido ferúlico. Paucar-Menacho y colaboradores (2018), demostraron que las condiciones óptimas para maximizar el contenido del total de polifenoles y la actividad antioxidante en quinua germinada fueron 20 °C durante 42 horas. Abderrahim, *et al.*, (2012), demostró que las condiciones óptimas para maximizar el contenido del total de polifenoles (TPC) y la actividad antioxidante en cañihua germinada fueron 20 °C durante 72 horas. Estos estudios demuestran que el proceso de germinación de semillas andinas ofrece nuevas oportunidades para mejorar naturalmente la calidad nutricional y funcional de estos pseudocereales pues promueve la salud de sus consumidores.

La germinación, produce cambios en la composición y se ha optimizado las condiciones de germinación para granos de kiwicha, lográndose aumentar el contenido de proteínas, fibra dietética total, compuestos fenólicos libres o ligados, así como la actividad antioxidante (Pasko *et al.*, 2009; Perales-Sánchez *et al.*, 2014). Otros estudios han demostrado que cereales germinados y granos pseudocereales como la quinua tienen aumento de los niveles de ácido g-aminobutírico, que ejercer efectos fisiológicos beneficiosos in vivo, como la regulación de la presión arterial y la frecuencia cardíaca, etc. El efecto de los cereales integrales en la salud humana provocó una tendencia a mejorar los productos de cereales, o inventar nuevos, para que se conviertan en un alimento integral. De todos modos, eso parece ser el caso de que los alimentos integrales "naturales" son más beneficiosos que los producidos a partir de harina de cereales refinados y fortificados con sustancias artificiales (Makowski *et al.*, 2015); estos beneficios dependen de las condiciones de germinación, condiciones que han sido investigadas para la kiwicha por (Paucar-Menacho, *et al.*, 2017) quienes establecen que temperatura y el tiempo óptimos de germinación es de 26 °C y 63 horas, condiciones que aumentan los valores de GABA, PC y la actividad antioxidante aumentaron 29.1, 4.0 y 6.4 veces, respectivamente; así como el incremento del ácido ferúlico (Chen *et al.*, 2017)

Estos beneficios se ven reflejados en las propiedades nutricionales y tecnofuncionales de sus harinas obtenidas a partir de granos germinados (Jimenez, Lobo, & Sammán, 2019). La cañihua germinada a una temperatura de 20 °C y tiempos de germinación de hasta 72 h. experimentaron un aumento de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante (Abderrahim *et al.*, 2012).

### **2.1.3. Productos de Panificación**

Elaborar productos de panificación a partir de granos germinados significa mejorar la calidad nutricional, obtener productos con alta actividad biológica, mayor valor nutricional y estabilidad de granos (Singh y Sharma, 2017), tales granos y su harina son adecuados para la preparación de alimentos especiales y productos de valor agregado (Malleshi y Klopfenstein, 2000), se generan diversos compuestos bioactivos promotores de la salud en el grano y pueden usarse para reemplazar más fuentes de proteína de trigo (Afify *et al.*, 2012b, Singh y Sharma, 2017). La germinación ofrece nuevas oportunidades para la calidad nutricional y promover la salud a través de productos mejorados por las propiedades de estos granos como lo reporto Paucar-Menacho en el 2017. Se ha reportado sobre el excelente valor nutricional y valor biológico de muchos granos andinos como la quinua y la kiwicha (Repo-Carrasco-Valencia, Hellström, Pihlava, & Mattila, 2010), compensando la falta de consumo de proteínas de origen animal (Berganza *et al.*, 2003; Repo-Carrasco *et al.*, 2003) y minerales, como calcio y hierro (Bressani, 1994).

Elaborar productos de panificación a partir de granos germinados significa mejorar la calidad nutricional, obtener productos con alta actividad biológica, mayor valor nutricional y estabilidad de granos (Singh y Sharma, 2017), tales granos y su harina son adecuados para la preparación de alimentos especiales y productos de valor agregado (Malleshi y Klopfenstein, 2000), se generan diversos compuestos bioactivos promotores de la salud en el grano y pueden usarse para reemplazar más fuentes de proteína de trigo (Afify *et al.*, 2012b, Singh y Sharma, 2017). La germinación ofrece nuevas oportunidades para la

calidad nutricional y promover la salud a través de productos mejorados por las propiedades de estos granos como lo reporto Paucar-Menacho en el 2017.

#### **2.1.4. Aplicación de granos de andino en el desarrollo de productos de panificación.**

Los hábitos alimenticios y la vida de la población de los diversos segmentos de la sociedad conducen a la búsqueda de alimentos más saludables que promuevan la salud y, en consecuencia, la calidad de vida. El desarrollo y uso de alimentos que puedan cumplir estos preceptos dependen del valor nutricional, funcional y los cambios que ocurren durante las diferentes etapas desde la producción hasta el consumo. Debido a esta tendencia la industria a nivel mundial debe responder incrementando su oferta de productos, cadenas de supermercados y distribuidores están a la búsqueda de nuevos proveedores internacionales y es aquí cuando aparece la oportunidad para los granos andinos.

La creciente demanda de alimentos saludables está estimulando la innovación y el desarrollo de nuevos productos en la industria alimentaria. La kiwicha (*Amaranthus cruentus* L.), quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) son pseudocereales que tienen proteínas de alto valor biológico y ácidos grasos insaturados además de otros compuestos antioxidantes. (Yamani, 2015).

En la literatura es posible encontrar varios estudios sobre la sustitución parcial o total del trigo en productos de panadería (Martinez, Ribotta, Añón & León, 2014; Lemos, Capriles, Pinto e Silva, Arêas, 2012; Ramos, Piemolini-Barreto, Sandri, 2012), ya sea para mejorar la calidad nutricional o para atender a una población específica con enfermedades nutricionales, como la enfermedad celíaca, y una población que busca cada vez más productos con atracciones más saludables, como la presencia de fibras y compuestos bioactivos, por ejemplo varios estudios han reportado que los granos andinos como cañihua, quinua y amaranto tienen un gran interés como alternativas nutritivas libre de gluten para

la sustitución de cereales convencionales. (Moreno, Comino, & Sousa, 2014; Rai, Kaur & Chopra, 2018)

La adición de harina de quinua en el pan permite mejorar sus valores nutricionales debido a su contenido de ácidos grasos insaturados (ácidos linoleico y linolénico), vitaminas (ácido fólico y tocoferoles), minerales (hierro, cobre, manganeso y potasio), fibra dietética y polifenoles, incluidos flavonoides (Świeca, Sęczyk, Gawlik-Dziki & Dziki, 2014) y haría disminuir su valor de índice de glucosa ya que este grano es un alimento con bajo nivel de glucosa (Atkinson, Foster-Powell y Brand-Miller, 2008), lo que está en línea con la tendencia del desarrollo de la industria del pan. Sin embargo, la adición de harina de quinua puede causar un bajo rendimiento de cocción del pan, como el volumen específico del pan, la porosidad de la miga y la textura. Xu, Luo, Yang, Xiao & Lu (2019) obtuvieron como resultado que la adición de harina de quinua afectó significativamente el rendimiento de la cocción del pan (volumen específico, estructura y textura de la miga), pero aumento su capacidad antioxidante y disminuyo su digestibilidad, lo que podría atribuirse a la función de los polifenoles y las fibras en la harina. Lindenmeier y Hofmann (2004) determinaron la influencia de las condiciones de cocción en la actividad antioxidante del pan y se encontró que la actividad antioxidante es mayor en la corteza en comparación con la miga y la harina no tratada. Encontraron un aumento de 3 a 5 veces en la actividad antioxidante con el aumento de la temperatura y el tiempo de cocción y lo atribuyeron a la formación del compuesto antioxidante pronil-L-lisina. Sharma y Gujral (2014) también observaron el aumento de la actividad antioxidante debido a la cocción.

La kiwicha, ha logrado capturar un interés como ingrediente funcional debido a sus propiedades nutricionales y tecnológicas de alta calidad, especialmente en los procesos de panificación, y porque es muy versátil para el procesamiento y la industrialización (Sanz-Penella, Wronkowska, Soral-Smietana y Haros, 2013), pero actualmente se están desarrollando investigaciones como la de Tamsen, Shekarchizadeh, & Soltanizadeh, (2018), que sustituyeron la harina de trigo para elaborar nuggets de pollo, en cual las formulaciones que tuvieron harina de

kiwicha presentaron ácido tiobarbitúrico (TBA) más bajo en comparación con la muestra de control, al parecer los compuestos fenólicos más altos de harina de amaranto redujeron la tasa de oxidación de los lípidos del nuggets.

Como se sabe los compuestos fenólicos que reaccionan con los radicales hidroperóxidos lipídicos produciendo hidroperóxidos lipídicos y radicales antioxidantes más estables, de baja energía, que son significativamente menos reactivos. Por lo tanto, los compuestos fenólicos pueden prolongar el período de inicio y retrasar el período de propagación (Budilarto y Kamal-Eldin, 2015)

Las galletas son un producto de bajo volumen específico y generalmente requieren trigos blandos que tienen un contenido de proteína más bajo en comparación con el pan donde el contenido de gluten es más importante y tiene una gran influencia en su volumen. Sustituir la harina de trigo con harina de granos andinos definitivamente disminuirá las proteínas del gluten, pero dado que el alto contenido de gluten no es un requisito para las galletas, la harina de granos andinos podría ser una materia prima potencial para la fabricación de galletas con un valor bioactivo mejorado. Los estudios referidos al comportamiento de las harinas de granos andinos al hacer galletas y los efectos de hornear sobre las propiedades antioxidantes. Jan, Panesar, & Singh, (2018) estudiaron el efecto de los parámetros del proceso para la formulación de galletas sin gluten a partir de harina de quinua, determinaron la capacidad antioxidante se incrementó conforme se aumentó el azúcar, temperatura y tiempo de cocción, esto se puede deber a la formación de melanoidinas durante el proceso.

La pasta es un alimento ampliamente consumido debido a su bajo costo, fácil preparación y larga vida útil. Las pastas de alta calidad se fabrican con sémola de trigo duro debido a su muy buena calidad de cocción y alta aceptación del consumidor, (Kim, Lee, Heo y Moon, 2016) las cuales pueden ser sustituidos con granos andinos. Con el fin de aumentar la calidad nutricional de la pasta hecha de harina de trigo, muchos estudios han investigado la adición de ingredientes como harina de hoja de amaranto, wakame y semillas de *Cajanus cajan*

germinadas, entre otros (Borneo y Aguirre, 2008; Prabhasankar et al., 2009; Torres, Frias, Granito & Vidal-Valverde, 2007). Durante la cocción al hervir, la pasta seca sufre varios cambios en las características físicas y químicas (Mamone, Nitride, Picariello, Addeo, Ferranti, & Mackie, 2015; Sicignano, Di Monaco, Masi, & Cavella, 2015). La ebullición de la pasta seca puede aumentar la palatabilidad y la digestibilidad de los nutrientes, pero también se reconoce que afecta las actividades antioxidantes, debido a las pérdidas sustanciales de componentes antioxidantes (Khan, Yousif, Johnson y Gamlath, 2013). En los últimos años, varios investigadores han evaluado el contenido fenólico total en formulaciones cocidas en comparación con las formulaciones crudas para pasta a base de trigo preparada usando diferentes formulaciones (Hirawan, Ser, Arntfield, & Beta, 2010; Khan et al., 2013, Pasqualone et al., 2015; Sun-Waterhouse et al., 2013); Rocchetti, Lucini, Chiodelli, Giuberti, Montesano, Masoero & Trevisan (2017) sugieren que se pueden encontrar diferencias importantes de un sustituto a otro, probablemente debido a la matriz de los alimentos en lugar de a la forma libre o unida covalentemente de estos compuestos.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL**

Antioxidantes: “Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas”. (Abderrahim et al., 2012)

Cañihua (*Chenopodium pallidicaule*): “Grano andino que contiene varios nutrientes como la proteína que varía entre 13,01 y 20,26 por ciento, tiene una proporción importante de aminoácidos azufrados, con la ventaja de no poseer saponinas (anti nutrientes que son necesarios eliminar antes del consumo, lo cual facilita su utilización en la dieta alimenticia. Esta calidad proteica en combinación con un contenido de carbohidratos del orden del 63,4% y aceites vegetales del orden del 7,6%, la hacen altamente nutritiva. También concentra grandes proporciones de calcio, magnesio, sodio, fósforo, hierro, zinc, vitamina E, complejo vitamínico B”. (Choquehuanca, 2015)

Compuestos bioactivos: “Tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales). Los compuestos bioactivos cumplen funciones en el cuerpo que pueden promover la buena salud. Están en estudio para la prevención del cáncer, las enfermedades del corazón y otras enfermedades. Los ejemplos de compuestos bioactivos incluyen el licopeno, el resveratrol, los lignanos, los taninos y las índoles”. (Repo y Encina, 2008)

Compuestos fenólicos: “Son compuestos orgánicos en cuyas estructuras moleculares contienen al menos un grupo fenol, un anillo aromático unido a lo menos a un grupo hidroxilo”. (Luna, 2015)

Germinación: “El germinado es un proceso agroindustrial por el cual el grano pone sus elementos nutritivos mucho más asimilables para el organismo humano, debido a que las enzimas activadas transforman los almidones del grano en azúcares; se llama germinación al proceso por el que se reanuda el crecimiento embrionario después de la fase de descanso”. (Aliaga, Mamani y Mamani, 2017)

Harina: “Polvo obtenido de la molienda de un cereal o grano”. (Choquehuanca, 2015)

Palatabilidad: “Es la recompensa hedónica proporcionada por alimentos o líquidos que son agradables para el "paladar", que a menudo varía en relación con la satisfacción homeostática de las necesidades nutricionales, de agua o de energía”. (López-Martínez, 2017)

Proteínas: “Son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos”. (Ayala et al., 2004)

Quinoa: “Es un pseudocereal indígena de la región andina, ha sido señalado la FAO como alimento saludable con un excelente valor nutricional (FAO y CIRAD, 2015). La semilla de quinoa tiene un contenido de carbohidratos comparable al de la cebada y el arroz (62.3 – 74.0%) y una notable proteína de alta calidad concentración (16,5 – 23,9%), atribuida a su equilibrio de composición de aminoácidos, similar a la leche y cerca del equilibrio ideal recomendado por la FAO”. (Paucar-Menacho et al., 2018)

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METOLOGICO**

#### **3.1. HIPÓTESIS CENTRAL DE LA INVESTIGACIÓN**

El desarrollo de productos de panificación, a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinados, permite producir galletas y pan de molde con alto contenido de compuestos bioactivos y actividad antioxidante.

#### **3.2. VARIABLES E INDICADORES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.2.1. Variables – Definición Conceptual**

###### **Variables independientes**

Harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) germinada: polvo obtenido a través de la molienda de granos germinados de quinua.

Harina de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) germinada: polvo obtenido a través de la molienda de granos germinados de cañihua.

Harina de trigo: polvo obtenido a través de la molienda de granos de trigo

###### **Variables dependientes**

Compuestos bioactivos: Tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos (como frutas, verduras, nueces, aceites y granos integrales). Los compuestos bioactivos cumplen funciones en el cuerpo que pueden promover la buena salud. Están en estudio para la prevención del cáncer, las enfermedades del corazón y otras enfermedades.

Actividad antioxidante: Los antioxidantes son compuestos los cuales pueden inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas inhibiendo la iniciación y/o propagación de las reacciones en cadena de los radicales libres.

### **3.2.2. Variables – Definición Operacional**

#### **Variables independientes**

Las harinas obtenidas servirán para sustituir a la harina de trigo en porcentajes de hasta 20% para pan de molde y 40% para galletas, teniendo en cuenta que se debe de mezclar al menos dos harinas de granos andinos germinado en cada uno de los productos con la finalidad de mejorar el perfil de aminoácidos. Se aplicará la metodología de superficie de respuesta para optimizar las formulaciones que permita maximizar las variables dependientes.

#### **Variables dependientes**

Para definir la variable dependiente (VD) se tendrá en cuenta los objetivos específicos propuestos en la investigación, para las diferentes formulaciones. Para el Objetivo 03, VD: Parámetros Farinográficos: Absorción de Agua (AA), tiempo de desarrollo de la masa en minutos (DT), estabilidad de la masa en minutos (S) y consistencia de la masa en Unidades Farinograficas (C). Parámetros Extensograficos: Resistencia a la extensión de la masa en Unidades Brabender (RE) y la extensibilidad de la masa en milímetros (E). Parámetros Amilográfico: temperatura de gelatinización en °C (GT) y la máxima Gelatinización en Unidades Amilográficas en AU (GM) y Para el objetivo 04, referido a los productos terminados (pan de molde y galleta), las VD que permitan verificar la calidad nutricional de los productos de panificación elaborados: contenido de Polifenoles totales (TPC) en mg GAE/100g d.m., capacidad antioxidante en  $\mu$ moles TE/mg d.m. (ORAC) y ácido fítico (g/100g d.m.)

### **3.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

Según su finalidad fue aplicada, según el manejo de variables experimental y según su contexto fue de laboratorio.

### **3.4. DISEÑO O ESQUEMA DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de la investigación fue experimental, en ese sentido, se aplicó un diseño de superficie de respuesta Simplex con Centroide (DSC) con 14 tratamientos experimentales y por cada producto (Pan de molde y galleta) (Tabla 01 y 02). Entre muchas técnicas de diseño y análisis experimentales, el uso del diseño de mezcla ha aumentado constantemente a medida que se forman muchos materiales al mezclar varios componentes y las propiedades del producto fabricado dependen de las proporciones de los componentes en la formulación. El propósito general en un experimento de mezclas es hacer posible, a través de superficies de respuesta, estimar las propiedades de un sistema multicomponente a partir de un número limitado de observaciones. Estas observaciones se obtienen de combinaciones preseleccionadas de los componentes en un intento de determinar cuáles optimizan de alguna manera la respuesta.

Los niveles de los componentes de la mezcla de Harina para pan de molde fueron: Harina de trigo de 80-90%, Harina de Quinoa germinada de 5-15% y Harina de Cañihua germinada de 5-15%.

Los niveles de los componentes de la mezcla de Harina para galleta fueron: Harina de trigo de 60-80%, Harina de Quinoa germinada de 5-25% y Harina de Cañihua germinada de 5-25%.

**Tabla 01:**

Matriz de experimentos (Diseño simplex centroide para la elaboración de pan de molde)

<b>Componentes</b>			
<b>N°</b>	<b>A: Harina de kiwicha germinada (%)</b>	<b>B: Harina de Cañihua Germinada (%)</b>	<b>C: Harina de trigo (%)</b>
1	8	8	83
2	15	5	80
3	10	10	80
4	5	15	80
5	5	15	80
6	5	10	85
7	7	12	82
8	5	5	90
9	15	5	80
10	10	5	85
11	7	7	87
12	5	10	85
13	12	7	82
14	5	5	90

**Tabla 02:**

Matriz de experimentos (Diseño simplex centroide para la elaboración de galletas)

<b>Componentes</b>			
<b>Nº</b>	<b>A: Harina de kiwicha germinada (%)</b>	<b>B: Harina de Cañihua Germinada (%)</b>	<b>C: Harina de trigo (%)</b>
1	15	15	70
2	20	20	60
3	5	20	75
4	20	20	60
5	5	20	75
6	5	20	75
7	20	20	60
8	10	25	65
9	20	5	75
10	20	5	75
11	10	10	80
12	25	10	65
13	20	5	75
14	25	10	65

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población estuvo conformada por granos de quinua (*Chenopodium quinoa*) var. Pasancalla y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) variedad Illpa.

Las muestras fueron tomadas solo granos seleccionados y certificados de quinua (*Chenopodium quinoa*) var Pasankalla del Programa de Cereales y Granos Nativos de la Universidad Nacional la Molina y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) variedad ILLPA del INIA Puno.

### 3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- a. **Germinación de los granos andinos:** La germinación de los granos de quinua ( $T^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$  /  $\text{HR}\% = 90\%$  /  $\text{Tiempo} = 42 \text{ h}$ ) y cañihua ( $T^{\circ} = 20^{\circ}\text{C}$  /  $\text{HR}\% = 90\%$  /  $\text{Tiempo} = 30 \text{ h}$ ), se realizó usando los parámetros propuestos en publicaciones científicas (Paucar-Menacho et al. 2017; Paucar-Menacho et al. 2018 y Abderrahim et al, 2012).
  
- b. **Elaboración de harina de los granos andinos germinados:** Los granos germinados fueron secados a  $40^{\circ}\text{C}$ , hasta una humedad de 4-5%, luego fueron molidos y tamizados para obtener la harina con un tamaño de partícula de 150-200 $\mu\text{m}$  y se envasarán en envases de polietileno al vacío.
  
- c. **Caracterización de la composición proximal, compuestos bioactivos y actividad antioxidante de la harina de granos germinados:** Se realizó el análisis proximal de las harinas según los métodos de la AOAC, humedad (método 925.10), grasa (método 922.06), ceniza (método 923.03), proteína (método Kjeldahl 920.87), los análisis se realizarán en los laboratorios del IITA-UNS. Se determinó el contenido de ácido gamma-aminobutírico (GABA) por HPLC, compuesto fenólicos por Folin Ciocalteus y actividad antioxidante por ORAC-FL según esta descrito por Paucar-Menacho et al. 2017, los cuales se realizaron en el ICTAN-España.
  
- d. **Caracterización de los parámetros reológicos de las masas de panificación formuladas con granos andinos germinados:** Se empleó la metodología de American Association of Cereal Chemists (AACC) International. El análisis de farinografía, conforme a la metodología 5421.02, para determinar los parámetros porcentaje de Absorción de Agua (AA), tiempo de desarrollo de la masa en minutos (DT), estabilidad de la masa en minutos (S) y consistencia de la masa (C) en Unidades Farinograficas (FE), en el Farinograph E-Brabender (AACC, 2011). El análisis de extensografía, se realizó según el método 54-10.01 empleando un Extensograph E-Brabender

(AACC, 1999), para evaluar la Resistencia a la extensión de la masa (RE) en Unidades Brabender (BU) y la extensibilidad de la masa en milímetros (E), Para el Análisis Amilográfico se tuvo como parámetros la temperatura de gelatinización en °C (GT) y la máxima Gelatinización (GM) en Unidades Amilográficas (AU)

**e. Caracterización del producto terminado:** Se realizó un análisis de calidad nutricional de los productos de panificación elaborados: Contenido de Polifenoles totales, contenido de ácido gamma-aminobutírico y actividad antioxidante según esta descrito por Paucar-Menacho et al. 2017 y ácido fítico según esta descrito por Cornejo et al. 2017.

### **3.7. PROCEDIMIENTO DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.7.1. Procedimiento para elaboración de las harinas germinadas**

El procedimiento para obtener las harinas germinadas de quinua y cañihua se presentan en la figura 2 y 3, los cuales son detallados a continuación las diferentes etapas del proceso:

**a. Recepción y Selección:** Se trabajó con *Quinua var. Centenario* y *cañihua var. Illpa*, se eliminó las impurezas como tierra, pajillas, hojas, metal, piedras entre otros, así como materias extrañas en el grano. La selección para separar los granos dañados de los de buena calidad y otros granos ajenos a la quinua y cañihua.

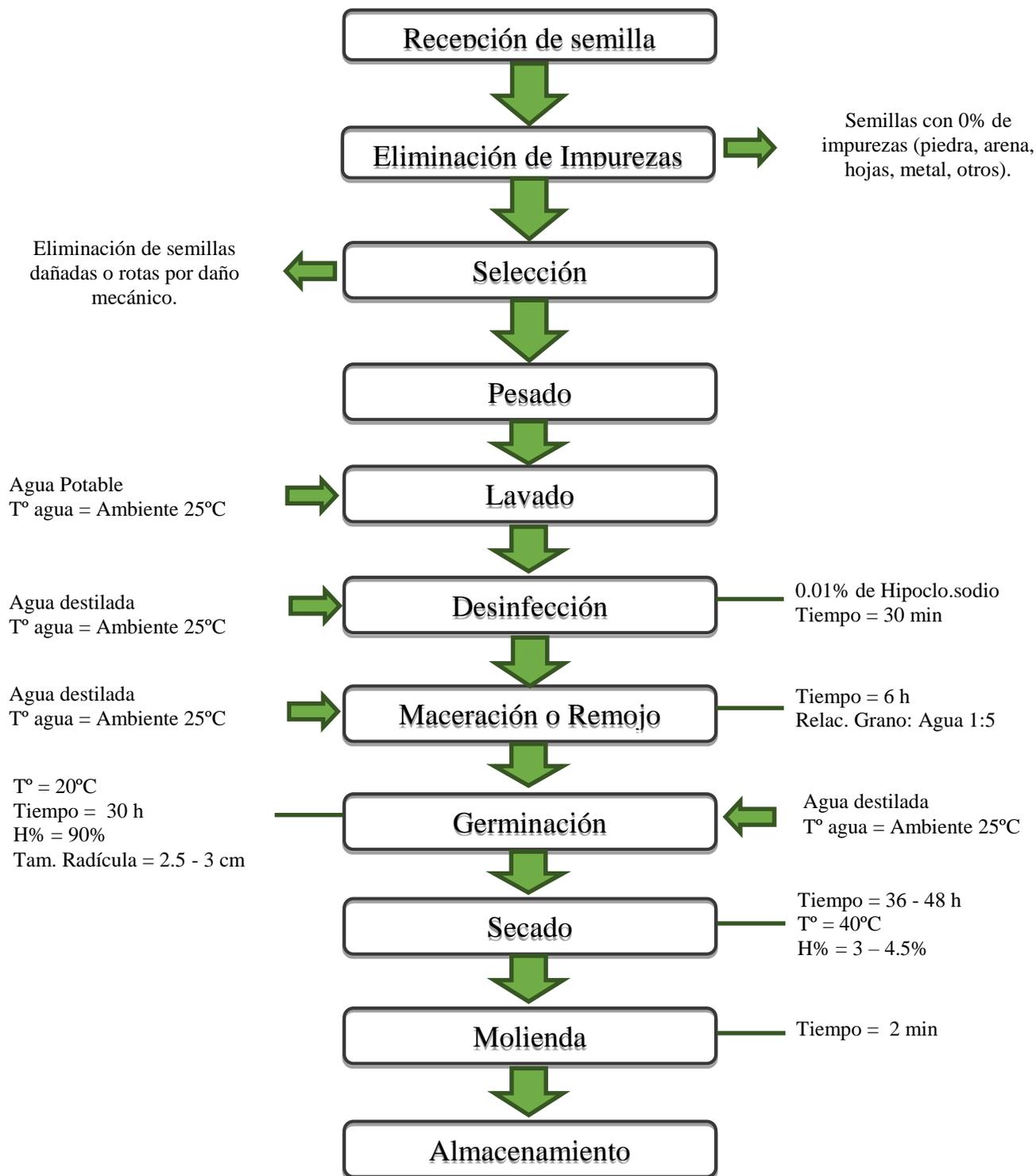
**b. Pesado:** Se trabajó con 300 g de cada variedad, se utilizó una balanza gramera modelo XB 320M de capacidad máxima de 4.200 k.

**c. Desinfección:** Se aplicó como agente desinfectante Hipoclorito de Sodio al 0.01% con un tiempo de inmersión de 30 min. Se empleó como contenedor un matraz Erlenmeyer de 1000 ml y papel aluminio para cubrir el cuello cilíndrico.

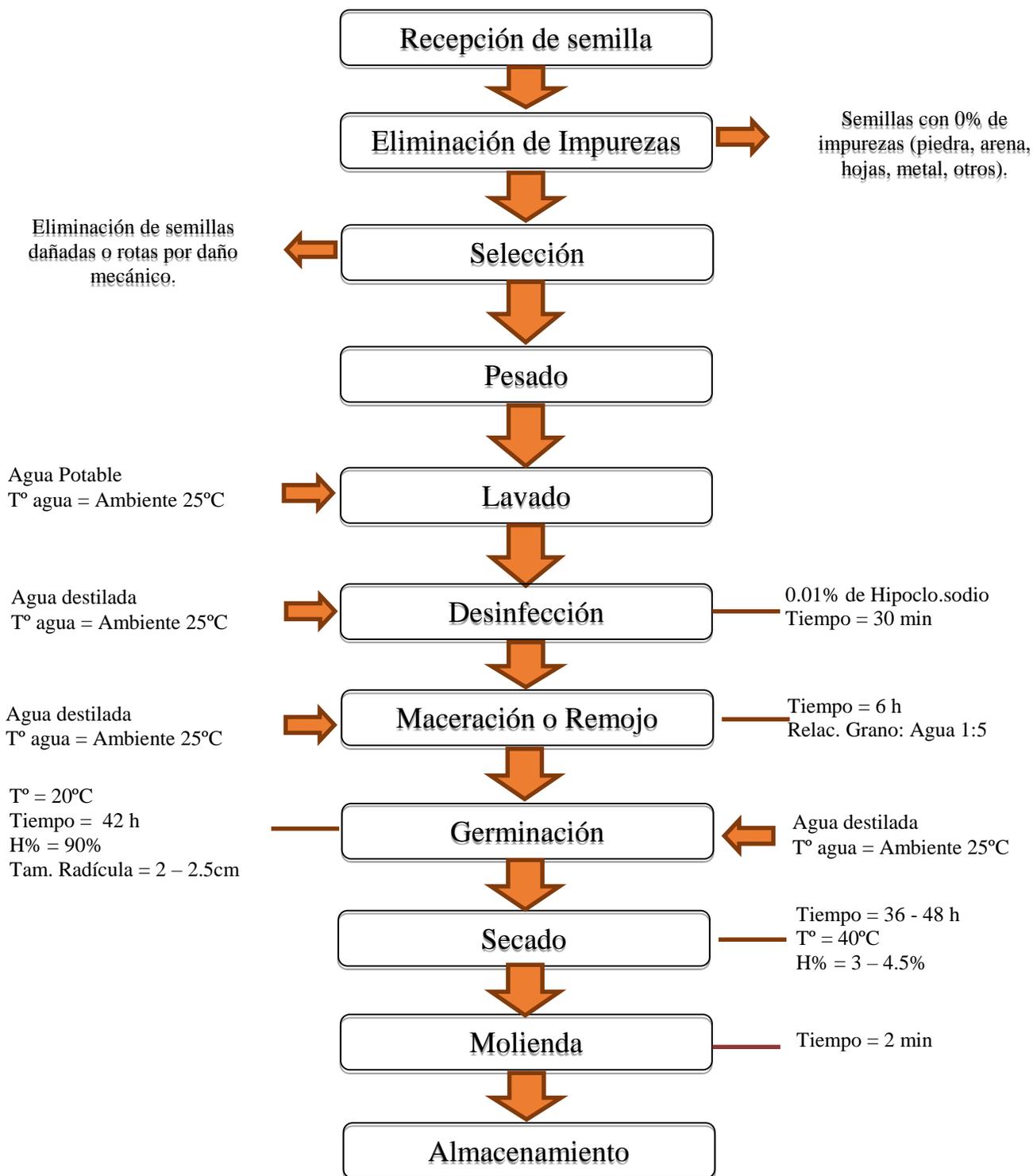
**d. Maceración o Remojo:** Se empleó agua destilada a temperatura ambiente (25°C), la relación de grano:agua (1:5 ) un tiempo de maceración de 6 a 8 horas, con aireación cada dos horas para ello se empleó un compresor de

aire, debe vitarse la formación de CO<sub>2</sub> y alcohol evitando la formación de hongos.

- e. Germinación:** La germinación se realizó en una Cámara Climática de Marca LABTECH y modelo 2250C, dentro del germinador se colocó bandejas de plástico, rejillas de acero inoxidable y papel filtro. Las condiciones de germinación para la cañihua fueron de una temperatura de 20°C con un tiempo de 30 horas y quinua a una temperatura de 20°C con un tiempo de 36 horas, se requirió de una humedad aproximadamente del 90%.
- f. Secado:** Se realizó en una Secadora de Bandejas a una temperatura de 40°C de 24 a 30 horas tiempo aproximado para conseguir una humedad entre el 3 – 5%.
- g. Molienda:** Se realizó en un Molino Universal hasta obtener de 150 a 200um, luego se envasó en bolsas de polietileno de alta densidad y garantizar el almacenamiento.



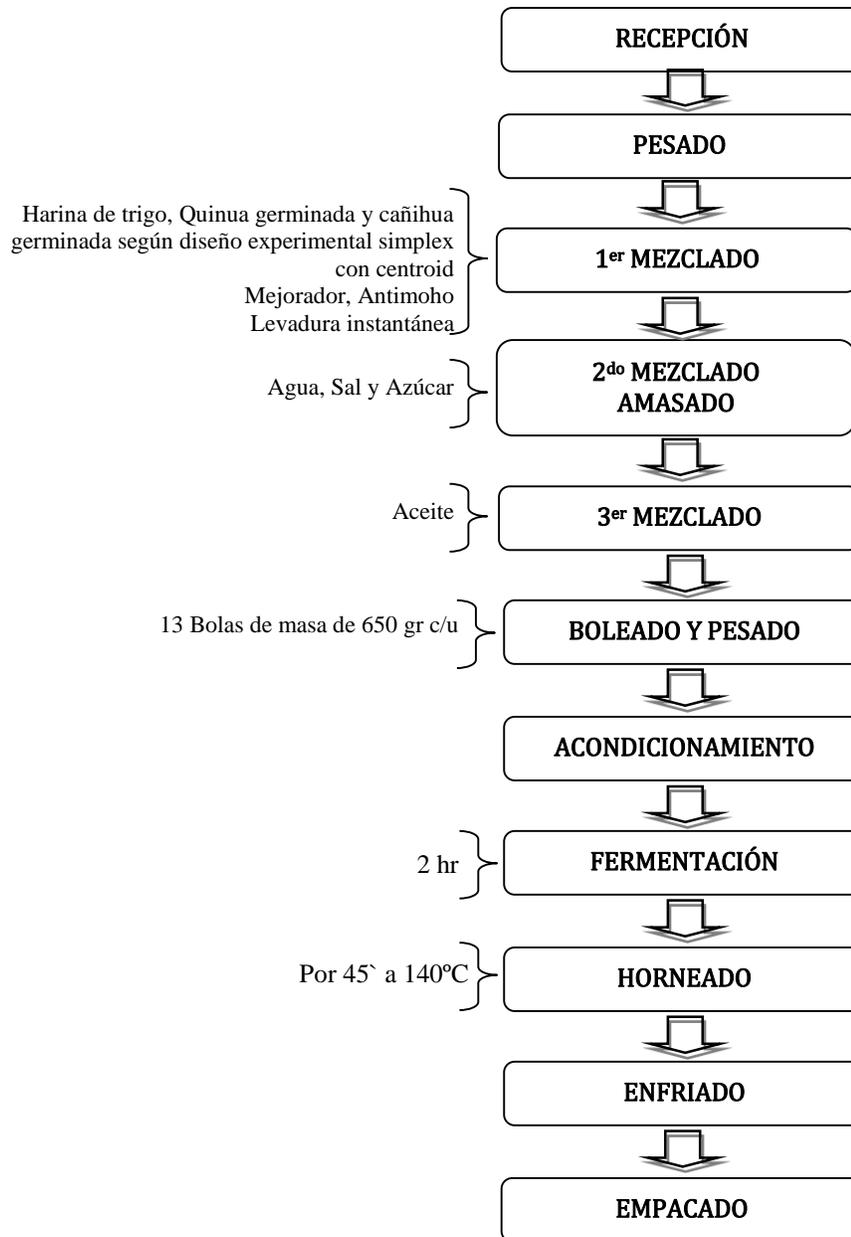
**Figura 02:** Diagrama de Flujo del proceso de Obtención de harina de Cañihua germinada.



**Figura 03:** Diagrama de Flujo del proceso de Obtención de harina de Quinoa germinada.

### 3.7.2. Procedimiento para elaboración de pan de molde.

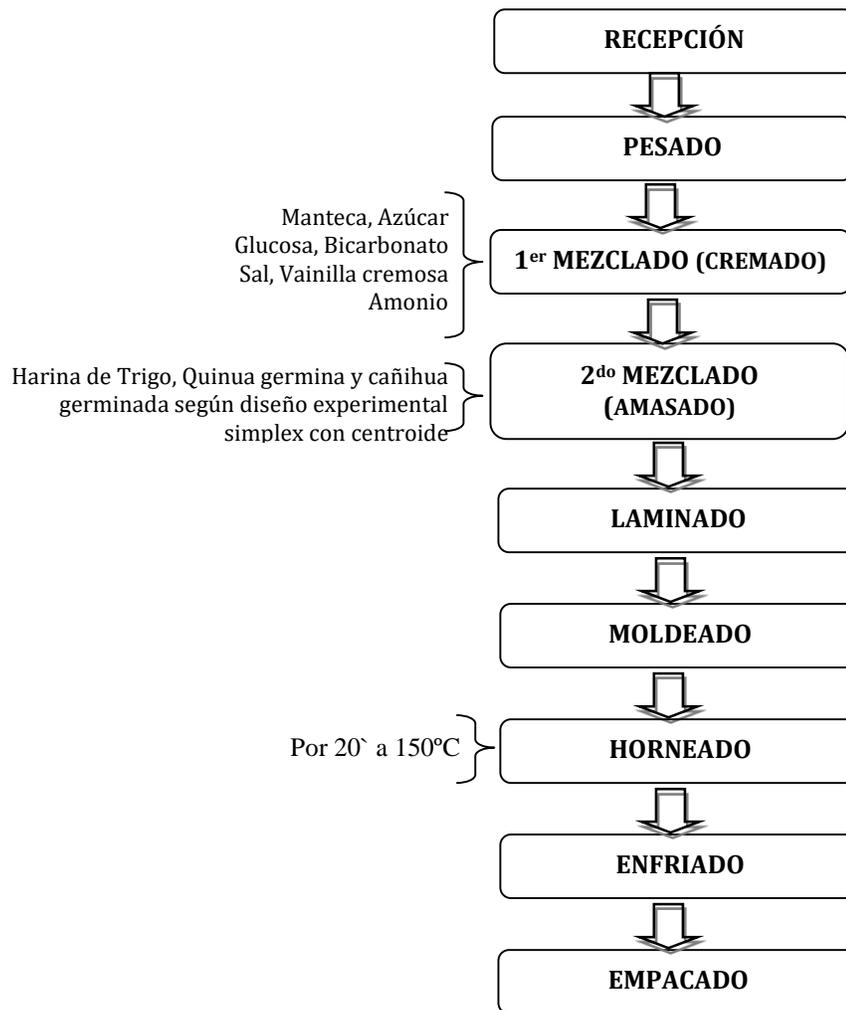
Para la elaboración de los panes de molde se seguirán las siguientes etapas: pesado, mezclado (2-3min), amasado (10min), reposo (25min), boleado, corte, formado (moldes de 650g), fermentación (1.5h) y horneado (140 °C por 45 min); luego se enfriará y se colocarán en bolsas de polietileno para su posterior análisis. En la figura 04 se presenta el diagrama de flujo respectivo.



**Figura 04.** Proceso para la elaboración de panes de molde con harina germinada de quinua y cañihua

### 3.7.3. Procedimiento para elaboración de galleta.

Para la elaboración de la galleta se realizó la formulación y cremado el cual consistió en mezclar los ingredientes (margarina, azúcar, huevos y leche) hasta obtener una consistencia cremosa luego se procederá mezclar los ingredientes solidos (Harinas) en los líquidos con la adición de agua y leche. Se amasa hasta combinar todos los ingredientes. Se procedió al laminado para su posterior moldeado. La cocción se realizó a 150°C por 20 minutos. En la figura 05 se presenta el diagrama de flujo respectivo.



**Figura 05.** Proceso para la elaboración de galletas con harina germinada de quinua y cañihua

### **3.8. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

El análisis estadístico de regresión múltiple para evaluar el efecto de las harinas en las VD se realizó con el programa Statistica 7.0 y se realizó un análisis de varianza ( $\alpha = 0.05$ ) de modelos de regresión lineal, cuadrático y cúbico, para escoger el modelo más significativo ( $p < 0.05$ ) y de mejor ajuste ( $R^2$ ) con el cual se construyeron las superficies de respuesta para determinar los rangos de harinas que optimizan las variables dependientes. Para la optimización se empleará el método de la función deseada, que consiste en estandarizar cada respuesta (VD) en una función  $d_n$  cuyo valor varía de 0 (fuera del rango deseado) a 1 (en el rango deseado). Para todas las funciones deseadas de las diferentes respuestas se define una función total  $D$  ( $0 < D < 1,0$ ) igual al promedio geométrico de las  $n$  funciones individuales deseadas. Un valor alto de  $D$  indica las mejores funciones del sistema, lo cual se considera como la solución óptima. Los valores óptimos se determinan a partir de los valores individuales de las funciones deseadas que maximizan  $D$ . Como criterio de optimización se busca maximizar las características sensoriales y nutricionales de los productos, especialmente los que maximizan los compuestos bioactivos y actividad antioxidante.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE LAS HARINAS DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM HALLIDICAULE).**

Se realizó el análisis de la composición proximal, compuesto bioactivos y actividad antioxidante de las harinas de grano germinados y se comparó con la harina de granos sin germinar, como se puede observar hay diferencias estadísticas significativas entre cada una de los componentes a un 95% de confiabilidad.

Como se puede observar la capacidad de absorción de radicales de oxígeno, se incrementa para ambos granos en un 57% para la cañihua y quinua en un 166.17%

**Tabla 03:**

Composición proximal y compuesto bioactivos de quinua, quinua germinada, cañihua y cañihua germinada.

Componente	Cañihua	Cañihua germinada	Quinua	Quinua Germinada
Humedad (%)	10.01% ± 0.15 <sup>a</sup>	5.00 ± 0.15 <sup>b</sup>	8.88% ± 0.06 <sup>a</sup>	4.52% ± 0.22 <sup>b</sup>
Proteína (% d.m.)	20.61% ± 0.26 <sup>a</sup>	19.11 ± 0.27 <sup>b</sup>	16.87% ± 0.13 <sup>a</sup>	13.52% ± 0.26 <sup>b</sup>
Lípidos (% d.m.)	6.18% ± 0.04 <sup>a</sup>	6.23 ± 0.25 <sup>a</sup>	5.21% ± 0.07 <sup>b</sup>	7.18% ± 0.39 <sup>a</sup>
Ceniza (% d.m.)	2.76% ± 0.13 <sup>a</sup>	2.68 ± 0.05 <sup>a</sup>	2.48% ± 0.17 <sup>a</sup>	2.29% ± 0.08 <sup>a</sup>
Carbohidratos (% d.m.)	60.45 ± 0.33 <sup>b</sup>	66.50 ± 0.19 <sup>b</sup>	66.56 ± 0.39 <sup>b</sup>	72.48 ± 0.52 <sup>a</sup>
TPC (mg GAE/100 g d.m.)	87.74 ± 1.80 <sup>b</sup>	134.06 ± 4.85 <sup>a</sup>	62.83 ± 4.89 <sup>a</sup>	72.65 ± 2.42 <sup>a</sup>
GABA (mg/100 g d.m.)	24.34 ± 4.83 <sup>b</sup>	217.98 ± 1.48 <sup>a</sup>	32.98 ± 4.42 <sup>b</sup>	202.54 ± 32.05 <sup>a</sup>
Ácido Fitico (g/100 g)	1.17 ± 0.02	0.88 ± 0.01	0.90 ± 0.02	0.93 ± 0.02
ORAC (mg/100 g d.m.)	1193.84 ± 71.82 <sup>b</sup>	1876.44 ± 51.55 <sup>a</sup>	1275.53 ± 78.70	3395.04 ± 145.81 <sup>a</sup>

TPC: Compuestos fenólicos totales; GABA: ácido gamma-aminobutírico; ORAC: Capacidad de absorción de radicales de oxígeno. d.m.: Base seca.

