

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS:

**Optimización de parámetros en el proceso de producción de
garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.)
variedad kabuli**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO (A) EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

Bach. Duhamel Angel QUISPE MEDINA

Bach. Dayana Greys ROCA NAVARRO

ASESOR:

Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mis padres Karina y Miguel, que siempre han sido mi soporte, mi inspiración durante toda mi formación como persona y profesional. Siempre serán mis modelos a seguir. Sin ellos a mi lado nada de esto habría podido ser posible.

Duhamel Angel Quispe Medina

A Diago Estheban Torres Roca, mi mayor inspiración y a mi gran familia, que sin su gran apoyo no habría logrado avanzar, sé que a pesar de todo seguiré contando con ustedes, los amo incondicionalmente.

Dayana Greys Roca Navarro

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro más sincero y profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de una u otra manera, nos han acompañado y brindado su apoyo a lo largo de este proceso

A nuestros padres, hermanos y estimados familiares que nos brindaron su apoyo incondicional, quienes han sido nuestro pilar constante, brindándonos su amor, sus palabras de aliento y su ejemplo de perseverancia, valores que nos han impulsado a culminar esta etapa con éxito.

A nuestros asesores, Mg. Julio Godenzi y Mg. Wilber Vilcapoma, por guiarnos con paciencia y ofrecernos sus valiosos conocimientos. Su dedicación ha sido fundamental para que este ambicioso proyecto adquiriera la calidad y profundidad necesarias.

A los docentes Dr. Edwin Enciso Roca y Dr. Marco Aronés Jara de la escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, por su disposición, sugerencias y colaboración en los momentos clave del desarrollo de nuestra investigación.

A los ingenieros y administrativos de la nuestra prestigiosa escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, en especial al Ing. Donato, cuyo apoyo logístico y técnico fue esencial para la realización de este proyecto, brindándonos las herramientas y facilidades necesarias para llevar a cabo nuestro trabajo con éxito.

A los jurados de nuestra tesis, por su tiempo y compromiso al evaluar nuestro trabajo, brindándonos observaciones constructivas que nos han permitido mejorar y afinar cada detalle. Sus valiosas aportaciones han sido clave en el desarrollo y finalización de este proyecto.

Al equipo del laboratorio OFILAB, por su generosidad al abrirnos sus puertas, permitiéndonos acceder a sus instalaciones y equipos de la marca BROOKFIELD, así como por el invaluable respaldo técnico en la ejecución de nuestras pruebas.

Finalmente, a la escuela profesional de Biología, por permitirnos el uso de sus laboratorios, con mención especial a los biólogos Luis Espichante y Fidel Mujica.

A todos ustedes, les extendemos nuestra gratitud y reconocimiento, pues sin su apoyo este logro no habría sido posible.

RESUMEN

En el presente trabajo se optimizó los parámetros del proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad Kabuli, mediante el uso de diseños experimentales. Se utilizó el diseño de selección de Plackett-Burman y el diseño de superficie de respuesta (Box-Behnken) para identificar y optimizar los parámetros predominantes en el proceso de producción. Las variables independientes incluyeron el tiempo de prehidratación (8 h - 16 h), concentración salina (0 % - 1 % p/v), tiempo de cocción (5 min - 15 min), temperatura de cocción (120 °C - 135 °C), temperatura de congelación (-30 °C a -50 °C), tiempo de liofilización (24 h - 48 h) y tiempo de rehidratación (5 min - 10 min).

En la etapa 1 de selección de proceso, los valores resultantes de la lectura de dureza fueron de 3,45 N para los garbanzos tratados en autoclave y liofilizados, siendo este el proceso seleccionado en comparación con 42,25 N obtenidos mediante cocción en olla a presión y secado en estufa. Para la etapa 2 (screening de los parámetros más relevantes con el diseño de selección Plackett-Burman), los parámetros con mayor significancia estadística fueron la concentración salina, tiempo de cocción y temperatura de cocción. En la etapa 3, se optimizaron los valores de los parámetros que fueron: tiempo de pre-hidratación (12 h), concentración salina (0,98 % p/v), tiempo de cocción (14,65 min), temperatura de cocción (13,75 °C), temperatura de congelación (-40 °C), tiempo de liofilización (36 h) y tiempo de rehidratación (7,5 min). La etapa 4 permitió ejecutar la validación de los valores optimizados de los parámetros para lo cual se elaboró una última muestra optimizada con la finalidad de medir su dureza resultante, cuyo valor fue de 3,449 N por lo que se encontraba dentro de los intervalos predictivos estadísticos (PI): PI bajo de 1,523 N y PI alto de 4,430 N, a pesar de que el valor de referencia era 1 N, se logró obtener una dureza ideal y muy deseable apto para su almacenamiento o rehidratado logrando mantener su forma entera para su consumo.

Finalmente, en la etapa 5, se analizaron las características fisicoquímicas de la muestra optimizada obteniéndose una humedad de 3,35 % $\pm$ 0,25 %; proteína, 25,57 % $\pm$ 1,12 %; grasa, 5,73 % $\pm$ 0,15 %; fibra cruda, 4,02 % $\pm$ 0,19 %; ceniza, 3,03 % $\pm$ 0,08 % y carbohidratos, 61,65 % $\pm$ 1,03 %. Microbiológicamente se demostró que el contenido de mohos y *Escherichia coli*. estuvo dentro de los límites máximos permitidos, con un resultado de < 10 UFC/g y <10 UFC/g, respectivamente.

Con la optimización de parámetros en la producción de garbanzo entero cocido

instantáneo, el producto final logró los resultados esperados, cumpliendo con el objetivo de obtener una menestra instantánea, que conserva sus parámetros nutricionales y con una dureza suave para su consumo.