En los períodos iniciales de germinación, los carbohidratos, proteínas y lípidos se degradan y consecuentemente se acompañan de un aumento de azúcares simples y aminoácidos libres (Nelson, Stojanovska, Vasiljevic y Mathai, 2013) y también se liberan las fracciones fenólicas insolubles ligadas a la pared celular. Por otro lado, con la formación de nuevas estructuras debido al crecimiento de las plantas durante la germinación, los compuestos fenólicos solubles pueden unirse a los carbohidratos y proteínas para formar nuevas paredes celulares, disminuyendo su cantidad en la fracción soluble (Gan, Lui, Wu, Chan, Dai, Sui y Corke, 2017). Así, la síntesis y el transporte de fenólicos para su uso en la pared celular ocurren al mismo tiempo (Yeo, y Shahidi, 2015) lo que provoca que la velocidad de liberación y conjugación varíe según la semilla que esté germinando (Gan, Lui, Wu, Chan, Dai, Sui y Corke, 2017). Los compuestos fenólicos totales se producen de forma natural durante el crecimiento y desarrollo de las plantas para protegerse de las tensiones bióticas, como enfermedades, insectos y tensiones ambientales (Nderitu, Dykes, Awika, Minnaar, y Duodu, 2013, Walter y Marchesan, 2011). El

dramático cambio de los fitoquímicos en el proceso de germinación se ha considerado un fenómeno natural de las plantas. Esta investigación apoya la teoría de que el contenido fenólico aumenta positivamente con la germinación, como lo demuestran las seis leguminosas. El aumento del contenido de polifenoles después de la germinación se ha informado ampliamente en garbanzos (Khattak, Zeb, Bibi, Khalil y Khattak, 2007), semillas de frijoles, lentejas y guisantes (Khang, Dung, Elzaawely y Xuan, 2016) y avena (Xu, Tian, Hu, Luo, Wang y Tian, 2009). Debido a que el metabolismo se inicia en presencia de agua, las partículas dentro de los granos cambian y, en consecuencia, generan una gran cantidad de energía y nuevos compuestos, incluidos los fenólicos (Xu, Tian, Hu, Luo, Wang y Tian, 2009 y López-Amorós, Hernández y Estrella, 2006)

El proceso de germinación tiene un efecto positivo en aumento de capacidad antioxidante y contenido de fenoles totales para otros granos como la kiwicha (Paucar-Menacho, Martínez-Villaluenga, Dueñas, Frias y Peñas, 2017), habas (*Vicia faba* L.), semillas de *Lupinus albus*, semillas de *Cicer arietinum* L., semillas de *Lens culinaris*, semillas de *Trigonella foenum-graecum* L. y frijoles comunes (*Phaseolus vulgaris*) (Saleh, Hassan, Mansour, Fahmy y El-Bedawey, 2017).

Está bien establecido que, en muchos cereales, un gran número de compuestos fenólicos están unidos covalentemente a macromoléculas como las proteínas y los carbohidratos y, por lo tanto, no pueden ser totalmente extraídos por los disolventes (Arranz et al., 2010; Chandrasekara y Shahidi, 2010), donde normalmente se miden los compuestos fenólicos. En consecuencia, se ha sugerido que a menudo el contenido de compuestos fenólicos y, a su vez, la capacidad antioxidante de los cereales podría estar subestimada (Arranz et al., 2010)

El resultado demuestra que la canihua (*C. pallidicaule*) es un pseudocereal rico en compuestos antioxidantes, algo que puede estar relacionado con sus severas condiciones de cultivo, como la gran altitud, el frío y la sequía. Está claro que las condiciones óptimas de germinación para mejorar la actividad

antioxidante dependen del cereal/pseudocereal, pero los mecanismos subyacentes que controlan estos cambios siguen sin estar claros (Abderrahim, et al., 2012).

#### **4.2. EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE HARINAS DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) EN LAS CARACTERÍSTICAS REOLÓGICAS DE SUS MASAS**

En la tabla 04 se presentan los resultados de los análisis reológicos de las masas formuladas con harina de trigo y harina de quinua y cañihua germinadas. Se realizó el Análisis Farinográfico, teniendo como parámetros porcentaje de Absorción de Agua (AA), tiempo de desarrollo de la masa en minutos (DT), estabilidad de la masa en minutos (S) y consistencia de la masa en Unidades Farinográficas (C). Para el análisis extensográfico se tuvo como parámetros Resistencia a la extensión de la masa en Unidades Brabender (RE) y la extensibilidad de la masa en milímetros (E). Para el Análisis Amilográfico se tuvo como parámetros la temperatura de gelatinización en °C (GT) y la máxima Gelatinización en Unidades Amilográficas (GM) (AU). Se realizó un análisis de varianza para ver la significancia estadística del ajuste a los modelos matemáticos de los resultados obtenidos para cada formulación según el diseño simplex con centroide (Tabla 05).

**Tabla 04:**

Parámetros reológicos de las masas formuladas con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

Formulación	% de componente de la mezcla			Análisis Reológico							
	GQF %	GCF %	WF %	AA %	DT min	S min.	C FE	GT °C	GM AU	RE BU	E mm.
F-1	8	8	83	64.3	3.77	4.12	830	79.5	323	823	71
F-2	15	5	80	64.6	2.8	3.73	845	76.6	258	948	73
F-3	10	10	80	64.1	3.35	3.67	824	78	271	1041	71
F-4	5	15	80	63.9	3.12	3.52	816	79.4	305	1079	69
F-5	5	15	80	65.3	3.45	3.45	872	80.3	342	983	68
F-6	5	10	85	63	3.27	4.27	781	81.5	354	1287	81
F-7	7	12	82	63.5	3.2	3.83	801	79.8	306	886	75
F-8	5	5	90	62.6	4.52	5.35	764	83.1	424	1431	86
F-9	15	5	80	63.8	3.67	4.05	811	77.6	266	868	80
F-10	10	5	85	63.2	3.42	4.45	787	79.6	336	923	70
F-11	7	7	87	63.3	3.73	4.57	791	81.9	374	1215	73
F-12	5	10	85	64.2	3.42	4.32	829	82.6	357	1097	72
F-13	12	7	82	64.9	3.62	3.7	856	78.8	281	986	80
F-14	5	5	90	62.9	4.35	5.42	774	82.9	437	1390	76

GQF: Harina germinada de quinua, GCF: Harina germinada de cañihua y WF: Harina de trigo.

AA: Absorción de Agua (%), DT: Tiempo de Desarrollo (min.), S: Estabilidad (min.)

C: Consistencia en Unidades Farinograficas (FE), GT: Temperatura de Gelatinización (°C), GM: Máxima Gelatinización en Unidades Amilograficas (AU). RE: Resistencia a la extensión en Unidades Brabender (BU), E: Extensibilidad (mm).

De la tabla 5 se puede observar que los parámetros reológicos AA y C son estadísticamente significativos para un modelo lineal y los parámetros reológicos DT, S, C, GT, GM y RE para un modelo cuadrático al presentar un p-valor menor a 0.05 (p-valor al 95% de confiabilidad), indicando que los resultados obtenidos de la matriz se ajustan mejor a este modelo del diseño simplex con centroide. De los parámetros del modelo se puede entender que si hay diferencias significativas entre los componentes de la mezcla (parámetro lineal), cuando varia su porcentaje de sustitución del nivel inferior a su nivel superior, teniendo una interacción significativa para el parámetro resistencia a la extensión, siendo esta la interacción Harina de quinua germinada con harina de trigo.

Para evaluar el efecto de las mezclas en los parámetros reológicos mediante las superficies de respuesta, se ha considerado aquellos cuyos coeficientes de determinación ( $R^2$ ) sean mayores a 0.9, siendo estos parámetros el tiempo de estabilidad de la masa (C), Temperatura de Gelatinización (GT) y Máxima Gelatinización (GM).

**Tabla 05:**

Resumen de análisis de Varianza del ajuste a los modelos del diseño de los resultados a los Parámetros reológicos de las masas formuladas con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

FUENTE		AA	DT	S	C	GT	GM	RE	E
		%	min	min.	FE	°C	AU	BU	mm.
P-valor del modelo	Lineal	0.0114	0.0064	< 0.0001	0.0101	< 0.0001	< 0.0001	0.0029	0.1331
	Cuadrático	0.1783	0.0266	< 0.0001	0.1672	< 0.0001	< 0.0001	0.0023	0.28
P-valor de parámetros del modelo	Lineal	0.0114	0.0078	< 0.0001	0.0351	< 0.0001	< 0.0001	0.0029	0.1519
	Interacción AB	0.9605	0.3842	0.6883	0.9509	0.3773	0.0767	0.9572	0.8739
	Interacción AC	0.8321	0.4818	0.0713	0.8634	0.5238	0.4905	0.0365	0.1425
	Interacción BC	0.9985	0.1051	0.1984	0.9598	0.1917	0.0501	0.4517	0.6452
P-valor de falta de ajuste	Lineal	0.8423	0.6381	0.3214	0.8553	0.7618	0.5676	0.1493	0.6923
	Cuadrático	0.6074	0.7401	0.449	0.6239	0.8126	0.9592	0.212	0.6767
$R^2$	Lineal	0.4759	0.5278	0.9461	0.4870	0.9336	0.9380	0.5917	0.1810
	Cuadrático	0.2897	0.5877	0.9597	0.2979	0.9365	0.9628	0.7012	0.1713

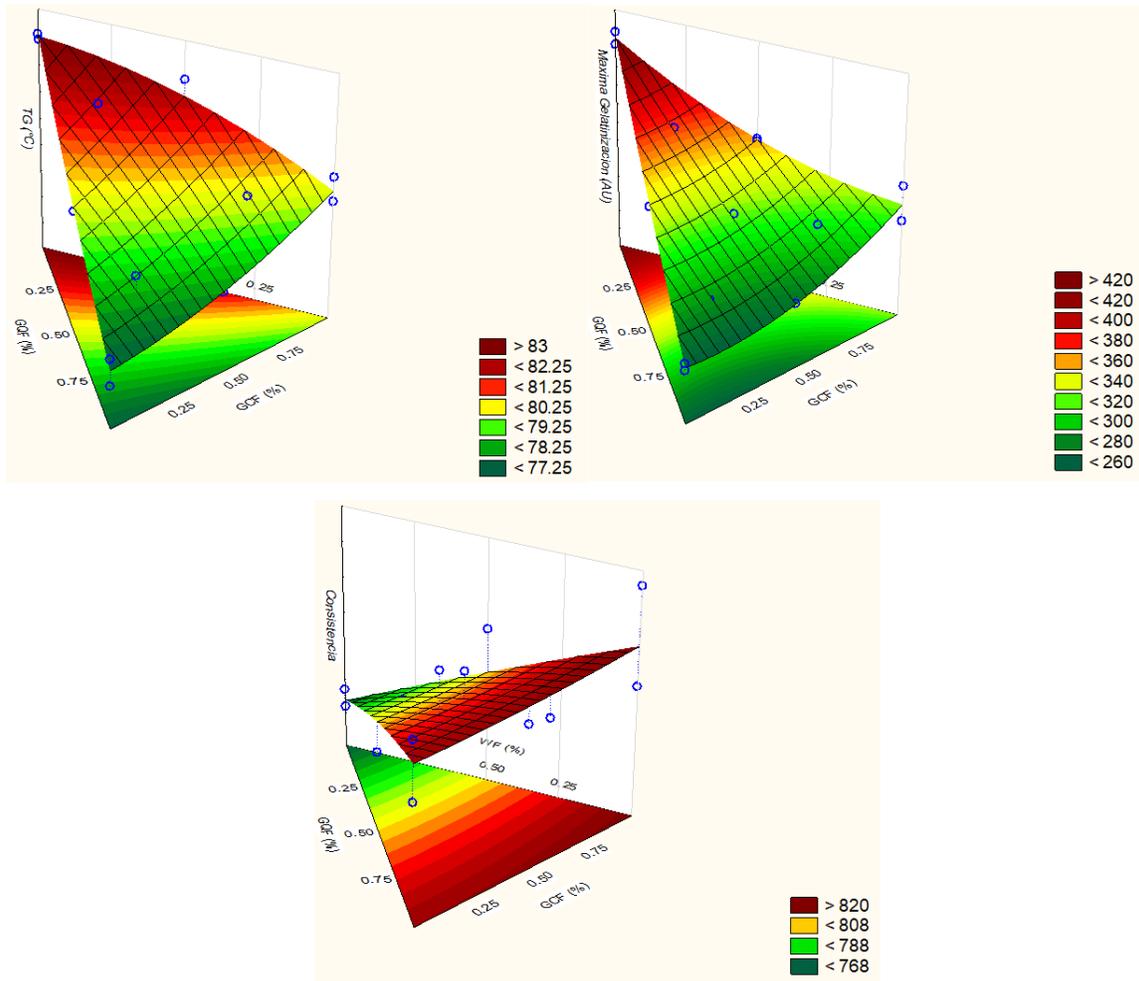
AB: Interacción Harina germinada de quinua-harina germinada de cañihua

AC: Interacción Harina germinada de quinua-harina de trigo

BC: Interacción Harina germinada de cañihua-harina de trigo

AA: Absorción de Agua (%), DT: Tiempo de Desarrollo (min.), S: Estabilidad (min.)

C: Consistencia en Unidades Farinograficas (FE), GT: Temperatura de Gelatinización (°C), GM: Máxima Gelatinización en Unidades Amilograficas (AU), RE: Resistencia a la extensión en Unidades Brabender (BU), E: Extensibilidad (mm).



**Figura 6:**

Gráfico de superficie de respuesta y contorno para a. Temperatura de gelatinización en °C (GT). b. Máxima Gelatinización en UA (GM). c. Consistencia de la masa en FE (C) de las masas formuladas con harina de Quinua y Cañihua germinadas

En la figura 6 se puede observar que la harina germinada de quinua hace disminuir la temperatura de gelatinización y gelatinización máxima de la mezcla conforme se aumenta su porcentaje de sustitución. Hernández, M. S. (2012) y Rodríguez, Lascano y Sandoval (2012) indican que el almidón de quinua tiene una baja solubilidad y bajo poder de hinchamiento, debido a las fuertes fuerzas de unión o los entrecruzamientos dentro del gránulo de almidón, indicando que mayor contenido hace disminuir estos parámetros. Caso contrario sucede con la cañihua que a mayor porcentaje en la mezcla aumenta el valor de estos parámetros; Betalleluz-Pallardel et al. (2017) estudiaron la proteína de la cañihua encontrando un pico endotérmico cuando se

evaluó con calorimetría diferencial de barrido, que se atribuyó al predominio de las interacciones hidrofóbicas que aumentan su estabilidad con el incremento de la temperatura. Así mismo el pequeño tamaño de los gránulos de almidón en la cañihua contribuye a mejorar su resistencia contra el estrés mecánico y térmico (Luna-Mercado, G. I., & Repo-Carrasco-Valencia, 2021)

Para el caso de tiempo de estabilidad de masa se puede observar que ambas harinas de granos germinados disminuyen este tiempo en igual proporción. Se puede observar que ambas harinas aumentan el valor de consistencia de la masa cuando aumentan su sustitución en la misma proporción. Rodríguez, Lascano y Sandoval (2012) y Morita, Hirata, Park, Mitsunaga, (2001). reportaron que la estabilidad de la masa en el farinógrafo decrece a medida que se aumenta la sustitución de la harina de quinua, de 7,5 a 20%. Por otro lado, cuando el mezclado es excesivo, la fuerza de la masa decrece, principalmente, por el debilitamiento de la proteína, debido al esfuerzo de corte mecánico. Los valores del debilitamiento mecánico de la harina de trigo patrón, como de las harinas compuestas, son muy bajos en comparación a los reportados por Rosell, Collar y Haros (2007).

Nuestros resultados confirmaron parcialmente un estudio previo de Park et al. (2005) quienes informaron que la sustitución de 100g/kg de trigo por quinua germinada en 48 h no resultó en ninguna modificación del tiempo de desarrollo de la masa, mientras que sí provocó un aumento en la absorción de agua y una disminución en los índices de estabilidad. Las diferencias en las condiciones de brotación (es decir, temperatura, humedad relativa) y la variedad de grano pueden explicar los diferentes resultados Suárez-Estrella, et al; 2020).

#### **4.3. SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) PARA LA ELABORACIÓN DE PAN DE MOLDE**

En la tabla 06 se detallan los parámetros tecnológicos de las 14 formulaciones de pan de molde como volumen específico (VE), color instrumental de la miga y la corteza (L, a y b), humedad y el % de pérdida de peso después de 7 días. Se realizó un análisis de medias de Duncan para evaluar si hay diferencias estadísticas significativas de VE,  $L_{miga}$ ,  $L_{corteza}$  y Humedad del pan de molde con respecto al control (Harina de trigo).

En la tabla 07 se presenta el resumen del análisis de varianza para determinar la significancia estadística del ajuste de los resultados, encontrando que no hay un ajuste a los modelos lineales y cuadráticos según el diseño simplex con centroide, al tener p-valores mayores a 0.05 (95% de confiabilidad) y valores de coeficientes de determinación ( $R^2$ ) menores a 0.9.

**Tabla 06:**

Parámetros tecnológicos de los panes de molde formulados con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

Formulación	% de componente de la mezcla			Parámetros tecnológicos									Pérdida de peso (día 7) %
				Volumen Especifico (cm3/g)	Color de la miga			Color de la corteza			Humedad (%)		
	GQF %	GCF %	WF %		L	a	b	L	a	b			
F-1	8	8	83	4.4±0.58 <sup>a</sup>	64.29±8.94 <sup>a</sup>	-0.91±1.17	21.1±5.88	44.26±9.57 <sup>a</sup>	15.83±1.84	20.86±3.86	38.67±0.25 <sup>a</sup>	0.21	
F-2	15	5	80	3.54±0.24 <sup>b</sup>	63.84±12.36 <sup>a</sup>	2.53±2.87	15.28±4.68	32.28±12.33 <sup>b</sup>	13.08±3.46	13.29±0.94	37.3±0.10 <sup>b</sup>	0.2	
F-3	10	10	80	3.81±0.13 <sup>c</sup>	69.63±8.46 <sup>b</sup>	1.12±1.57	14.83±1.93	30.4±1.93 <sup>b</sup>	13.75±3.14	13.42±2.78	38.47±1.36 <sup>c</sup>	0.22	
F-4	5	15	80	3.82±0.11 <sup>c</sup>	72.66±16.99 <sup>c</sup>	-3.06±1.37	11.57±1.35	35.81±13.35 <sup>c</sup>	10.55±0.53	11.76±0.45	36.97±1.47 <sup>d</sup>	0.23	
F-5	5	15	80	3.7±0.03 <sup>d</sup>	49.37±12.18 <sup>d</sup>	3.4±1.7	16.71±5.52	45.04±13.48 <sup>a</sup>	6.63±1.97	14.37±3.06	38.6±0.10 <sup>a</sup>	0.28	
F-6	5	10	85	4.23±0.18 <sup>e</sup>	52.61±6.84 <sup>e</sup>	3.37±1.29	19.59±3.15	53.69±16.11 <sup>d</sup>	10.91±3.54	18.31±2.17	39.07±0.90 <sup>e</sup>	0.29	
F-7	7	12	82	3.57±0.07 <sup>b</sup>	63.35±8.74 <sup>a</sup>	3.92±4.83	21.15±6.69	44.64±15.29 <sup>a</sup>	16.76±6.28	20.06±1.43	37.7±0.36 <sup>f</sup>	0.34	
F-8	5	5	90	4.13±0.1 <sup>f</sup>	58.36±12.37 <sup>a</sup>	3.23±1.23	18.78±1.74	35.63±11.03 <sup>c</sup>	15.93±4.5	21.69±0.65	38.33±0.15 <sup>c</sup>	0.31	
F-9	15	5	80	4.57±0.58 <sup>a</sup>	60.78±11.21 <sup>a</sup>	1.17±0.9	16.2±3.26	63.45±16.9 <sup>e</sup>	10.38±5.2	19.46±4.44	38±0.36 <sup>g</sup>	0.46	
F-10	10	5	85	4.19±0.18 <sup>g</sup>	47.51±8.52 <sup>f</sup>	4.71±1.56	17.41±3.21	44.86±4.83 <sup>a</sup>	19.38±1.5	23.13±0.66	38.76±0.55 <sup>a</sup>	0.3	
F-11	7	7	87	4.5±0.09 <sup>a</sup>	54.22±2.12 <sup>g</sup>	-0.15±0.51	11.86±1.46	46.14±6.97 <sup>a</sup>	16.35±1.59	22.85±2.75	38.39±0.53 <sup>c</sup>	0.19	
F-12	5	10	85	3.7±0.08 <sup>d</sup>	66.43±7.08 <sup>h</sup>	0.48±2.67	16.21±4.89	36.68±8.26 <sup>c</sup>	15.32±5.66	20.55±3.59	38.72±0.42 <sup>a</sup>	0.28	
F-13	12	7	82	3.14±0.15 <sup>h</sup>	50.98±7.87 <sup>d</sup>	0.62±4.59	15.92±0.8	48.07±6.10 <sup>a</sup>	17.96±4.04	20.65±0.95	38.64±0.3 <sup>a</sup>	0.3	
F-14	5	5	90	4.63±0.27 <sup>i</sup>	57.61±3.14 <sup>g</sup>	-4.83±12.1	17.77±4.11	48.75±5.43 <sup>a</sup>	12.48±2.56	21.22±0.96	38.43±0.78 <sup>c</sup>	0.29	
Control				3.23±0.01 <sup>k</sup>	76.36±4.35 <sup>i</sup>			54.58±7.45 <sup>d</sup>			28.24±0.21 <sup>h</sup>		

GQF: Harina de quinua germinada; GCF: harina de cañihua germinadas; WF: Harina de Trigo, L: Luminosidad; a, b: Parámetros de cromaticidad.

Las letras diferentes en superíndice de la misma columna de la tabla indican una diferencia estadísticamente significativa entre los valores, a un nivel de significancia de  $p < 0.05$  (basado en la prueba múltiples rangos de DUNCAN)

**Tabla 07:**

Resumen de análisis de Varianza del ajuste a los modelos del diseño de los resultados a los Parámetros tecnológicos de los panes de molde formulados con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

FUENTE		VE cm <sup>3</sup> /g	L <sub>miga</sub>	a <sub>miga</sub>	b <sub>miga</sub>	L <sub>corteza</sub>	a <sub>corteza</sub>	b <sub>corteza</sub>	Humedad %	Pérdida de peso %	
P-valor del modelo	Lineal	0.1487	0.4924	0.7670	0.7090	0.7564	0.1895	0.0097	0.3388	0.7337	
	Cuadrático	0.6252	0.4480	0.9247	0.8960	0.8515	0.0293	0.0134	0.3441	0.8263	
P-valor de parámetros del modelo	Lineal	0.2424	0.4810	0.8084	0.7566	0.7886	0.0623	0.0053	0.3230	0.7792	
	Interacción	AB	0.6688	0.3258	0.7846	0.5795	0.3712	0.0799	0.8479	0.3932	0.4882
		AC	0.9839	0.1264	0.5236	0.9933	0.7558	0.0209	0.0445	0.3278	0.6151
		BC	0.9260	0.8973	0.5680	0.4558	0.5218	0.3391	0.1538	0.2082	0.9926
P-valor de falta de ajuste	Lineal	0.6550	0.8107	0.9048	0.2080	0.9804	0.2775	0.4217	0.6570	0.8640	
	Cuadrático	0.4173	0.8867	0.7857	0.1192	0.9781	0.7226	0.6829	0.7212	0.7251	
R <sup>2</sup>	Lineal	0.2929	0.1209	0.0471	0.0606	0.0495	0.2610	0.5694	0.1786	0.0547	
	Cuadrático	0.3111	0.3981	0.1382	0.1606	0.1905	0.7394	0.7896	0.4529	0.1496	

AB: Interacción GQF – GCF; AC: Interacción GQF – WF; BC: Interacción GCF – WF; VE: Volumen Específico; L: Luminosidad  
a, b: Parámetros de cromaticidad; Nivel de significancia p <0.05

El volumen específico representa, con gran precisión, la variación de volumen de los panes producidos en los diferentes tratamientos, Gutkoski, et. al(2005) afirma que cuanto mayor es el volumen específico del pan de molde mejor es su evaluación. Los volúmenes específicos encontrados son menores cuando se comparan con los panes tradicionales (Control), que utilizan harina de trigo como ingrediente, proporcionando una estructura de gluten bien definida y explicando por qué el crecimiento de los panes con sustitución parcial de la harina de trigo está comprometido, ya que no hay formación de la red viscoelástica, resultando comúnmente en una miga de pan compactada y gomosa. (Alves et. al., 2019). La cantidad de dióxido de carbono producida y la capacidad de retener este gas en el sistema están directamente relacionadas con el volumen. Si la masa producida tiene poca resistencia a la extensión, no puede retener el CO<sub>2</sub> ni mantener su volumen. Por otro lado, si la resistencia es demasiado alta, la presión del dióxido de carbono es insuficiente para expandir la masa, lo que da lugar a un volumen reducido. Además, factores como la viscosidad, el contenido de amilosa y amilopectina, la agregación de proteínas, los componentes activos de superficie y el

calentamiento también interfieren también interfieren en su crecimiento (O'shea et al, 2015). Borges et. al. (2012) comentan que el uso de harinas alternativas que no forman gluten disminuye la calidad de los panes, comprometiendo su volumen, además de perjudicar la capacidad de expansión de la masa, siendo observado este comportamiento en el estudio, los resultados promedios evaluados muestran que a medida que se incrementó el porcentaje de sustitución con las harinas germinadas el volumen específico disminuye, características indeseables para el consumidor.

En cuanto a los colores del pan de molde, la luminosidad ( $L^*$ ) de la miga de pan disminuyó, mientras que el enrojecimiento ( $a^*$ ) y la amarillez ( $b^*$ ) de la miga de pan aumentaron con la adición de harina de quinua germinadas, concordando con hallazgos anteriores (Suárez-Estrella, Cardone, Buratti, Pagani, & Marti, 2020). Los valores  $L^*$  indican una mayor reflectancia de la luz y cuanto más alto es el valor, más claros son los panes. Martin et. Alabama. (2017) obtuvieron valores de  $L^*$  para la corteza, que oscilaron entre 69,01 (en la muestra control) y 54,68 en panes elaborados con harina de trigo 100% germinada. En el presente estudio, no hubo diferencias significativas a la variación de  $L^*$ , principalmente para la corteza, y esto pudo haber ocurrido debido a las condiciones experimentales y la falta de homogeneidad en la temperatura de horneado. El pardeamiento de los panes de molde es atribuido por varios autores a la presencia de un mayor contenido de azúcares reductores y dextrinas que combinados con aminoácidos libres favorecen la ocurrencia de la reacción de Maillard (Liu et al.; 2016). Se trata de una reacción de pardeamiento no enzimática, en la que los grupos aminos de los aminoácidos, péptidos y proteínas reaccionan con el aldehído, dando lugar a la degradación de los hidratos de carbono formando pigmentos oscuros durante la cocción (Cornejo et al., 2015).

Por un lado, la adición de harinas germinadas de quinua y cañihua podría destruir la red de gluten del trigo y reducir la capacidad de retención de agua, mientras que, por otro lado, podría aumentar el contenido de fibra del pan y

como consecuencia la capacidad de retención de agua, demostrándose esta afirmación con los resultados de contenido de humedad superiores al control. (Ballester-Sánchez, Fernández-Espinar, & Haros, 2020).

Se ha demostrado que la germinación mejora el perfil sensorial de los granos, principalmente debido a la producción de azúcares simples (Heiniö et al., 2001). Sin embargo, hasta ahora no se han abordado los efectos de la germinación en la aceptabilidad de la quinoa. Por otro lado, desde el punto de vista tecnológico, la quinua germinada mostró mejores propiedades funcionales (es decir menor grado de retrogradación) lo que alienta su uso como ingrediente en la elaboración de pan (Suárez-Estrella, 2019).

El mejor desempeño de la levadura de la masa en la quinua germinada se debió al mayor contenido de azúcar (Suárez-Estrella, 2019). Específicamente, el uso de quinua germinada mejoró el volumen del pan y la suavidad de la miga, gracias al aumento de la actividad de la  $\alpha$ -amilasa durante la germinación, se han informado los efectos positivos de la actividad de la  $\alpha$ -amilasa en la panificación (Goesaert et al., 2009; De Leyn, 2006). En cuanto al perfil de color de la miga, la miga más oscura del pan de molde con quinua germinada podría estar asociada con la presencia de una mayor cantidad de capas externas marrones (por ejemplo, regiones de pericarpio) en la harina de quinua germinada, en comparación con las de trigo refinado o quinua perlada. (Suárez-Estrella, 2020).

En la tabla 08 se presenta los resultados de los compuestos bioactivos como Compuestos fenólicos Totales en mg GAE/100 g expresados en base seca (TPC), capacidad de absorción de radicales de oxígeno en  $\mu$ moles TE/mg expresado en base seca (ORAC) y Ácido fítico en g/100g expresado en base seca para las 14 formulación de pan de molde. En la tabla 09 se presenta el resumen del análisis de varianza para determinar la significancia estadística del ajuste de los resultados, encontrando que no hay un ajuste a los modelos lineales y cuadráticos según el diseño simplex con centroide, al presentar p-valores mayores a 0.05 (95% de confiabilidad)

**Tabla 08:**

Compuesto Bioactivos de los panes de molde formulados con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

Formulación	GQF (%)	GCF (%)	WF (%)	ORAC (µmoles TE/mg d.m.)	TPC (mg GAE/100 g d.m.)	Acido fítico (g/100g d.m.)	GABA (mg/100 g)
F-1	8	8	83	51.86±4.74 <sup>a</sup>	127.54±3.75 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	21.04±0.51 <sup>a</sup>
F-2	15	5	80	58.12±0.44 <sup>b</sup>	153.30±43.80 <sup>b</sup>	0.22±0.01 <sup>b</sup>	31.78±5.61 <sup>b</sup>
F-3	10	10	80	51.22±1.10 <sup>a</sup>	225.24±47.11 <sup>b</sup>	0.17±0.00 <sup>c</sup>	25.70±3.20 <sup>c</sup>
F-4	5	15	80	58.20±0.54 <sup>b</sup>	148.44±8.79 <sup>b</sup>	0.14±0.01 <sup>d</sup>	28.67±0.11 <sup>d</sup>
F-5	5	15	80	44.85±1.00 <sup>c</sup>	195.80±54.23 <sup>b</sup>	0.53±0.01 <sup>e</sup>	32.51±4.71 <sup>e</sup>
F-6	5	10	85	60.27±2.19 <sup>b</sup>	166.92±18.51 <sup>b</sup>	0.25±0.00 <sup>f</sup>	24.44±0.42 <sup>c</sup>
F-7	7	12	82	48.55±1.94 <sup>d</sup>	325.91±175.60 <sup>c</sup>	0.25±0.00 <sup>f</sup>	27.29±0.78 <sup>f</sup>
F-8	5	5	90	37.71±0.31 <sup>e</sup>	138.04±9.93 <sup>b</sup>	0.50±0.01 <sup>g</sup>	25.67±0.75 <sup>c</sup>
F-9	15	5	80	41.59±1.25 <sup>f</sup>	205.79±145.95 <sup>b</sup>	0.12±0.00 <sup>h</sup>	16.75±0.21 <sup>g</sup>
F-10	10	5	85	48.65±1.35 <sup>d</sup>	107.08±2.94 <sup>a</sup>	0.13±0.01 <sup>d</sup>	17.19±0.01 <sup>g</sup>
F-11	7	7	87	62.01±4.92 <sup>b</sup>	246.39±168.34 <sup>d</sup>	0.23±0.00 <sup>b</sup>	19.07±0.30 <sup>g</sup>
F-12	5	10	85	49.16±1.68 <sup>a</sup>	297.29±32.52 <sup>d</sup>	0.20±0.00 <sup>i</sup>	29.22±1.44 <sup>d</sup>
F-13	12	7	82	52.71±0.57 <sup>g</sup>	213.51±4.32 <sup>b</sup>	0.16±0.00 <sup>c</sup>	31.50±0.41 <sup>b</sup>
F-14	5	5	90	40.59±3.94 <sup>h</sup>	190.19±17.96 <sup>b</sup>	0.44±0.00 <sup>i</sup>	17.79±0.20 <sup>g</sup>
<b>Control</b>				18.45±1.82 <sup>i</sup>		0.20±0.00 <sup>i</sup>	11.26±0.04 <sup>h</sup>

GQF: Harina de quinua germinada; GCF: harina de cañihua germinadas; WF: Harina de Trigo; TPC: compuestos fenólicos Totales; ORAC: capacidad de absorción de radicales de oxígeno; GABA: ácido gamma-aminobutírico; d.m.: Base seca.

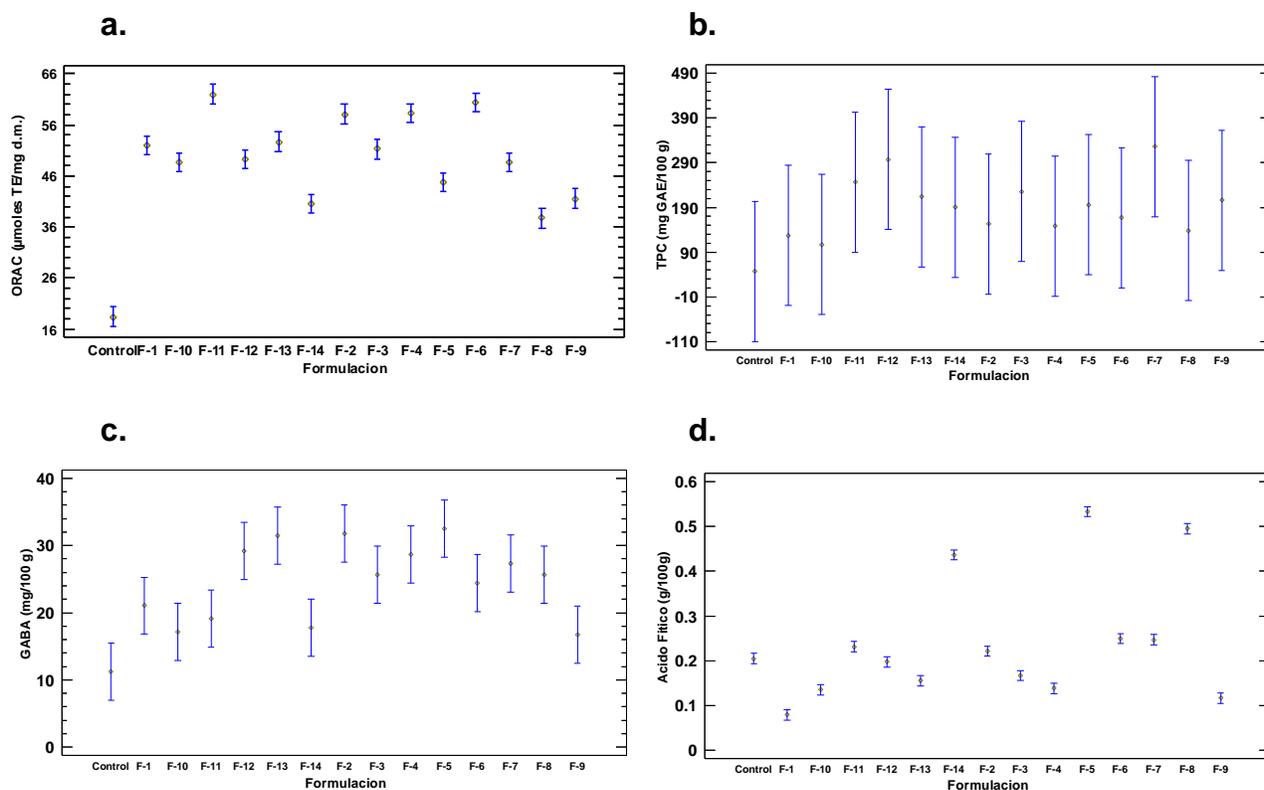
Las letras diferentes en superíndice de la misma columna de la tabla indican una diferencia estadísticamente significativa entre los valores, a un nivel de significancia de  $p < 0.05$  (basado en la prueba múltiples rangos de DUNCAN)

**Tabla 09:**

Resumen de análisis de Varianza del ajuste a los modelos del diseño de los resultados a los compuestos bioactivos de los panes de molde formulados con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

FUENTE		ORAC	TPC	Ácido fítico	GABA	
		μmoles TE/mg d.m.	mg GAE/100g d.m.	g/100g d.m.	mg/100g d.m.	
P-valor del modelo	Lineal	0.5436	0.6666	0.1299	0.1059	
	Cuadrático	0.5029	0.5317	0.0771	0.4574	
P-valor de parámetros del modelo	Lineal	0.5397	0.6576	0.0760	0.1721	
	Interacción	AB	0.9284	0.3353	0.5202	0.9767
		AC	0.3847	0.3955	0.1097	0.4126
	BC	0.1505	0.2088	0.0776	0.9438	
P-valor de falta de ajuste	Lineal	0.6720	0.3276	0.6922	0.8658	
	Cuadrático	0.6920	0.3100	0.9813	0.7151	
R <sup>2</sup>	Lineal	0.1049	0.0711	0.3100	0.3352	
	Cuadrático	0.3707	0.3566	0.6574	0.3934	

AB: Interacción GQF – GCF; AC: Interacción GQF – WF; BC: Interacción GCF – WF; GQF: Harina de quinua germinada; GCF: harina de cañihua germinadas; WF: Harina de Trigo; TPC: compuestos fenólicos Totales; ORAC: capacidad de absorción de radicales de oxígeno; GABA: ácido gamma-aminobutírico; d.m.: Base seca; Nivel de significancia p <0.05



**Figura 7:**

Gráfico de medias para contenido de compuestos bioactivos en pan de molde formulado con harina de Quinua y Cañihua germinadas. a. Capacidad de absorción de radicales de oxígeno en μmoles TE/mg expresado en base seca (ORAC), b. Compuestos fenólicos totales en mg GAE/100g expresados en base seca (TPC), c. ácido gamma-aminobutírico en mg/100 g (GABA), d. Ácido fítico en g/100g expresado en base seca.

Serpen, Gökmen y Mogol (2012) encontraron valores de 7.40  $\mu\text{mol}$  de trolox  $\text{g}^{-1}$  de pan (ensayo ABTS) y 3.41  $\mu\text{mol}$  de trolox  $\text{g}^{-1}$  de pan (ensayo DPPH) para las formulaciones de control, mientras que, para los panes añadidos con harinas de diferentes mezclas de granos, los resultados oscilaron entre 6.8 y 11.3  $\mu\text{mol}$  de trolox  $\text{g}^{-1}$  de pan (ensayo ABTS), y 3.6 a 5.9  $\mu\text{mol}$  de trolox  $\text{g}^{-1}$  de pan (ensayo DPPH). Los resultados obtenidos en este estudio, mediante ORAC, permiten inferir que los panes con sustitución parcial con GQF y GCF mostraron acción antioxidante entre  $37.71 \pm 0.31$  a  $62.01 \pm 4.92$  ( $\mu\text{moles TE/mg d.m.}$ ) en comparación con la formulación control  $18.45 \pm 1.82$  ( $\mu\text{moles TE/mg d.m.}$ ). Los valores de capacidad antioxidante fueron superiores a los reportados por Duarte et al. (2016) en panes con harina de jabuticaba (4,1  $\mu\text{mol Trolox/g}$ ) y por Zhou et al. (2014) en arroz integral (4  $\mu\text{mol Trolox/g}$ ).

Tian et al. (2021) evaluaron la actividad antioxidante y los compuestos fenólicos tras la fermentación y el proceso térmico de panes formulados con harina de trigo, obteniendo como resultado 26,7  $\mu\text{mol Trolox/g}$  y 561,09  $\mu\text{g GAE/g}$  para los fenólicos. Los resultados obtenidos de TPC (Figura 7b) permiten inferir que los panes con sustitución parcial con GQF y GCF incrementaron su contenido TPC entre  $107.08 \pm 2.94$  a  $297.29 \pm 32.52$  ( $\text{mg GAE/100g d.m.}$ ) en comparación con la formulación control  $190.19 \pm 3.47$  ( $\text{mg GAE/100g d.m.}$ ). Durante la germinación se produce la biosíntesis y la bioacumulación de fenoles, junto con la degradación de los polímeros insolubles de alto peso molecular en polímeros de menor peso molecular y la síntesis de polifenoles. También se produce la liberación de ácidos fenólicos unidos a las paredes celulares debido a la hidrólisis enzimática. Por lo general, estos compuestos están unidos a otras sustancias orgánicas, como los carbohidratos o las proteínas, que se extraen fácilmente con disolventes (Hung et al., 2020; Sharma; Singh; Singh, 2018;). En los estudios realizados por Holtekjolen et al. (2008), donde evaluaron un pan adicionado con harina de cebada liofilizada con un 40% de sustitución de harina de trigo, los autores

describieron niveles de compuestos fenólicos de 422,5 mg de ácido gálico equivalente.100 g<sup>-1</sup> de muestra seca. Según Gélinas y Mckinnon (2006) la presencia de compuestos fenólicos en los panes puede estar asociada a la reacción de Maillard; en un estudio realizado por estos autores, se encontraron niveles más altos de TPC en la corteza.

Según Abdel-Aal y Rabalski (2013), la cocción de productos de panadería puede afectar positiva o negativamente el contenido de compuestos fenólicos debido a la exposición a altas temperaturas. Este cambio depende del contenido de grasa de la matriz a procesar, los tipos de compuestos fenólicos que tenga esta matriz, los ingredientes que la componen, el recipiente y las condiciones de calentamiento. Según Zaupa et al. (2015), los compuestos fenólicos pueden alcanzar resultados contrastados tras la cocción, posiblemente debido a: la liberación parcial de la forma ligada con el consiguiente aumento de la fracción soluble; la disminución de los niveles en la fracción soluble debido a la degradación térmica y; el aumento de la forma ligada causado por las interacciones de los compuestos fenólicos con las macromoléculas de la matriz alimentaria. Se ha informado en la literatura que el tratamiento térmico en grano integral provocó un aumento en el contenido de casi todos los compuestos fenólicos, excepto el ácido gálico, que se mantuvo estable (N'Dri et al., 2012).

Se pudo constatar que la germinación es un excelente proceso para incrementar los contenidos de GABA en el trigo, especialmente en aquellos productos consumidos in natura y no en forma de productos horneados (panes y derivados). GABA tiene una gran importancia biológica, ya que es un importante neurotransmisor de señales en el sistema nervioso central, siendo ampliamente utilizado en alimentos funcionales y preparaciones farmacéuticas (Diana, Quílez y Rafecas 2014; Hayat et al., 2014).

El contenido de GABA vario entre  $17.19 \pm 0.01$  a  $32.51 \pm 4.71$  mg/100 g, siendo mayores al control  $11.26 \pm 0.04$  mg/100 g. Las altas temperaturas utilizadas durante la cocción del pan (alrededor de 175 °C) puede reducir del contenido de GABA, que puede atribuirse a la degradación de los aminoácidos libres

que se utilizan en la reacción de Maillard (Cornejo et al., 2015). Aunque el nivel de GABA en la harina de granos germinados fue alto, las muestras se mantuvo la mayor cantidad de GABA después de la cocción en comparación con el control, probablemente debido a la presencia de algún fitoquímico formado durante la germinación en el campo que era responsable del GABA más estable. De este modo, se pudo observar que la germinación es un excelente proceso para aumentar los niveles de GABA en el trigo, especialmente en los productos consumidos in natura, sin procesar. El consumo de cereales germinados, ricos en compuestos bioactivos como el GABA, se ha hecho popular entre los consumidores preocupados por la salud, además de los compuestos fenólicos y las vitaminas que se forman en la germinación (Ohm et al., 2016). El GABA tiene una gran importancia biológica, ya que es un importante neurotransmisor de señales en el sistema nervioso central, siendo ampliamente utilizado en alimentos funcionales y preparaciones farmacéuticas (Diana, Quílez y Rafecas 2014; Hayat et al., 2014). El consumo de cereales germinados, ricos en compuestos bioactivos, como el GABA, se ha vuelto popular entre los consumidores preocupados por la salud. La germinación previa a la cosecha, en particular, ha demostrado ser un método eficaz para aumentar el contenido de GABA que se consume en los productos in natura, agregando valor al trigo con germinación previa a la cosecha.

Es bien sabido que la capacidad antioxidante de los productos alimenticios está fuertemente correlacionada con el contenido de polifenoles (Huang et al., 2018, Zhang et al., 2015, Shi et al., 2016). Aunque las propiedades antioxidantes del pan de molde aumentaron en comparación con el control, todas las muestras demostraron capacidad de barrido de radicales libres contra ABTS<sup>+</sup>, DPPH<sup>-</sup> y <sup>-</sup>OH, observándose una notable mejora en la capacidad de barrido con el aumento de la adición de harina de quinoa y cañihua. Algunos estudios (Tosi et al., 2002, Schoenlechner et al., 2008) demostraron el éxito de la sustitución de la harina de trigo por harinas de pseudocereales o leguminosas para la elaboración de productos de

panadería. El uso de una mezcla de harinas de trigo sarraceno, amaranto, garbanzo y quinoa sometida a la fermentación de masa madre por cepas seleccionadas productoras de GABA permitió la fabricación de un pan enriquecido de GABA y debería considerarse como una posibilidad prometedora para mejorar las propiedades nutricionales, funcionales, sensoriales y tecnológicas del pan.

El ácido fítico se ha considerado un antinutriente debido a su capacidad para unir minerales, proteínas y almidón, lo que altera la solubilidad, funcionalidad, digestión y absorción de estos componentes alimentarios (Oatway, Vasanthan y Helm, 2001). Se observó un contenido reducido de ácido fítico en el pan de molde con sustitución de QGF y CGF, el menor contenido de ácido fítico observado en el pan en comparación con el control podría explicarse por la lixiviación de este compuesto en el agua de remojo y la activación de la fitasa endógena durante la germinación que proporciona mioinositol y ácido fosfórico para el crecimiento de los brotes (Albarracín, González, & Drago, 2013). El ácido fítico tiene la capacidad de quelar minerales (hierro, zinc, magnesio y calcio) y afecta negativamente la absorción de aminoácidos, proteínas y almidón (Oatway, et al 2001). Estudios previos han demostrado que la reducción del contenido de ácido fítico logrado por el remojo del arroz y el tratamiento de germinación conduce a una mejor digestibilidad de las proteínas y biodisponibilidad de los minerales (Albarracín et al., 2013). Por lo tanto, la germinación de los granos proporciona al pan una mejor calidad nutricional debido a su contenido reducido de ácido fítico en comparación con el pan de control. Además, existe una creciente evidencia de que el ácido fítico puede ser beneficioso para la salud humana, ya que reduce los niveles de colesterol en ratones diabéticos (Lee et al., 2005) y ejerce efectos antioxidantes y anticancerígenos (Schlemmer, Frølich, Prieto y Grases, 2009).

#### **4.4. SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) PARA LA ELABORACIÓN GALLETA**

En tabla 10 se presenta los resultados de los compuestos bioactivos como Compuestos fenólicos Totales en mg GAE/100g expresados en base seca (TPC), capacidad de absorción de radicales de oxígeno en  $\mu\text{moles TE/mg}$  expresado en base seca (ORAC) y Ácido fítico en g/100g expresado en base seca para las 14 formulaciones de galletas. De la tabla 11 se puede observar que los compuestos bioactivos ORAC y TPC, además de ácido fítico son estadísticamente significativos para un modelo lineal y para un modelo cuadrático al presentar un p-valor menor a 0.05 (p-valor al 95% de confiabilidad), indicando que los resultados obtenidos de la matriz se ajustan a estos modelos del diseño simplex con centroide. Por lo que se consideró trabajar con el modelo cuadrático, de los parámetros del modelo se puede entender que si hay diferencias significativas entre los componentes de la mezcla (parámetro lineal), cuando varía su porcentaje de sustitución del nivel inferior a su nivel superior, teniendo una interacción significativa para el TPC, siendo esta la interacción Harina de quinua germinada con harina de canihua germinada y harina de canihua germinada con harina de trigo.

Según el análisis de varianza (Tabla 11) el modelo cuadrático fue al que se adjuntaron mejor los resultados al tener un p-valor menor a 0.05 para cada una de las variables, solamente para el TPC fueron interacciones GQF y GCF estadísticamente significativos, las interacciones para ORAC y Acido fítico fueron no significativas. En la figura 10 se observa el efecto de las mezclas en ORAC y FPC, para porcentajes de sustitución que se aproximan a 20% de GCF y 10% GQF se obtienen los valores más altos de ORAC y TPC, teniendo a su vez los valores más bajos de ácido fítico.

**Tabla 10:**

Compuesto Bioactivos de las galletas formuladas con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

Formulación	GQF (%)	GCF (%)	WF (%)	ORAC (μmoles TE/mg d.m.)	TPC (mg GAE/100 g d.m.)	Acido fitico (g/100g d.m.)	GABA (mg/100 g)
F-1	15	15	70	95.46	409.48	0.19	3.50
F-2	20	20	60	133.28	486.86	0.25	4.66
F-3	5	20	75	91.60	334.40	0.18	4.00
F-4	20	20	60	138.39	441.61	0.23	4.58
F-5	5	20	75	84.49	320.15	0.15	4.06
F-6	5	20	75	89.03	280.14	0.17	3.63
F-7	20	20	60	136.25	428.78	0.25	4.94
F-8	10	25	65	98.35	411.83	0.23	3.60
F-9	20	5	75	67.38	204.43	0.18	3.18
F-10	20	5	75	61.64	236.80	0.19	3.12
F-11	10	10	80	56.06	275.67	0.17	2.61
F-12	25	10	65	90.22	339.32	0.24	4.58
F-13	20	5	75	56.68	247.89	0.20	3.98
F-14	25	10	65	92.66	325.52	0.23	6.47

GQF: Harina de quinua germinada; GCF: harina de cañihua germinadas; WF: Harina de Trigo; TPC: compuestos fenólicos Totales; ORAC: capacidad de absorción de radicales de oxígeno; GABA: ácido gamma-aminobutírico; d.m.: Base seca.

**Tabla 11:**

Resumen de análisis de Varianza del ajuste a los modelos del diseño de los resultados a los de compuestos bioactivos de las galletas formuladas con harina de quinua germinadas, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

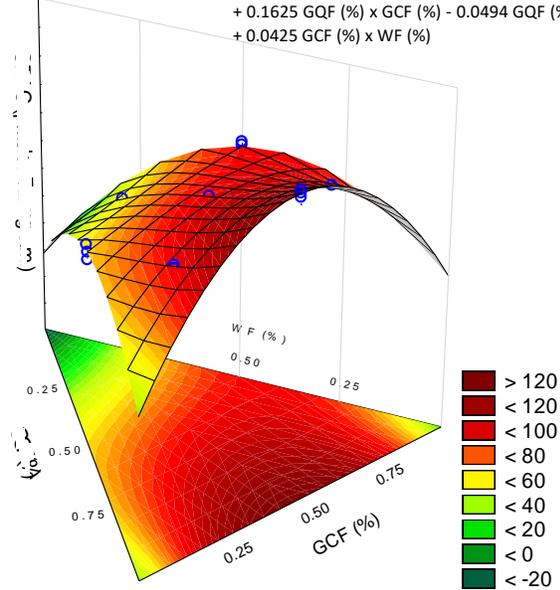
FUENTE		ORAC μmoles TE/mg d.m.	TPC mg GAE/100 g d.m.	Ácido fitico g/100g d.m.	GABA mg/100g d.m.
P-valor del modelo	Lineal	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0263
	Cuadrático	< 0.0001	< 0.0001	0.0006	0.0123
P-valor de parámetros del modelo	Lineal	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0079
	AB	0.2344	0.0055	0.3862	0.2484
	Interacción AC	0.7057	0.0595	0.5113	0.1742
P-valor de falta de ajuste	BC	0.7453	0.0499	0.2851	0.7062
	Lineal	0.0015	0.0658	0.4438	0.1198
	Cuadrático	0.0007	0.5997	0.1585	0.7818
R <sup>2</sup>	Lineal	0.9038	0.8533	0.8901	0.4841
	Cuadrático	0.9435	0.9503	0.9070	0.7943

AB: Interacción GQF – GCF; AC: Interacción GQF – WF; BC: Interacción GCF – WF; GQF: Harina de quinua germinada; GCF: harina de cañihua germinadas; WF: Harina de Trigo; TPC: compuestos fenólicos Totales; ORAC: capacidad de absorción de radicales de oxígeno; GABA: ácido gamma-aminobutírico; d.m.: Base seca; Nivel de significancia p <0.05

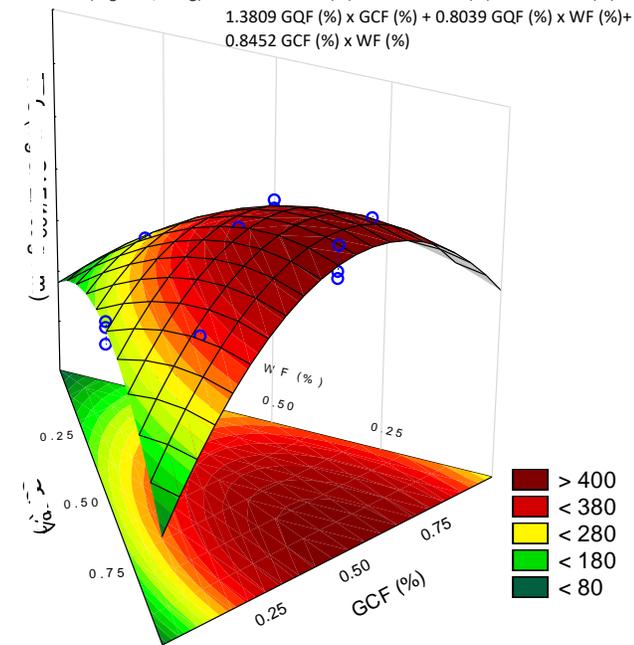
Al ser el primer trabajo que evalúa las propiedades antioxidantes de las galletas formuladas con harinas de granos andinos germinados, se logró una comparación dentro de categorías de alimentos análogos. Nuestros hallazgos fueron comparables a los de Žilić, Kocadağlı, Vančetović y Gökmen (2016), que obtuvieron un TPC en galletas horneadas formuladas con harinas de maíz ricas en antocianinas (genotipos de maíz azul, rojo oscuro y azul estándar) de 213,2, 251,2 y 192,9 mg GAE/100g galletas, respectivamente, mientras que Jan, Saxena y Singh (2016) informaron valores de TPC de 323,0 y 671,0 mg GAE/100g en galletas horneadas formuladas con harinas de *Chenopodium album* crudo y germinado, respectivamente. Sin embargo, aunque la prueba TPC puede proporcionar el contenido fenólico total de un alimento de interés, conviene señalar que esta prueba no solo es específica para polifenoles, ya que cualquier agente reductor puede reaccionar con el reactivo de Folin (Amorati & Valgimigli, 2015). En particular, ciertos compuestos derivados de la reacción de Maillard, típicos del proceso de horneado, también podrían ser sustancias reactivas de Folin-Ciocalteu, como señalan Lindenmeier y Hofmann (2004). Žilić, Kocadağlı, Vančetović, y Gökmen (2016) afirmaron que las condiciones de horneado aplicadas tienen un gran potencial para liberar compuestos fenólicos. Gerard y Roberts (2004) también informaron que el tratamiento térmico causa la degradación de los compuestos fenólicos cuando la temperatura aumenta de 40 °C a 70 °C.

Los resultados obtenidos de muestra que es viable mejorar la composición de galletas, sustituyendo la harina de trigo con otras harinas con distintas propiedades, como indica Pérez-Santana et al (2018) que utilizó cascarilla de cacao (10-20-30%) en la elaboración de galletas, obteniendo una capacidad antioxidante de 4.3-6.0-8.4  $\mu\text{mol ET}/100\text{ g}$  respectivamente.

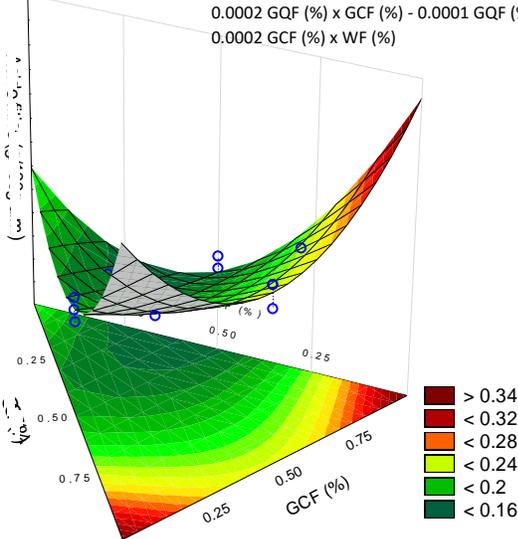
a.  $ORAC (\mu\text{moles TE/mg}) = 3.8773 \text{ GQF } (\%) - 1.25333 \text{ GCF } (\%) + 0.3836 \text{ WF } (\%) + 0.1625 \text{ GQF } (\%) \times \text{GCF } (\%) - 0.0494 \text{ GQF } (\%) \times \text{WF } (\%) + 0.0425 \text{ GCF } (\%) \times \text{WF } (\%)$



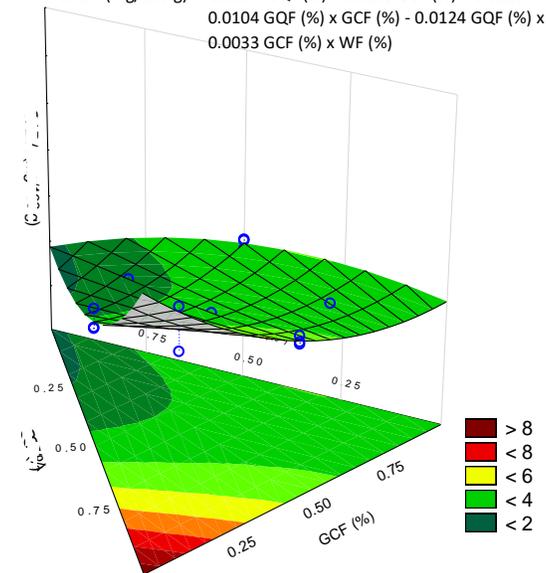
b.  $TPC (\text{mg GAE}/100\text{g}) = -48.5619 \text{ GQF } (\%) - 46.2016 \text{ GCF } (\%) - 3.0205 \text{ WF } (\%) + 1.3809 \text{ GQF } (\%) \times \text{GCF } (\%) + 0.8039 \text{ GQF } (\%) \times \text{WF } (\%) + 0.8452 \text{ GCF } (\%) \times \text{WF } (\%)$



c.  $\text{Ácido fítico (g}/100\text{g}) = 0.0134 \text{ GQF } (\%) + 0.0185 \text{ GCF } (\%) + 0.0018 \text{ WF } (\%) - 0.0002 \text{ GQF } (\%) \times \text{GCF } (\%) - 0.0001 \text{ GQF } (\%) \times \text{WF } (\%) - 0.0002 \text{ GCF } (\%) \times \text{WF } (\%)$



d.  $GABA (\text{mg}/100 \text{ g}) = 1.0334 \text{ GQF } (\%) - 0.1105 \text{ GCF } (\%) + 0.0229 \text{ WF } (\%) - 0.0104 \text{ GQF } (\%) \times \text{GCF } (\%) - 0.0124 \text{ GQF } (\%) \times \text{WF } (\%) + 0.0033 \text{ GCF } (\%) \times \text{WF } (\%)$



**Figura 8:**

Gráfico de superficie de respuesta y contorno para contenido de compuestos bioactivos en galletas formulado con harina de Quinua y Cañihua germinadas. a. Capacidad de absorción de radicales de oxígeno en  $\mu\text{moles TE/mg}$  expresado en base seca (ORAC) b. Compuestos fenólicos totales en  $\text{mg GAE}/100\text{g}$  expresados en base seca (TPC), c. Ácido fítico en  $\text{g}/100\text{g}$  expresado en base seca, d. ácido gamma-aminobutírico en  $\text{mg}/100 \text{ g}$  (GABA)

#### 4.5. DETERMINACION DE SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO POR HARINA DE GRANOS GERMINADOS DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLIDICAULE) PARA LA ELABORACIÓN PAN DE MOLDE Y GALLETA

Para determinar la formulación que maximiza los compuestos bioactivos en galletas, se aplicó la metodología de función deseada, teniendo como criterios de optimización maximizar el contenido de GABA, TPC y ORAC, y minimizar el contenido de ácido fitico, teniendo como mejor formulación Galletas Formulación optima: 15% de GQF, 19% de GCF y 66% de WF. Para determinar la mejor formulación de panes de molde, se escogió la formulación que presento el mayor contenido de GABA, TPC y ORAC, siendo la formulación 6% de GQF, 10% de GCF y 84% de WF. En la tabla 12 se presenta la composición proximal, TPC y ORAC de la galleta y pan de molde con las mejores formulaciones.

**Tabla 12:**

Composición proximal y compuesto bioactivos de pan de molde y galleta formuladas con la mezcla optimas de harina de quinua germinada, harina de cañihua germinada y harina de trigo.

Componente	Pan de molde	Galleta
Proteína (%) Factor 6.25	7.39± 0.24	7.74± 0.13
Grasa (%)	4.58± 0.24	13.39± 0.31
Humedad (%)	29.40± 0.15	3.10± 0.22
Cenizas (%)	2.12± 0.12	0.90± 0.09
ORAC (µmoles TE/mg d.m.)	2280.36 ± 135.60	3488.24 ± 135.55
TPC (mg GAE/100 g d.m.)	301.38 ± 27.47	549.61 ± 46.21
Control ORAC (µmoles TE/mg d.m.)	18.45 ± 1.82	25.50±2.80
Control TPC (mg GAE/100 g d.m.)	46.80 ±3.47	52.59±3.74

Se realizo la caracterización proximal y compuestos bioactivos del pan de molde (Tabla 12), los valores variaron con los obtenidos por Borges et al. (2012) al evaluar el contenido de humedad y proteína de los panes de molde incorporados con harina de quinua, con contenidos del orden de 35,37% a

35,59% para la humedad y de 12.43% a 14.32% en el contenido de proteína, para el contenido de grasa (3.4% - 4.36%) los resultados fueron similares.

Benayad et al (2020), encontraron un aumento de proteína en panes enriquecidos con 30% de harina de frijol, este hallazgo corrobora Ramirez-Jimenez et al., (2018), cuando observaron un aumento en el contenido de proteína en barras de cereal enriquecidas con harina de frijol, hallazgos que respaldan los beneficios de reemplazar la harina de trigo con harina de granos en términos de contenido de proteína en comparación con los productos elaborados solo con harina de trigo.

Sumaya-Martínez et al. (2019), realizaron un estudio acerca del análisis de actividad antioxidante en subproductos del despulpado de mango (*Mangifera indica* L.) en donde indican, que en la agroindustria es de vital importancia la utilización de materias primas con propiedades funcionales para la elaboración e innovación de nuevos productos a base de estos. En relación a lo mencionado por los actores, se ratifica que el uso de ingredientes por sus características nutricionales permite desarrollar productos con valor agregado, tal es el caso de la manzana por sus propiedades antioxidantes que permitió obtener galletas con un considerable aporte de antioxidantes.

Se realizó una evaluación sensorial para evaluar la aceptabilidad de las galletas y panes de molde con la mejor formulación, obteniendo un promedio de calificación de aceptable por los panelistas.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- El proceso de germinación permitió incrementar el contenido de compuesto bioactivos y capacidad antioxidante de las harinas elaboradas con semillas de quinua y cañihua germinada.
- La incorporación de la harina de granos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en los panes de molde permitió aumentar el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante, siendo la mejor formulación de pan de molde con 6% de GQF, 10% de GCF y 84% de WF.
- La incorporación de la harina de granos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) en los panes de molde permitió aumentar el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante, siendo la mejor formulación de galleta con 15% de GQF, 19% de GCF y 66% de WF

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Elaborar otros productos como pastas y extruidos con harina germinadas de quinua y cañihua, y evaluar el efecto en el contenido de compuestos bioactivos y capacidad antioxidante.
- Determinar los parámetros de germinación de otros granos andinos del Perú, los cuales permitan mejorar sus propiedades nutritivas y funcionales, ya que es un proceso natural.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Aal, E. y Rabalski, I. (2013). Effect of baking on free and bound phenolic acids in wholegrain bakery products. *Journal of Cereal Science*, 57(3), 312-318.
- Abderrahim, F., Huanatico, E., Repo-Carrasco-Valencia, R., Arribas, S. M., Gonzalez, M. C., & Condezo-Hoyos, L. (2012). Effect of germination on total phenolic compounds, total antioxidant capacity, Maillard reaction products and oxidative stress markers in canihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Journal of Cereal Science*, 56(2), 410–417. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2012.04.013>
- Acosta-Estrada, B. A., Gutiérrez-Urbe, J. A., & Serna-Saldívar, S. O. (2014). Bound phenolics in foods, a review. *Food Chemistry*, 152, 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.093>
- Agrawal, Y., Sharma, P., Shrivastava, B., Ojha, S., Upadhya, H. M., Arya, D. S., & Goyal, S. N. (2014). Hesperidin produces cardioprotective activity via PPAR- $\gamma$  pathway in ischemic heart disease model in diabetic rats. *PloS one*, 9(11), e111212.
- Albarracín, M., González, R. y Drago, S. R. (2013). Effect of soaking process on nutrient bio-accessibility and phytic acid content of brown rice cultivar. *LWT – Food Science and Technology*, 53(1), 76–80.
- Aliaga, Mamani y Mamani (2017). Potencial alimenticio de los germinados de Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista APTHAPI* 3(3). 634-638. Disponible en: <http://ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/159/158>
- Alkhalidy, H., Wang, Y., y Liu, D. (2018). Dietary Flavonoids in the Prevention of T2D: An Overview. *Nutrients*, 10(4), 438.
- Alvarez-Jubete L, Arendt E, Gallagher E. 2010. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends Food Sci. Technol.* 21, 106–113. doi: 10.1016/j.tifs.2009.10.014.

- Alves D., Harumi E., Martins F., Camargo C. (2019). Influência da fermentação natural em pães de forma sem glúten a base de derivados de mandioca e farinha de arroz. *Anais CIIC 2019*. ISBN: 978-85-7029-149-3. P. 12-26.
- Alves, G., Perrone, D. (2015). Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins. *Food Chemistry*, 185, 65-74.
- American Association of Cereal Chemists. AACC International. (1999). Approved Methods of Analysis. Physical Dough Tests 11th Ed. AACCI Method 54-10.01: Extensograph method, general. 11 ed. St. Paul: AACC International
- American Association of Cereal Chemists. AACC International. (2011). Approved Methods of Analysis. Physical Dough Tests: AACCI Method 54-21.01: Farinograph method for flour. 11 ed. St. Paul: AACC International
- Amorati, R., & Valgimigli, L. (2015). Advantages and limitations of common testing methods for antioxidants. *Free Radical Research*, 49, 633-649.
- AOAC. (2004). Official Methods of Analysis. 18th. Edition
- Arranz, S., Calixto, F. S. (2010). Analysis of polyphenols in cereals may be improved performing acidic hydrolysis: A study in wheat flour and wheat bran and cereals of the diet. *Journal of Cereal Science*, 51(3), 313-318.
- Atkinson, F. S., Foster-Powell, K., & Brand-Miller, J. C. (2008). International tables of glycemic index and glycemic load values. *Diabetes care*, 31(12), 2281-2283.
- Ayala, G., L. Ortega y C. Morón (2004). Valor nutritivo y usos de la quinua. In: A. Mujica, S. Jacobsen, J. Izquierdo y JP. Marathe (eds). Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 215-253.
- Baidakova, N. V., & Orlova, T. N. (2017). Influence of abrasive grain geometrical characteristics on the grinding quality. *Procedia Engineering*, 206, 194-199.
- Balhmam, C. L., & Lanzarini, D. P. (2013). *Estudo reológico e físico-químico das farinhas de trigo destinadas à panificação produzidas em moinhos da região de*

Francisco Beltrão. Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná).

- Ballester-Sánchez, J., Millán-Linares, M. C., Fernández-Espinar, M. T., & Haros, C. M. (2019). Development of healthy, nutritious bakery products by incorporation of quinoa. *Foods*, 8(9), 379.
- Benayad, A., Taghouti, M., Benali, A., Aboussaleh, Y., & Benbrahim, N. (2021). Nutritional and technological assessment of durum wheat-faba bean enriched flours, and sensory quality of developed composite bread. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 635-642.
- Benítez, V., Cantera, S., Aguilera, Y., Mollá, E., Esteban, R. M., Díaz, M. F., & Martín-Cabrejas, M. A. (2013). Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. *Food Research International*, 50(1), 64-69.
- Betalleluz-Pallardel, I., Inga, M., Mera, L., Pedreschi, R., Campos, D., & Chirinos, R. (2017). Optimisation of extraction conditions and thermal properties of protein from the Andean pseudocereal cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *International Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 1026– 1034. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13368>
- Borges, J., De Paula, C., Pirozi, M., & Oliveira, K. (2012). Qualidade nutricional de pão de forma enriquecido com farinha de quinoa. *Alimentos hoy*, 21(27), 55-67.
- Borneo, R., & Aguirre, A. (2008). Chemical composition, cooking quality, and consumer acceptance of pasta made with dried amaranth leaves flour. *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 1748-1751.
- Bravo, A.; Reyna, R.; Gómez, M & Huapaya, H. 2013. Estudio químico y nutricional de granos andinos germinados de quinua (*Chenopodium quinoa*) y kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 16(1), 54 – 60.
- Budilarto, E. S., & Kamal-Eldin, A. (2015). The supramolecular chemistry of lipid oxidation and antioxidation in bulk oils. *European journal of lipid science and technology*, 117(8), 1095-1137.

- Buksa, K., Nowotna, A., Praznik, W., Gambuś, H., Ziobro, R., & Krawontka, J. (2010). The role of pentosans and starch in baking of wholemeal rye bread. *Food Research International*, 43(8), 2045–2051. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.06.005>
- Cartea, M. E.; Francisco, M.; Soengas, P.; Velasco, P. (2011). Phenolic compounds in *Brassica* Vegetables. *Molecules*, 16, 251-280.
- Chandrasekara, A., & Shahidi, F. (2010). Content of insoluble bound phenolics in millets and their contribution to antioxidant capacity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(11), 6706-6714.
- Chaparro, D. C., Pismag, R. Y., & Elizalde, C. A. (2011). “Efecto de la germinación sobre el contenido de hierro y calcio en amaranto, quinua, guandul y soya”. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 51-59.
- Chen, Z., Wang, P., Weng, Y., Ma, Y., Gu, Z., & Yang, R. (2017). Comparison of phenolic profiles, antioxidant capacity and relevant enzyme activity of different Chinese wheat varieties during germination. *Food Bioscience*, 20, 159–167. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.10.004>
- Chirinos, R., Ochoa, K., Aguilar-Gálvez, A., Carpentier, S., Pedreschi, R., & Campos, D. (2018). Obtaining of peptides with antioxidant and antihypertensive properties from cañihua protein (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *J Cereal Sci*, 83, 139-146.
- Choquehuanca, F. (2015). *Determinación de mercado para galletas con cañihua germinada y chocolates con quinua expandida, en las ciudades de Arequipa, Cusco y Juliaca*. [Tesis de maestría. Universidad Nacional del Altiplano].
- Cornejo, F., & Rosell, C. M. (2015). Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1203-1210.
- Cornejo, F., Caceres, P. J., Martínez-Villaluenga, C., Rosell, C. M., y Frias, J. (2015). Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. *Food Chemistry*, 173, 298-304.

- Cornejo, F., Caceres, P., Martínez-Villaluenga, C., Rosell, C. M., & Frias, J. (2015). Effects of germination on the nutritive value and bioactive compounds of brown rice breads. *Food Chemistry*, 173, 298-304.
- Crozier, A.; Clifford, M. N.; Ashihara, H. (2006). *Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet*. Blackwell Publishing Ltd.
- Cruz, M. (2017). *Aplicaciones de la Semilla Germinada de quinua (Chenopodium quinoa Willd) en la mejora Nutricional de los preparados Alimentarios*. [Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de Trujillo]
- de la Rosa-Millán, J., Heredia-Olea, E., Perez-Carrillo, E., Guajardo-Flores, D., & Serna-Saldívar, S. R. O. (2019). Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *LWT*, 102, 330-337.
- De Leyn, I. (2006). *Functional additives*. Blackwell Publishing: Ames, IA, USA.
- Delgado-Andrade, C., & Morales, F. J. (2005). Unraveling the contribution of melanoidins to the antioxidant activity of coffee brews. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(5), 1403-1407.
- Diana, M., Quílez, J., & Rafecas, M. (2014). Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *Journal of functional foods*, 10, 407-420.
- Diana, M.; Quílez, J.; Rafecas, M. 2014. Gamma-aminobutyric acid as a bioactive compound in foods: a review. *Journal of Functional Foods*, 10, 407-420.
- Drzikova, B.; Dongowski, G.; Gebhardt, E. 2005. Dietary fibre-rich oat-based products affect serum lipids, microbiota, formation of short-chain fatty acids and steroids in rats. *British Journal of Nutrition*, 94, 1012-1025.
- Duangmal, K., & Sangsukiam, T. (2013, December). Effect of germination period on changes in mungbean and azuki bean protein and amino acid profiles. In // *Southeast Asia Symposium on Quality Management in Postharvest Systems 1088* (pp. 563-568).

- Duarte, P. A. (2018). *Efeito do bioprocessamento enzimático sobre os compostos fenólicos em pães adicionados de farinha de jaboticaba (myrciaria jaboticaba)* (Doctoral dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro).
- El-Dash, A., Cabral, L. C., & Germani, R. (1994). Tecnologia de farinhas mistas. *Brasília: Embrapa*, 6.
- Esteller, M. S., & Lannes, S. C. D. S. (2005). Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. *Food Science and Technology*, 25, 802-806.
- Estrada, R. (2015). Fortalecimiento de la producción orgánica de kiwicha en la Región Cusco de la Dirección Regional Agraria. Cusco: Programa Nacional de Innovación Agraria en Culvos Andinos – Estación Experimental Andenes Cusco.
- FAO, 2013. The International Year of Quinoa, <http://www.fao.org/quinoa-2013/en/>
- Francisqueti, F., Souza, S. (2014). Alimentos germinados: das evidências científicas à viabilização prática. *Revista Brasileira de Nutrição Funcional*, 58(6), 29- 35.
- Gan, R. Y., Lui, W. Y., Wu, K., Chan, C. L., Dai, S. H., Sui, Z. Q., & Corke, H. (2017). Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 1-14.
- Gélinas, P., & McKinnon, C. M. (2006). Effect of wheat variety, farming site, and bread-baking on total phenolics. *International journal of food science & technology*, 41(3), 329-332.
- Gerard, K. A., & Roberts, J. S. (2004). Microwave heating of apple mash to improve juice yield and quality. *LWT-Food Science and Technology*, 37(5), 551-557.
- Goesaert, H., Slade, L., Levine, H., & Delcour, J. A. (2009). Amylases and bread firming—an integrated view. *Journal of cereal science*, 50(3), 345-352.
- Gökmen, V., Serpen, A., & Mogol, B. A. (2012). Rapid determination of amino acids in foods by hydrophilic interaction liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 403(10), 2915-2922.
- Gómez-Caravaca A. M., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A, Caboni M. F. 2011. Simultaneous determination of phenolic compounds and saponins in

quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) by a liquid chromatography-diode array detection- electrospray ionization-time of flight mass spectrometry methodology. *J. Agric. Food Chem.* 59, 10815-10825. dx.doi.org/10.1021/jf202224.

Grandés, G. (2008). *Evaluación sensorial y fisicoquímica de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones*. (Tesis de Título. Universidad de Piura).

Gutkoski, L. C., Brehm, C. M., Santos, E. D., & Mezzomo, N. (2005). Efeito de ingredientes na qualidade da massa de pão de forma congelada não fermentada durante o armazenamento. *Food Science and Technology*, 25, 460-467.

Han, Y., Chi, J., Zhang, M., Zhang, R., Fan, S., Huang, F., Xue, K., Liu, L. 2019. Characterization of saponins and phenolic compounds: antioxidant activity and inhibitory effects on  $\alpha$ -glucosidase in different varieties of colored quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 83, 2128-2139.

Hayat, A., Jahangir, T., Khuhawar, M., Alamgir, M., Siddiqui, A., & Musharraf, S. (2014). Simultaneous HPLC determination of gamma amino butyric acid (GABA) and lysine in selected Pakistani rice varieties by pre-column derivatization with 2-Hydroxynaphthaldehyde. *Journal of cereal science*, 60(2), 356-360.

Hernández, M. S. (2012). Propiedades reológicas y de textura de formulaciones para panificación con inclusión de quinua. *Vitae*, 19(1), S270-S272.

Hirawan, R., Ser, W. Y., Arntfield, S. D., & Beta, T. (2010). Antioxidant properties of commercial, regular-and whole-wheat spaghetti. *Food Chemistry*, 119(1), 258-264.

Huang, L., Liu, M., Huang, H., Wen, Y., Zhang, X., & Wei, Y. (2018). Recent advances and progress on melanin-like materials and their biomedical applications. *Biomacromolecules*, 19(6), 1858-1868.

Jan, K. N., Panesar, P. S., & Singh, S. (2018). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa flour. *Lwt*, 93, 573-582.

Jan, R., Saxena, D. C., & Singh, S. (2016). Physico-chemical, textural, sensory and antioxidant characteristics of gluten-free cookies made from raw and germinated

Chenopodium (*Chenopodium album*) flour. *LWT-Food Science and Technology*, 71, 281- 287.

Jenner, A. M., Rafter, J., Halliwell, B., Human fecal water content of phenolics: the extent of colonic exposure to aromatic compounds. *Free Radic. Biol. Med.* 2005, 38, 763– 772.

Jimenez, M. D., Lobo, M., & Sammán, N. (2019). 12th IFDC 2017 Special Issue – Influence of germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*) and amaranth (*Amaranthus*) grains on nutritional and techno-functional properties of their flours. *Journal of Food Composition and Analysis*, 84(January 2018), 103290. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103290>

Joshi, D. C., Sood, S., Hosahatti, R., Kant, L., Pattanayak, A., Kumar, A., Yadav, D., Stetter, M. G. 2018. From zero to hero: the past, present and future of grain amaranth breeding. *Theor. Appl. Genet.* 131, 1807-1823.

Khan, I., Yousif, A., Johnson, S. K., & Gamlath, S. (2013). Effect of sorghum flour addition on resistant starch content, phenolic profile and antioxidant capacity of durum wheat pasta. *Food Research International*, 54(1), 578-586.

Khang, D. T., Dung, T. N., Elzaawely, A. A., & Xuan, T. D. (2016). Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes. *Foods*, 5(2), 27.

Khattak, A. B., Zeb, A., Bibi, N., Khalil, S. A., & Khattak, M. S. (2007). Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food chemistry*, 104(3), 1074-1079.

Kim, S., Lee, J. W., Heo, Y., & Moon, B. (2016). Effect of *Pleurotus eryngii* mushroom  $\beta$ -glucan on quality characteristics of common wheat pasta. *Journal of food science*, 81(4), C835-C840.

Ktenioudaki, A., Alvarez-Jubete, L., Smyth, T. J., Kilcawley, K., Rai, D. K., & Gallagher, E. (2015). Application of bioprocessing techniques (sourdough fermentation and technological aids) for brewer's spent grain breads. *Food Research International*, 73, 107-116.

Lamberts, L., Joye, I. J., Beliën, T., & Delcour, J. A. (2012). Dynamics of  $\gamma$ -aminobutyric acid in wheat flour bread making. *Food Chemistry*, 130(4), 896-901.

- Lee, S. H., Park, H. J., Cho, S. Y., Jung, H. J., Cho, S. M., Cho, Y. S., & Lillehoj, H. S. (2005). Effects of dietary phytic acid on serum and hepatic lipid levels in diabetic KK mice. *Nutrition Research*, 25(9), 869-876.
- Lemos, A. R., Capriles, V.D., Pinto e Silva, M.E.M., & Arêas, J.A.G. (2012). Effect of incorporation of amaranth on the physical properties and nutritional value of cheese bread. *Food Science and Technology*, 32(3), 427-431.
- León, A. E., Rosell, C. M., Gómez Pallarés, M., Brites, C., Haros, M., Trigo, M. J., ... & Benedito, C. (2007). *De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. ISEKI-Food.
- Lin, M., Han, P., Li, Y., Wang, W., Lai, D., Zhou, L. (2019). Quinoa secondary metabolites and their biological activities of functions. *Molecules*, 24, 2512.
- Lindenmeier, M., & Hofmann, T. (2004). Influence of baking conditions and precursor supplementation on the amounts of the antioxidant pronyl-L-lysine in bakery products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(2), 350-354.
- Lindenmeier, M., & Hofmann, T. (2004). Influence of baking conditions and precursor supplementation on the amounts of the antioxidant pronyl-I-lysine in bakery products. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 350–354.
- Liu, C., Yu, Q., Li, Z., Jin, X., & Xing, W. (2020). Metabolic and transcriptomic analysis related to flavonoid biosynthesis during the color formation of *Michelia crassipes* tepal. *Plant Physiology and Biochemistry*, 155, 938-951.
- Liu, T., Hou, G. G., Cardin, M., Marquart, L., & Dubat, A. (2017). Quality attributes of whole-wheat flour tortillas with sprouted whole-wheat flour substitution. *LWT*, 77, 1-7.
- López-Amorós, M. L., Hernández, T., & Estrella, I. (2006). Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(4), 277-283.
- López-Martínez, L. X., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., & Heredia, J. B. (2017). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods*, 38, 624–634. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2017.03.002>

- López-Martínez, L; Leyva-López, N; Gutiérrez-Grijalva, E; & Heredia, B. (2017). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of functional foods*, 38(2), 624-634.
- Luna, E. (2015). Influencia del germinado y coccion humeda en compuestos bioactivos de dos accesiones de cañihua (*Chenopodium Pallidicaule Aellen*) (Tesis de titulo, Universidad Nacional del Altiplano).
- Luna-Mercado, G. I., & Repo-Carrasco-Valencia, R. (2021). Gluten-free bread applications: Thermo-mechanical and techno-functional characterization of Kañiwa flour. *Cereal Chemistry*, 98(3), 474-481. <https://doi.org/10.1002/cche.10386>
- Makowski, B., Rosicka-Kaczmarek, J., & Nebesny, E. (2015). Bioactive compounds in cereals: Technological and nutritional properties. *Sources and applications*, 103
- Mamani, E. (2017). *Influencia del germinado y cocción húmeda en compuestos bioactivos de dos accesiones de cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen)*. (Trabajo de graduación para optar título. Universidad Nacional del Altiplano).
- Mamani, Y., Quispe M. (2017). *Efecto de la calidad proteica de la mezcla de harinas de kiwicha germinada y garbanzo (2:1) en la recuperación nutricional y en los diversos órganos en ratas albinas inducidos a desnutrición, Arequipa 2016*. (Tesis para optar Título, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa)
- Mamone, G., Nitride, C., Picariello, G., Addeo, F., Ferranti, P., & Mackie, A. (2015). Tracking the fate of pasta (T. durum semolina) immunogenic proteins by in vitro simulated digestion. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(10), 2660-2667.
- Manley, D. (2000). *Technology of biscuits, crackers and cookies*. Woodhead Publishing Ltd.
- Marti, A., Cardone, G., Pagani, M. A., & Casiraghi, M. C. (2018). Flour from sprouted wheat as a new ingredient in bread-making. *LWT*, 89, 237-243.
- Martinez, C. S., Ribotta, P. D., Añón, M. C., & León, A. E. (2014). Effect of amaranth flour (*Amaranthus mantegazzianus*) on the technological and sensory quality of bread wheat pasta. *Food Science and Technology International*, 20(2), 127-135.

- Meyhuay, M., & Mejia, D. (2013). Quinoa: Operaciones de poscosecha. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago de Chile: Instituto de desarrollo Agroindustrial (INDDA) 36p.*
- Moreno, M. D. L., Comino, I., & Sousa, C. (2014). Alternative grains as potential raw material for gluten-free food development in the diet of celiac and gluten-sensitive patients. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences, 2(3)*, 1016-1023.
- Morita, N.; Hirata, C.; Park, S.H.; Mitsunaga, T. (2001). Quinoa flour as a new foodstuff for improving dough and bread. *J. Appl. Glycosci. 48(3)*, 263-270.
- Myers, R.H.; Montgomery, D.C. (2002). *Experiment with mixtures. In: Response surface methodology: process and product optimization using designed experiments.* John Wiley and Sons, Inc., New York. Pp 557-577
- Nderitu, A. M., Dykes, L., Awika, J. M., Minnaar, A., & Duodu, K. G. (2013). Phenolic composition and inhibitory effect against oxidative DNA damage of cooked cowpeas as affected by simulated in vitro gastrointestinal digestion. *Food Chemistry, 141(3)*, 1763-1771.
- N'Dri, D., Mazzeo, T., Zaupa, M., Ferracane, R., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2013). Effect of cooking on the total antioxidant capacity and phenolic profile of some whole-meal African cereals. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 93(1)*, 29-36.
- Nelson, K., Stojanovska, L., Vasiljevic, T., & Mathai, M. (2013). Germinated grains: a superior whole grain functional food?. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology, 91(6)*, 429-441.
- Noratto, G., Carrion-Rabanal, R. M., Mencia, A., et al., Quinoa protective effects against obesity induced intestinal inflammation. *FASEB J 2015, 29, Supplement 602.9.*
- Nyambe-Silavwe, H., Villa-Rodriguez, J. A., Ifie, I., Holmes, M., Aydin, E., Jensen, J. M., y Williamson, G. (2015). Inhibition of human  $\alpha$ -amylase by dietary polyphenols. *Journal of Functional Foods, 19*, 723–732.

- O'shea, N., Rößle, C., Arendt, E., & Gallagher, E. (2015). Modelling the effects of orange pomace using response surface design for gluten-free bread baking. *Food Chemistry*, 166, 223-230.
- Oatway, L., Vasanthan, T., & Helm, J. H. (2001). Phytic acid. *Food Reviews International*, 17(4), 419-431.
- Oh, C. H.; Oh, S. H. 2004. Effect of germinated brown rice extracts with enhanced levels of GABA on cancer cell proliferation and apoptosis. *Journal of Medicinal Food*, 7, 19–23.
- Ohm, J. B., Lee, C. W., & Cho, K. (2016). Germinated wheat: Phytochemical composition and mixing characteristics. *Cereal Chemistry*, 93(6), 612-617.
- Olivares, Y. & Ricaldi, K. (2013). *Efecto del proceso de malteado en las características fisicoquímicas y químicas en la obtención de harina de maíz (Zea mays)*. (Trabajo de graduación para optar Título, Universidad Nacional del Centro del Perú)
- Ozidal, T., Sela, D. A., Xiao, J., Boyacioglu, D. (2016). The reciprocal interactions between polyphenols and gut microbiota and effects on bioaccessibility. *Nutrients*, 8, 78.
- Palani Swamy, S. kumaran, & Govindaswamy, V. (2015). Therapeutical properties of ferulic acid and bioavailability enhancement through feruloyl esterase. *Journal of Functional Foods*, 17, 657–666. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.013>
- Pasqualone, A., Delvecchio, L. N., Gambacorta, G., Laddomada, B., Urso, V., Mazzaglia, A., ... & Miceli, G. D. (2015). Effect of supplementation with wheat bran aqueous extracts obtained by ultrasound-assisted technologies on the sensory properties and the antioxidant activity of dry pasta. *Natural product communications*, 10(10), 1934578X1501001026.
- Paucar Menacho, L.; Martínez Villaluenga, C.; Dueñas M.; Frias, J.; Peñas, E. (2018). Response surface optimisation of germination conditions to improve the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity in quinoa. *International Journal of Food Science & Technology* 53(2), 516-524

- Paucar-Menacho, L. M., Martínez-Villaluenga, C., Dueñas, M., Frias, J., & Peñas, E. (2017). Optimization of germination time and temperature to maximize the content of bioactive compounds and the antioxidant activity of purple corn (*Zea mays* L.) by response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 236-244.
- Paucar-Menacho, L. M., Peñas, E., Dueñas, M., Frias, J., & Martínez-Villaluenga, C. (2017). Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 245–252. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.038>
- Paucar-Menacho, L.; Peñas, E.; Dueñas, M.; Frias, J.; Martínez-Villaluenga, C. (2017). Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *LWT-Food Science and Technology* 76, 245-242
- Paucar-Menacho, L.M., Martínez-Villaluenga, C, Dueñas, M., Frias, J., & Peñas, E (2018). Response surface optimization of germination conditions to improve the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity in quinoa. *International Journal of Food Science and Technology*, 53 (2), 516-524.
- Paucar-Menacho, L.M., Peñas, E., Dueñas, M., Frias, J. & Martínez-Villaluenga, C. (2017). Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) using response surface methodology. *LWT - Food Science and Technology*, 76, 245–252.
- Pérez-Santana, D., Rodríguez-Sanchez, J. L., Calle, J., de Villavicencio, M. N., Diaz-Ortega, L., & Herrera-Llanes, L. (2018). Utilización de la cascarilla de cacao como fuente de fibra dietética y antioxidantes en la elaboración de galletas dulces: Use of cocoa bean shell as a source of dietetic fiber and antioxidants in the production of sweet cookies. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(3), 62-67.
- Prabhasankar, P., Ganesan, P., Bhaskar, N., Hirose, A., Stephen, N., Gowda, L. R., ... & Miyashita, K. (2009). Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria*

- pinnatifida) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*, 115(2), 501-508.
- Pyler, E. J.; Gorton, L. A. (2009). *Baking Science & Technology. Volume II: Formulation & Production*. Cuarta edición. Kansas: Sosland Publishing Co.,
- Rai, S., Kaur, A., & Chopra, C. S. (2018). Gluten-free products for celiac susceptible people: A review. *Frontiers in nutrition*, 5, 116.
- Ramírez, M. (2015). *Elaboración de sopa deshidratada a partir de germinados y hojas de quinoa (Chenopodium quinoa, Willd) y arveja (Pisum sativum)*. (Trabajo de graduación para optar título, Universidad Nacional Agraria la Molina)
- Ramos, N. C., Piemolini-Barreto, L. T., & Sandri, I. G. (2012). Elaboração de pré-mistura para bolo sem glúten. Preparation pré mix to cake free-gluten. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 23(1), 33-38.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., & Arana, J. V. (2017). Carbohydrates of kernels. *Pseudocereals: chemistry and technology*, 49-69.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., Hellström, J. K., Pihlava, J. M., & Mattila, P. H. (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chemistry*, 120(1), 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.087>
- Rocchetti, G., Lucini, L., Chiodelli, G., Giuberti, G., Montesano, D., Masoero, F., & Trevisan, M. (2017). Impact of boiling on free and bound phenolic profile and antioxidant activity of commercial gluten-free pasta. *Food research international*, 100, 69-77.
- Rochetti, G., Lucini, L., Lorenzo Rodriguez, J. M., Barba, F. J., Giuberti, G. 2019. Gluten-free flours from cereals, pseudocereals and legumes: Phenolic fingerprints and in vitro antioxidant properties, *Food Chem.* 271, 157-164.
- Rodríguez, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista U.D.C.A Actualidad &*

- Palacios, R. R. (2000). Efecto de iones y otros factores físicos sobre la germinación de semillas. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 44(3), 233-236.
- Rosa, N. N., Barron, C., Gaiani, C., Dufour, C., & Micard, V. (2013). Ultra-fine grinding increases the antioxidant capacity of wheat bran. *Journal of Cereal Science*, 57(1), 84-90.
- Rosell, C.M.; Collar, C.; Haros, M. (2007). Assessment of hydrocolloid effects on the thermo- mechanical properties of wheat using the Mixolab. *Food Hydrocoll.* 21, 452-462.
- Ruiz, K. B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I. S. et al. 2013. Quinoa diversity and sustainability for Food security under climate change. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 349-359.
- Saa, D. T., Di Silvestro, R., Dinelli, G., & Gianotti, A. (2017). Effect of sourdough fermentation and baking process severity on dietary fibre and phenolic compounds of immature wheat flour bread. *LWT-Food Science and Technology*, 83, 26-32.
- Saldivar, S. O. S. (2015). *Cereals: Types and Composition. Encyclopedia of Food and Health* (1st ed.). Elsevier Ltd.
- Saleh, H. M., Hassan, A. A., Mansour, E. H., Fahmy, H. A., & El-Bedaway, A. E. F. A. (2017). Melatonin, phenolics content and antioxidant activity of germinated selected legumes and their fractions. *J Saudi Soc Agric Sci* 18 (3), 294–301.
- Sandoval-Sicairos, E. S., Domínguez-Rodríguez, M., Montoya-Rodríguez, A., Milán-Noris, A. K., Reyes-Moreno, C., & Milán-Carrillo, J. (2020). Phytochemical compounds and antioxidant activity modified by germination and hydrolysis in Mexican amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(2), 192-199.
- Schlemmer, U., Frølich, W., Prieto, R. M., & Grases, F. (2009). Phytate in foods and significance for humans: food sources, intake, processing, bioavailability, protective role and analysis. *Molecular nutrition & food research*, 53(S2), S330-S375.