Palabras clave: *Garbanzo entero cocido instantáneo, liofilización, optimización de parámetros, Plackett-Burman, superficie de respuesta Box-Behnken, dureza.*

ABSTRACT

In the present work, the parameters of the production process of instant cooked whole chickpea (*Cicer arietinum* L.) variety Kabuli were optimized using experimental designs. Plackett Burman selection design and response surface design (Box-Behnken) were used to identify and optimize the predominant parameters in the production process. Independent variables included pre-hydration time (8 h - 16 h), salt concentration (0 % - 1 % w/v), cooking time (5 min - 15 min), cooking temperature (120 °C - 135 °C), freezing temperature (-30 °C to -50 °C), freeze-drying time (24 h - 48 h) and rehydration time (5 min - 10 min). In stage 1 process selection, the resulting hardness reading values were 3,45 N for the autoclaved and freeze-dried chickpeas, this being the selected process compared to 42,25 N obtained by pressure cooker cooking and oven drying. For stage 2 (screening of the most relevant parameters with the Plackett-Burman selection design), the parameters with the highest statistical significance were salt concentration, cooking time and cooking temperature. In stage 3, the parameter values were optimized as follows: pre-hydration time (12 h), salt concentration (0,98 % w/v), cooking time (14,65 min), cooking temperature (13,75 °C), freezing temperature (-40 °C), freeze-drying time (36 h) and rehydration time (7,5 min). Stage 4 allowed the validation of the optimized values of the parameters for which a last optimized sample was elaborated in order to measure its resulting hardness, whose value was 3,449 N, which was within the statistical predictive intervals (PI): Low PI of 1,523 N and high PI of 4,430 N validating this value, although despite the fact that the goal was 1 N, an ideal and very desirable hardness was obtained both for storage as a dry product and when rehydrated maintaining its shape to be consumed.

Finally, in stage 5, the physicochemical characteristics of the optimized sample were analyzed, obtaining a moisture content of 3,35 % $\pm$ 0,25 %; protein, 25,57 % $\pm$ 1,12 %; fat, 5,73 % $\pm$ 0,15 %; crude fiber, 4,02 % $\pm$ 0,19 %; ash, 3,03 % $\pm$ 0,08 % and carbohydrates, 61,65 % $\pm$ 1,03 %. Microbiologically, it was demonstrated that the content of molds and *Escherichia coli* was within the maximum permissible limits, with a result of < 10 CFU/g and < 10 CFU/g, respectively.

Finally, in stage 5, the physicochemical characteristics of the optimized sample were analyzed, obtaining a moisture content of 3,35 % $\pm$ 0,25 %; protein, 25,57 % $\pm$ 1,12 %; fat, 5,73 % $\pm$ 0,15 %; crude fiber, 4,02 % $\pm$ 0,19 %; ash, 3,03 % $\pm$ 0,08 % and

carbohydrates, $61,65 \% \pm 1,03 \%$. Microbiologically, it was demonstrated that the content of molds and *Escherichia coli* was within the maximum permissible limits, with a result of < 10 CFU/g and < 10 CFU/g, respectively. With the optimization of parameters in the production of instant cooked whole chickpea, the final product achieved the expected results detailed in Table 10, fulfilling the objective of obtaining an instant stew, which preserves its nutritional parameters and with a soft hardness for consumption.

Key words: *Instant cooked whole chickpea, freeze-drying, parameter optimization, Plackett-Burman, response surface Box-Behken, hardness.*

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	iv
ÍNDICE.....	viii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.1.1. Antecedentes nacionales.....	3
1.1.2. Antecedentes internacionales	4
1.2. Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.)	5
1.2.1. Composición química y valor nutricional del garbanzo.....	5
1.2.2. Taxonomía del garbanzo	7
1.2.3. Variedades del garbanzo	7
1.2.4. Estructura morfológica del garbanzo.....	8
1.2.5. Factores anti nutricionales	8
1.2.6. Beneficios del garbanzo en el consumo humano	9
1.2.7. Producción de garbanzo	9
1.2.8. Consumo de garbanzo en el Perú.....	10
1.3. Alimento instantáneo.....	10
1.4. Pre-hidratación.....	11
1.5. Cocción.....	11
1.5.1. Cambios del garbanzo en la cocción	11
1.6. Secado	12
1.6.1. Características del garbanzo en el secado	12
1.7. Re-hidratado	12
1.8. Textura y análisis de perfil de textura (ATP)	13
1.8.1. Dureza.....	13
1.9. Métodos estadísticos.....	14

1.9.1.	Diseño de selección de Plackett-Burman.....	14
1.9.2.	Método de Superficie de respuesta.....	15
CAPÍTULO II MATERIALES Y MÉTODOS.....		18
2.1.	Lugar de ejecución.....	18
2.2.	Materia prima.....	18
2.3.	Materiales.....	18
2.4.	Reactivos	18
2.5.	Equipos.....	18
2.6.	Variables e indicadores	19
2.7.	Diseño metodológico	19
2.7.1.	Tipo de investigación	19
2.7.2.	Nivel de investigación	19
2.7.3.	Análisis estadístico	20
2.8.	Metodología.....	21
2.8.1.	Elección de proceso de cocción y secado.....	21
2.8.2.	Obtención de los parámetros más relevantes en el proceso de elaboración de garbanzo instantáneo	23
2.8.3.	Optimización de parámetros mediante el método de Superficie respuesta (Box-Behnken)	25
2.8.4.	Validación de parámetros optimizados	26
2.8.5.	Evaluación fisicoquímica y microbiológica	27
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		28
4.1.	Selección del proceso de producción de garbanzo.....	28
4.2.	Diseño de selección Plackett-Burman.....	30
4.3.	Optimización de parámetros con el uso del método de Superficie de respuesta (Box-Behnken)	32
4.4.	Validación de parámetros optimizados	37
4.5.	Evaluación fisicoquímica y microbiológica del garbanzo instantáneo	39