- Schoenlechner, R., Drausinger, J., Ottenschlaeger, V., Jurackova, K., & Berghofer, E. (2010). Functional properties of gluten-free pasta produced from amaranth, quinoa and buckwheat. *Plant foods for human nutrition*, 65(4), 339-349.
- Schoenlechner, R., Siebenhandl, S., & Berghofer, E. (2008). Pseudocereals. In *Gluten-free cereal products and beverages* (pp. 149-VI). Academic Press.
- Shafi, M., Baba, W. N., Masoodi, F. A., & Bazaz, R. (2016). Wheat-water chestnut flour blends: effect of baking on antioxidant properties of cookies. *Journal of food science and technology*, 53(12), 4278-4288.
- Sharma, P., & Gujral, H. S. (2014). Cookie making behavior of wheat–barley flour blends and effects on antioxidant properties. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 301-307.
- Sharma, S., Singh, A., & Singh, B. (2019). Characterization of in vitro antioxidant activity, bioactive components, and nutrient digestibility in pigeon pea (*Cajanus cajan*) as influenced by germination time and temperature. *Journal of food biochemistry*, 43(2), e12706.
- Shi, Y., Liu, M., Deng, F., Zeng, G., Wan, Q., Zhang, X., & Wei, Y. (2017). Recent progress and development on polymeric nanomaterials for photothermal therapy: a brief overview. *Journal of Materials Chemistry B*, 5(2), 194-206.
- Sicignano, A., Di Monaco, R., Masi, P., & Cavella, S. (2015). From raw material to dish: pasta quality step by step. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), 2579-2587.
- Singh, A., Sharma, S., & Singh, B. (2017). Effect of germination time and temperature on the functionality and protein solubility of sorghum flour. *Journal of Cereal Science*, 76, 131–139. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.06.003>
- Stallknecht, G. F., Gilbertson, K. M., & Ranney, J. E. (1996). Alternative wheat cereals as food grains: Einkorn, emmer, spelt, kamut, and triticale. *Progress in new crops*, 156-170.
- Suárez-Estrella, D., Cardone, G., Buratti, S., Pagani, M. A., & Marti, A. (2020). Sprouting as a pre-processing for producing quinoa-enriched bread. *Journal of Cereal Science*, 96, 103111.

- Suárez-Estrella, D., Cardone, G., Buratti, S., Pagani, M. A., & Marti, A. (2020). Sprouting as a pre-processing for producing quinoa-enriched bread. *Journal of Cereal Science*, 96, 103111.
- Suárez-Estrella, D., Cardone, G., Buratti, S., Pagani, M. A., & Marti, A. (2020). Sprouting as a pre-processing for producing quinoa-enriched bread. *Journal of Cereal Science*, 96, 103111.
- Subba Rao, M. V. S. S. T., & Muralikrishna, G. (2004). Structural analysis of arabinoxylans isolated from native and malted finger millet (*Eleusine coracana*, ragi). *Carbohydrate Research*, 339(14), 2457–2463. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.07.005>
- Sumaya-Martínez, M. T., Medina-Carrillo, R. E., González-Ocegueda, E., Jiménez-Ruiz, E. I., Balois-Morales, R., Sánchez-Herrera, L. M., & López-Nahuatt, G. (2019). Subproductos del despulpado de mango (*Mangifera indica* L.): actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tres cultivares de mango. *Revista Bio Ciencias*, 6, 20.
- Świeca, M., Sęczyk, Ł., Gawlik-Dziki, U., & Dziki, D. (2014). Bread enriched with quinoa leaves—The influence of protein–phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food chemistry*, 162, 54-62.
- Tamsen, M., Shekarchizadeh, H., & Soltanizadeh, N. (2018). Evaluation of wheat flour substitution with amaranth flour on chicken nugget properties. *LWT*, 91, 580-587.
- Tan, Y., y Chang, S. K. C. (2017). Digestive enzyme inhibition activity of the phenolic substances in selected fruits, vegetables and tea as compared to black legumes. *Journal of Functional Foods*, 38, 644–655.
- Tang, Y., Li, X., Zhang, B., Chen, P. X., Liu, R., & Tsao, R. (2015). Characterisation of phenolics, betanins and antioxidant activities in seeds of three *Chenopodium quinoa* Willd. genotypes. *Food Chemistry*, 166, 380–388. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.018>
- Tang, Y., Tsao, R., 2017, Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Mol. Nutr. Food Res.* 61, 1600767. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600767>

- Tarko, T., Duda-Chodak, A., & Zajac, N. (2013). Digestion and absorption of phenolic compounds assessed by in vitro simulation methods. A review. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 64(2).
- Tian, W., Chen, G., Tilley, M., & Li, Y. (2021). Changes in phenolic profiles and antioxidant activities during the whole wheat bread-making process. *Food Chemistry*, 345, 128851.
- Torres, A., Frias, J., Granito, M., & Vidal-Valverde, C. (2007). Germinated *Cajanus cajan* seeds as ingredients in pasta products: Chemical, biological and sensory evaluation. *Food chemistry*, 101(1), 202-211.
- Tosi, E. A., Re, E. D., Masciarelli, R., Sánchez, H., Osella, C., & De La Torre, M. A. (2002). Whole and defatted hyperproteic amaranth flours tested as wheat flour supplementation in mold breads. *LWT-Food Science and Technology*, 35(5), 472-475.
- Valencia, Z., Ccapa, K., Catacora, P., & Quispe, F. (2017). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de semillas de quinua peruana ( *Chenopodium quinoa* W .) bioactive compounds and antioxidant activity from peruvian quinoa seeds ( *Chenopodium quinoa* W .). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(1), 16–29.
- Van Hung, P., Yen, N. T. H., Phi, N. T. L., Tien, N. P. H., & Trung, N. T. T. (2020). Nutritional composition, enzyme activities and bioactive compounds of mung bean (*Vigna radiata* L.) germinated under dark and light conditions. *LWT*, 133, 110100.
- Vásquez-Villalobos, V.; Vásquez, J.; Méndez, E. (2014). Modelamiento por Lógica Difusa de la Preferencia y Aceptabilidad Sensorial de Corazones de Alcachofa (*Cynara Scolymus* L.) Marinadas en Conserva. *Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos Cibia9. Libro de Actas*, 2. 288-295.
- Walter, M., & Marchesan, E. (2011). Phenolic compounds and antioxidant activity of rice. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54, 371-377.
- Wu, F.; Yang, N.; Touré, A.; Jin, Z.; Xu, X. 2012. Germinated brown rice and its role in human health. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53, 451-463.

- Xu, J. G., Tian, C. R., Hu, Q. P., Luo, J. Y., Wang, X. D., & Tian, X. D. (2009). Dynamic changes in phenolic compounds and antioxidant activity in oats (*Avena nuda* L.) during steeping and germination. *Journal of agricultural and food chemistry*, *57*(21), 10392-10398.
- Xu, X., Luo, Z., Yang, Q., Xiao, Z., & Lu, X. (2019). Effect of quinoa flour on baking performance, antioxidant properties and digestibility of wheat bread. *Food chemistry*, *294*, 87-95.
- Xu, Y., Guo, Y., Gao, Y., Niu, X., Wang, L., Li, X., Chen, H., Yu, Z., y Yang, Y. (2018). Separation, characterization and inhibition on  $\alpha$ -glucosidase,  $\alpha$ -amylase and glycation of a polysaccharide from blackcurrant fruits, *LWT. Food Science and Technology*, *93*, 16–23.
- Yamani, B. V. (2015). *Substituição parcial de farinha de trigo por farinha de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) e maca (*Lepidium meyenii* W.) na elaboração de panetone*. (Tesis doctoral, Universida de Sao Paulo)
- Yang, B., Guo, M., & Zhao, Z. (2020). Incorporation of wheat malt into a cookie recipe and its effect on the physicochemical properties of the corresponding dough and cookies. *LWT*, *117*, 108651.
- Yeo, J., & Shahidi, F. (2015). Critical evaluation of changes in the ratio of insoluble bound to soluble phenolics on antioxidant activity of lentils during germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *63*(2), 379-381.
- Yoshimura, M.; Toyoshi, T.; Sano, A.; Izumi, T.; Fujii, T.; Konishi, C.; Inai, S.; Matsukura, C.; Fukuda, N.; Ezura, H.; Obata, A. (2010). Antihypertensive effect of a  $\gamma$ -aminobutyric acid rich tomato cultivar “DG03-9” in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*, 615–619.
- Zaupá, M., Calani, L., Del Rio, D., Brighenti, F., & Pellegrini, N. (2015). Characterization of total antioxidant capacity and (poly) phenolic compounds of differently pigmented rice varieties and their changes during domestic cooking. *Food chemistry*, *187*, 338-347.
- Zhang, B., Deng, Z., Ramdath, D. D., Tang, Y., Chen, P. X., Liu, R., Liu, Q., y Tsao, R. (2015). Phenolic profiles of 20 Canadian lentil cultivars and their contribution

to antioxidant activity and inhibitory effects on  $\alpha$ -glucosidase and pancreatic lipase. *Food Chemistry*, 172, 862–872.

Zhang, X., Liu, M., Zhang, X., Deng, F., Zhou, C., Hui, J., ... & Wei, Y. (2015). Interaction of tannic acid with carbon nanotubes: enhancement of dispersibility and biocompatibility. *Toxicology Research*, 4(1), 160-168.

Zhou, Z., Chen, X., Zhang, M., & Blanchard, C. (2014). Phenolics, flavonoids, proanthocyanidin and antioxidant activity of brown rice with different pericarp colors following storage. *Journal of Stored Products Research*, 59, 120-125.

Zhu, F. (2018). Anthocyanins in cereals: Composition and health effects. *Food Research International*, 109, 232–249.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.015>

Žilić, S., Kocadağlı, T., Vančetović, J., & Gökmen, V. (2016). Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 597-603.

Žilić, S., Kocadağlı, T., Vančetović, J., & Gökmen, V. (2016). Effects of baking conditions and dough formulations on phenolic compound stability, antioxidant capacity and color of cookies made from anthocyanin-rich corn flour. *LWT-Food Science and technology*, 65, 597-603.

# **ANEXOS**

## ANEXO 01 :

# Proceso elaboración de harina de quinua y cañihua germinadas

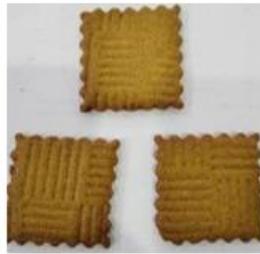
### Parámetros de Germinación:

- Quinua (20°C x 42 h con 90% HR)
- Cañihua (20°C x 30 h con 90% HR)



## ANEXO 02

# Proceso elaboración de galletas



## ANEXO 03

### Proceso elaboración de Pan de molde



**ANEXO 04**  
**RESULTADOS DE ANALISIS**

**DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACION SALUDABLES CON ALTO CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A PARTIR DE HARINA DE GRANOS ANDINOS GERMINADOS”, financiado por FONDECYT**

**FICHA TÉCNICA DE LA GERMINACIÓN DE GRANOS DE CAÑIHUA**

<b>Preparado por:</b> Símpalo López W. Esquivel Paredes L. Castillo Martínez W.	<b>Revisado por:</b> Dra. Luz María Paucar Menacho	<b>Aprobado por:</b> Dra. Luz María Paucar Menacho	<b>Versión:</b> 001-2019  <b>Fecha:</b> Junio 2019
<b>Descripción del producto</b>	Granos germinados a nivel de laboratorio de cañihua ( <i>Chenopodium pallidicaule</i> ) de la variedad Illpa, bajo condiciones definidas de temperatura y humedad relativa.		
<b>Descripción del proceso de germinación</b>			
<b>Selección</b>	Se seleccionó granos sanos y libres de cualquier contaminación, cuyas características físicas son: Color rojo y forma redondeada.		
<b>Lavado y Desinfección</b>	Se lavó los granos con agua potable y fueron desinfectadas con un solución de agua destilada e hipoclorito de sodio al 0.01%, durante 30 minutos a temperatura ambiente (23°C).		
<b>Maceración</b>	La maceración se realizó a temperatura ambiente (23°C) con agua destilada durante 7 horas en una relación grano agua 1:5.		

**DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACION SALUDABLES CON ALTO CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A PARTIR DE HARINA DE GRANOS ANDINOS GERMINADOS”, financiado por FONDECYT**

<b>Germinación</b>	La germinación del grano se realizó a una temperatura de 24°C, con una humedad relativa de 90% por un tiempo de 42 h. Se colocó en cada bandeja germinadora 20 g de quinua.	 A photograph showing a large quantity of germinated quinoa grains. The grains are light brown and have long, thin, white roots extending from them, indicating they have been sprouted.
<b>Secado</b>	El secado de los granos germinados se realizó a una temperatura de 40°C durante 30 h. El proceso de secado se realizó en un secador de bandejas.	 A photograph showing two trays filled with dried, germinated quinoa grains. The grains are a uniform brown color and appear to be completely dry, with no visible roots.
<b>Molienda</b>	Los granos germinados y secos se molieron a grano fino en un molino universal.	 A photograph showing a blue universal mill. A funnel-shaped container is pouring the dried, germinated quinoa grains into the mill's hopper. The mill is positioned on a white surface.
<b>Almacenamiento</b>	El grano germinado seco y molido se almaceno en refrigeración a una temperatura de 4°C.	 A photograph showing a white, rectangular bag of milled germinated quinoa flour. The bag is filled with a fine, light-colored powder and is sealed at the top.

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA GERMINACIÓN DE LA CAÑIHUA  
(*Chenopodium pallidicaule*)

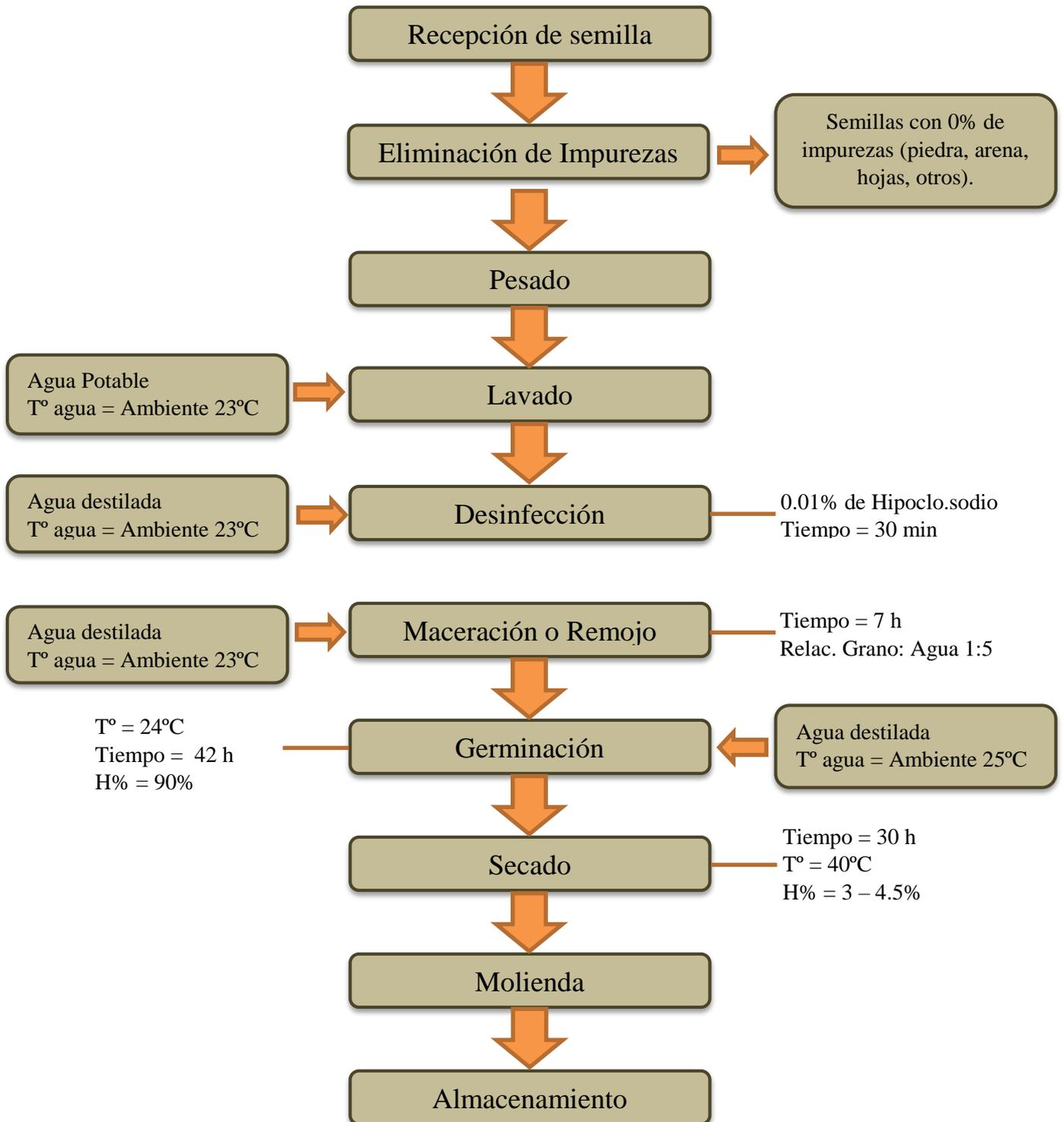
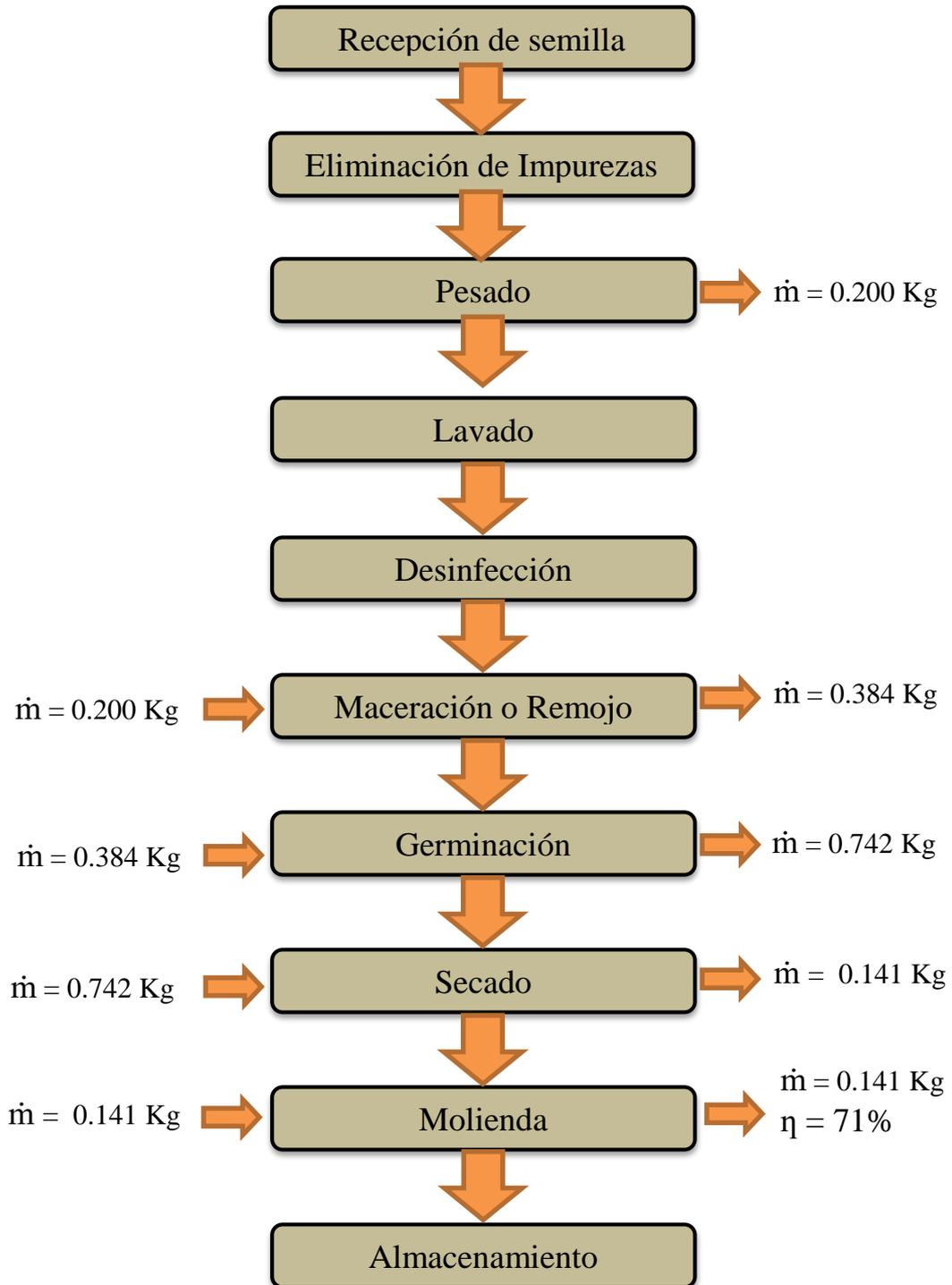


DIAGRAMA DE FLUJO DEL BALANCE DE MATERIA DE LA GERMINACION DE LA CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule*)



**DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACION SALUDABLES CON ALTO CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A PARTIR DE HARINA DE GRANOS ANDINOS GERMINADOS”, financiado por FONDECYT**

**FICHA TÉCNICA DE LA GERMINACIÓN DE GRANOS DE QUINUA**

<b>Preparado por:</b> Símpalo López W. Esquivel Paredes L. Castillo Martínez W.	<b>Revisado por:</b> Dra. Luz María Paucar Menacho	<b>Aprobado por:</b> Dra. Luz María Paucar Menacho	<b>Versión:</b> 001-2019
			<b>Fecha:</b> Junio 2019

<b>Descripción del producto</b>	Granos germinados a nivel de laboratorio de quinoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> ) de la variedad Pasankalla, bajo condiciones definidas de temperatura y humedad relativa.
---------------------------------	---

**Descripción del proceso de germinación**

<b>Selección</b>	Se seleccionó granos sanos y libres de cualquier contaminación, cuyas características físicas son: Color vino oscuro y forma redondeada.	
------------------	--	---

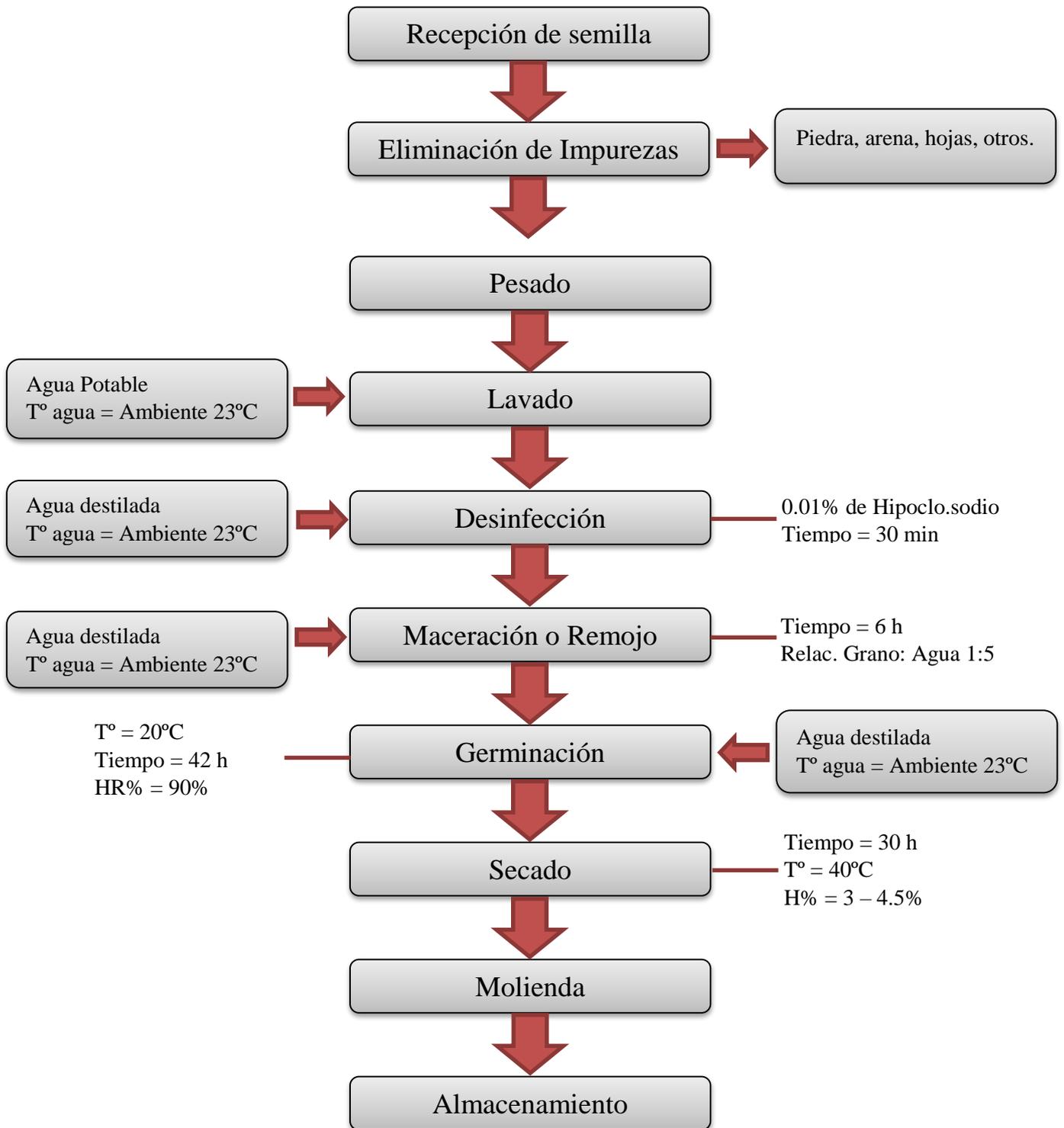
<b>Lavado y Desinfección</b>	Se lavó los granos con agua potable y fueron desinfectadas con un solución de agua destilada e hipoclorito de sodio al 0.01%, durante 30 minutos a temperatura ambiente (23°C).	
------------------------------	---	--

<b>Maceración</b>	La maceración se realizó a temperatura ambiente (23°C) con agua destilada durante 6 horas en una relación grano agua 1:5.	
-------------------	---	---

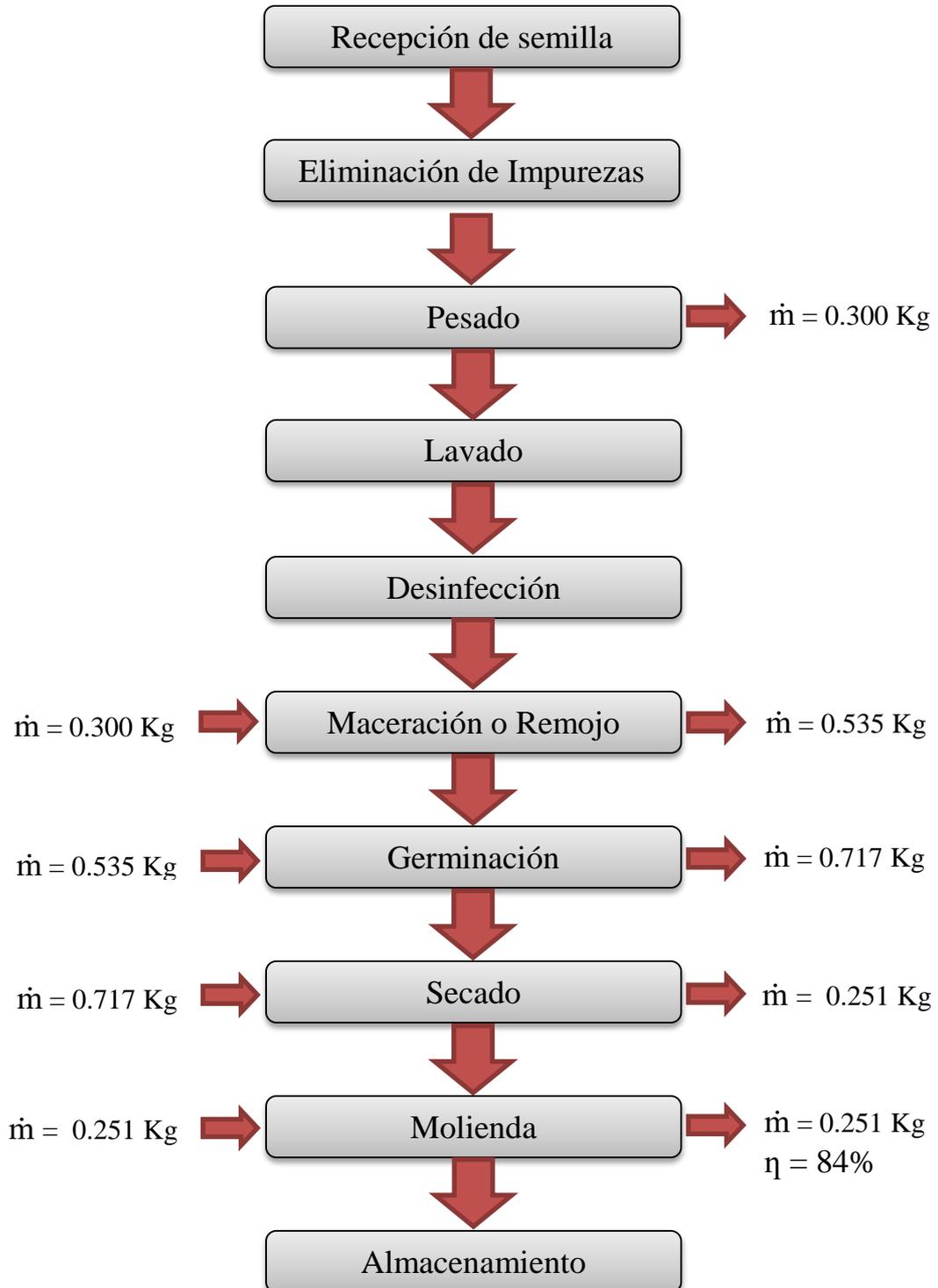
**DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACION SALUDABLES CON ALTO CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE A PARTIR DE HARINA DE GRANOS ANDINOS GERMINADOS”, financiado por FONDECYT**

<b>Germinación</b>	La germinación del grano se realizó a una temperatura de 20°C, con una humedad relativa de 90% por un tiempo de 42 h. Se colocó en cada bandeja germinadora 20 g de quinua.	
<b>Secado</b>	El secado de los granos germinados se realizó a una temperatura de 40°C durante 30 h. El proceso de secado se realizó en un secador de bandejas.	
<b>Molienda</b>	Los granos germinados y secos se molieron a grano fino en un molino universal.	
<b>Almacenamiento</b>	El grano germinado seco y molido se almaceno en refrigeración a una temperatura de 4°C.	

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA GERMINACIÓN DE LA QUINUA  
(*Chenopodium quinoa*)



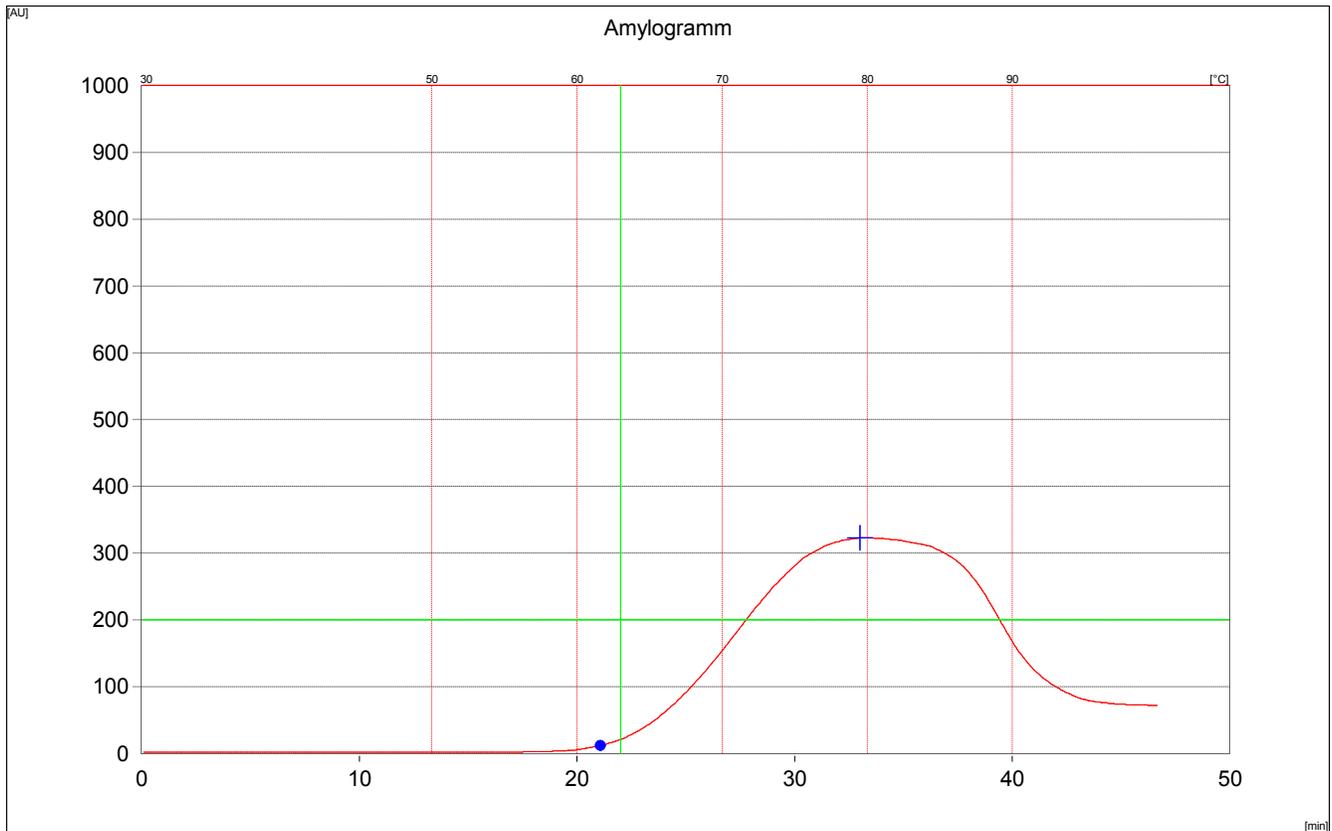
BALANCE DE MATERIA DE LA GERMINACION DE LA QUINUA  
(*Chenopodium quinoa*)



Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F1  
Date: 05/02/2020 11:10  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 14.0 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 80.0 g / 450.0 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.6 °C  
Gelatinization temperature: 79.5 °C  
Gelatinization maximum: 323 AU

Rye quality

Remarks: F1  
F1

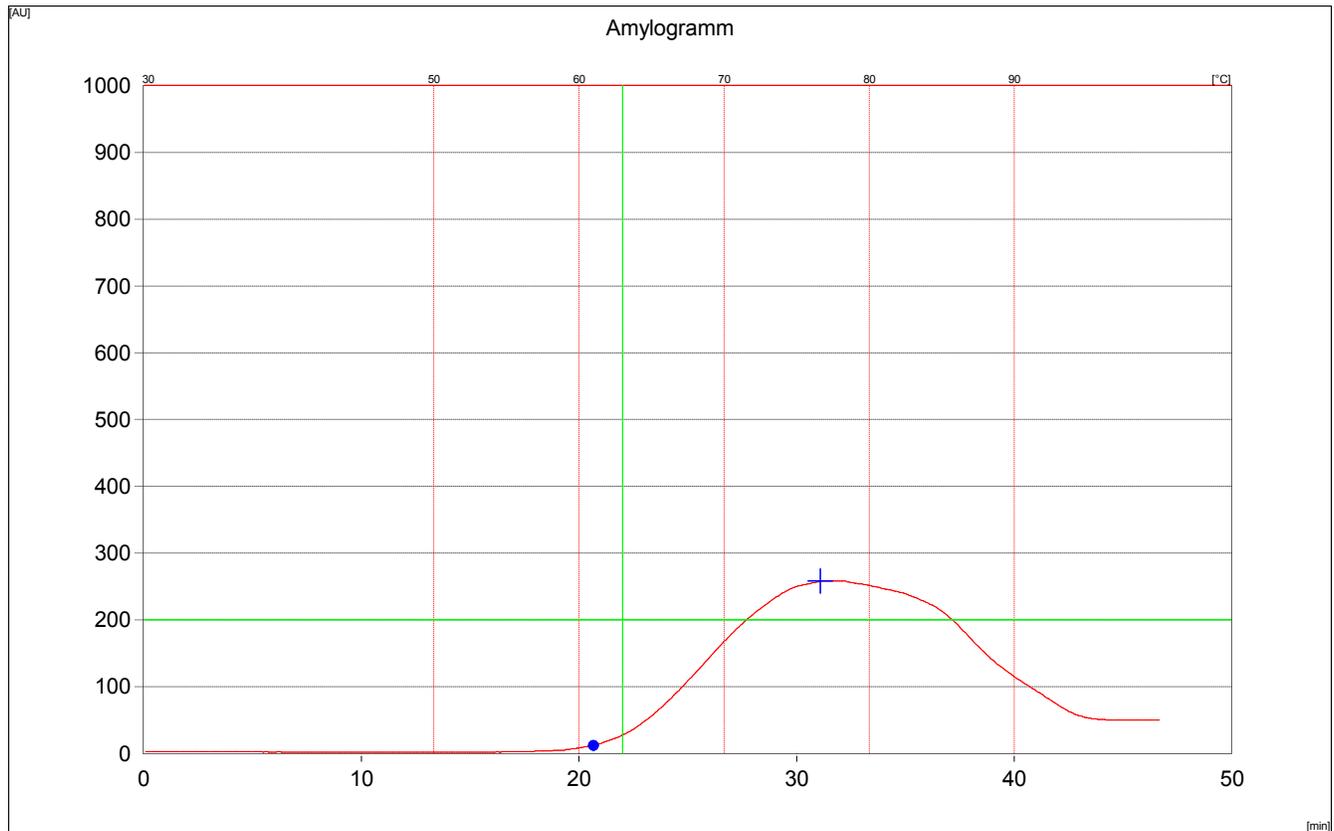


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F2  
Date: 06/02/2020 09:24  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 13.1 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.2 g / 450.8 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.0 °C  
Gelatinization temperature: 76.6 °C  
Gelatinization maximum: 258 AU

Rye quality

Remarks: F2  
F2

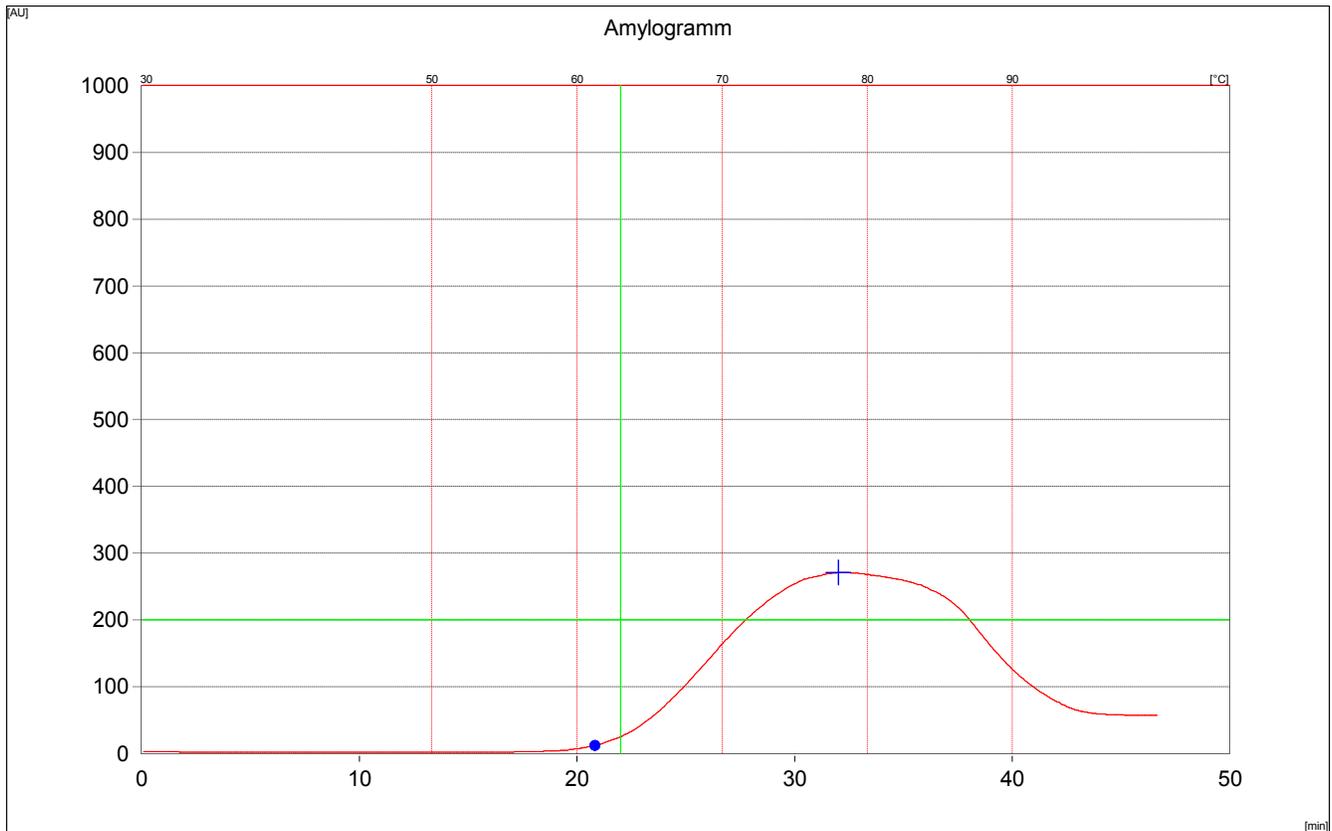


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F3  
Date: 06/02/2020 10:30  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 13.4 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.4 g / 450.6 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.3 °C  
Gelatinization temperature: 78.0 °C  
Gelatinization maximum: 271 AU

Rye quality

Remarks: F3  
F

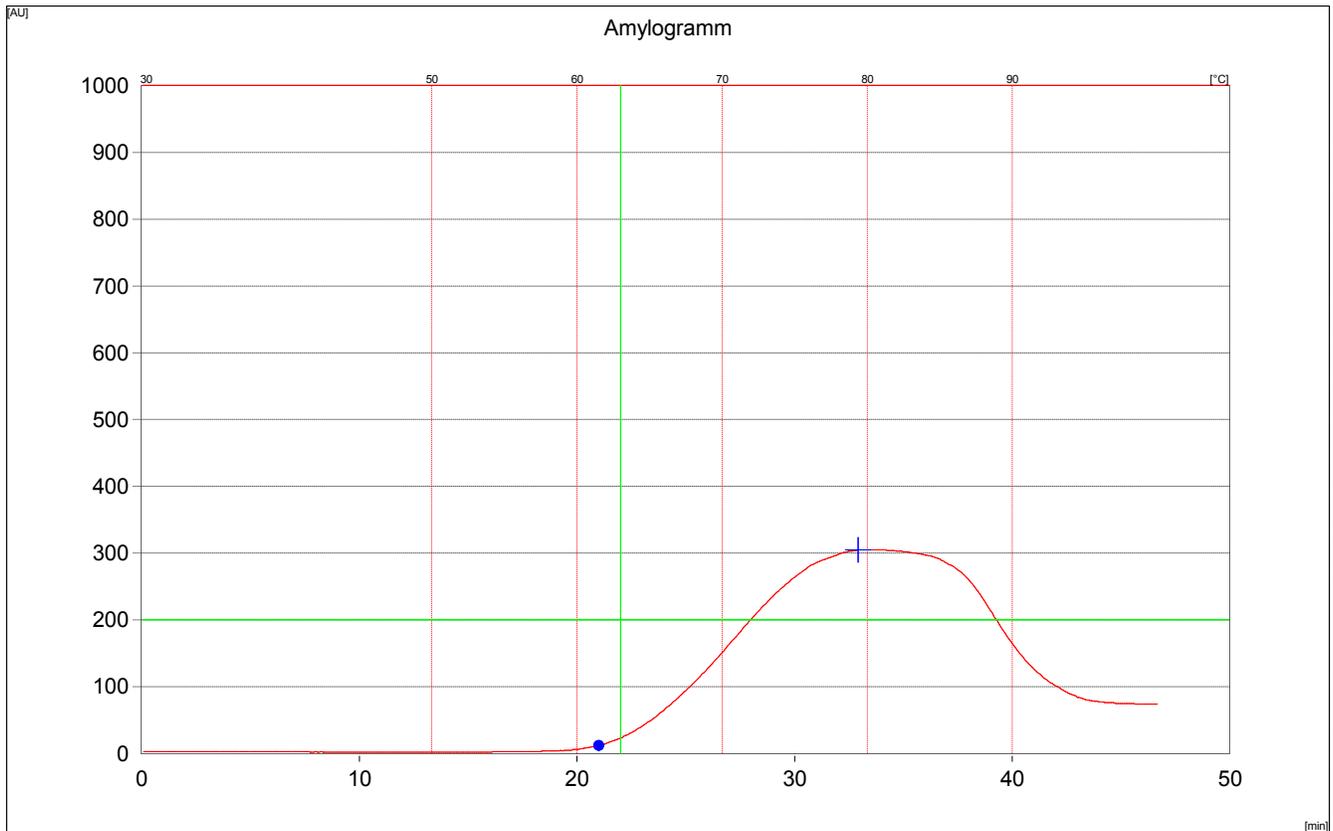


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F4  
Date: 06/02/2020 11:28  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 13.9 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.9 g / 450.1 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.5 °C  
Gelatinization temperature: 79.4 °C  
Gelatinization maximum: 305 AU

Rye quality

Remarks: F4  
F4

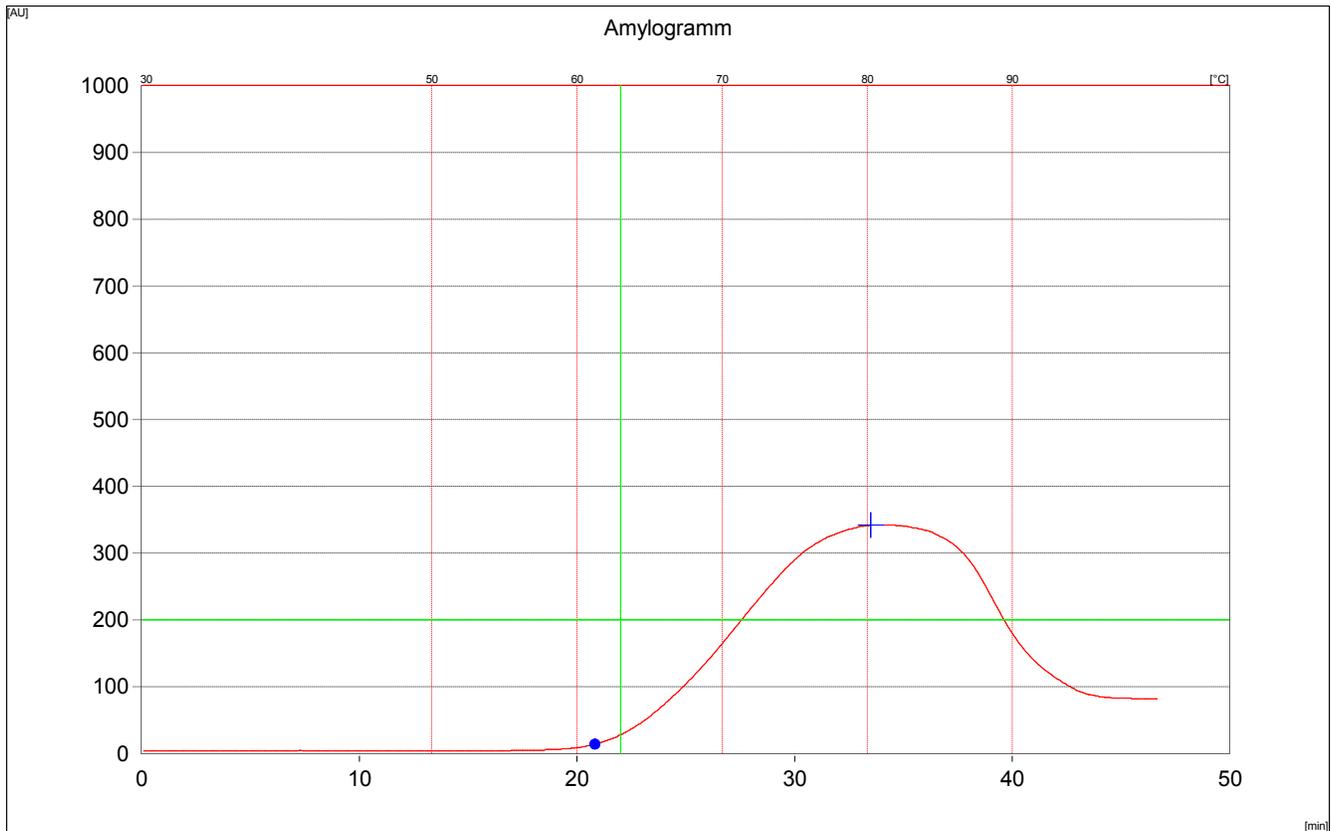


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F5  
Date: 07/02/2020 09:29  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 13.2 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.3 g / 450.7 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.3 °C  
Gelatinization temperature: 80.3 °C  
Gelatinization maximum: 342 AU

Rye quality

Remarks: F5  
F5

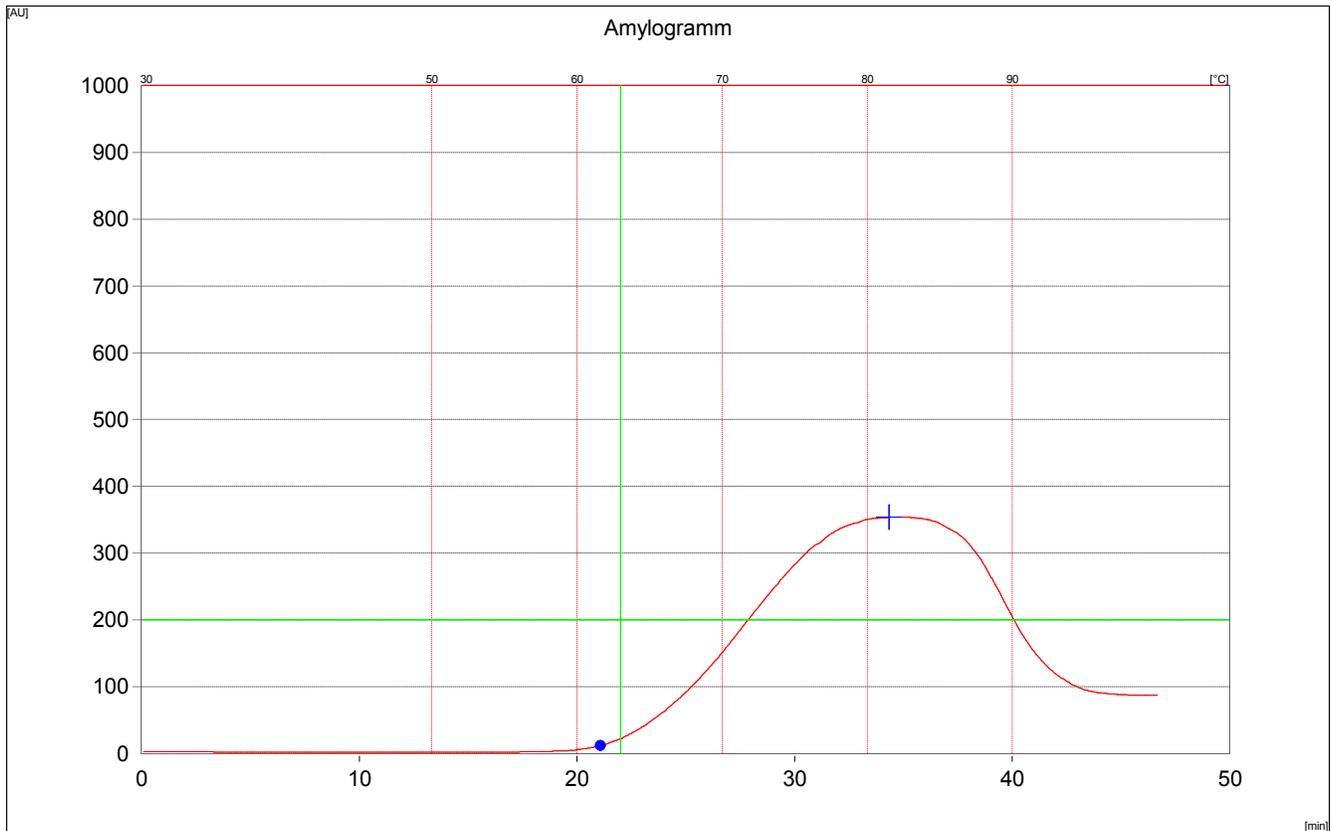


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F6  
Date: 07/02/2020 10:26  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 14.1 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 80.1 g / 449.9 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.6 °C  
Gelatinization temperature: 81.5 °C  
Gelatinization maximum: 354 AU

Rye quality

Remarks: F6  
F6

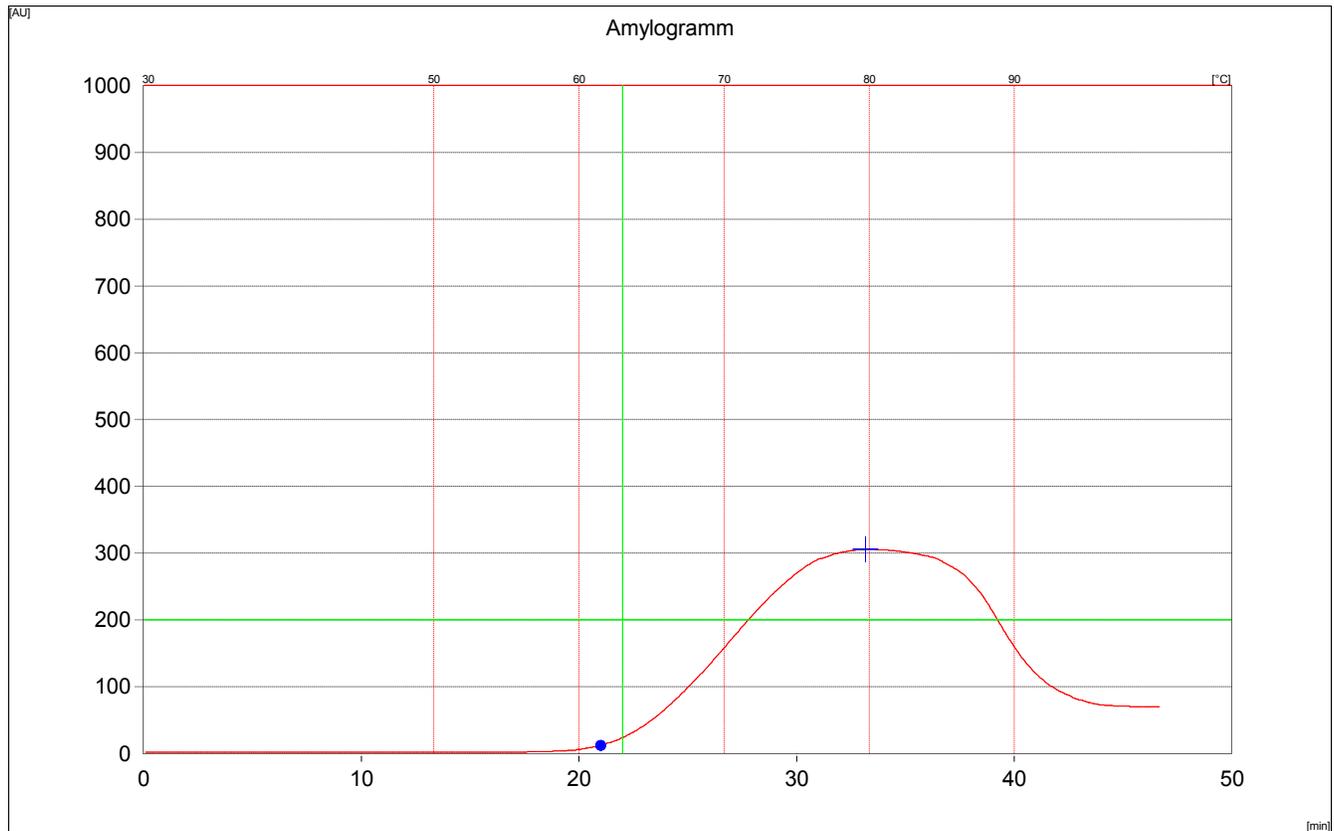


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F7  
Date: 07/02/2020 11:21  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 13.8 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.8 g / 450.2 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.5 °C  
Gelatinization temperature: 79.8 °C  
Gelatinization maximum: 306 AU

Rye quality

Remarks: F7  
F7

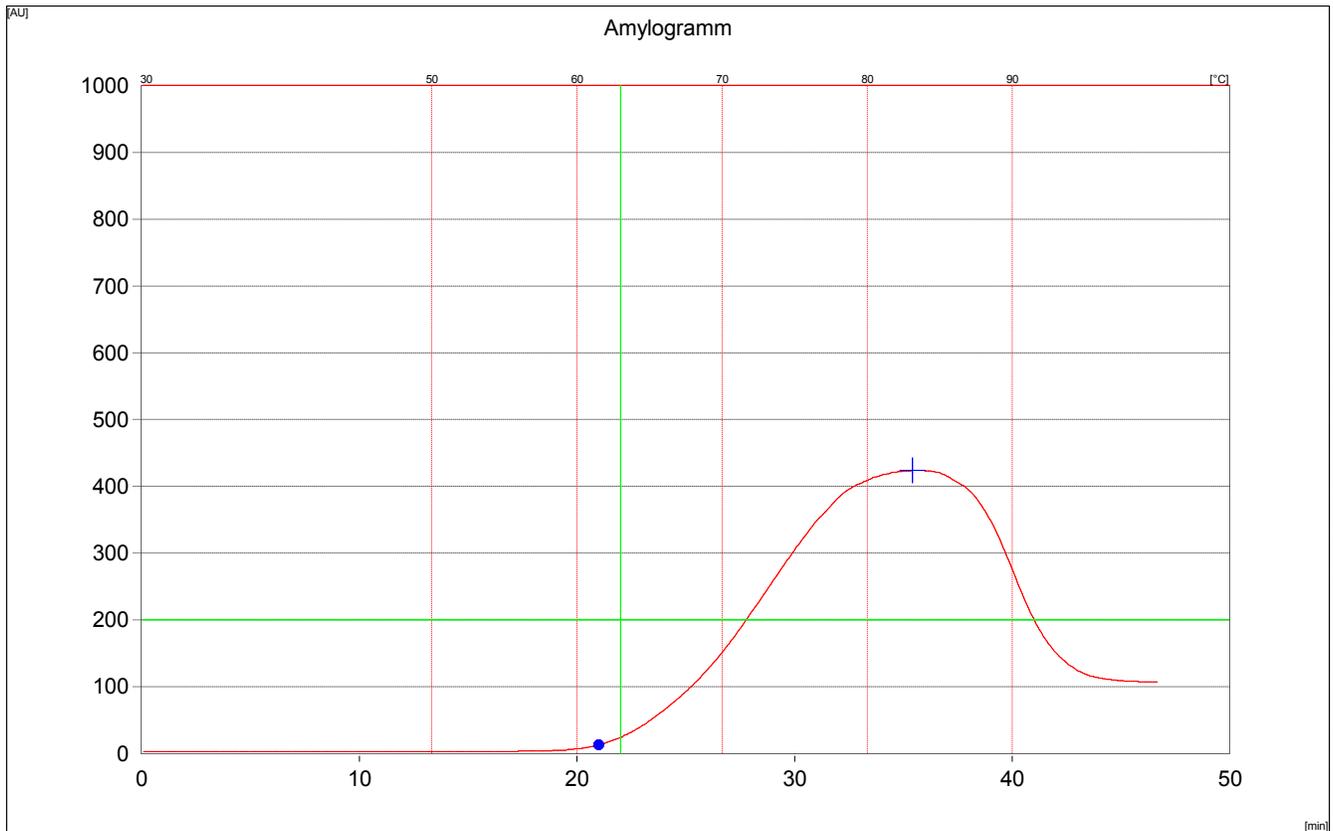


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F8  
Date: 18/02/2020 10:57  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 14.5 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 80.5 g / 449.5 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.5 °C  
Gelatinization temperature: 83.1 °C  
Gelatinization maximum: 424 AU

Rye quality

Remarks: F8  
F8



Test: noname

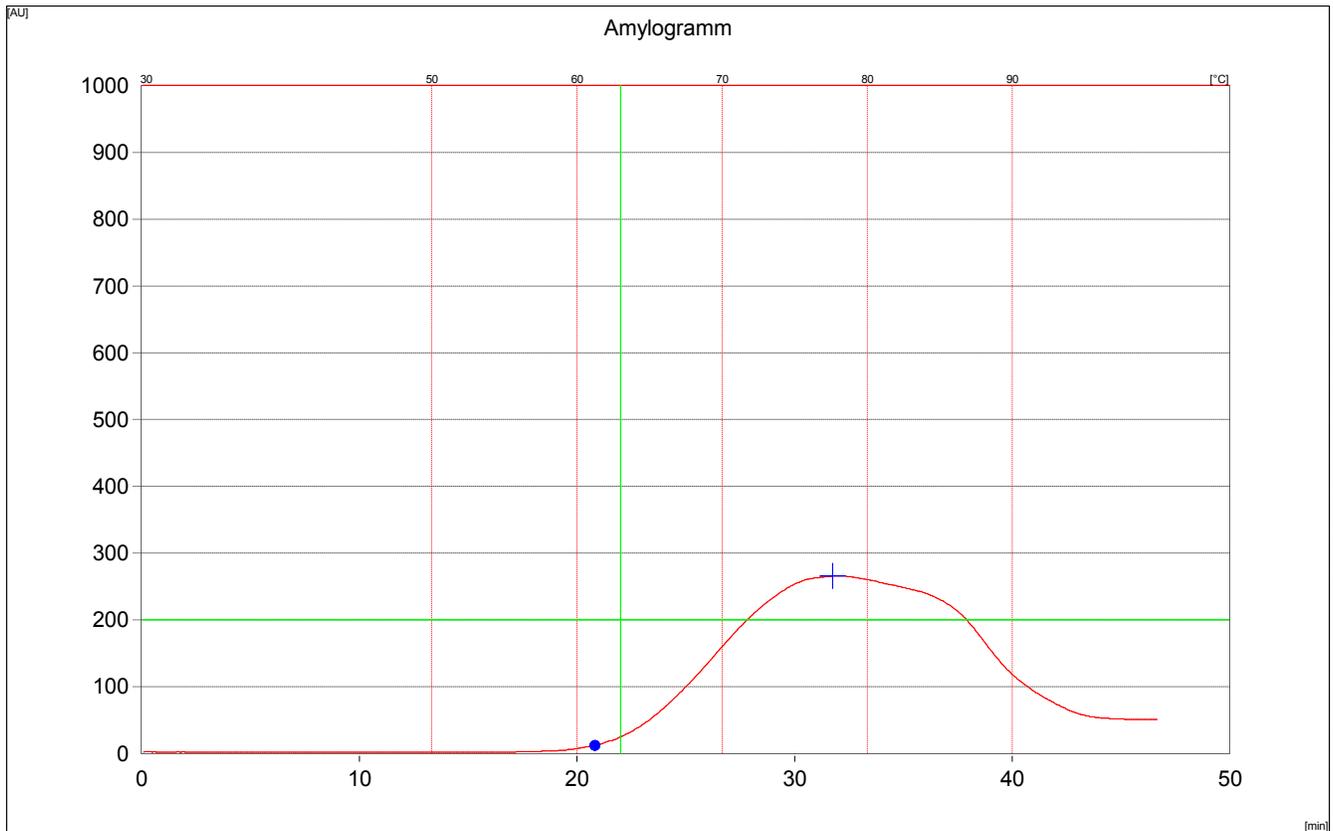
Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F9  
Date: 21/02/2020 10:05  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.6 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.6 g / 450.4 ml )

Begin of gelatinization: 61.3 °C  
Gelatinization temperature: 77.6 °C  
Gelatinization maximum: 266 AU

Rye quality

Remarks: F9  
F9



Test: noname

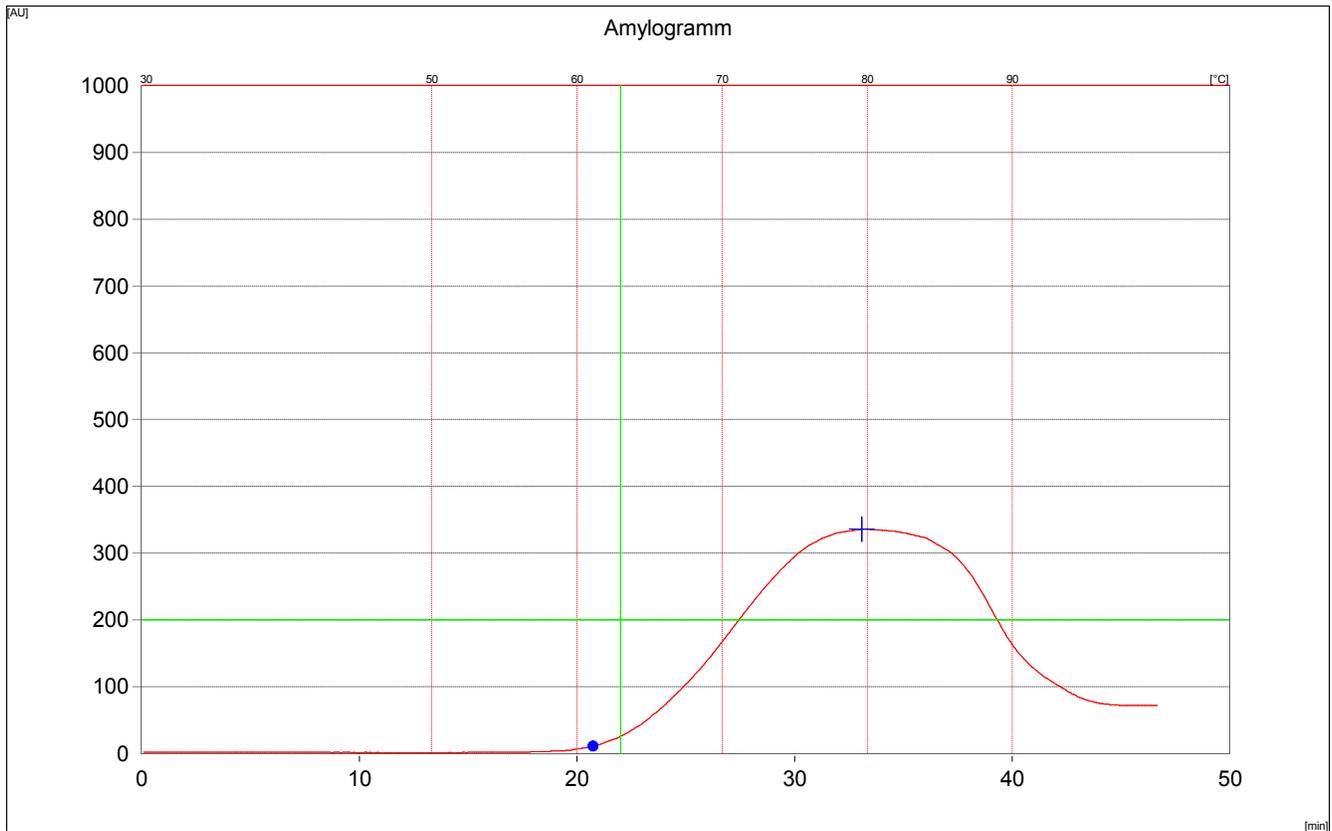
Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F10  
Date: 18/02/2020 12:00  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.9 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.9 g / 450.1 ml )

Begin of gelatinization: 61.1 °C  
Gelatinization temperature: 79.6 °C  
Gelatinization maximum: 336 AU

Rye quality

Remarks: F10  
F10

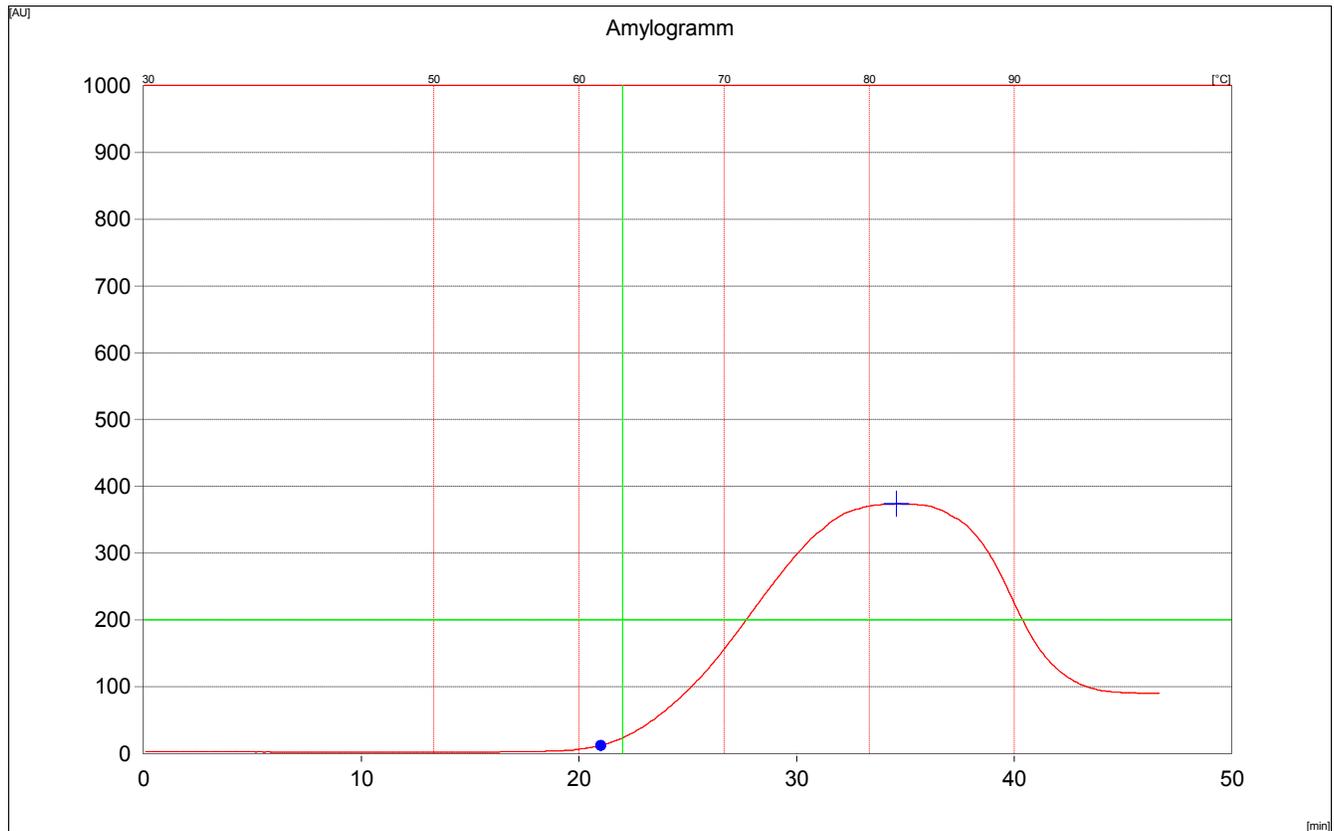


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F11  
Date: 18/02/2020 14:07  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 13.8 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.8 g / 450.2 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.5 °C  
Gelatinization temperature: 81.9 °C  
Gelatinization maximum: 374 AU

Rye quality

Remarks: F11  
F11



Test: noname

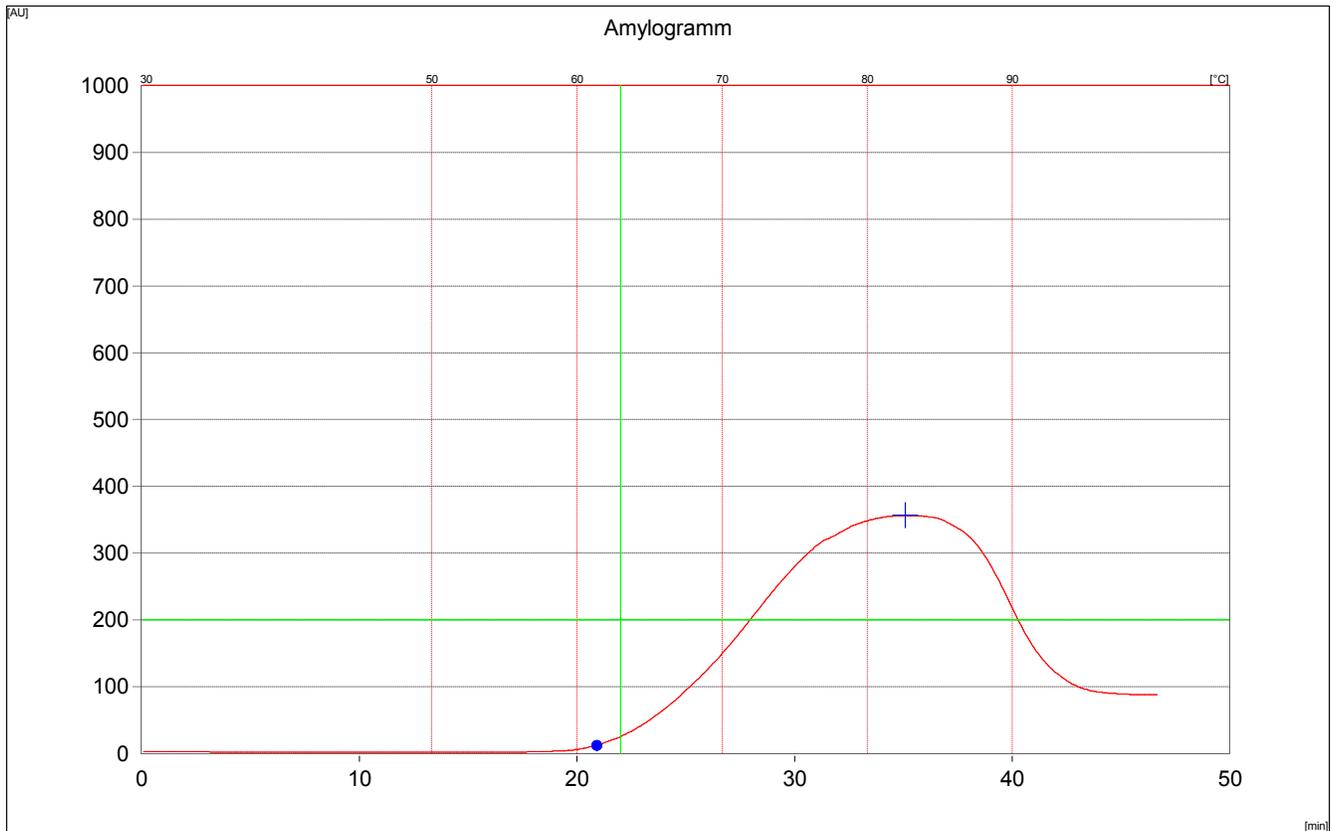
Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F12  
Date: 21/02/2020 11:03  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min

Moisture: 13.9 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.9 g / 450.1 ml )

Begin of gelatinization: 61.4 °C  
Gelatinization temperature: 82.6 °C  
Gelatinization maximum: 357 AU

Rye quality

Remarks: F12  
F12

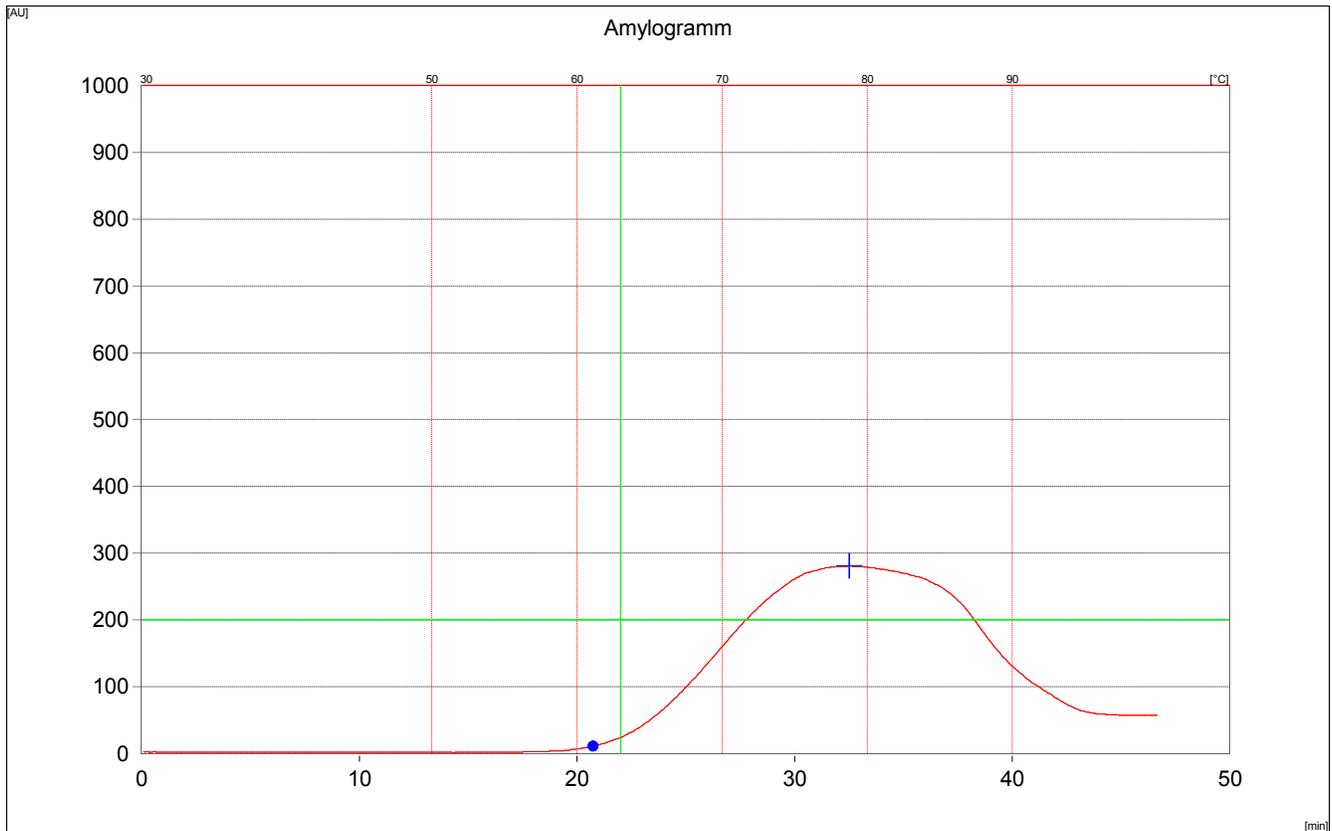


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F13  
Date: 24/02/2020 08:28  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 13.9 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 79.9 g / 450.1 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.1 °C  
Gelatinization temperature: 78.8 °C  
Gelatinization maximum: 281 AU

Rye quality

Remarks: F13  
F13

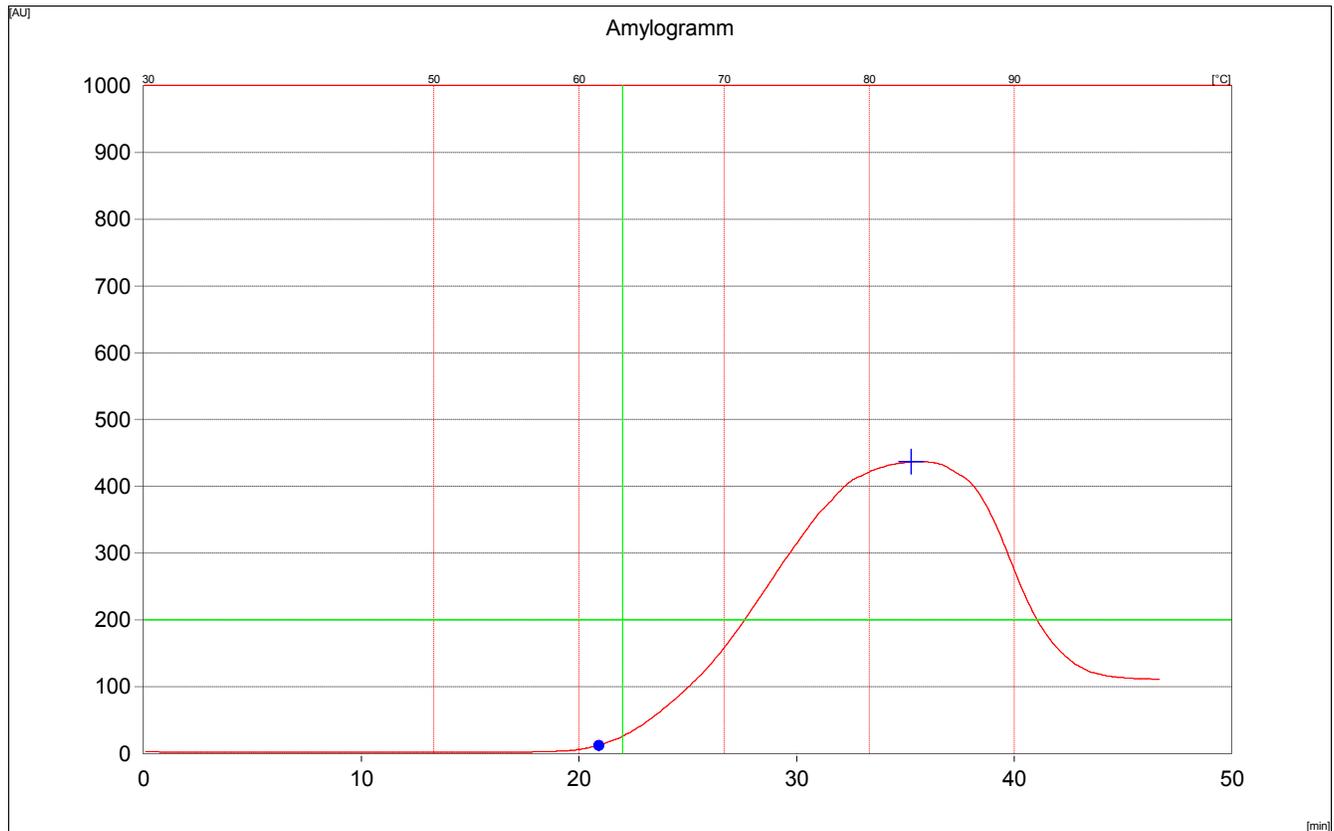


Test: noname

Flour - Amylogram ( 80.0 g / 450.0 ml )  
Evaluation of sample: F14  
Date: 24/02/2020 09:29  
Operator: LACPA  
Heating rate: 1.5 °C/min  
  
Moisture: 14.3 %  
Sample weight corr. to 14.0 % : ( 80.3 g / 449.7 ml )  
  
Begin of gelatinization: 61.4 °C  
Gelatinization temperature: 82.9 °C  
Gelatinization maximum: 437 AU

Rye quality

Remarks: F14  
F14



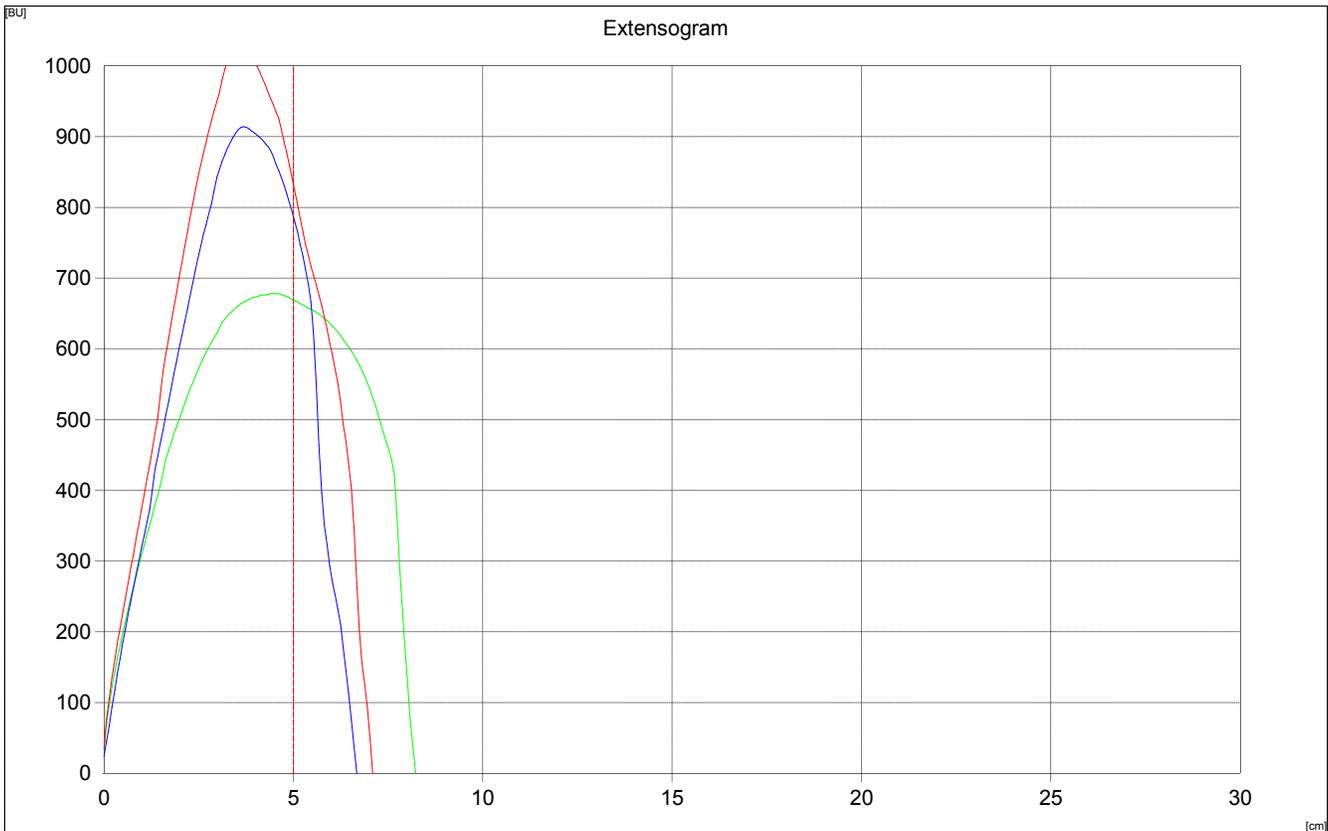
Test: noname

Evaluation of sample: F1  
 Date: 07/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.8 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	74	82	68
Resistance to Extension [BU]:	668	823	780
Extensibility [mm]:	82	71	67
Maximum [BU]:	678	1032	914
Ratio Number:	8.1	11.6	11.7
Ratio Number (Max.):	8.2	14.5	13.7