CONCLUSIONES	41
RECOMENDACIONES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Calidad biológica de la proteína de las leguminosas-semilla	6
Tabla 2 Criterios microbiológicos necesarios para el consumo de humano	7
Tabla 3 Unidades de las variables medidas de los parámetros mecánicos	14
Tabla 4 Número de corridas dependiendo del número de factores para el diseño de selección Plackett-Burman.....	15
Tabla 5 Número de tratamientos del modelo de Box-Behnken con 3 factores.....	17
Tabla 6 Variable independiente, dependiente e indicador	19
Tabla 7 Resultados de la dureza obtenida para los procesos A y B	28
Tabla 8 Análisis de varianza para la dureza obtenida mediante el diseño de Plackett- Burman	30
Tabla 9 Análisis de varianza para el modelo cúbico reducido obtenido de las durezas medidas en el método de superficie respuesta.....	33
Tabla 10 Comparación del modelo predictivo con modelo ajustado del resultado de dureza.....	34
Tabla 11 Comparación del modelo predictivo con el modelo ajustado del resultado de la humedad	34
Tabla 12 Comparación del modelo predictivo con el modelo ajustado para determinar los valores de color L, a* y b*	35
Tabla 13 Valores resultantes de los parámetros optimizados.....	37
Tabla 14 Validación de parámetros optimizados para dureza con Design Expert 13.....	38
Tabla 15 Resultados de la evaluación fisicoquímica proximal del garbanzo entero cocido instantáneo optimizado	39
Tabla 16 Resultados de la evaluación microbiológica del garbanzo instantáneo optimizado	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Modelo gráfico de las variedades de garbanzo de consumo comercial	8
Figura 2 Evolución de la producción mundial de garbanzo.....	10
Figura 3 Curva típica de un texturómetro	14
Figura 4 Superficie de respuesta tridimensional y gráfico de contornos	16
Figura 5 Puntos experimentales en el modelo de Box-Behnken.....	17
Figura 6 Etapas de investigación.....	20
Figura 7 Diagrama del proceso A para la elaboración de garbanzo instantáneo	21
Figura 8 Diagrama de proceso B para la elaboración de garbanzo instantáneo	22
Figura 9 Diagrama de flujo de selección de parámetros en el proceso de elaboración del garbanzo entero cocido instantáneo	23
Figura 10 Diagrama de procedimiento para la obtención de los parámetros más relevantes.....	24
Figura 11 Diagrama de procedimiento de optimización de parámetros	25
Figura 12 Diagrama de procedimiento en la etapa 4	26
Figura 13 Semillas de garbanzo resultantes de la etapa 1	29
Figura 14 Diagrama de Pareto a partir de los resultados obtenidos	31
Figura 15 Gráficos en relación de concentración salina, temperatura de cocción y tiempo de cocción, resultantes por el método de Superficie de respuesta.....	36
Figura 16 Gráfico de la lectura más próxima al promedio de dureza validado	38

INTRODUCCIÓN

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es de las leguminosas que más se consume alrededor del mundo, ya que presenta un gran aporte de proteína, hidratos de carbono, grasa y fibra. Como pasa con las demás especies pertenecientes a su familia, el garbanzo debe ser cocido, ya que mejora sus características organolépticas además de cómo se digiere la proteína presente y su biodisponibilidad nutricional (Melgoza et al., 2022). El proceso convencional de cocción de los garbanzos enteros puede requerir largos tiempos de preparación según Murriel y Rodríguez (2007).

En la industria alimentaria, la demanda de productos saludables e instantáneos convenientes ha impulsado el interés en alimentos pre-procesados como el garbanzo entero cocido instantáneo. Este producto ofrece una alternativa práctica y nutritiva para consumidores que buscan opciones rápidas y saludables en su dieta diaria. Sin embargo, el proceso de producción para la obtención del garbanzo entero cocido instantáneo sugiere que este debe ser minucioso y preciso puesto que no se puede utilizar métodos convencionales, ya que al ser una leguminosa su composición química es distinta a la de un cereal que tiene propiedades expansivas. Por ello, se buscará el mejor proceso de producción del garbanzo entero cocido instantáneo, en el cual se elegirá las variables influyentes con la finalidad de optimizarlos para que garanticen la calidad del producto final. La variabilidad en aspectos como el tiempo de hidratación, tiempo y temperatura de cocción, así como otros factores relevantes, impacto directamente en la firmeza, color y proporción de rehidratación del garbanzo cocido instantáneo.

Es imperativo abordar este problema mediante una investigación integral que identifique el proceso idóneo para la obtención del garbanzo cocido instantáneo y se optimice los parámetros de producción y proporcione herramientas prácticas para la estandarización y mejora continua de los procesos de producción. Esta investigación busca contribuir al desarrollo sostenible de la industria alimentaria, ofreciendo un producto innovador. Por lo tanto, en el presente trabajo se logró identificar el siguiente problema general y sus 3 respectivos problemas específicos: ¿Cuáles son los valores óptimos de los parámetros en el proceso de producción de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) entero cocido instantáneo variedad Kabuli? ¿Cuál es el proceso más adecuado para la producción de garbanzo entero cocido instantáneo? ¿Cuáles son los parámetros de mayor relevancia y óptimos estadísticamente en el proceso de

producción del garbanzo entero cocido instantáneo? ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y microbiologías del garbanzo entero cocido instantáneo optimizado?

Ante los problemas planteados, esta investigación propone los siguientes objetivos:

Objetivo general

Optimizar los parámetros en el proceso de producción de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) entero cocido instantáneo variedad Kabuli.