Remarks: F1  
 F1



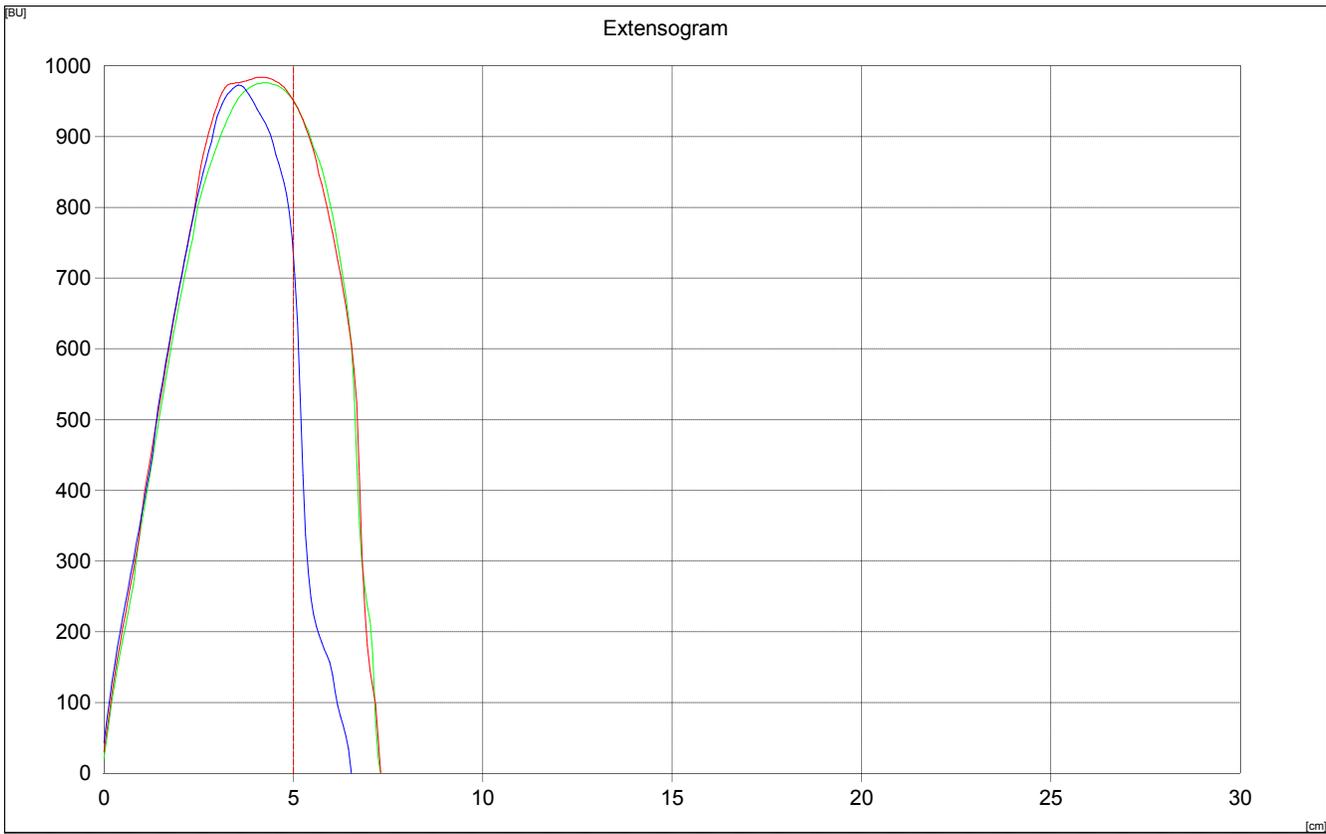
Test: C:\WILLIAMS\F1.EXD

Evaluation of sample: F2  
 Date: 20/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.8 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	87	88	67
Resistance to Extension [BU]:	947	948	705
Extensibility [mm]:	73	73	65
Maximum [BU]:	976	984	973
Ratio Number:	12.9	12.9	10.8
Ratio Number (Max.):	13.3	13.4	14.9

Remarks: F2  
 F2



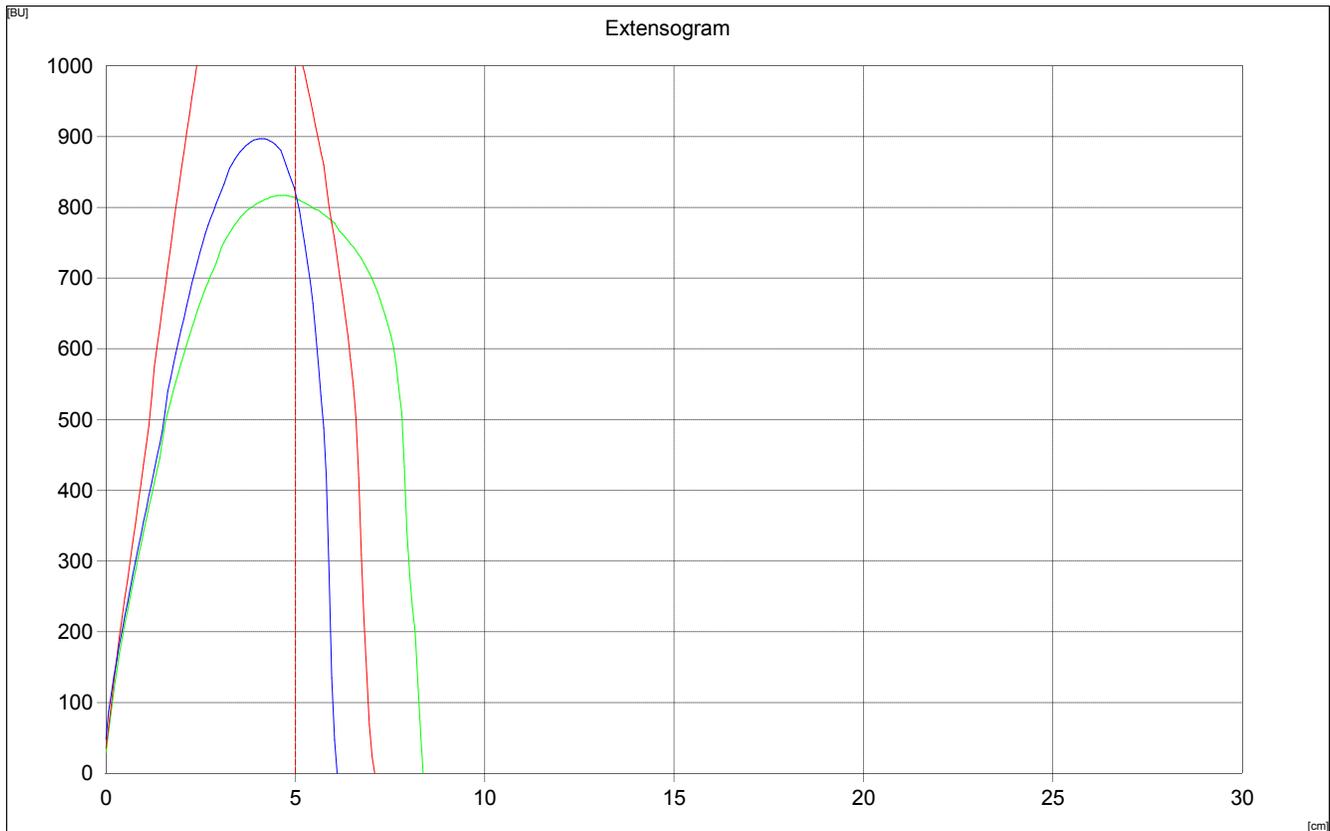
Test: C:\WILLIAMS\F2.EXD

Evaluation of sample: F3  
 Date: 20/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.4 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm <sup>2</sup> ]:	91	103	67
Resistance to Extension [BU]:	812	1041	813
Extensibility [mm]:	84	71	61
Maximum [BU]:	817	1274	897
Ratio Number:	9.7	14.6	13.3
Ratio Number (Max.):	9.7	17.9	14.7

Remarks: F3  
 F3



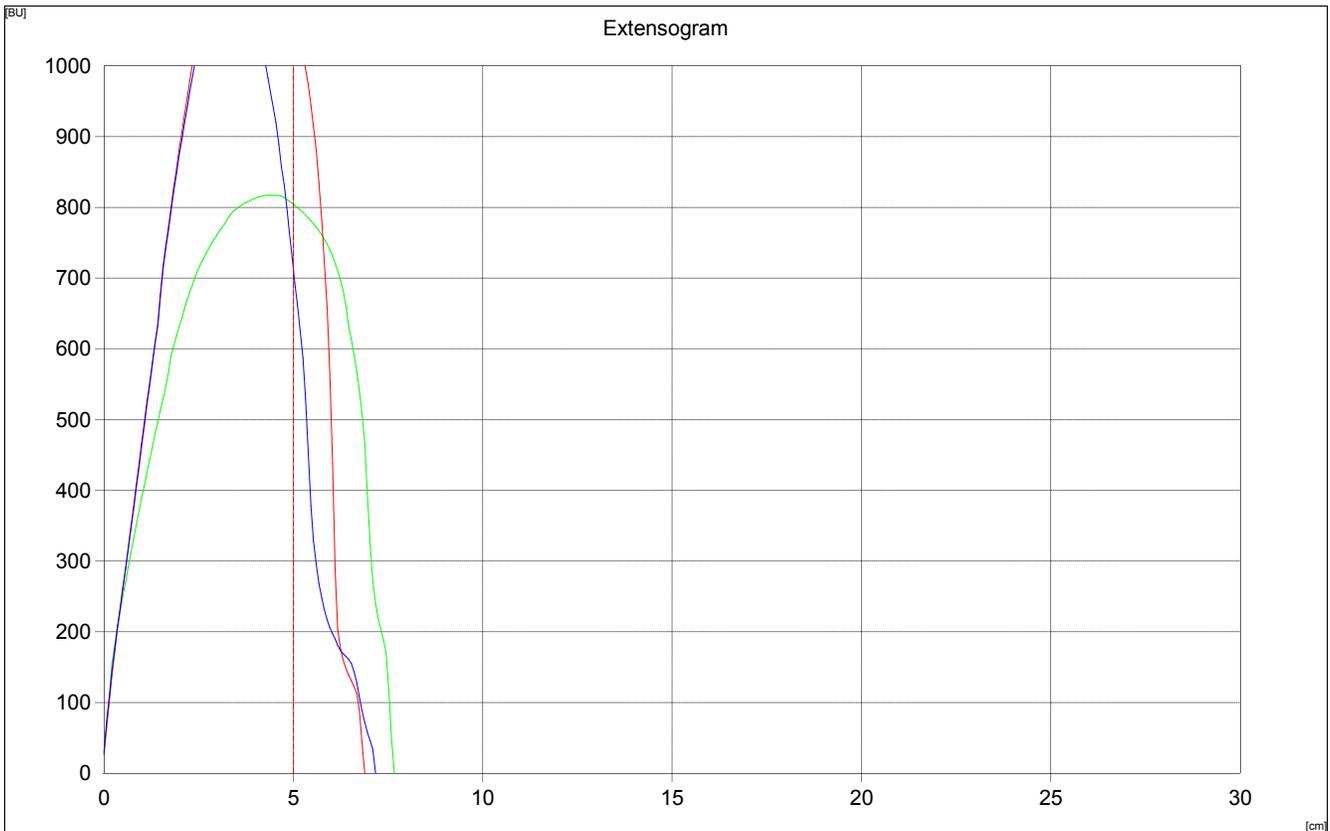
Test: C:\WILLIAMS\F3.EXD

Evaluation of sample: F4  
 Date: 20/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.9 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	81	96	81
Resistance to Extension [BU]:	803	1079	694
Extensibility [mm]:	77	69	72
Maximum [BU]:	817	1235	1127
Ratio Number:	10.5	15.6	9.7
Ratio Number (Max.):	10.6	17.9	15.7

Remarks: F4  
 F4



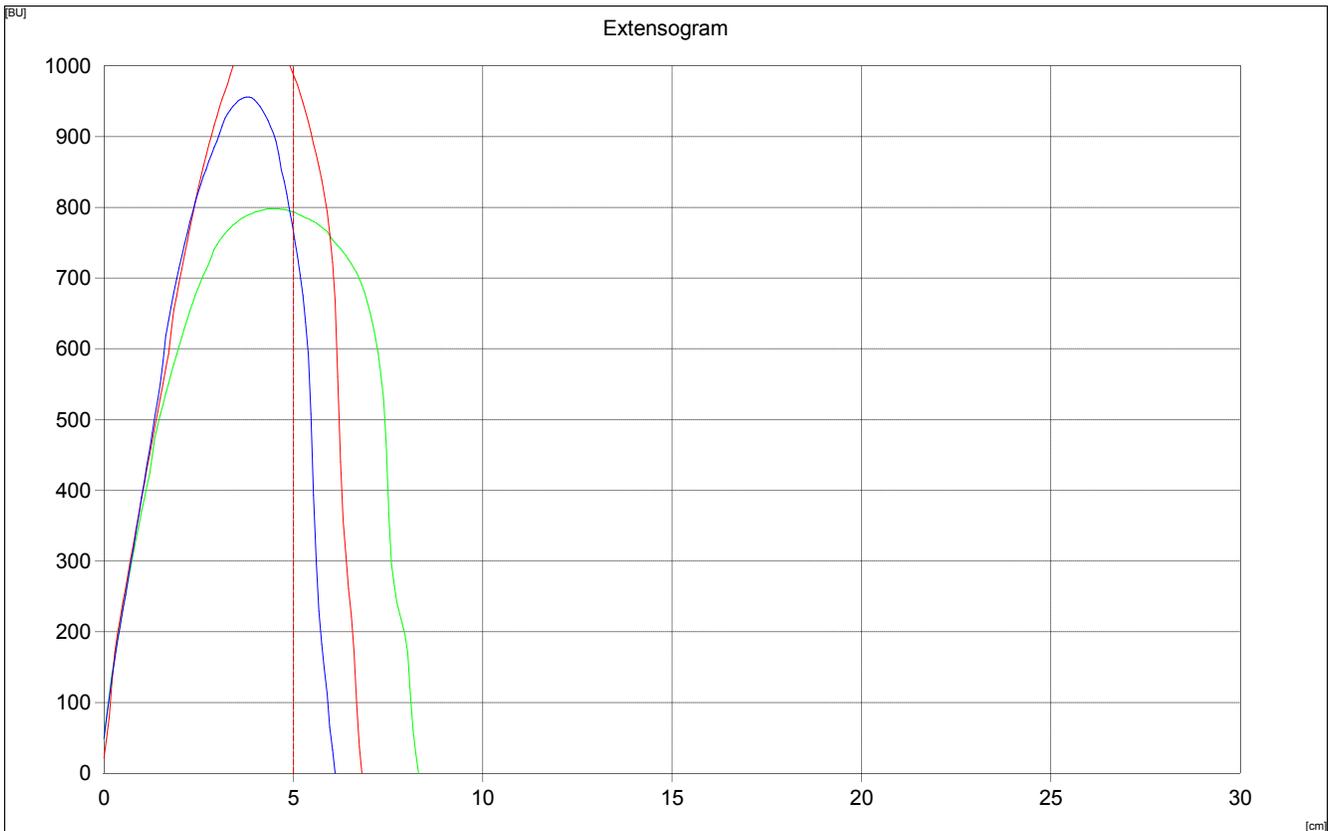
Test: C:\WILLIAMS\F4.EXD

Evaluation of sample: F5  
 Date: 21/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.2 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm <sup>2</sup> ]:	87	85	69
Resistance to Extension [BU]:	793	983	754
Extensibility [mm]:	83	68	61
Maximum [BU]:	798	1033	956
Ratio Number:	9.5	14.4	12.3
Ratio Number (Max.):	9.6	15.1	15.6

Remarks: F5  
 F5



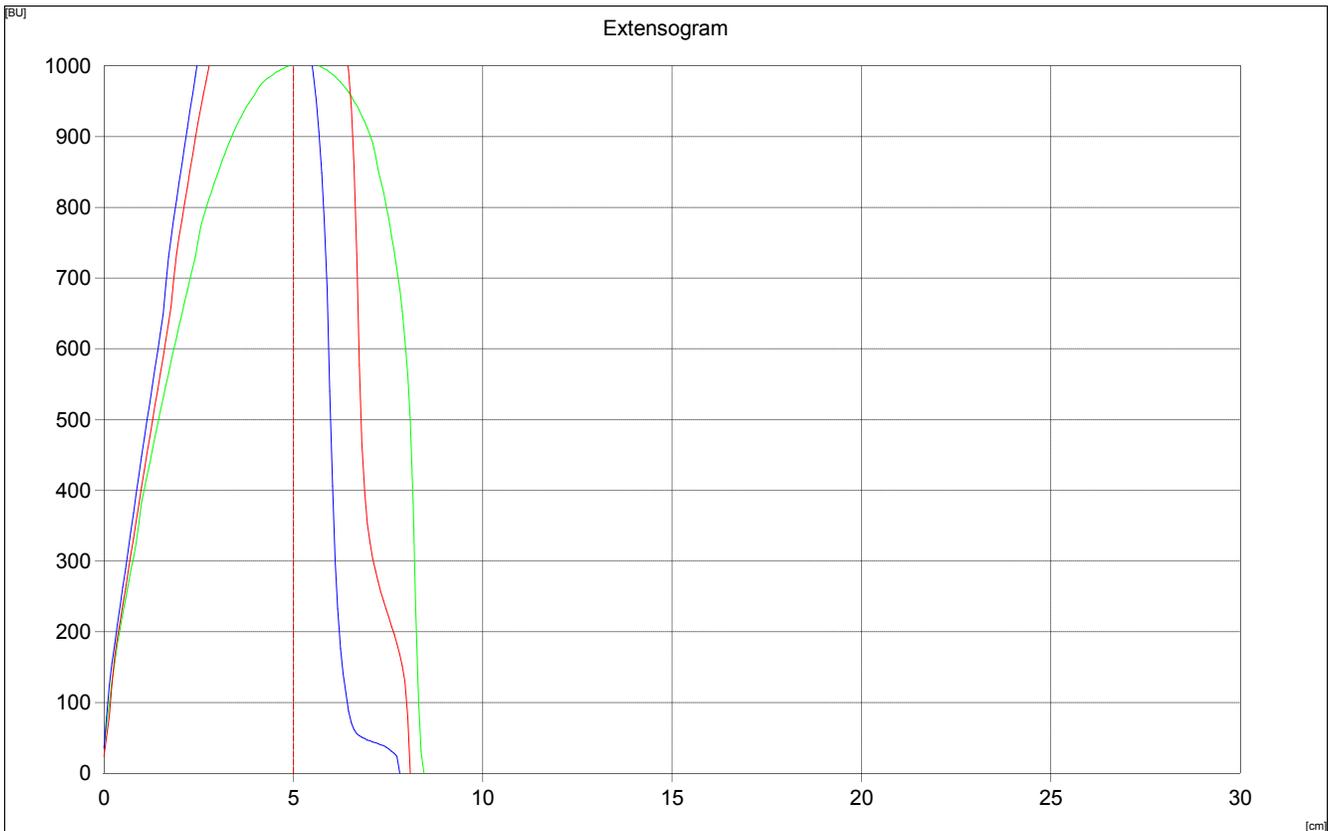
Test: C:\WILLIAMS\F5.EXD

Evaluation of sample: F6  
 Date: 21/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 14.1 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm <sup>2</sup> ]:	111	115	99
Resistance to Extension [BU]:	1003	1287	1196
Extensibility [mm]:	85	81	78
Maximum [BU]:	1004	1295	1313
Ratio Number:	11.9	15.9	15.3
Ratio Number (Max.):	11.9	16.0	16.8

Remarks: F6  
 F6



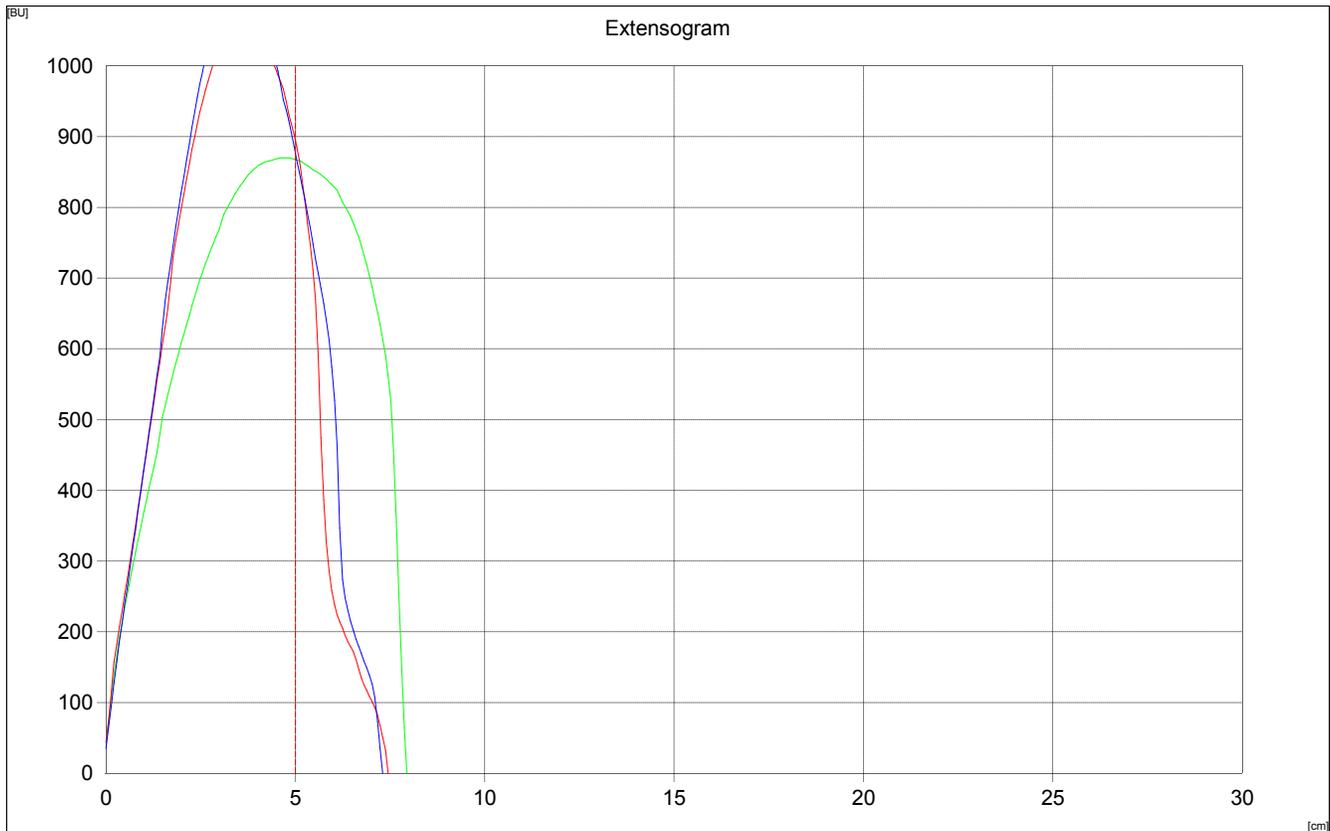
Test: C:\WILLIAMS\F6.EXD

Evaluation of sample: F7  
 Date: 21/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.8 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	92	83	88
Resistance to Extension [BU]:	867	886	867
Extensibility [mm]:	80	75	73
Maximum [BU]:	870	1073	1100
Ratio Number:	10.9	11.9	11.8
Ratio Number (Max.):	10.9	14.4	15.0

Remarks: F7  
 F7



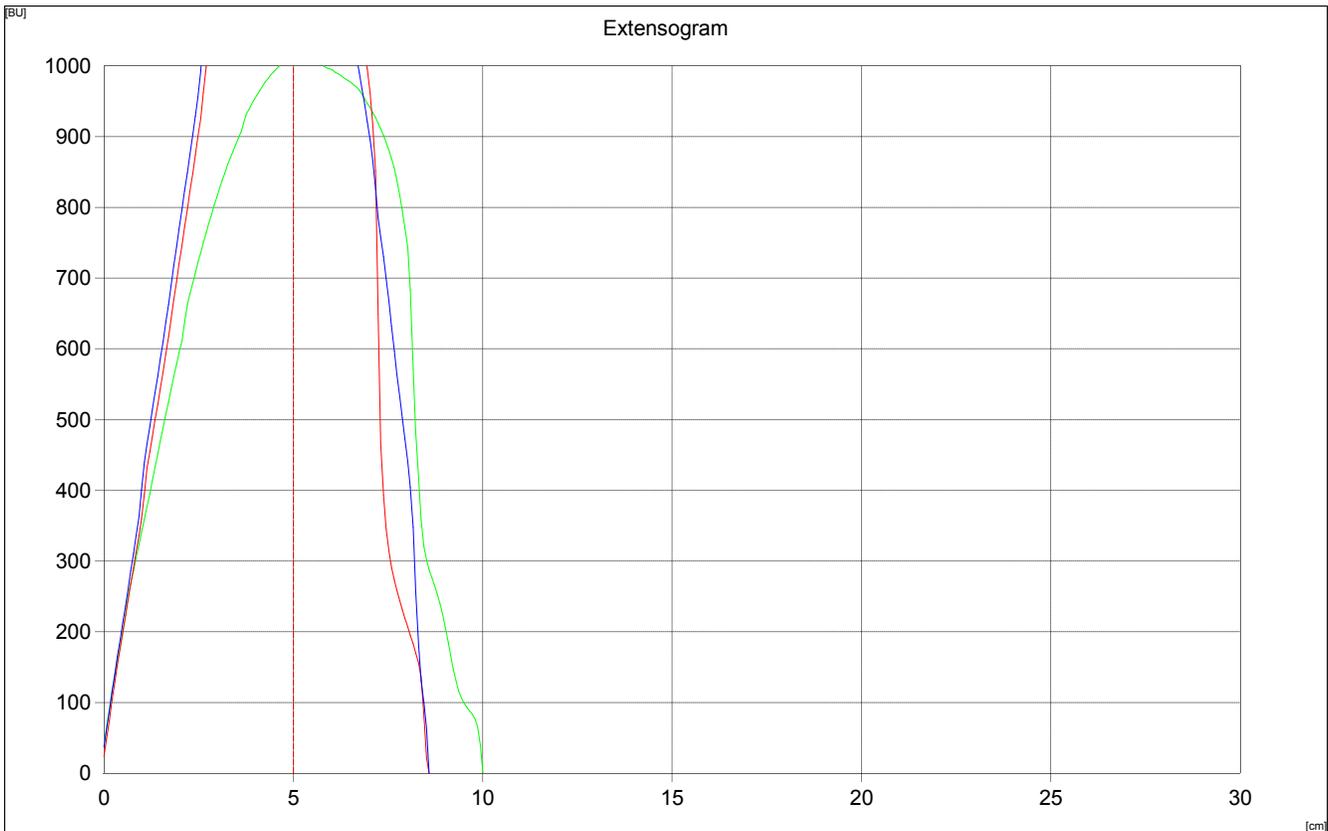
Test: C:\WILLIAMS\F8.EXD

Evaluation of sample: F8  
 Date: 27/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 14.5 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	118	131	136
Resistance to Extension [BU]:	1010	1431	1415
Extensibility [mm]:	100	86	86
Maximum [BU]:	1010	1431	1424
Ratio Number:	10.1	16.6	16.5
Ratio Number (Max.):	10.1	16.6	16.6

Remarks: F8  
 F8



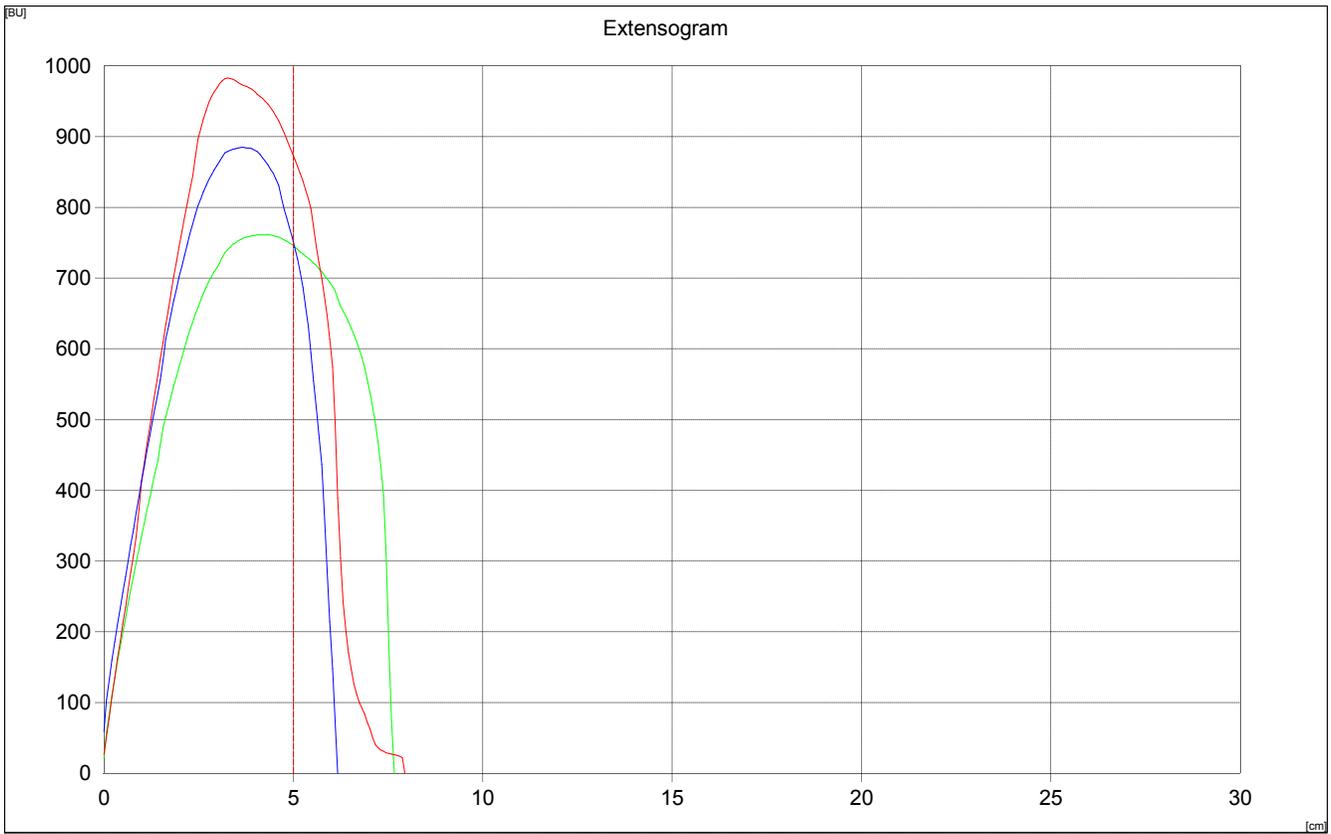
Test: C:\WILLIAMS\F8.1.EXD

Evaluation of sample: F9  
 Date: 27/02/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.6 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	78	82	69
Resistance to Extension [BU]:	744	868	743
Extensibility [mm]:	77	80	62
Maximum [BU]:	761	983	885
Ratio Number:	9.7	10.9	12.0
Ratio Number (Max.):	9.9	12.3	14.3

Remarks: F9  
 F9



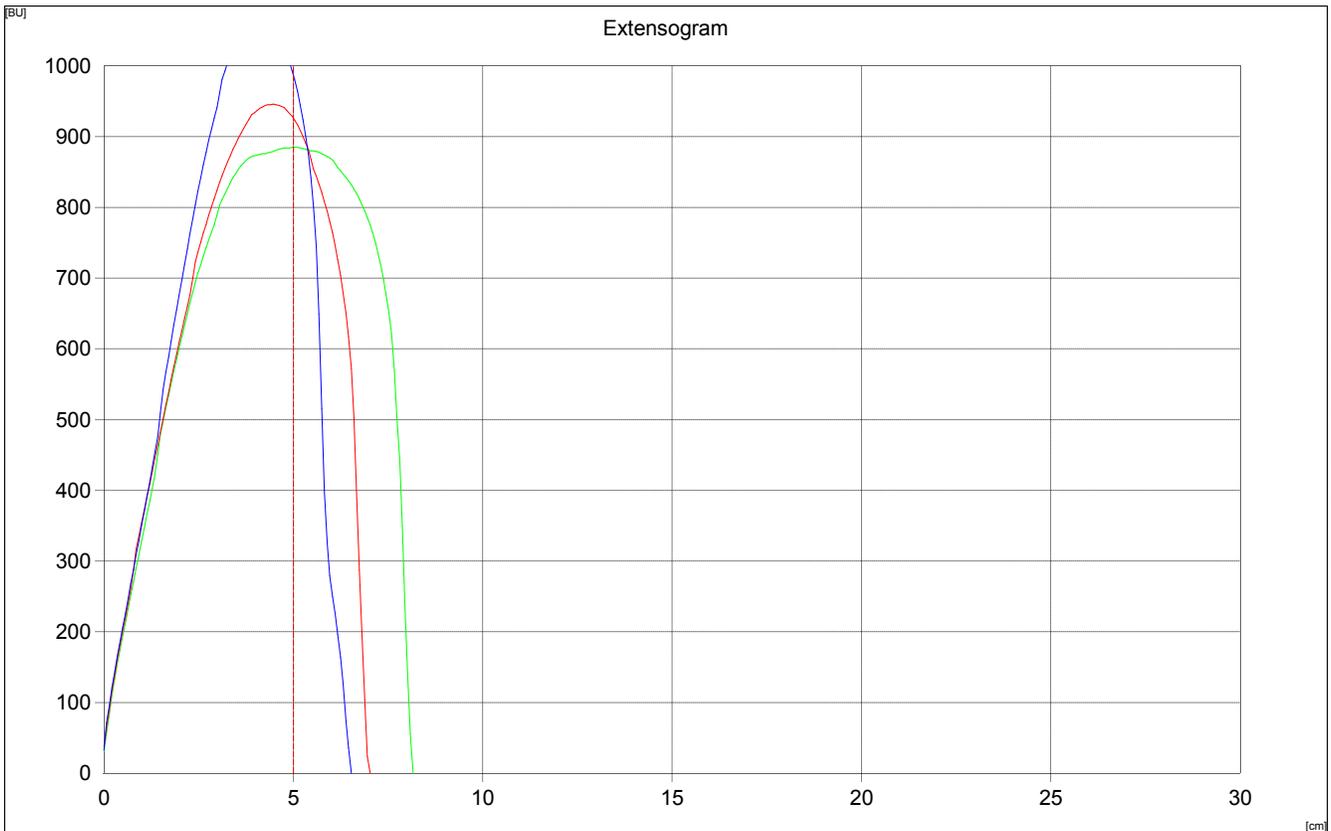
Test: C:\WILLIAMS\F9.EXD

Evaluation of sample: F10  
 Date: 03/03/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.9 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	96	82	78
Resistance to Extension [BU]:	885	923	980
Extensibility [mm]:	82	70	65
Maximum [BU]:	885	946	1068
Ratio Number:	10.8	13.1	15.0
Ratio Number (Max.):	10.8	13.4	16.3

Remarks: F10  
 F10



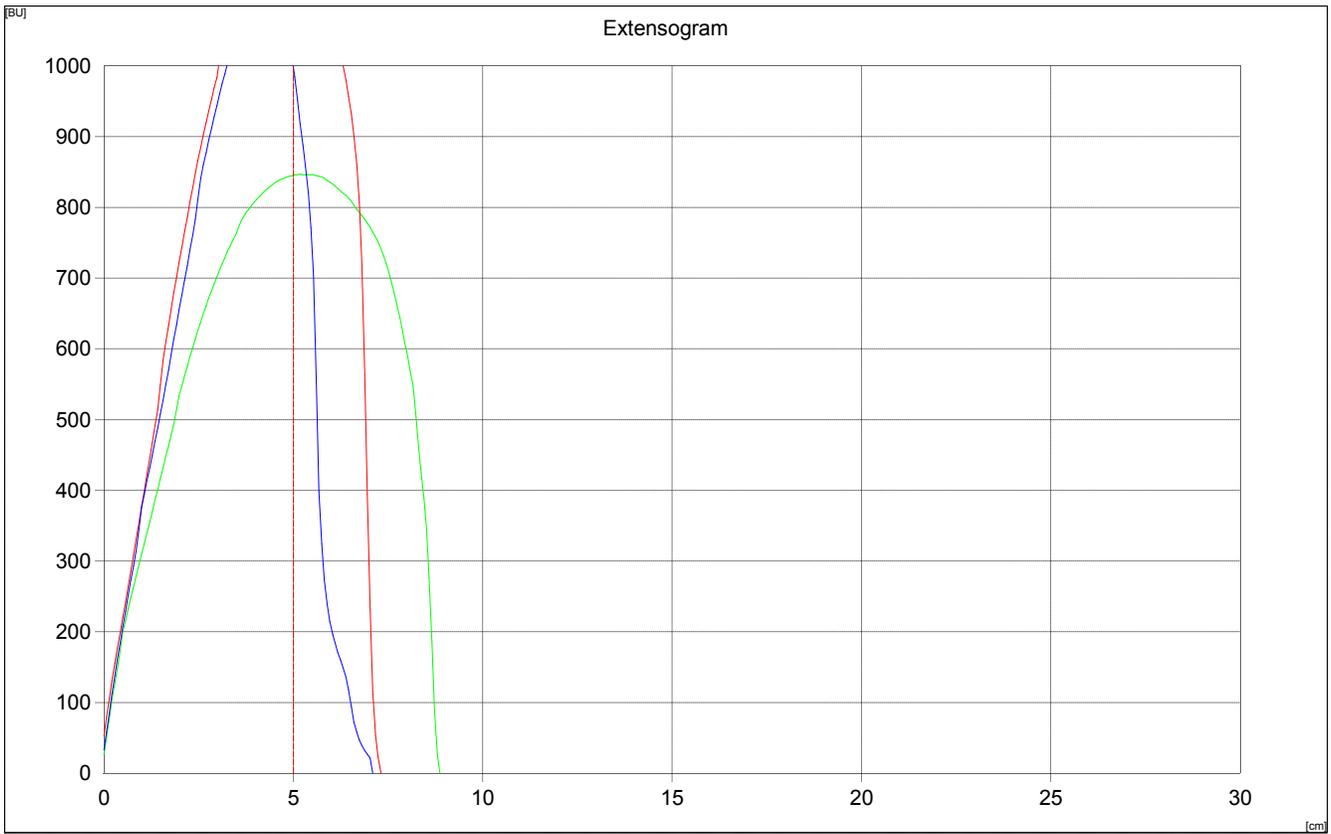
Test: C:\WILLIAMS\F10.EXD

Evaluation of sample: F11  
 Date: 03/03/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.8 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm <sup>2</sup> ]:	97	107	78
Resistance to Extension [BU]:	846	1215	985
Extensibility [mm]:	89	73	71
Maximum [BU]:	847	1216	1102
Ratio Number:	9.5	16.6	13.9
Ratio Number (Max.):	9.5	16.6	15.5

Remarks: F11  
 F11



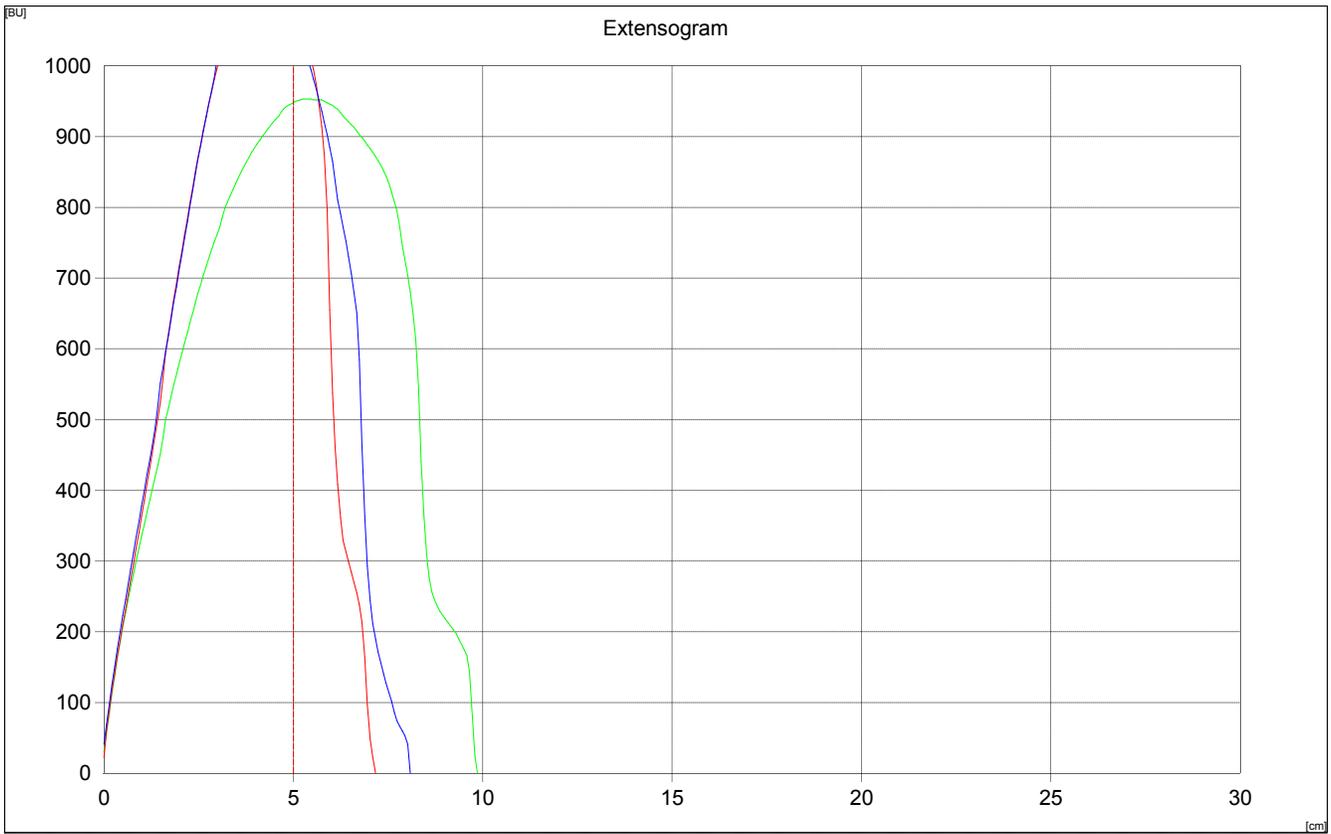
Test: C:\WILLIAMS\F11.EXD

Evaluation of sample: F12  
 Date: 03/03/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.9 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm <sup>2</sup> ]:	112	91	100
Resistance to Extension [BU]:	949	1097	1077
Extensibility [mm]:	99	72	81
Maximum [BU]:	953	1159	1156
Ratio Number:	9.6	15.3	13.3
Ratio Number (Max.):	9.6	16.1	14.3

Remarks: F12  
 F12



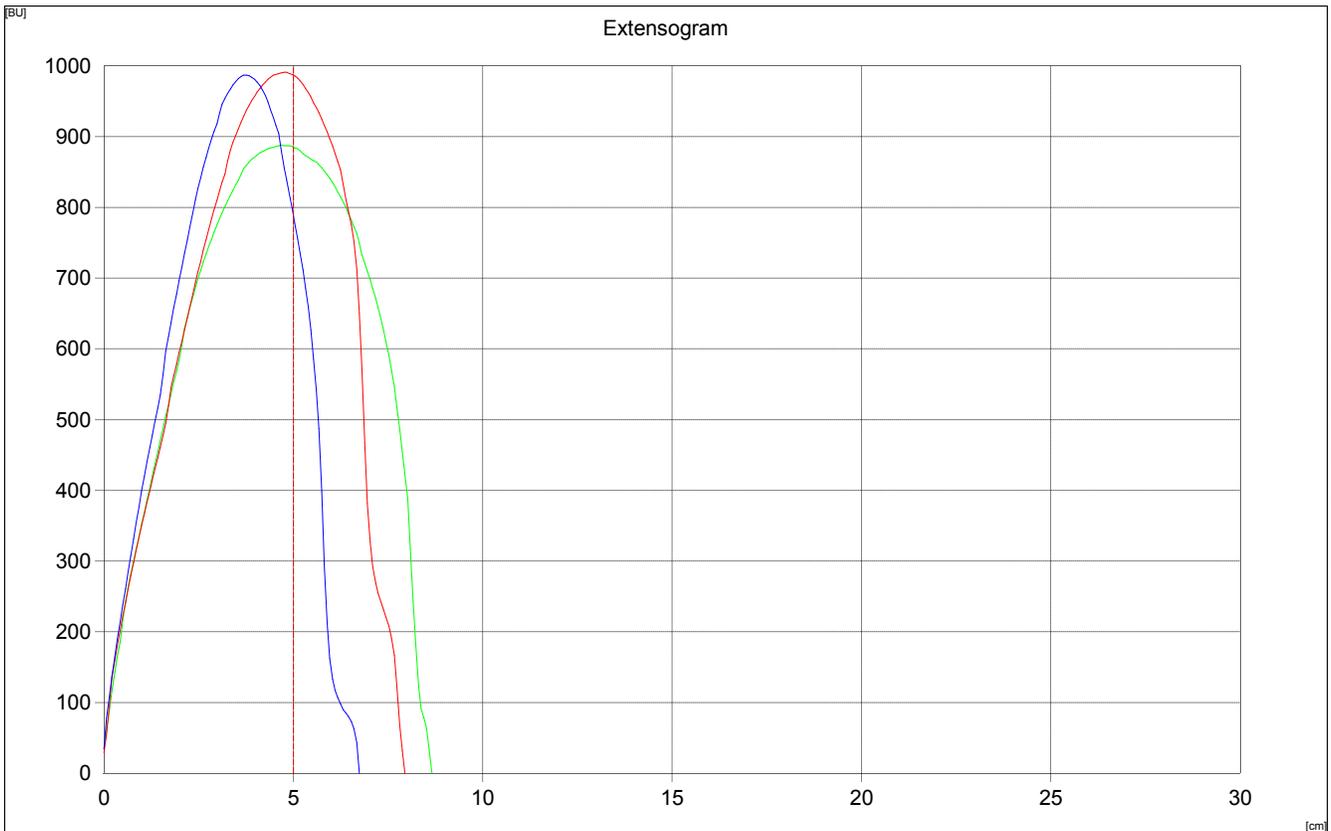
Test: C:\WILLIAMS\F12.EXD

Evaluation of sample: F13  
 Date: 03/03/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 13.9 %

Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	96	91	73
Resistance to Extension [BU]:	884	986	778
Extensibility [mm]:	87	80	68
Maximum [BU]:	888	991	987
Ratio Number:	10.2	12.4	11.5
Ratio Number (Max.):	10.2	12.4	14.6

Remarks: F13  
 F13



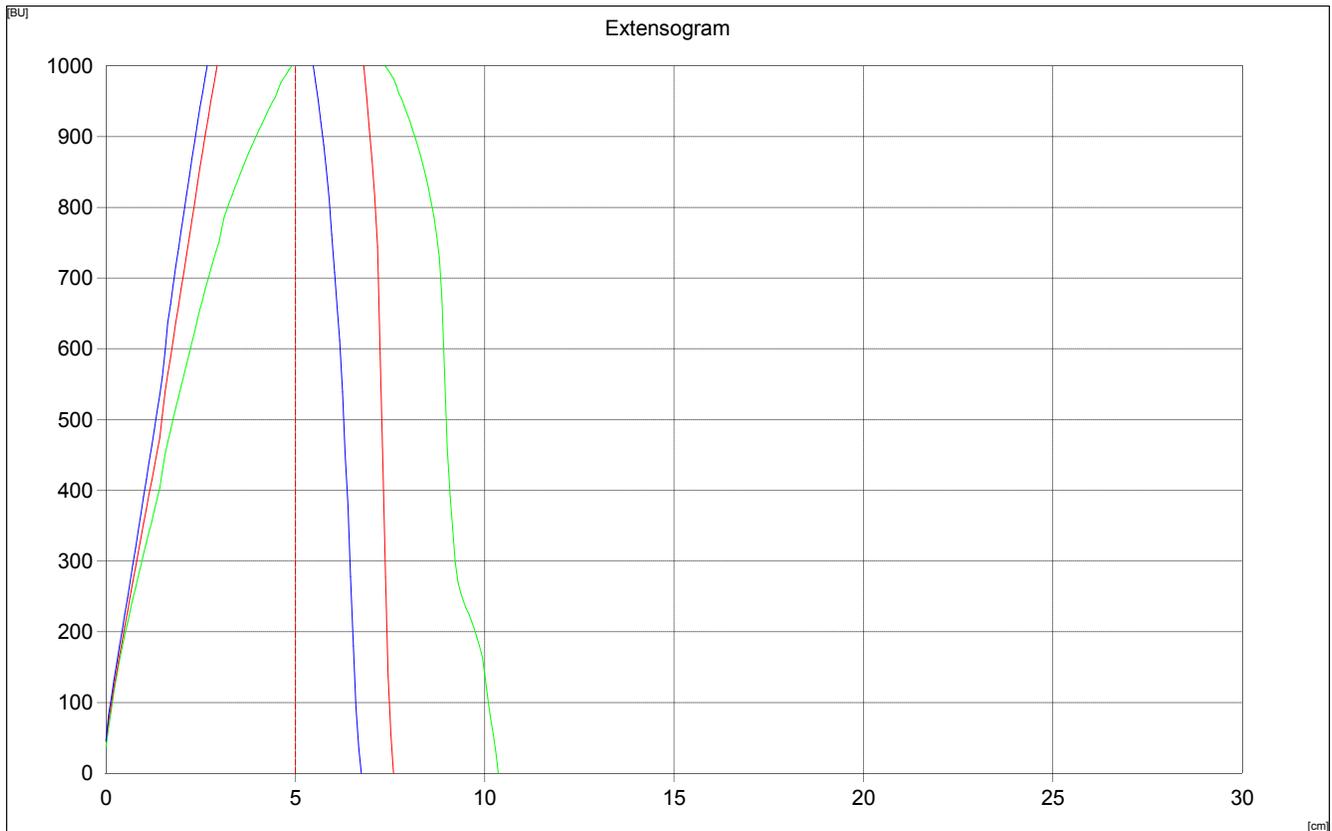
Test: C:\WILLIAMS\F13.EXD

Evaluation of sample: F14  
 Date: 03/03/2020  
 Operator: lacpa

Test after 30/60/90 Minutes  
 Waterabsorption: 14.0 %

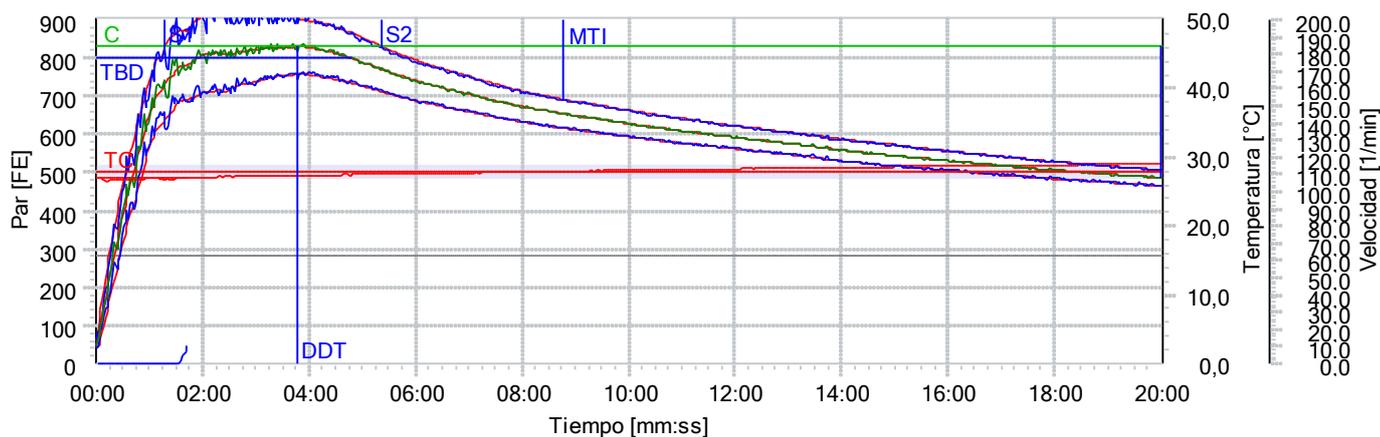
Proving Time [min]:	30	60	90
Energy [cm²]:	128	122	97
Resistance to Extension [BU]:	1008	1390	1169
Extensibility [mm]:	104	76	68
Maximum [BU]:	1041	1391	1284
Ratio Number:	9.7	18.3	17.3
Ratio Number (Max.):	10.0	18.3	19.0

Remarks: F14  
 F14



Test: C:\WILLIAMS\F14.EXD

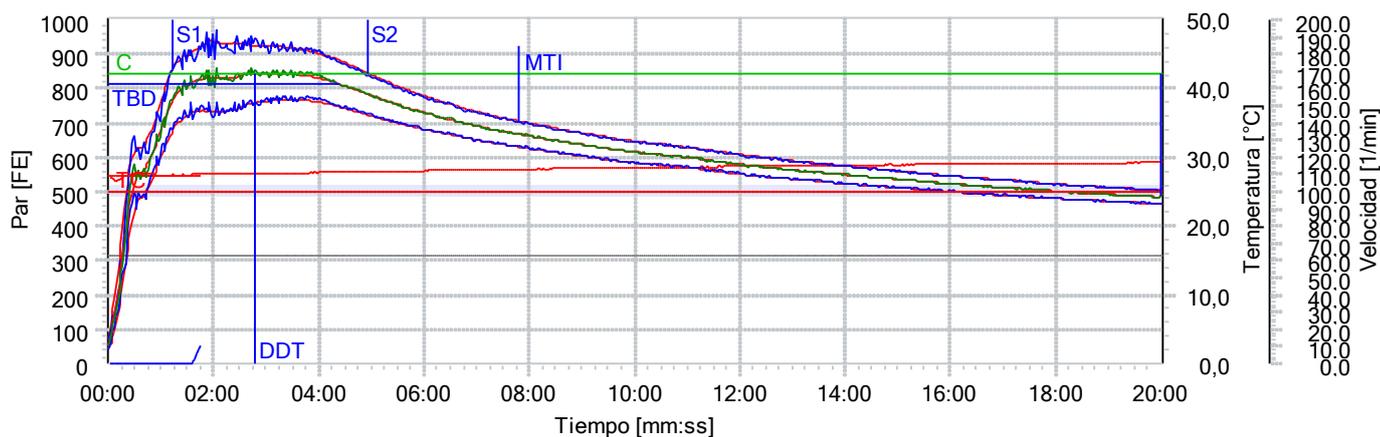
Pedido:	analysis fari	Fecha:	05/02/2020 11:25:02
Número de código:	F1	Usuario:	Williams
Muestra:	F1		
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0 1/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864
Peso de la muestra:	300,0 g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	14,0 %	Consistencia estandar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0 %	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Additional liquid:	0,0 %	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Comentarios:	20%		



— Mezcla previa	— Temperatura de dosificación
— Valor medio	— Valor medio (suavizado)
— Mínimo	— Mínimo (suavizado)
— Máximo	— Máximo (suavizado)
— Temperatura de la mezcladora	— Stock temperature
— Circulator temperature	— Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:02	Tiempo de medida
DT	°C	27,0	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:46	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	830	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	64,3	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	64,3	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:16	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:23	StabilityDeparture
S	mm:ss	04:07	Estabilidad
MTI	FE	209	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	48	Número de calidad farinográfico
D	FE	343	Drop-off
TBD	mm:ss	04:47	Time to breakdown

Pedido:	analysis fari	Fecha:	06/02/2020 9:43:36
Número de código:	F2	Usuario:	Williams
Muestra:	F2		
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0 1/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864
Peso de la muestra:	296,9 g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	13,1 %	Consistencia estandar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0 %	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Additional liquid:	0,0 %	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Comentarios:	20%		

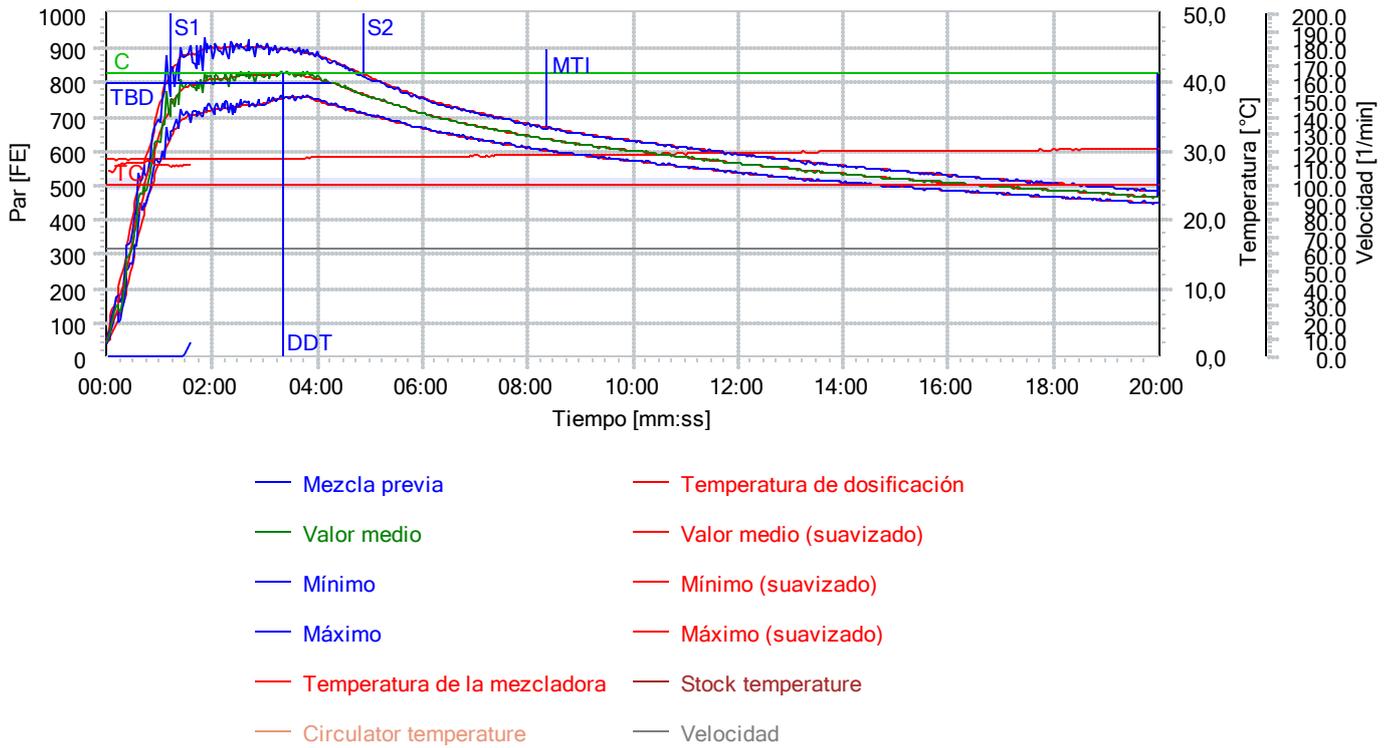


— Mezcla previa	— Temperatura de dosificación
— Valor medio	— Valor medio (suavizado)
— Mínimo	— Mínimo (suavizado)
— Máximo	— Máximo (suavizado)
— Temperatura de la mezcladora	— Stock temperature
— Circulator temperature	— Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	27,4	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	02:48	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	845	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	64,6	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,6	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:13	StabilityArrival
S2	mm:ss	04:57	StabilityDeparture
S	mm:ss	03:44	Estabilidad
MTI	FE	220	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	44	Número de calidad farinográfico
D	FE	359	Drop-off
TBD	mm:ss	04:25	Time to breakdown

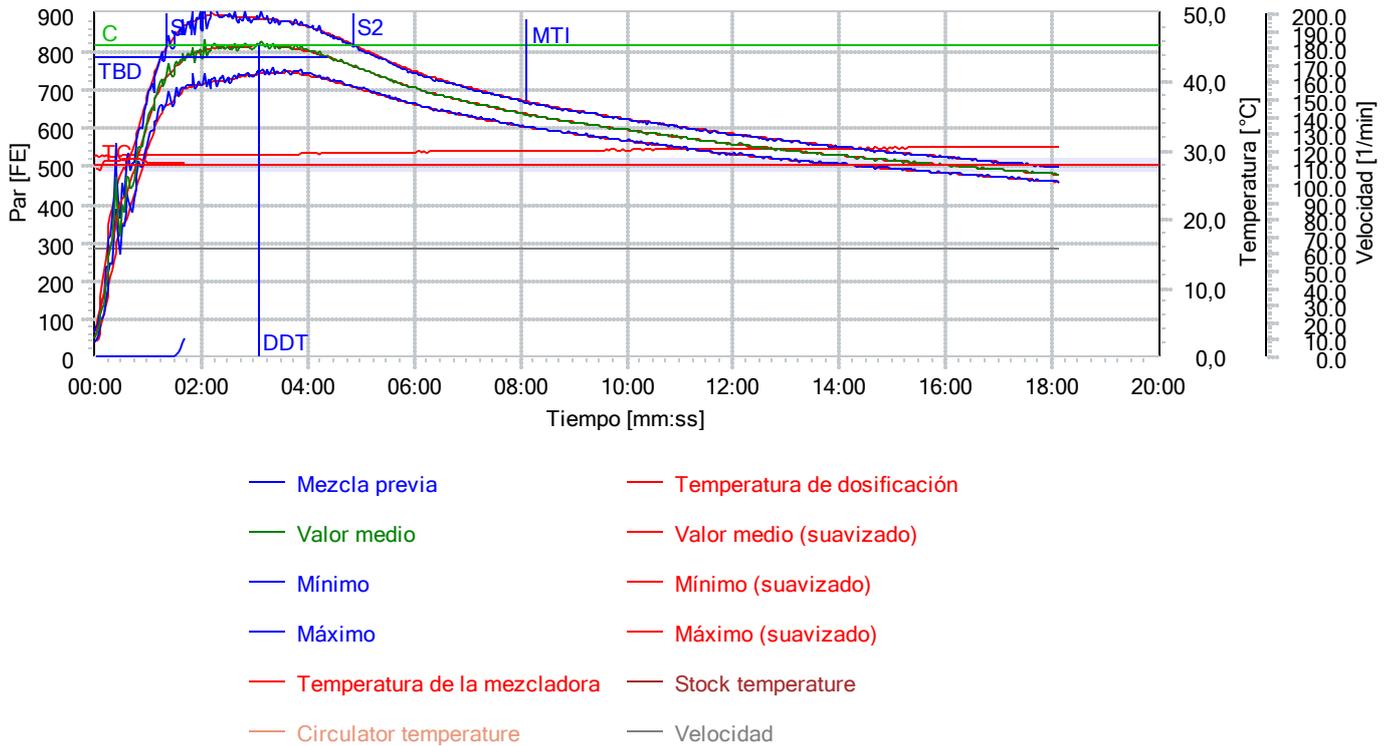
Pedido:	analysis fari	Fecha:	06/02/2020 10:47:38
Número de código:	F3	Usuario:	Williams
Muestra:	F3	Velocidad:	63,0 1/ min
Método:	AACC 300	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Evaluación:	AACC	Información de la mezcladora:	1925864
Mezcladora:	300 g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Peso de la muestra:	297,9 g	Consistencia estandar:	500 FE
Humedad de la harina:	13,4 %	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Absorción de agua:	56,0 %	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Additional liquid:	0,0 %		

Comentarios: 20%



Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	27,9	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:21	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	824	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	64,1	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,4	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:13	StabilityArival
S2	mm:ss	04:53	StabilityDeparture
S	mm:ss	03:40	Estabilidad
MTI	FE	227	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	43	Número de calidad farinográfico
D	FE	359	Drop-off
TBD	mm:ss	04:17	Time to breakdown

Pedido:	analisis fari	Fecha:	06/02/2020 11:28:06
Número de código:	F4	Usuario:	Williams
Muestra:	F4	Velocidad:	63,0 1/ min
Método:	AACC 300	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Evaluación	AACC	Información de la	1925864
Mezcladora:	300 g	mezcladora	
Peso de la muestra:	299,7 g	Humedad estandar de la	14,0 %
Humedad de la harina:	13,9 %	harina	
Absorción de agua:	56,0 %	Consistencia estandar:	500 FE
Additional liquid:	0,0 %	Rango mínimo de	480 FE
		consistencia:	
		Rango máximo de	520 FE
		consistencia	
Comentarios:	20%		



Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	18:08	Tiempo de medida
DT	°C	28,3	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:07	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	816	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	63,9	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,8	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:22	StabilityArival
S2	mm:ss	04:53	StabilityDeparture
S	mm:ss	03:31	Estabilidad
MTI	FE	216	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	44	Número de calidad farinográfico
D	FE	-/-	Drop-off
TBD	mm:ss	04:23	Time to breakdown

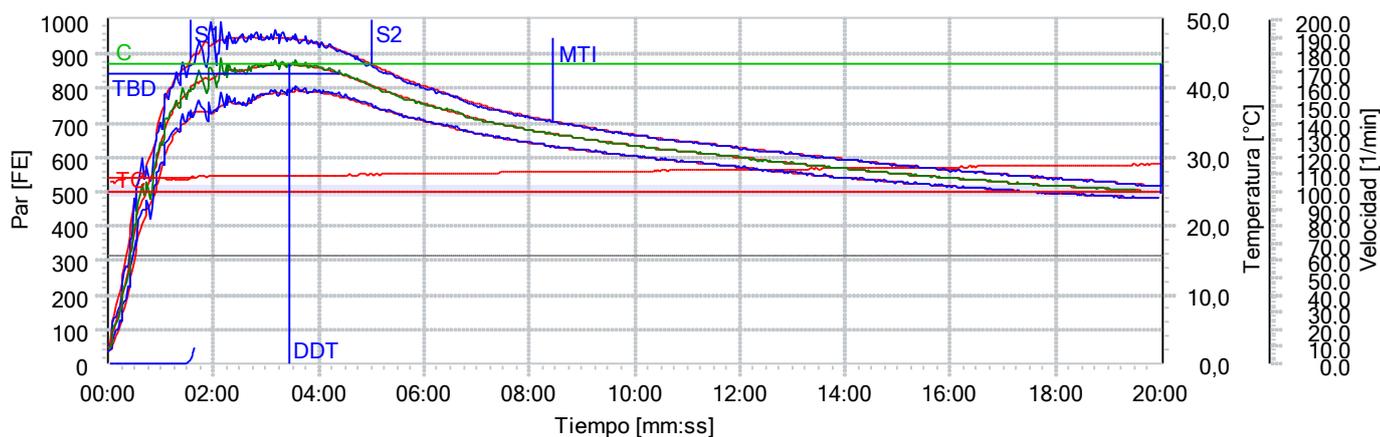
Pedido: analisis fari  
 Número de código: F5  
 Muestra: F5  
 Método: AACC 300  
 Evaluación: AACC  
 Mezcladora: 300 g

Fecha: 07/02/2020 9:47:15  
 Usuario: Williams

Velocidad: 63,0 1/min  
 Tiempo de medida: 20:00 mm:ss  
 Información de la mezcladora: 1925864  
 Humedad estandar de la harina: 14,0 %  
 Consistencia estandar: 500 FE  
 Rango mínimo de consistencia: 480 FE  
 Rango máximo de consistencia: 520 FE

Peso de la muestra: 297,2 g  
 Humedad de la harina: 13,2 %  
 Absorción de agua: 56,0 %  
 Additional liquid: 0,0 %

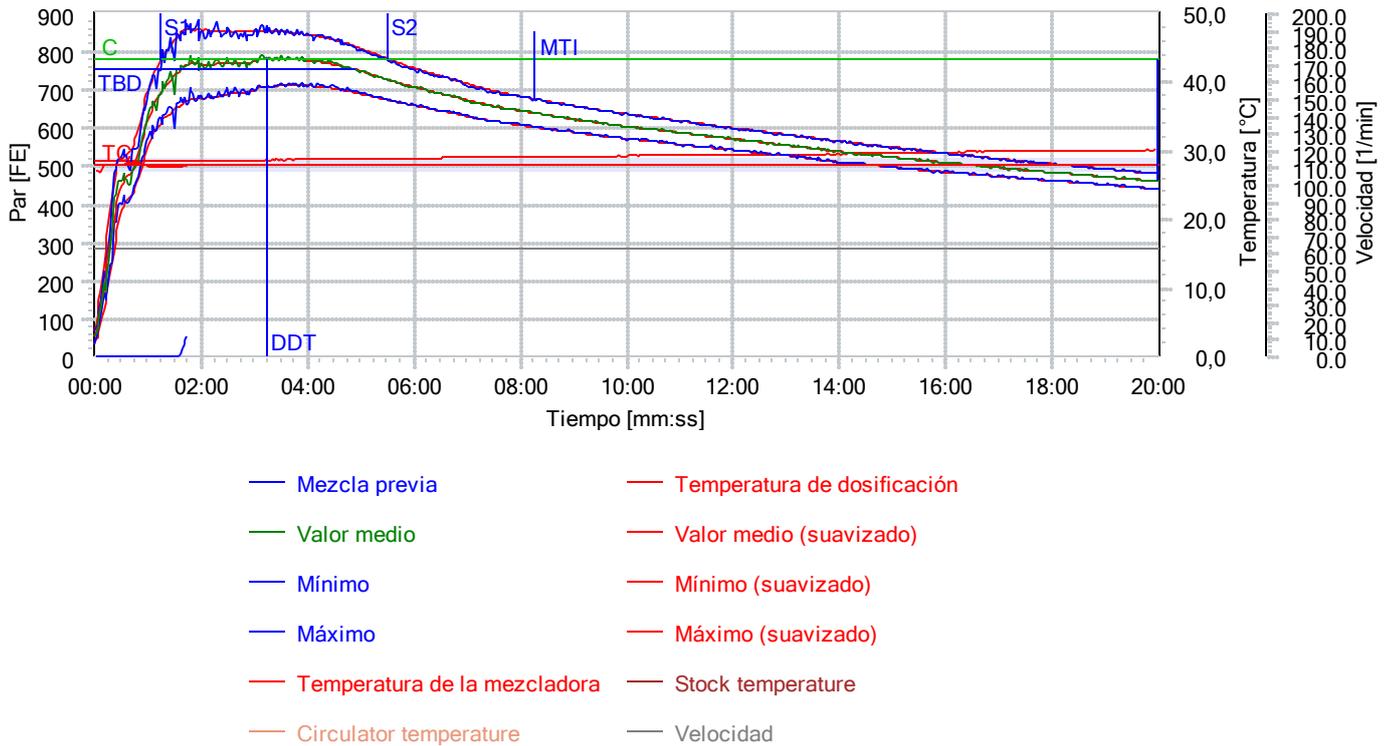
Comentarios: 20%



— Mezcla previa — Temperatura de dosificación  
 — Valor medio — Valor medio (suavizado)  
 — Mínimo — Mínimo (suavizado)  
 — Máximo — Máximo (suavizado)  
 — Temperatura de la mezcladora — Stock temperature  
 — Circulator temperature — Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	27,0	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:27	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	872	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	65,3	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	64,4	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:33	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:00	StabilityDeparture
S	mm:ss	03:27	Estabilidad
MTI	FE	241	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	44	Número de calidad farinográfico
D	FE	375	Drop-off
TBD	mm:ss	04:25	Time to breakdown

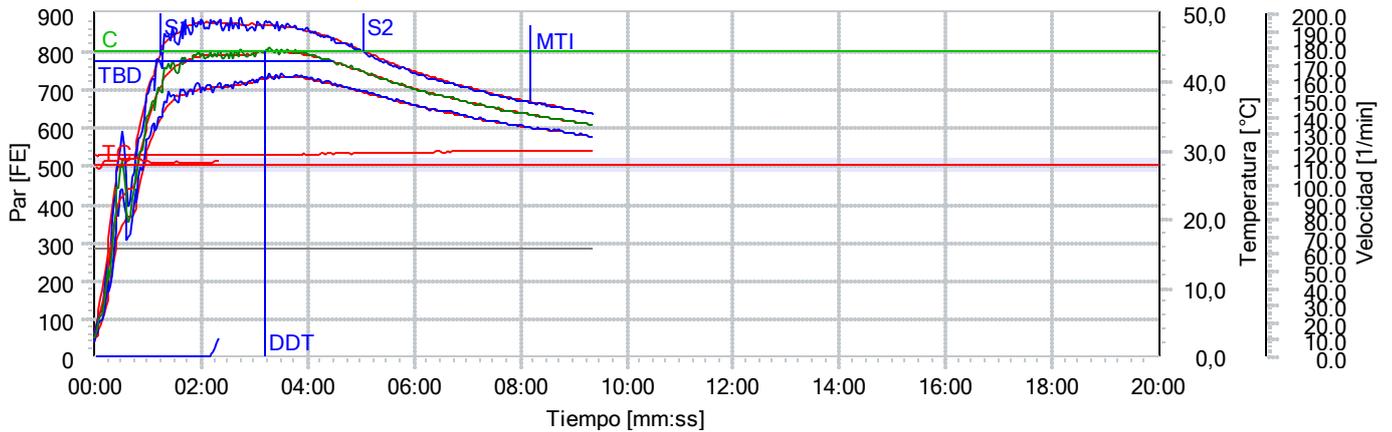
Pedido:	analisis fari		Fecha:	07/02/2020 10:25:25	
Número de código:			Usuario:	Williams	
Muestra:	F6		Velocidad:	63,0	1/ min
Método:	AACC 300		Tiempo de medida:	20:00	mm:ss
Evaluación:	AACC		Información de la mezcladora:	1925864	
Mezcladora:	300 g		Humedad estandar de la harina:	14,0	%
Peso de la muestra:	300,3	g	Consistencia estandar:	500	FE
Humedad de la harina:	14,1	%	Rango mínimo de consistencia:	480	FE
Absorción de agua:	56,0	%	Rango máximo de consistencia:	520	FE
Additional liquid:	0,0	%			
Comentarios:	20%				



Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	27,7	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:16	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	781	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	63,0	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,1	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:14	StabilityArival
S2	mm:ss	05:30	StabilityDeparture
S	mm:ss	04:16	Estabilidad
MTI	FE	175	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	49	Número de calidad farinográfico
D	FE	321	Drop-off
TBD	mm:ss	04:55	Time to breakdown

Pedido:	analysis fari	Fecha:	07/02/2020 11:00:26
Número de código:	f7	Usuario:	Williams
Muestra:	F7	Velocidad:	63,0 1/ min
Método:	AACC 300	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Evaluación:	AACC	Información de la mezcladora:	1925864
Mezcladora:	300 g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Peso de la muestra:	299,3 g	Consistencia estandar:	500 FE
Humedad de la harina:	13,8 %	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Absorción de agua:	56,0 %	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Additional liquid:	0,0 %		

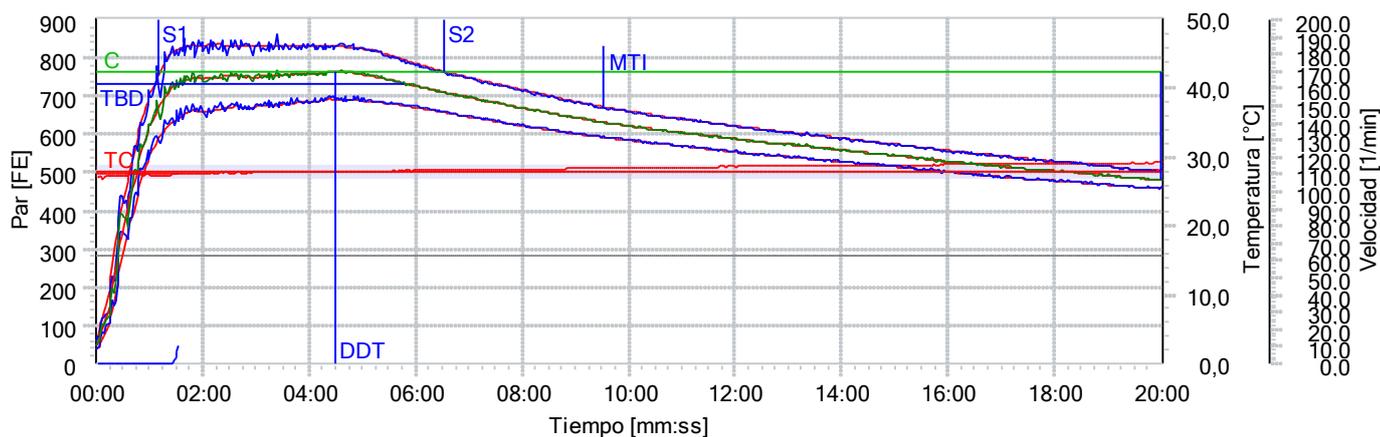
Comentarios: 20%



- Mezcla previa
- Valor medio
- Mínimo
- Máximo
- Temperatura de la mezcladora
- Circulator temperature
- Temperatura de dosificación
- Valor medio (suavizado)
- Mínimo (suavizado)
- Máximo (suavizado)
- Stock temperature
- Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	09:24	Tiempo de medida
DT	°C	28,4	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:12	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	801	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	63,5	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,3	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:14	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:04	StabilityDeparture
S	mm:ss	03:50	Estabilidad
MTI	FE	202	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	45	Número de calidad farinográfico
D	FE	-/-	Drop-off
TBD	mm:ss	04:31	Time to breakdown

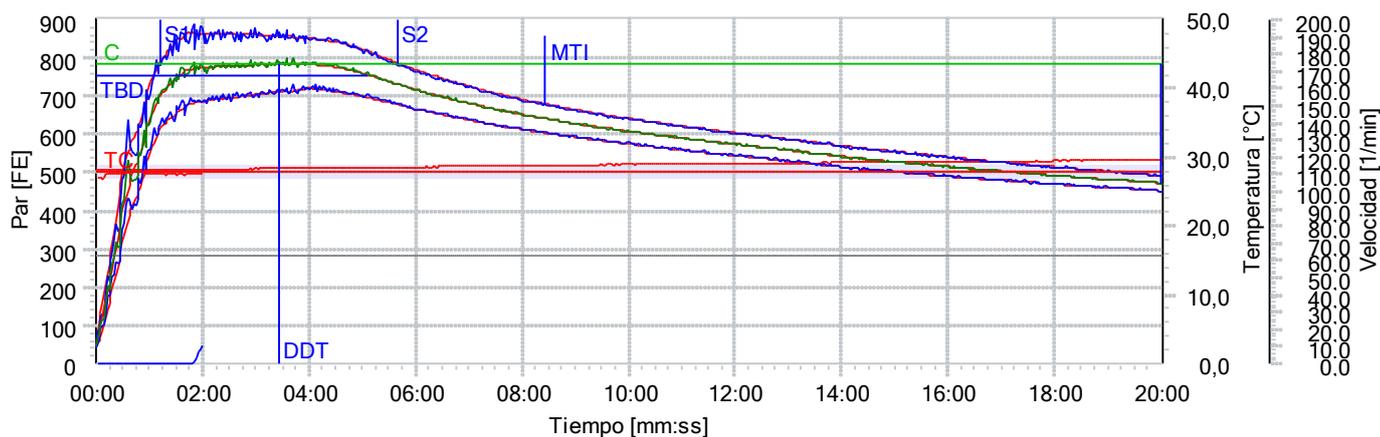
Pedido:	analysis fari	Fecha:	18/02/2020 10:59:14
Número de código:	f8	Usuario:	Williams
Muestra:	F8		
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0 1/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864
Peso de la muestra:	301,8 g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	14,5 %	Consistencia estandar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0 %	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Additional liquid:	0,0 %	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Comentarios:	20%		



— Mezcla previa	— Temperatura de dosificación
— Valor medio	— Valor medio (suavizado)
— Mínimo	— Mínimo (suavizado)
— Máximo	— Máximo (suavizado)
— Temperatura de la mezcladora	— Stock temperature
— Circulator temperature	— Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	27,5	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	04:31	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	764	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	62,6	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,2	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:11	StabilityArrival
S2	mm:ss	06:32	StabilityDeparture
S	mm:ss	05:21	Estabilidad
MTI	FE	159	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	58	Número de calidad farinográfico
D	FE	281	Drop-off
TBD	mm:ss	05:47	Time to breakdown

Pedido:	analysis fari	Fecha:	18/02/2020 12:03:23
Número de código:	f10	Usuario:	Williams
Muestra:	F10		
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0 1/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864
Peso de la muestra:	299,7 g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	13,9 %	Consistencia estandar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0 %	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Additional liquid:	0,0 %	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Comentarios:	20%		



— Mezcla previa	— Temperatura de dosificación
— Valor medio	— Valor medio (suavizado)
— Mínimo	— Mínimo (suavizado)
— Máximo	— Máximo (suavizado)
— Temperatura de la mezcladora	— Stock temperature
— Circulator temperature	— Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:01	Tiempo de medida
DT	°C	27,6	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:25	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	787	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	63,2	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,1	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:13	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:40	StabilityDeparture
S	mm:ss	04:27	Estabilidad
MTI	FE	178	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	51	Número de calidad farinográfico
D	FE	314	Drop-off
TBD	mm:ss	05:06	Time to breakdown

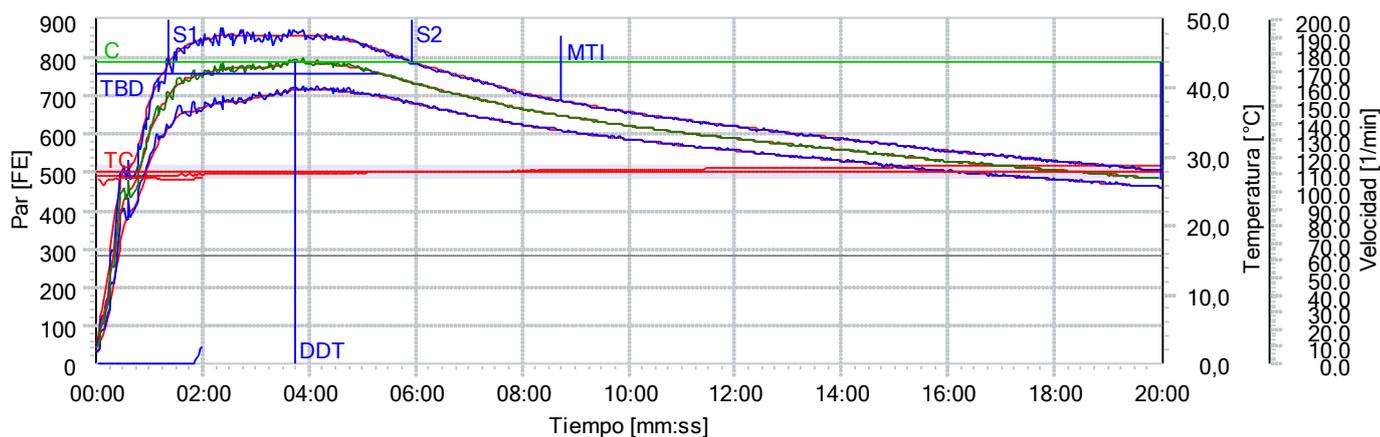
Pedido: analisis fari  
 Número de código: F11  
 Muestra: F11  
 Método: AACC 300  
 Evaluación: AACC  
 Mezcladora: 300 g

Fecha: 18/02/2020 14:16:04  
 Usuario: Williams

Velocidad: 63,0 1/min  
 Tiempo de medida: 20:00 mm:ss  
 Información de la mezcladora: 1925864  
 Humedad estandar de la harina: 14,0 %  
 Consistencia estandar: 500 FE  
 Rango mínimo de consistencia: 480 FE  
 Rango máximo de consistencia: 520 FE

Peso de la muestra: 299,3 g  
 Humedad de la harina: 13,8 %  
 Absorción de agua: 56,0 %  
 Additional liquid: 0,0 %

Comentarios: 20%

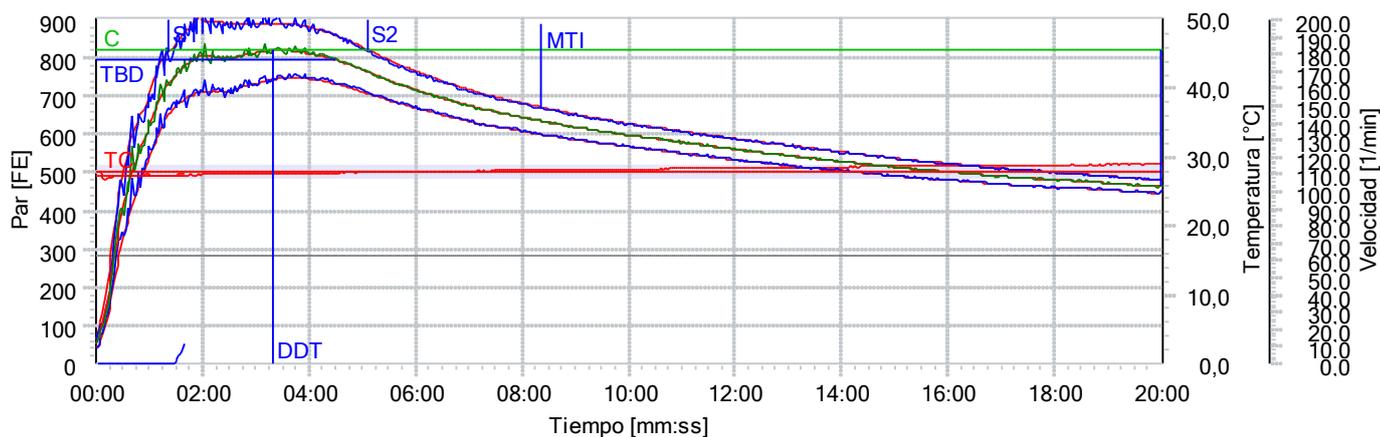


— Mezcla previa — Temperatura de dosificación  
 — Valor medio — Valor medio (suavizado)  
 — Mínimo — Mínimo (suavizado)  
 — Máximo — Máximo (suavizado)  
 — Temperatura de la mezcladora — Stock temperature  
 — Circulator temperature — Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	26,9	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:44	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	791	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	63,3	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,1	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:22	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:57	StabilityDeparture
S	mm:ss	04:34	Estabilidad
MTI	FE	169	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	53	Número de calidad farinográfico
D	FE	307	Drop-off
TBD	mm:ss	05:17	Time to breakdown

Pedido:	analysis fari	Fecha:	24/02/2020 8:36:47		
Número de código:	F7,1	Usuario:	Williams		
Muestra:	F7,1				
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0	1/min	
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00	mm:ss	
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864		
Peso de la muestra:	299,3	g	Humedad estandar de la harina:	14,0	%
Humedad de la harina:	13,8	%	Consistencia estandar:	500	FE
Absorción de agua:	56,0	%	Rango mínimo de consistencia:	480	FE
Additional liquid:	0,0	%	Rango máximo de consistencia:	520	FE