Objetivos específicos

- a) Seleccionar el proceso adecuado para la producción del garbanzo entero cocido instantáneo.
- b) Determinar los parámetros de mayor relevancia en el proceso de producción del garbanzo entero cocido instantáneo para luego evaluar dichos parámetros óptimos a partir del proceso de producción seleccionado.
- c) Determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas del garbanzo entero cocido instantáneo optimizado (proteína, grasa, carbohidratos, fibra cruda, ceniza, mohos y *Escherichia coli*)

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes de la investigación

1.1.1. Antecedentes nacionales

Murriel y Rodríguez (2007) evaluaron el tratamiento térmico sobre la dureza y digestibilidad del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) precocido donde tuvieron como objetivo de dicho trabajo estudiar los efectos de la cocción a vapor a diversas temperaturas con respecto al tiempo de cocción, sobre el contenido de humedad, dureza y digestibilidad de las proteínas presentes en el garbanzo variedad Gigante. La digestibilidad de proteínas fue medida usando la metodología Akesson y Stahmann. Para el análisis estadístico, el Análisis de Varianza con arreglo factorial fue empleado. La dureza del garbanzo se vio disminuida en relación de la temperatura y del tiempo de cocción. En digestibilidad de las proteínas, el mayor porcentaje que se obtuvo fue 79,57%, con la muestra sometida a 120 °C y 45 minutos.

Rodríguez (2021) realizó un estudio de prefactibilidad para la producción de snacks a base de garbanzos donde analizó la factibilidad de realizar la producción de snacks hechos a partir de garbanzo que tengan las características de ser económicos y de gran aporte nutritivo para los que lo consumen, también se estudió la adición de beneficios económicos, ambientales y sociales como una consecuencia del proyecto planteado.

Janampa (2017) evaluó el efecto de las variables de presión, temperatura y tiempo en la obtención de quinua (*Chenopodium quinoa*) cocida variedad dura desarrollando un producto a base de quinua cocida y también deshidratada, usando cocción en autoclave a gran presión y tiempo breve. Se evaluaron diferentes tipos de quinua. Para realizar la validación de qué variables tenían influencia directa en las propiedades del producto final, fue necesario utilizar un diseño de superficie respuesta. El trabajo tuvo como objetivo secundario determinar la cinética de deshidratación que ocurría en la quinua cocida. Los resultados se analizaron mediante superficie respuesta. Ciertos efectos significativos fueron hallados para los niveles de presión en el equipo y tiempo en la cocción en las cinco variedades de quinua cocida deshidratada. Se lograron obtener valores medios de difusividad efectiva en las muestras de quinua. La quinua cocida deshidratada obtuvo un tiempo

de rehidratado de solo 3 minutos aproximadamente con respecto a las demás muestras usando agua en ebullición, además de tener un contenido de humedad que oscilaba de 56 a 57% después de este proceso.

1.1.2. Antecedentes internacionales

Badola et al. (2023) realizó una estandarización del proceso para el desarrollo de garbanzo instantáneo usando variedades Desi y Kabuli por lo que mencionan que la preparación de estos está bajo la metodología de superficie de respuesta (RSM) que constaba de cuatro variables, NaCl, NaHCO₃, (NH₄)₂CO₃ y temperatura para tratamientos de remojo. Los valores optimizados de RSM con respecto a las concentraciones de diferentes sales, en la solución de remojo fueron 0,59 %, 0,85 % y 0,82 %, respectivamente a una temperatura de 49,81 °C para el garbanzo instantáneo variedad Desi con 11 minutos de tiempo de cocción, mientras que los valores correspondientes para el garbanzo variedad Kabuli tenía 1,07 %, 0,79 % y 0,70 % a una temperatura de 46,53 °C con un tiempo de cocción de 13 min.

Mientras que, Yağcı y Evci (2015) evaluaron el efecto de del proceso de caída de presión controlada instantánea sobre algunas propiedades fisicoquímicas y nutricionales de aperitivos producidos a partir de garbanzo y trigo por lo que experimentaron del siguiente modo: Las semillas de garbanzo y trigo se procesaron utilizando equipos de caída de presión controlada (DIC) para producir bocadillos nutritivos. Los resultados relacionados con el efecto de varias variables de procesamiento DIC, contenido de humedad, presión de vapor y tiempo de procesamiento en algunos índices fisicoquímicos y propiedades nutricionales, gelatinización del almidón y valores de digestibilidad. Llevaron a un aumento en absorción del agua (WAI), solubilidad del agua (WSI) y la gelatinización del almidón, así como en el contenido fenólico, pero una disminución en el factor anti nutricional del contenido de ácido fítico dentro del límite de trabajo del estudio. El tratamiento DIC aumentó significativamente el nivel de gelatinización del almidón y la digestibilidad de los snacks.

Por otro lado, Cambero et al. (2023) realizaron el análisis de garbanzos cocidos liofilizados por ser una alternativa adecuada para preparar sabrosos platos reconstituidos. Los autores investigaron las propiedades texturales (entre ellas la dureza), las cualidades sensoriales y la cinética de rehidratación de garbanzos de tres variedades españolas para seleccionar las condiciones de cocción más adecuadas para obtener garbanzos liofilizados de fácil rehidratación manteniendo

una calidad sensorial adecuada para la preparación del plato tradicional. Se evaluó la calidad sensorial de varias verduras y porciones de carne, cocinadas en diferentes condiciones, tras su liofilización y rehidratación. Fue posible reproducir la calidad sensorial del plato tradicional tras rehidratarlo con agua, calentarlo hasta ebullición en un horno microondas durante 5 minutos y dejarlo reposar durante 10 minutos.

1.2. Garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una leguminosa originaria de Asia y el Mediterráneo, que ha sido cultivada y consumida por miles de años en diversas culturas. Es una planta anual perteneciente a la familia Fabaceae-mexicanos (Singh, 1997).

En el Perú, el departamento de Ica es la principal zona productora de diversas variedades de garbanzos, específicamente, en las provincias de Ica y Nazca. Unas de las primeras variedades introducidas fueron Gigante español y Blanco Lechoso, de ahí que se usa estos nombres para designar a cualquier otra variedad de semilla similar. La calidad de la semilla de esta variedad comercial compite con los mejores garbanzos mexicanos (Ministerio de Agricultura y Riego, 2016).

1.2.1. Composición química y valor nutricional del garbanzo

El alto consumo del garbanzo a nivel mundial se debe a su alto valor nutricional, como fuente de nutrientes esenciales en la alimentación diaria.

1.2.1.1. Proteína y aminoácidos esenciales

De acuerdo con Yadav (2007), la concentración de proteínas de garbanzo se encuentra entre el 16,7% y el 30,6% y entre el 12,6% y el 29,0% para las variedades “*Desi*” y “*Kabuli*”, respectivamente. Este contenido es de 2 a 3 veces más de que los cereales tienen.

Según Ccala y Ramirez (2021), además contiene aminoácidos esenciales (metionina, valina, fenilalanina, lisina), pero teniendo un déficit en aminoácidos como la metionina y cistina, las cuales pueden ser compensadas con cereales

La digestibilidad de las proteínas en el garbanzo tiene una alta calidad biológica que se muestra en la tabla 2.

1.2.1.2. Carbohidratos

Los carbohidratos son el principal componente nutricional del garbanzo, con un 54-71% en la variedad *Kabuli*. Las principales clases de carbohidratos son monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos (Yadav, 2007).

Los oligosacáridos se fermentan en el intestino produciendo flatulencias. Contiene disacáridos como maltosa y sacarosa (Aguilar y Vélez, 2013).

Tabla 1

Calidad biológica de la proteína de las leguminosas-semilla

Leguminosa	Digestibilidad	Valor biológico	Utilización neta	Coefficiente de eficacia en crecimiento
Haba	87	55	48	-
Garbanzo	86	58	58	1,68
Lenteja	85	45	38	0,93

Nota. Fuente: Boza (1991).

1.2.1.3. Lípidos

El garbanzo es la leguminosa con mayor cantidad de lípidos, en la variedad *Kabuli* tiene entre 3.4% - 8.8%. Este compuesto por grasas saturadas, polinsaturados y monoinsaturados como el oleico. Contiene ácido linoleico entre 16 – 56 % (Boza, 1991).

1.2.1.4. Fibra cruda

Según Yadav (2007), el contenido de fibra cruda en el garbanzo de la variedad *Kabuli* se encuentra en el rango de 1,17 y 4,95 %.

1.2.1.5. Ceniza

Los minerales que contiene el garbanzo son hierro y calcio, siendo estos esenciales en la dieta diaria, además de contener magnesio, fósforo y azufre (Boza, 1991).

De acuerdo con Yadav (2007), el rango de ceniza en el garbanzo de la variedad *Kabuli* se encuentra entre 2,0 – 3,9 %.

1.2.1.6. Criterios microbiológicos

La norma RM 591-2008/MINSA “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”, presentada en Ministerio de Salud (2008), menciona que los parámetros para leguminosas y productos instantáneos se deben evaluar lo siguiente:

Tabla 2

Criterios microbiológicos necesarios para el consumo de humano

V. 1 Granos secos						
Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por g	
					m	M
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 ²
Mohos	2	3	5	1	10 ³	10 ⁴

Nota. Fuente: Ministerio de Salud (2008)

1.2.2. Taxonomía del garbanzo

La taxonomía del garbanzo viene dado por lo descrito por Llamas y Acedo (2016):

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae
- Subfamilia: Faboideae
- Tribu: Cicereae
- Género: Cicer
- Especie: Cicer arietinum

1.2.3. Variedades del garbanzo

Según el tamaño, la forma y el color de las semillas, se suelen reconocer una gran variedad de garbanzo, dos de las más consumidas son:

1.2.3.1. Variedad Kabuli

Es de semillas grandes y tegumento blanco salmón, se cultiva

principalmente en la zona mediterránea, Asia central y América mostrada en la figura 1 (Sharma et al., 2013).

1.2.3.2. Variedad Desi

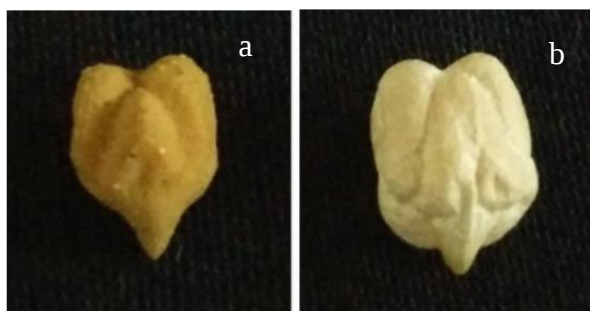
Es de semillas pequeñas y tegumento marrón claro, se cultiva sobre todo en la India y África oriental mostrada en la figura 1 (Sharma et al., 2013).

1.2.4. Estructura morfológica del garbanzo

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una hierba anual corta, con hábito de crecimiento “erecto, semierecto, extendido, semiextendido y postrado”. Las raíces, el tallo, las hojas y las vainas de la planta son pubescentes (con pelos cortos y suaves, vellosos) y están cubiertas de pelos glandulares y no glandulares (Food and Agriculture Organization (FAO), 2023). Los garbanzos “*Kabuli*” son de color blanco o crema, tienen una forma más redondeada con un pico menos pronunciado y, son generalmente más grandes y pesados (0,2 - 0,6 g). La cubierta de la semilla es también mucho más fina, y representa el 5% del peso total de la semilla además tiene una cubierta seminal más fina. El grosor de la capa externa de empalizada varía de una a dos células, dándole a la superficie de la semilla un aspecto rugoso (Wood et al., 2011).

Figura 1

Modelo gráfico de las variedades de garbanzo de consumo comercial



Nota. Fuente: FAO (2023). Variedad a) *Desi*, b) *Kabuli*.

1.2.5. Factores anti nutricionales

El garbanzo contiene varios compuestos anti-nutricionales, como inhibidores de la tripsina, inhibidores de la quimotripsina, ácido fítico, tanino, tanino condensado e inhibidores de la α -amilasa, que dificultan la utilización de los nutrientes por parte

de las personas (Roy et al., 2019) y algunos de estos reducen la biodisponibilidad de algunos nutrientes (Idate et al., 2021).

1.2.6. Beneficios del garbanzo en el consumo humano

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) aporta gran cantidad de proteínas (Ron, 2015) por lo que se utiliza cada vez más en dietas preocupadas por la salud para promover el bienestar general y reducir el riesgo de enfermedades. Son bajos en sodio y grasa, ricos en proteínas y una excelente fuente de fibra soluble e insoluble, hidratos de carbono complejos, vitaminas (especialmente del grupo B) y minerales (sobre todo potasio, fósforo, calcio, magnesio, cobre, hierro y zinc). El garbanzo es una fuente de proteínas barata y de alta calidad. Dado que el garbanzo es rico en fibra, bajo en sodio y grasa, y además no contiene colesterol, es un alimento saludable y beneficioso para la prevención de enfermedades coronarias y cardiovasculares. También puede reducir los niveles de colesterol en sangre debido a su alto contenido en fibra soluble y proteínas vegetales (Yadav, 2007).

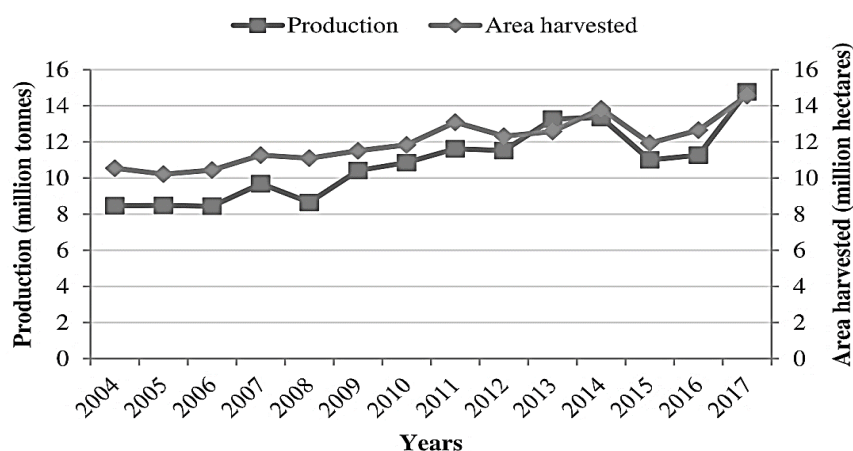
Es rica en ácidos grasos insaturados nutricionalmente importantes y en vitaminas como la riboflavina, la niacina, la tiamina, el folato y el precursor de la vitamina A, el β -caroteno. Sus componentes tienen posibles efectos beneficiosos en la reducción de la incidencia de diversos tipos de cáncer, el colesterol de lipoproteínas de alta densidad (HDL), la diabetes de tipo 2 y las enfermedades cardíacas (Ron, 2015).

1.2.7. Producción de garbanzo

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) ocupa el tercer lugar en la producción mundial de leguminosas de semilla, después de la soya (*Glycine max* L.) y la arveja (*Pisum sativum*) (FAO, 2023). Se cultiva en los cinco continentes, en unos 50 países, y el 90% de su superficie cultivada (unas 13×10^6 ha) se encuentra en países en desarrollo. India ocupa el primer lugar del mundo en cuanto a superficie cultivada (68,5 %), seguida de Pakistán (8,7 %), así como en producción total (68 %) y seguida de Australia (5,9 %), que es uno de los principales países exportadores (Ron, 2015).

Figura 2

Evolución de la producción mundial de garbanzo



Nota. Fuente: FAO (2019).

1.2.8. Consumo de garbanzo en el Perú

El garbanzo es una fuente de proteínas barata y de alta calidad para los habitantes de los países en desarrollo (Ron, 2015). En Perú, la pobreza y la malnutrición son prevalentes, con un acceso limitado a alimentos nutritivos (Ayala, 2003). Los garbanzos son reconocidos por su alto contenido de proteínas y propiedades nutricionales, lo que los convierte en una opción valiosa para mejorar las dietas (Herrera et al., 2021).

Las semillas enteras de variedad *Kabuli*, preferidas para el consumo humano directo, proceden de México, seguidas de Australia, Irán y Turquía. Los atributos de calidad preferidos son el tamaño de la semilla, el color, el buen sabor y la fina cubierta de la semilla, por este orden. En Perú, el garbanzo se utiliza tanto verde como seco. El garbanzo seco se consume hervido y tostado. Estas formas siempre se mezclan con arroz o verduras. (Yadav, 2007)

1.3. Alimento instantáneo

Los alimentos instantáneos son alimentos total o parcialmente preparados que se han trasladado de la cocina del ama de casa al procesamiento industrial, ofreciendo un ahorro significativo de tiempo de preparación, habilidades culinarias o uso de energía (Sohan et al., 2012).

Un producto instantáneo debe tener la característica general de ser deshidratado, con la finalidad de estar listo para su ingesta que normalmente puede añadirse una mezcla adicional o líquido como agua (Quispe, 2019).

1.4. Pre-hidratación

El remojo o pre hidratación es una operación unitaria obligatoria para el posterior procesamiento de las leguminosas secas ya que durante el proceso de remojo se producen varios cambios deseables e indeseables (Kate et al., 2020). Además, se ha demostrado que, es necesaria previa a la cocción ya que el tiempo de cocción resulta ser mucho menor (Bayram et al., 2004), además quedó demostrado que el remojo reduce la actividad inhibidora de la tripsina y la actividad hemaglutinante los cuales son filtrados en la etapa de pre hidratado brindando beneficios para la salud (Yadav, 2007).

1.5. Cocción

Es una operación unitaria muy usada en el procesamiento de alimentos que se encarga no solo de destruir microorganismos, insectos, sus respectivos huevos y larvas, sino que aumenta la digestibilidad de los alimentos a través de la gelatinización del almidón, la gelificación de proteínas y ablandamiento de la dureza. Hay ciertas reacciones químicas que ocurren que son muy importantes para el desarrollo del sabor y la dureza como por ejemplo las reacciones enzimáticas y las que afectan a los azúcares y carbohidratos cuando se le somete a calor ya que ciertos azúcares disacáridos y oligosacáridos pasa por un proceso denominado hidrólisis que se da cuando son calentados con agua (Pletney, 2007).

La cocción suele realizarse antes de utilizar las legumbres en la dieta humana. Esto mejora la calidad de la proteína mediante la destrucción o inactivación de los factores anti-nutricionales lábiles al calor. Sin embargo, la cocción provoca pérdidas considerables de sólidos solubles, especialmente vitaminas y minerales (El-Adawy, 2002).

1.5.1. Cambios del garbanzo en la cocción

Los cambios que se producen en el garbanzo durante la cocción incluyen la desnaturalización de las proteínas, reacciones de pardeamiento (Maillard y enzimáticas) y alteraciones del color, el porcentaje de división, la alcalinidad y el tiempo de cocción, influidos por las condiciones de remojo y las concentraciones de sal (Badola et al., 2023).

De acuerdo al estudio realizado por Chatur et al. (2022), las propiedades de dureza y de digestibilidad del almidón del garbanzo variedad *Kabuli* cocido mejoran significativamente con la aplicación de altas presiones. Además, la presión y tiempo

de tratamiento tienen efectos significativos sobre el almidón, polifenoles y la capacidad antioxidante.

1.6. Secado

El secado es una operación usada como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse sin agua. Además, muchas de las enzimas que causan los cambios químicos en alimentos y otros materiales biológicos no pueden funcionar sin agua. Los microorganismos dejan de ser activos cuando el contenido de agua se reduce por debajo del 10 % en peso. Sin embargo, generalmente es necesario reducir este contenido de humedad por debajo del 5 % en peso en los alimentos, para preservar su sabor y su valor nutritivo. Los alimentos secos pueden almacenarse durante periodos bastante largos (Geankoplis, 2018). Puede ocurrir transformaciones físicas o químicas provocando cambios en la calidad del producto. Entre los cambios físicos se tiene a la contracción, el hinchamiento y la cristalización. En algunos casos, pueden producirse reacciones químicas o bioquímicas, deseables o indeseables como cambios en el color, la dureza, el olor u otras propiedades del producto (Mujumdar, 2007).

1.6.1. Características del garbanzo en el secado

Los garbanzos cocidos son robustos gracias a su alto contenido en almidón y a su forma de esfera. El procesado a altas temperaturas puede que tenga un efecto perjudicial en los parámetros de calidad del producto, como el color y la dureza. Esta naturaleza robusta de los garbanzos cocidos los convierte en candidatos perfectos para la deshidratación en condiciones extremas de procesado (Gowen et al., 2006).

1.7. Re-hidratado

Es un parámetro que indica el daño al que es expuesto un cierto material debido al secado y a los tratamientos a los que fue sometido con anterioridad a la deshidratación. La temperatura de rehidratación tiene gran relación con el aumento de volumen. Además, el grado de rehidratación depende del grado de alteración celular y estructural (Krokida y Marinos-Kouris, 2003).

En la liofilización se obtiene productos alimenticios de más alta calidad que con cualquier método de secado, el factor principal es la rigidez estructural que se

preserva en la sustancia congelada cuando se da la sublimación. Esto evita el colapso de la estructura porosa después del secado por lo que al añadir agua posteriormente, el producto rehidratado retiene la mayor parte de su estructura original (Geankoplis, 2018).

1.8. Textura y análisis de perfil de textura (ATP)

La textura es una manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos detectados a través de los sentidos de la vista, la audición, el tacto y la cinestésica (Szczesniak, 2002) mientras que el perfil de textura es un método descriptivo que abarca todas las características que describen al producto con relación a la textura desde la primera mordida hasta la deglución (Stone et al., 2012). La principal ventaja del análisis del perfil de textura es que se pueden evaluar muchas variables con un ciclo de compresión doble (O'Sullivan, 2017) . Las variables que pueden evaluarse con este análisis se presentan la tabla 3.

La gomosidad es el producto de dureza x cohesividad; la masticabilidad, como producto de gomosidad x elasticidad (que es dureza x cohesividad x elasticidad) (Bourne, 2002).

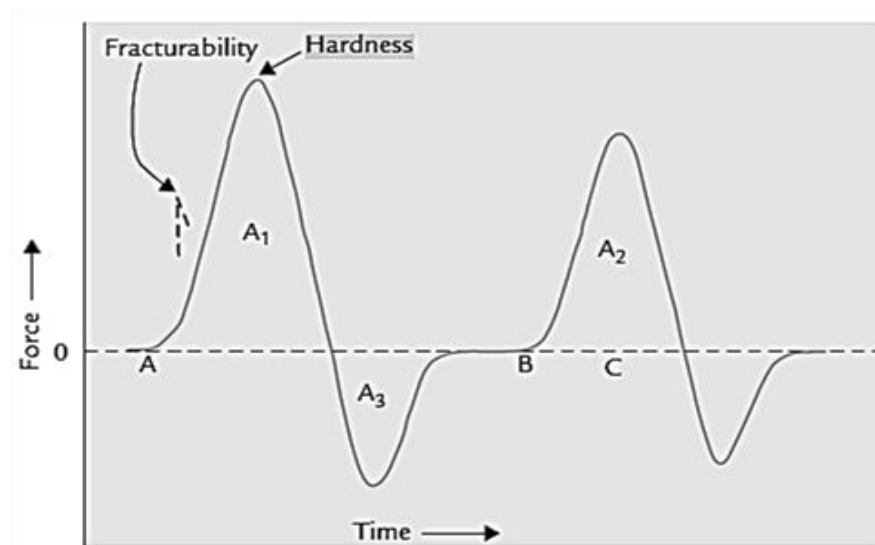
1.8.1. Dureza

Se define como la fuerza necesaria para alcanzar una deformación determinada (Stone et al., 2012) y romper la muestra en varios trozos durante la primera mordida de los molares. La lectura de dureza da una gráfica típica donde la altura del pico de fuerza en el primer ciclo de compresión (primer mordisco) se define como dureza. En la figura 3, A es el inicio de la primera compresión y B es el inicio de la segunda compresión (Bourne, 2002).

Para obtener datos se utiliza el test de punción que mide la fuerza necesaria para introducir un punzón o una sonda en un alimento. La prueba se caracteriza por un instrumento de medición de la fuerza, la penetración de la sonda en el alimento que provoca el aplastamiento o el flujo irreversible del alimento, y la profundidad de penetración suele mantenerse constante (Bourne, 2002).

Tabla 3*Unidades de las variables medidas de los parámetros mecánicos*

Parámetro mecánico	Variable medida	Unidades
Dureza	Fuerza	$N(\frac{kg.m}{s^2})$
Cohesividad	Relación	-
Elasticidad	Distancia	mm
Adhesividad	Trabajo	J
Fracturabilidad	Fuerza	$N(\frac{kg.m}{s^2})$
Masticabilidad	Trabajo	J
Gomosidad	Fuerza	$N(\frac{kg.m}{s^2})$

Nota. Fuente: Bourne (2002).**Figura 3***Curva típica de un texturómetro***Nota.** Fuente: Bourne (2002)

1.9. Métodos estadísticos

1.9.1. Diseño de selección de Plackett-Burman

Se utiliza para mejorar el proceso de control de calidad ya que se le podría dar uso en los estudios de los efectos de los parámetros de diseño en el estado de un sistema, para mejores tomas de decisiones. En un diseño de selección Plackett-Burman de ejecución “n + 1” pueden inspeccionarse varios números o factores “n”. El diseño de selección Plackett-Burman precisa de menos experimentos que los

diseños factoriales altamente fraccionados que engloban el mismo número de factores.

La característica de proyección del diseño de selección Plackett-Burman es la que le da libertad a la persona a cargo de los experimentos de seguir un diseño primigenio con corridas que permiten una separación eficiente de los efectos principales y los efectos de interacción (Vanaja y Shobha, 2007)

Este diseño es de primer orden donde pueden utilizarse como bloques de construcción iniciales para algunos pequeños diseños de segundo orden. Son útiles para experimentos en los que se puede suponer la dispersión de efectos. En tales situaciones, se desea examinar muchos factores, pero se prevé que sólo unos pocos de esos factores tendrán un efecto sobre la respuesta. Sin embargo, no se sabe de antemano cuáles pueden ser esos pocos. Un análisis típico para un diseño de screening consiste en evaluar las estimaciones de los efectos asociados a un diseño de este tipo y, a continuación, reducir el número de dimensiones de alguna manera sensata, basándose en el juicio de cada uno sobre la importancia de los efectos observados. A continuación, los datos experimentales pueden volver a evaluarse y analizarse en función de ese menor número de factores. Esto puede sugerir la realización de series adicionales para resolver las ambigüedades de interpretación observadas en el análisis hasta el momento. Estas ejecuciones adicionales podrían realizarse utilizando sólo los factores que parezcan importantes, o tal vez todos los factores, según parezca sensato y/o factible (Box & Draper, 2007).

Tabla 4

Número de corridas dependiendo del número de factores para el diseño de selección Plackett-Burman

Factores	Experimentos
≤ 11	12
12 – 19	20
20 – 23	24
24 – 27	28
28 – 31	32

Nota. Fuente: Vanaja y Shobha (2007).

1.9.2. Método de Superficie de respuesta

Este método utiliza modelos matemáticos y estadísticos que se utilizan para mejorar y optimizar procesos. Este diseño se usa habitualmente para desarrollar y

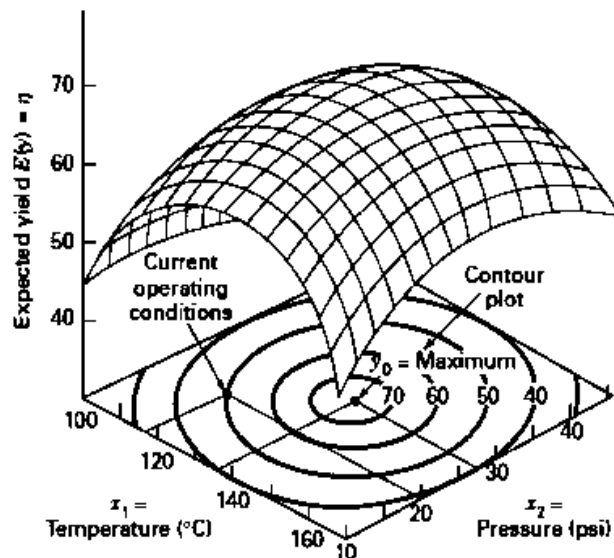
formular nuevos productos, así mismo es usado para mejorar productos ya existentes. Box y Behnken (1960) en su libro “Some New Three Level Design for the Study of Quantitative Variables” describen que para el diseño de este método se incorpora una curvatura que predice la respuesta del punto óptimo de los parámetros, lo cual es descrito y ajustado a un polinomio de segundo grado como se observa en la siguiente ecuación:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j + \epsilon \quad (1)$$

El gráfico habitual usado es el siguiente:

Figura 4

Superficie de respuesta tridimensional y gráfico de contornos



Nota. Fuente: Gil (2019).