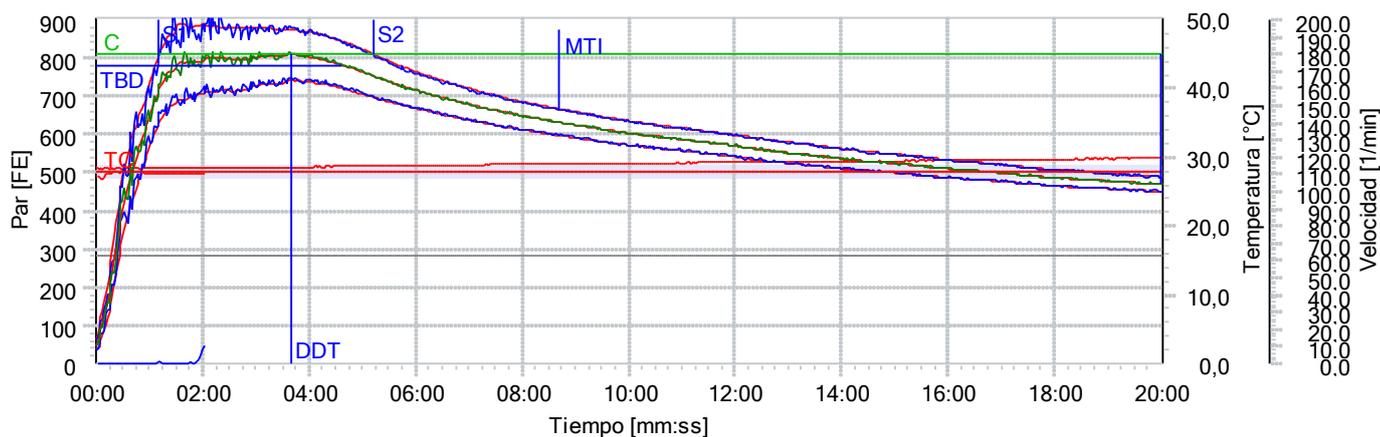
Comentarios: 20%



— Mezcla previa	— Temperatura de dosificación
— Valor medio	— Valor medio (suavizado)
— Mínimo	— Mínimo (suavizado)
— Máximo	— Máximo (suavizado)
— Temperatura de la mezcladora	— Stock temperature
— Circulator temperature	— Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	27,5	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:20	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	823	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	64,1	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,9	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:22	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:06	StabilityDeparture
S	mm:ss	03:44	Estabilidad
MTI	FE	220	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	45	Número de calidad farinográfico
D	FE	359	Drop-off
TBD	mm:ss	04:31	Time to breakdown

Pedido:	analysis fari	Fecha:	24/02/2020 9:19:56
Número de código:	F9	Usuario:	Williams
Muestra:	F9		
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0 1/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864
Peso de la muestra:	298,6 g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	13,6 %	Consistencia estandar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0 %	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Additional liquid:	0,0 %	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Comentarios:	20%		



— Mezcla previa	— Temperatura de dosificación
— Valor medio	— Valor medio (suavizado)
— Mínimo	— Mínimo (suavizado)
— Máximo	— Máximo (suavizado)
— Temperatura de la mezcladora	— Stock temperature
— Circulator temperature	— Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:01	Tiempo de medida
DT	°C	27,7	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:40	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	811	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	63,8	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	63,3	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:09	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:12	StabilityDeparture
S	mm:ss	04:03	Estabilidad
MTI	FE	207	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	46	Número de calidad farinográfico
D	FE	341	Drop-off
TBD	mm:ss	04:36	Time to breakdown

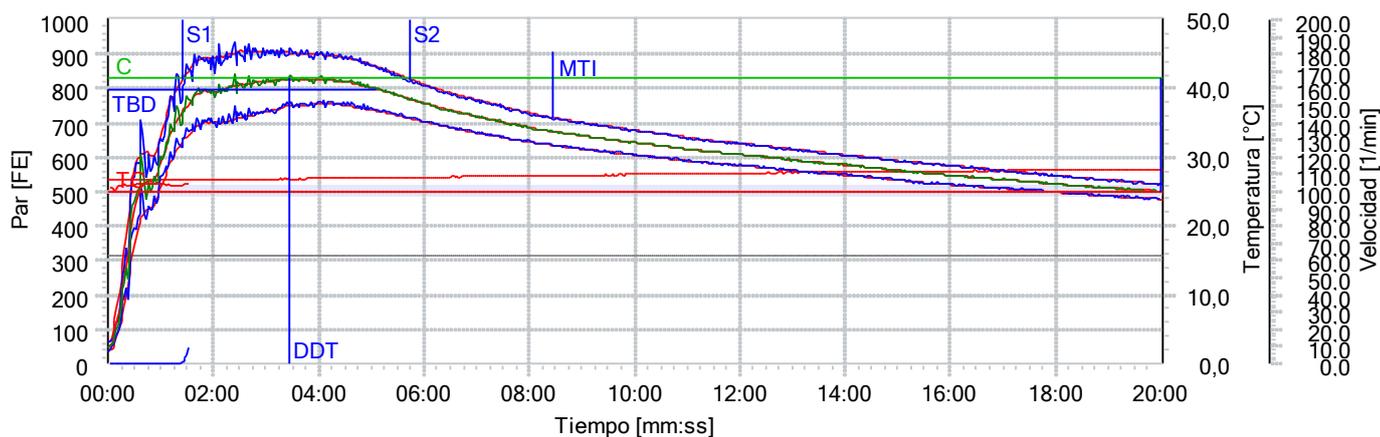
Pedido: analisis fari  
 Número de código: F12  
 Muestra: F12  
 Método: AACC 300  
 Evaluación: AACC  
 Mezcladora: 300 g

Fecha: 24/02/2020 14:22:10  
 Usuario: Williams

Velocidad: 63,0 1/min  
 Tiempo de medida: 20:00 mm:ss  
 Información de la mezcladora: 1925864  
 Humedad estandar de la harina: 14,0 %  
 Consistencia estandar: 500 FE  
 Rango mínimo de consistencia: 480 FE  
 Rango máximo de consistencia: 520 FE

Peso de la muestra: 299,7 g  
 Humedad de la harina: 13,9 %  
 Absorción de agua: 56,0 %  
 Additional liquid: 0,0 %

Comentarios: 20%



— Mezcla previa — Temperatura de dosificación  
 — Valor medio — Valor medio (suavizado)  
 — Mínimo — Mínimo (suavizado)  
 — Máximo — Máximo (suavizado)  
 — Temperatura de la mezcladora — Stock temperature  
 — Circulator temperature — Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:01	Tiempo de medida
DT	°C	26,1	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:25	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	829	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	64,2	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	64,1	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:24	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:44	StabilityDeparture
S	mm:ss	04:19	Estabilidad
MTI	FE	189	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	51	Número de calidad farinográfico
D	FE	329	Drop-off
TBD	mm:ss	05:06	Time to breakdown

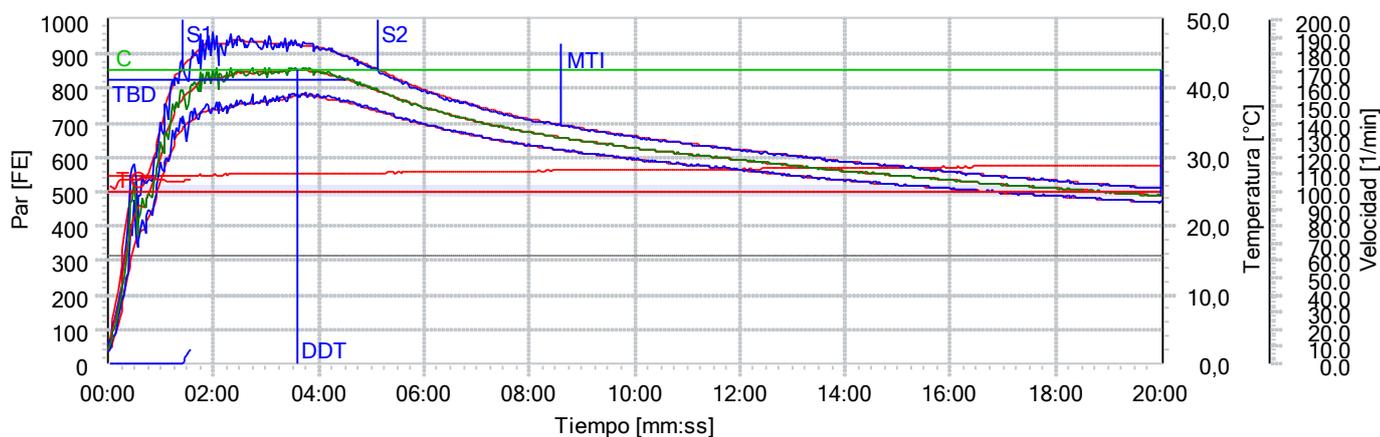
Pedido: analisis fari  
 Número de código: F13  
 Muestra: F13  
 Método: AACC 300  
 Evaluación: AACC  
 Mezcladora: 300 g

Fecha: 24/02/2020 15:00:18  
 Usuario: Williams

Velocidad: 63,0 1/min  
 Tiempo de medida: 20:00 mm:ss  
 Información de la mezcladora: 1925864  
 Humedad estandar de la harina: 14,0 %  
 Consistencia estandar: 500 FE  
 Rango mínimo de consistencia: 480 FE  
 Rango máximo de consistencia: 520 FE

Peso de la muestra: 299,7 g  
 Humedad de la harina: 13,9 %  
 Absorción de agua: 56,0 %  
 Additional liquid: 0,0 %

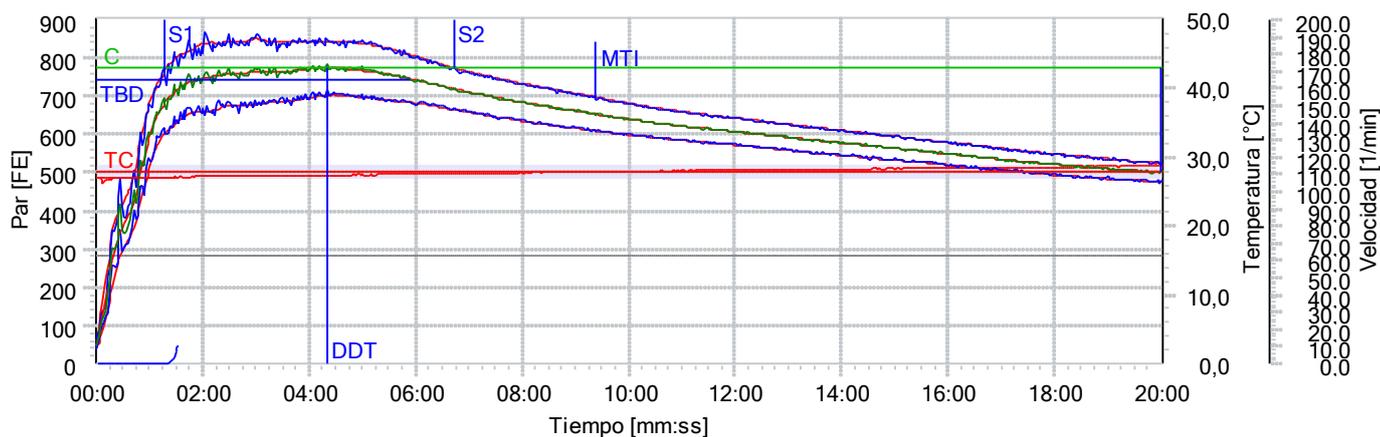
Comentarios: 20%



— Mezcla previa — Temperatura de dosificación  
 — Valor medio — Valor medio (suavizado)  
 — Mínimo — Mínimo (suavizado)  
 — Máximo — Máximo (suavizado)  
 — Temperatura de la mezcladora — Stock temperature  
 — Circulator temperature — Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	26,6	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	03:37	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	856	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	64,9	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	64,8	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:26	StabilityArrival
S2	mm:ss	05:08	StabilityDeparture
S	mm:ss	03:42	Estabilidad
MTI	FE	234	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	45	Número de calidad farinográfico
D	FE	366	Drop-off
TBD	mm:ss	04:31	Time to breakdown

Pedido:	analysis fari	Fecha:	25/02/2020 8:30:56
Número de código:	F14	Usuario:	Williams
Muestra:	F14		
Método:	AACC 300	Velocidad:	63,0 1/min
Evaluación:	AACC	Tiempo de medida:	20:00 mm:ss
Mezcladora:	300 g	Información de la mezcladora:	1925864
Peso de la muestra:	300,0 g	Humedad estandar de la harina:	14,0 %
Humedad de la harina:	14,0 %	Consistencia estandar:	500 FE
Absorción de agua:	56,0 %	Rango mínimo de consistencia:	480 FE
Additional liquid:	0,0 %	Rango máximo de consistencia:	520 FE
Comentarios:	20%		



— Mezcla previa	— Temperatura de dosificación
— Valor medio	— Valor medio (suavizado)
— Mínimo	— Mínimo (suavizado)
— Máximo	— Máximo (suavizado)
— Temperatura de la mezcladora	— Stock temperature
— Circulator temperature	— Velocidad

Evaluación			
Punto	Unidad	Valor	Descripción
T	mm:ss	20:00	Tiempo de medida
DT	°C	27,1	Temperatura de dosificación
DDT	mm:ss	04:21	Tiempo de desarrollo de la masa
C	FE	774	Consistencia
WZ	%	56,0	Absorción de agua
WAC	%	62,9	Absorción de agua corregida para consistencia
WAM	%	62,9	Absorción de agua corregida por humedad harina
S1	mm:ss	01:18	StabilityArrival
S2	mm:ss	06:43	StabilityDeparture
S	mm:ss	05:25	Estabilidad
MTI	FE	145	Índice de tolerancia (MTI)
FQN	mm	59	Número de calidad farinográfico
D	FE	273	Drop-off
TBD	mm:ss	05:55	Time to breakdown

**Proyecto** FONDECYT-ELABORACION DE PANES Y GALLETAS CON GRANOS ANDINOS GERMINADOS  
**Tarea** ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE PAN DE MOLDE QUINOA Y CAÑIHUA  
**Realizado por** CMV  
**Análisis** ORAC  
**Procedimiento** PT-DCCS-MJFA-005



Nombre	FORMULACIÓN			µmoles TE/mg	Media	SD
	Q	C	T			
P QC T1	8	8	84	57.28	<b>51.86</b>	<b>4.74</b>
	8	8	84	49.85		
	8	8	84	48.46		
P QC T2	15	5	80	58.64	<b>58.12</b>	<b>0.44</b>
	15	5	80	57.90		
	15	5	80	57.84		
P QC T3	10	10	80	50.75	<b>51.22</b>	<b>1.10</b>
	10	10	80	52.48		
	10	10	80	50.43		
P QC T4	5	15	80	58.33	<b>58.20</b>	<b>0.54</b>
	5	15	80	58.67		
	5	15	80	57.62		
P QC T5	5	15	80	44.41	<b>44.85</b>	<b>1.00</b>
	5	15	80	45.99		
	5	15	80	44.14		
P QC T6	5	10	85	57.82	<b>60.27</b>	<b>2.19</b>
	5	10	85	60.94		
	5	10	85	62.05		
P QC T7	7	12	81	49.93	<b>48.55</b>	<b>1.94</b>
	7	12	81	47.18		
P QC T8	5	5	90	38.07	<b>37.71</b>	<b>0.31</b>
	5	5	90	37.49		
	5	5	90	37.59		
P QC T9	15	5	80	40.21	<b>41.59</b>	<b>1.25</b>
	15	5	80	42.64		
	15	5	80	41.94		
P QC T10	10	5	85	47.48	<b>48.65</b>	<b>1.35</b>
	10	5	85	50.13		
	10	5	85	48.35		
P QC T11	7	7	86	67.57	<b>62.01</b>	<b>4.92</b>
	7	7	86	60.28		
	7	7	86	58.19		
P QC T12	5	10	85	47.53	<b>49.16</b>	<b>1.68</b>
	5	10	85	50.88		
	5	10	85	49.08		
P QC T13	12	7	81	52.38	<b>52.71</b>	<b>0.57</b>
	12	7	81	53.37		
	12	7	81	52.39		
P QC T14	5	5	90	37.81	<b>40.59</b>	<b>3.94</b>
	5	5	90	43.38		
PAN CONTROL	0	0	100	19.74	<b>18.45</b>	<b>1.82</b>
	0	0	100	17.17		

**Proyecto** FONDECYT-ELABORACION DE PANES Y GALLETAS CON GRANOS ANDINOS GERMINADOS  
**Tarea** ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE GALLETAS QUINOA Y CAÑIHUA  
**Realizado por** CMV  
**Análisis** ORAC  
**Procedimiento** PT-DCCS-MJFA-005

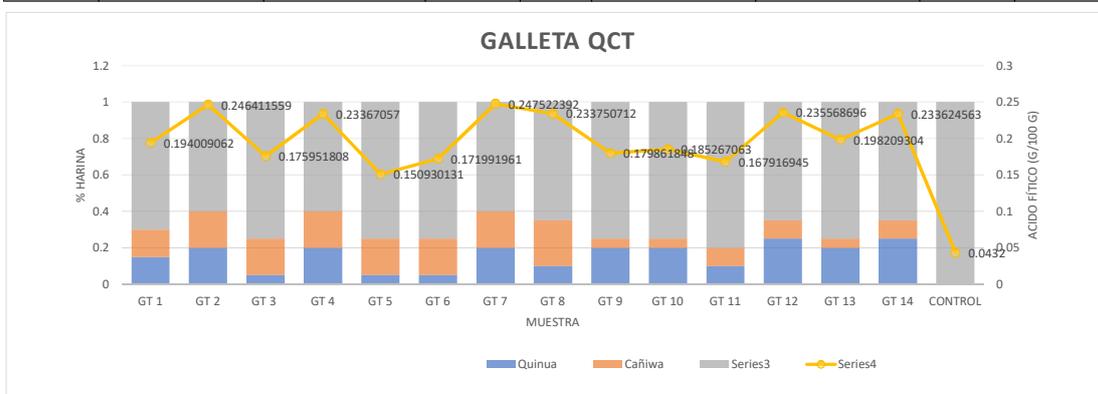


Name	FORMULACIÓN			µmoles TE/mg	Media	SD
	Q	C	T			
galleta QC T1	15	15	70	96.14	<b>95.46</b>	<b>2.45</b>
	15	15	70	92.74		
	15	15	70	97.49		
galleta QC T2	20	20	60	136.32	<b>133.28</b>	<b>2.65</b>
	20	20	60	131.47		
	20	20	60	132.06		
galleta QC T3	5	20	75	92.94	<b>91.60</b>	<b>6.44</b>
	5	20	75	84.59		
	5	20	75	97.26		
galleta QC T4	20	20	60	140.50	<b>138.39</b>	<b>2.03</b>
	20	20	60	138.22		
	20	20	60	136.45		
galleta QC T5	5	20	75	84.74	<b>84.49</b>	<b>0.25</b>
	5	20	75	84.48		
	5	20	75	84.24		
galleta QC T6	5	20	75		<b>89.03</b>	<b>5.75</b>
	5	20	75	84.96		
	5	20	75	93.10		
galleta QC T7	20	20	60	135.99	<b>136.25</b>	<b>2.19</b>
	20	20	60	138.56		
	20	20	60	134.20		
galleta QC T8	10	25	65	104.38	<b>98.35</b>	<b>8.20</b>
	10	25	65	101.66		
	10	25	65	89.01		
galleta QC T9	20	5	75	68.69	<b>67.38</b>	<b>2.92</b>
	20	5	75	69.41		
	20	5	75	64.03		
galleta QC T10	20	5	75	66.83	<b>61.64</b>	<b>5.84</b>
	20	5	75	62.77		
	20	5	75	55.31		
galleta QC T11	10	10	80	61.22	<b>56.06</b>	<b>5.06</b>
	10	10	80	55.85		
	10	10	80	51.11		
galleta QC T12	25	10	65	99.59	<b>90.22</b>	<b>9.48</b>
	25	10	65	90.44		
	25	10	65	80.63		
galleta QC T13	20	5	75	60.58	<b>56.68</b>	<b>5.22</b>
	20	5	75	58.71		
	20	5	75	50.75		
galleta QC T14	25	10	65	92.03	<b>92.66</b>	<b>2.98</b>
	25	10	65	95.90		
	25	10	65	90.05		
GALLETAS CONTROL	0	0	100	26.20	<b>25.50</b>	<b>2.80</b>
	0	0	100	27.90		
	0	0	100	22.42		



**GALLETA**

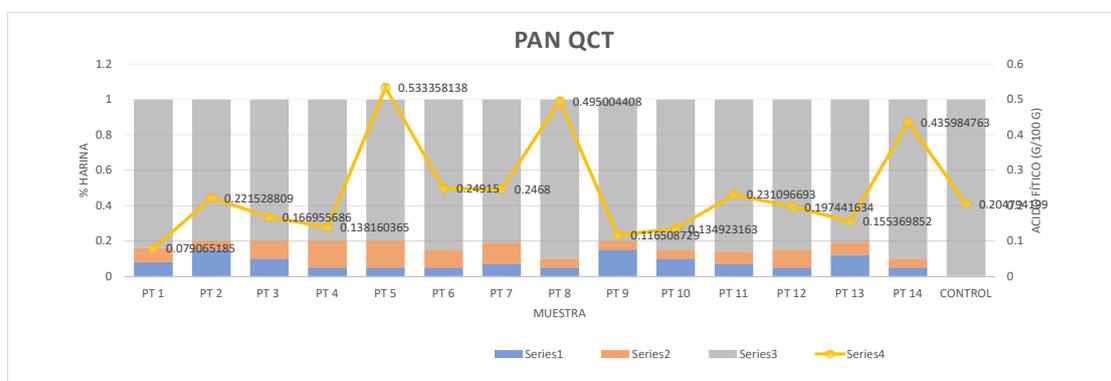
Muestra	% Quinoa germinada	% Cañiwa germinada	% Trigo	% TOTAL	Acido fitico 1 (g/100g)	Acido fitico 2 (g/100g)	Media (g/100g)	SD
GT 1	15%	15%	70%	100%	0.1940	0.1940	0.19	0.00
GT 2	20%	20%	60%	100%	0.2547	0.2381	0.25	0.01
GT 3	5%	20%	75%	100%	0.1793	0.1726	0.18	0.00
GT 4	20%	20%	60%	100%	0.2337	0.2337	0.23	0.00
GT 5	5%	20%	75%	100%	0.1543	0.1476	0.15	0.00
GT 6	5%	20%	75%	100%	0.1720	0.1720	0.17	0.00
GT 7	20%	20%	60%	100%	0.2492	0.2459	0.25	0.00
GT 8	10%	25%	65%	100%	0.2321	0.2354	0.23	0.00
GT 9	20%	5%	75%	100%	0.1833	0.1765	0.18	0.00
GT 10	20%	5%	75%	100%	0.1837	0.1869	0.19	0.00
GT 11	10%	10%	80%	100%	0.1696	0.1662	0.17	0.00
GT 12	25%	10%	65%	100%	0.2323	0.2388	0.24	0.00
GT 13	20%	5%	75%	100%	0.1897	0.2067	0.20	0.01
GT 14	25%	10%	65%	100%	0.2336	0.2336	0.23	0.00
CONTROL	0%	0%	100%	100%	0.0432	0.0432	0.04	0.00





**PAN**

Muestra	% Quinoa germinada	% Cañiwa germinada	% Trigo	% TOTAL	Acido fitico 1 (g/100g)	Acido fitico 2 (g/100g)	Media (g/100g)	SD
PT 1	8%	8%	84%	100%	0.0740	0.0841	0.08	0.01
PT 2	15%	5%	80%	100%	0.2164	0.2267	0.22	0.01
PT 3	10%	10%	80%	100%	0.1670	0.1670	0.17	0.00
PT 4	5%	15%	80%	100%	0.1314	0.1449	0.14	0.01
PT 5	5%	15%	80%	100%	0.5283	0.5384	0.53	0.01
PT 6	5%	10%	85%	100%	0.2458	0.2525	0.25	0.00
PT 7	7%	12%	81%	100%	0.2434	0.2502	0.25	0.00
PT 8	5%	5%	90%	100%	0.4899	0.5001	0.50	0.01
PT 9	15%	5%	80%	100%	0.1148	0.1182	0.12	0.00
PT 10	10%	5%	85%	100%	0.1282	0.1417	0.13	0.01
PT 11	7%	7%	86%	100%	0.2311	0.2311	0.23	0.00
PT 12	5%	10%	85%	100%	0.1991	0.1958	0.20	0.00
PT 13	12%	7%	81%	100%	0.1537	0.1571	0.16	0.00
PT 14	5%	5%	90%	100%	0.4343	0.4377	0.44	0.00
CONTROL	0%	0%	100%	100%	0.2082	0.2014	0.20	0.00



**Proyecto** FONDECYT-ELABORACION DE PANES Y GALLETAS CON GRANOS ANDINOS GERMINADOS  
**Tarea** CONTENIDO DE GABA EN GALLETAS Y PAN FORMULADOS CON GRANOS ANDINOS GE  
**Realizado por** UVA  
**Análisis** GABA  
**Informe** C21075



Muestra	Codigo análisis	Amount ppm	Name	PM	peso muestras	peso final	mg/g	mg/100 g	Media	SD
Galleta quinoa-cañihua	G1QC	C21075-29.1	6.8032		0.4136	2.129	0.0350	3.5019	3.50	0.01
		C21075-29.2	5.3423		0.3295	2.1551	0.0349	3.4941		
	G2QC	C21075-30.1	8.9455		0.4395	2.266	0.0461	4.6122	4.66	0.06
		C21075-30.2	7.6565		0.3328	2.0444	0.0470	4.7034		
	G3QC	C21075-31.1	7.4008		0.384	2.0706	0.0399	3.9907	4.00	0.02
		C21075-31.2	6.8511		0.3494	2.0498	0.0402	4.0193		
	G4QC	C21075-32.1	6.5308		0.3027	2.0278	0.0438	4.3750	4.58	0.28
		C21075-32.2	9.9860		0.4354	2.0832	0.0478	4.7779		
	G5QC	C21075-33.1	6.5038		0.3262	2.0113	0.0401	4.0101	4.06	0.08
		C21075-33.2	7.4964		0.4017	2.206	0.0412	4.1168		
	G6QC	C21075-34.1	6.6731		0.3839	2.0728	0.0360	3.6030	3.63	0.03
		C21075-34.2	6.0016		0.3304	2.0105	0.0365	3.6520		
	G7QC	C21075-35.1	7.3264		0.3085	2.0134	0.0478	4.7815	4.94	0.22
		C21075-35.2	10.1580		0.4802	2.4081	0.0509	5.0940		
G8QC	C21075-36.1	5.0382		0.3047	2.0011	0.0331	3.3088	3.60	0.41	
	C21075-36.2	5.3439		0.447	3.2534	0.0389	3.8895			
G9QC	C21075-37.1	4.9330		0.3129	2.0054	0.0316	3.1616	3.18	0.02	
	C21075-37.2	5.5094		0.3639	2.1079	0.0319	3.1913			
G10QC	C21075-38.1	4.5269		0.3013	2.0615	0.0310	3.0973	3.12	0.03	
	C21075-38.2	5.2748		0.3609	2.1510	0.0314	3.1438			
G11QC	C21075-39.1	3.9813		0.3059	2.0151	0.0262	2.6227	2.61	0.02	
	C21075-39.2	4.9670		0.4846	2.5337	0.0260	2.5970			
G12QC	C21075-40.1	8.5776		0.4524	2.4143	0.0458	4.5776	4.58	0.00	
	C21075-40.2	7.2161		0.3357	2.1324	0.0458	4.5837			
G13QC	C21075-41.1	7.2736		0.3116	2.0194	0.0471	4.7138	3.98	1.03	
	C21075-41.2	6.2322		0.4072	2.1259	0.0325	3.2537			
G14QC	C21075-42.1	12.6593		0.4400	2.2434	0.0645	6.4545	6.47	0.02	
	C21075-42.2	11.0017		0.3418	2.0126	0.0648	6.4781			
Pan quinoa-cañihua	P1QC	C21075-43.1	31.9413		0.3003	2.0119	0.2140	21.3995	21.04	0.51
		C21075-43.2	30.0549		0.2855	1.9643	0.2068	20.6784		
	P2QC	C21075-44.1	44.6737		0.3243	2.0189	0.2781	27.8112	31.78	5.61
		C21075-44.2	58.3856		0.3308	2.0252	0.3574	35.7444		
	P3QC	C21075-45.1	47.1327		0.4274	2.1252	0.2344	23.4362	25.70	3.20
		C21075-45.2	40.4122		0.2333	1.6141	0.2796	27.9594		
	P4QC	C21075-46.1	48.5864		0.3681	2.1667	0.2860	28.5988	28.67	0.11
		C21075-46.2	52.0768		0.3959	2.1857	0.2875	28.7508		
	P5QC	C21075-47.1	60.9011		0.3425	2.0154	0.3584	35.8365	32.51	4.71
		C21075-47.2	39.6646		0.2693	1.9810	0.2918	29.1777		
	P6QC	C21075-48.1	37.2386		0.3147	2.0402	0.2414	24.1418	24.44	0.42
		C21075-48.2	41.5569		0.3403	2.0258	0.2474	24.7388		
	P7QC	C21075-49.1	46.0192		0.3310	2.0029	0.2785	27.8465	27.29	0.78
		C21075-49.2	43.8355		0.3346	2.0409	0.2674	26.7376		
P8QC	C21075-50.1	47.5636		0.4010	2.2090	0.2620	26.2015	25.67	0.75	
	C21075-50.2	36.9963		0.2997	2.0371	0.2515	25.1469			
P9QC	C21075-51.1	24.6223		0.3100	2.0904	0.1660	16.6034	16.75	0.21	
	C21075-51.2	22.1293		0.2520	1.9250	0.1690	16.9043			
P10QC	C21075-52.1	24.2463		0.2832	2.0067	0.1718	17.1805	17.19	0.01	
	C21075-52.2	23.8763		0.2775	1.9987	0.1720	17.1970			
P11QC	C21075-53.1	27.4540		0.2916	2.0027	0.1886	18.8553	19.07	0.30	
	C21075-53.2	29.2580		0.3083	2.0321	0.1928	19.2848			
P12QC	C21075-54.1	70.1849		0.4654	2.0054	0.3024	30.2425	29.22	1.44	
	C21075-54.2	39.5732		0.2834	2.0195	0.2820	28.1997			
P13QC	C21075-55.1	64.1798		0.4313	2.1363	0.3179	31.7893	31.50	0.41	
	C21075-55.2	48.8885		0.3281	2.0949	0.3122	31.2150			
P14QC	C21075-56.1	27.1651		0.3034	2.0020	0.1793	17.9250	17.79	0.20	
	C21075-56.2	27.3153		0.3166	2.0452	0.1765	17.6454			
Pan control	PCONTROL	C21075-85.1	19.7253		0.3672	2.1490	0.1154	11.5440	11.26	0.40
		C21075-85.2	13.7155		0.1964	1.5725	0.1098	10.9815		
galleta control	gCONTROL	C21075-86.1	1.0588		0.2942	2.0116	0.0072	0.7240	0.70	0.04
		C21075-86.2	1.0100		0.3025	2.0196	0.0067	0.6743		

**Proyecto** FONDECYT-ELABORACION DE PANES Y GALLETAS CON GRANOS ANDINOS GERMINADOS  
**Tarea** COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES GALLETAS QUINOA Y CAÑIHUA  
**Realizado por** CMV  
**Análisis** TPC METODO FAST BLUE BB  
**Procedimiento** PT-DCCS-MJFA-041



CSIC



Nombre	FORMULACIÓN			TPC (mg GAE/100 g)	Media	SD
	Q	C	T			
G QC T1	15	15	70	436.393	<b>409.48</b>	<b>38.06</b>
	15	15	70	382.570		
G QC T2	20	20	60	476.159	<b>486.86</b>	<b>15.14</b>
	20	20	60	497.568		
G QC T3	5	20	75	336.413	<b>334.40</b>	<b>2.85</b>
	5	20	75	332.383		
G QC T4	20	20	60	451.954	<b>441.61</b>	<b>14.63</b>
	20	20	60	431.259		
G QC T5	5	20	75	339.212	<b>320.15</b>	<b>26.96</b>
	5	20	75	301.087		
G QC T6	5	20	75	281.965	<b>280.14</b>	<b>2.58</b>
	5	20	75	278.311		
G QC T7	20	20	60	424.261	<b>428.78</b>	<b>6.39</b>
	20	20	60	433.301		
G QC T8	10	25	65	427.144	<b>411.83</b>	<b>21.66</b>
	10	25	65	396.518		
G QC T9	20	5	75	200.477	<b>204.43</b>	<b>5.60</b>
	20	5	75	208.392		
G QC T10	20	5	75	236.575	<b>236.80</b>	<b>0.31</b>
	20	5	75	237.019		
G QC T11	10	10	80	277.826	<b>275.67</b>	<b>3.05</b>
	10	10	80	273.517		
G QC T12	25	10	65	321.877	<b>339.32</b>	<b>24.67</b>
	25	10	65	356.761		
G QC T13	20	5	75	234.360	<b>247.89</b>	<b>19.13</b>
	20	5	75	261.421		
G QC T14	25	10	65	308.089	<b>325.52</b>	<b>24.66</b>
	25	10	65	342.960		
GALLETA CONTROL	0	0	100	55.233	<b>52.59</b>	<b>3.74</b>
	0	0	100	49.940		

<b>Proyecto</b>	FONDECYT-ELABORACION DE PANES Y GALLETAS CON GRANOS ANDINOS GERMINADOS
<b>Tarea</b>	COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES PANES QUINOA Y CAÑIHUA
<b>Realizado por</b>	CMV
<b>Análisis</b>	TPC METODO FAST BLUE BB
<b>Procedimiento</b>	PT-DCCS-MJFA-041



Nombre	FORMULACIÓN			TPC (mg GAE/100 g)	Media	SD
	Q	C	T			
P QC T1	8	8	84	124.895	<b>127.54</b>	<b>3.75</b>
	8	8	84	130.193		
P QC T2	15	5	80	184.269	<b>153.30</b>	<b>43.80</b>
	15	5	80	122.323		
P QC T3	10	10	80	191.930	<b>225.24</b>	<b>47.11</b>
	10	10	80	258.556		
P QC T4	5	15	80	142.221	<b>148.44</b>	<b>8.79</b>
	5	15	80	154.654		
P QC T5	5	15	80	157.454	<b>195.80</b>	<b>54.23</b>
	5	15	80	234.141		
P QC T6	5	10	85	180.005	<b>166.92</b>	<b>18.51</b>
	5	10	85	153.833		
P QC T7	7	12	81	450.085	<b>325.91</b>	<b>175.60</b>
	7	12	81	201.743		
P QC T8	5	5	90	145.055	<b>138.04</b>	<b>9.93</b>
	5	5	90	131.016		
P QC T9	15	5	80	315.359	<b>205.79</b>	<b>154.95</b>
	15	5	80	96.229		
P QC T10	10	5	85	109.157	<b>107.08</b>	<b>2.94</b>
	10	5	85	104.995		
P QC T11	7	7	86	365.417	<b>246.39</b>	<b>168.34</b>
	7	7	86	127.354		
P QC T12	5	10	85	320.287	<b>297.29</b>	<b>32.52</b>
	5	10	85	274.296		
P QC T13	12	7	81	210.456	<b>213.51</b>	<b>4.32</b>
	12	7	81	216.570		
P QC T14	5	5	90	202.886	<b>190.19</b>	<b>17.96</b>
	5	5	90	177.487		
P CONTROL	0	0	100	44.344	<b>46.80</b>	<b>3.47</b>
	0	0	100	49.255		

# DESARROLLO DE PRODUCTOS DE PANIFICACIÓN SALUDABLES CON ALTO CONTENIDO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE A PARTIR DE HARINA DE QUINUA (CHENOPODIUM QUINOA) Y CAÑIHUA (CHENOPODIUM PALLI)

## INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Nacional del Santa Trabajo del estudiante	3%
3	<a href="http://ojs.agro.umsa.bo">ojs.agro.umsa.bo</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://digital.csic.es">digital.csic.es</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://revistas.ulima.edu.pe">revistas.ulima.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://dina.concytec.gob.pe">dina.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Michigan State University Trabajo del estudiante	<1%
8	<a href="http://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a> Fuente de Internet	<1%

9	<a href="http://repositorioinstitucional.uson.mx">repositorioinstitucional.uson.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://teses.usp.br">teses.usp.br</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.unica.edu.pe">repositorio.unica.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.upeu.edu.pe">repositorio.upeu.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://quinua.pe">quinua.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="http://Repositorio.Unap.Edu.Pe">Repositorio.Unap.Edu.Pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.unprg.edu.pe:8080">repositorio.unprg.edu.pe:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://prbdoc.uas.edu.mx">prbdoc.uas.edu.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://repositorio.ug.edu.ec">repositorio.ug.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080">dgsa.uaeh.edu.mx:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://akjournals.com">akjournals.com</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://doczz.es">doczz.es</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://portal.concytec.gob.pe">portal.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://coek.info">coek.info</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://tesionline.unicatt.it">tesionline.unicatt.it</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://revistas.udca.edu.co">revistas.udca.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://rsdjournal.org">rsdjournal.org</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://ciencia.lasalle.edu.co">ciencia.lasalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %

33	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://tdx.cat">tdx.cat</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://bibliotecadigital.exactas.uba.ar">bibliotecadigital.exactas.uba.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://idoc.pub">idoc.pub</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://tesis.unap.edu.pe">tesis.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://eprints.ucm.es">eprints.ucm.es</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://www.scielo.br">www.scielo.br</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://huajsapata.unap.edu.pe">huajsapata.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://repositorio.unal.edu.co">repositorio.unal.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
42	<a href="http://repositorio.unicamp.br">repositorio.unicamp.br</a> Fuente de Internet	<1 %
43	<a href="http://archivo.elcomercio.pe">archivo.elcomercio.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
44	<a href="http://scielo.conicyt.cl">scielo.conicyt.cl</a> Fuente de Internet	<1 %

45	<a href="#">Repositorio.Upagu.Edu.Pe</a> Fuente de Internet	<1 %
46	<a href="#">Submitted to Universidad Peruana Los Andes</a> Trabajo del estudiante	<1 %
47	<a href="#">Submitted to Universidad Técnica Nacional de Costa Rica</a> Trabajo del estudiante	<1 %
48	<a href="#">fulltext.rmu.ac.th</a> Fuente de Internet	<1 %
49	<a href="#">Submitted to iGroup</a> Trabajo del estudiante	<1 %
50	<a href="#">Bandy, M.S.. "Energetic efficiency and political expediency in Titicaca Basin raised field agriculture", Journal of Anthropological Archaeology, 200509</a> Publicación	<1 %
51	<a href="#">repositorio.udec.cl</a> Fuente de Internet	<1 %
52	<a href="#">Repository.Unad.Edu.Co</a> Fuente de Internet	<1 %
53	<a href="#">alicia.concytec.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
54	<a href="#">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

[revistabiociencias.uan.edu.mx](#)

55

Fuente de Internet

&lt;1 %

56

[dctaufpel.com.br](http://dctaufpel.com.br)

Fuente de Internet

&lt;1 %

57

[eprints.uanl.mx](http://eprints.uanl.mx)

Fuente de Internet

&lt;1 %

58

[fr.openclassrooms.com](http://fr.openclassrooms.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

59

[infogalactic.com](http://infogalactic.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

60

[mail02.rubylane.com](http://mail02.rubylane.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

61

[pa.bibdigital.uccor.edu.ar](http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar)

Fuente de Internet

&lt;1 %

62

[www.lamolina.edu.pe](http://www.lamolina.edu.pe)

Fuente de Internet

&lt;1 %

63

[www.scribd.com](http://www.scribd.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

64

Guiling Li, Chen Peng. "Event-triggered-based adaptive sliding mode control for networked linear control systems", Transactions of the Institute of Measurement and Control, 2022

Publicación

&lt;1 %

65

[ufj.ho.ua](http://ufj.ho.ua)

Fuente de Internet

&lt;1 %

66	<a href="http://doczz.net">doczz.net</a> Fuente de Internet	<1 %
67	<a href="http://repositorio.unapiquitos.edu.pe">repositorio.unapiquitos.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://www.investigacionyposgrado.uadec.mx">www.investigacionyposgrado.uadec.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
70	Luz María Paucar-Menacho, Elena Peñas, Montserrat Dueñas, Juana Frías, Cristina Martínez-Villaluenga. "Optimizing germination conditions to enhance the accumulation of bioactive compounds and the antioxidant activity of kiwicha ( <i>Amaranthus caudatus</i> ) using response surface methodology", LWT - Food Science and Technology, 2017 Publicación	<1 %
71	<a href="http://acikerisim.erbakan.edu.tr">acikerisim.erbakan.edu.tr</a> Fuente de Internet	<1 %
72	<a href="http://bioynutrialexis.blogspot.com">bioynutrialexis.blogspot.com</a> Fuente de Internet	<1 %
73	<a href="http://ouci.dntb.gov.ua">ouci.dntb.gov.ua</a> Fuente de Internet	<1 %
74	<a href="http://cicytac.cba.gov.ar">cicytac.cba.gov.ar</a> Fuente de Internet	<1 %

75	<a href="https://pdffox.com">pdffox.com</a> Fuente de Internet	<1 %
76	<a href="https://roderic.uv.es">roderic.uv.es</a> Fuente de Internet	<1 %
77	Submitted to University College London Trabajo del estudiante	<1 %
78	<a href="https://link.springer.com">link.springer.com</a> Fuente de Internet	<1 %
79	<a href="https://manualzz.com">manualzz.com</a> Fuente de Internet	<1 %
80	<a href="https://sedici.unlp.edu.ar">sedici.unlp.edu.ar</a> Fuente de Internet	<1 %
81	<a href="https://www.ricescience.org">www.ricescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
82	<a href="https://Repository.up.ac.za">Repository.up.ac.za</a> Fuente de Internet	<1 %
83	<a href="https://foqus.hacettepe.edu.tr">foqus.hacettepe.edu.tr</a> Fuente de Internet	<1 %
84	<a href="https://repository.cimmyt.org">repository.cimmyt.org</a> Fuente de Internet	<1 %
85	<a href="https://lup.lub.lu.se">lup.lub.lu.se</a> Fuente de Internet	<1 %
86	<a href="https://www.scielo.org.ve">www.scielo.org.ve</a> Fuente de Internet	<1 %

87

[mafiadoc.com](http://mafiadoc.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

88

[prezi.com](http://prezi.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

89

[web10.unl.edu.ar:8080](http://web10.unl.edu.ar:8080)

Fuente de Internet

&lt;1 %

90

Genny I. Luna - Mercado, Ritva Repo - Carrasco - Valencia. "Gluten - free bread applications: Thermo - mechanical and techno - functional characterization of Kañiwa flour", *Cereal Chemistry*, 2020

Publicación

&lt;1 %

91

JUAN MARIO SANZ PENELLA. "NUEVAS ESTRATEGIAS PARA INCREMENTAR LA CALIDAD NUTRICIONAL DE PRODUCTOS DE PANADERÍA. EFECTO SOBRE EL CONTENIDO DE FITATOS Y LA BIODISPONIBILIDAD DE HIERRO EN CACO-2", 'Universitat Politecnica de Valencia', 2015

Fuente de Internet

&lt;1 %

92

[bdigital.unal.edu.co](http://bdigital.unal.edu.co)

Fuente de Internet

&lt;1 %

93

[doi.org](http://doi.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

94

[dspace.umh.es](http://dspace.umh.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %

95	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1 %
96	<a href="http://mcta.uas.edu.mx">mcta.uas.edu.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
97	<a href="http://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
98	<a href="http://repositorio.ute.edu.ec">repositorio.ute.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
99	<a href="http://ri.uaq.mx">ri.uaq.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
100	<a href="http://dx.doi.org">dx.doi.org</a> Fuente de Internet	<1 %
101	<a href="http://reunioncientificatabasco.org.mx">reunioncientificatabasco.org.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
102	<a href="http://revistas.unitru.edu.pe">revistas.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
103	<a href="http://www.vamp.fi">www.vamp.fi</a> Fuente de Internet	<1 %
104	<a href="http://zaguan.unizar.es">zaguan.unizar.es</a> Fuente de Internet	<1 %
105	María Hernández Carrión. "OBTENCIÓN DE INGREDIENTES FUNCIONALES PARA LA FORMULACIÓN DE ALIMENTOS ENRIQUECIDOS CON EXTRACTOS VEGETALES.	<1 %

INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO DE  
CONSERVACIÓN SOBRE ALGUNOS  
COMPUESTOS BIOACTIVOS.", Universitat  
Politecnica de Valencia, 2014

Publicación

- 
- |     |  |      |
|-----|--|------|
| 106 | Xiaoxuan Wang, Xiao Lao, Yize Bao, Xiao Guan, Cheng Li. "Effect of whole quinoa flour substitution on the texture and in vitro starch digestibility of wheat bread", Food Hydrocolloids, 2021<br>Publicación | <1 % |
| 107 | cyberleninka.org<br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 108 | issuu.com<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 109 | pesquisa.bvsalud.org<br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 110 | tomatosverdes.blogspot.com<br>Fuente de Internet   | <1 % |
| 111 | www.uniagraria.edu.co<br>Fuente de Internet  | <1 % |
| 112 | Submitted to Universidad del Valle<br>Trabajo del estudiante   | <1 % |
| 113 | Submitted to University of Florida<br>Trabajo del estudiante   | <1 % |
-

114 Submitted to University of Zagreb - Faculty of Food Technology and Biotechnology <1 %  
Trabajo del estudiante

---

115 basicandappliedzoology.springeropen.com <1 %  
Fuente de Internet

---

116 onlinelibrary.wiley.com <1 %  
Fuente de Internet

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo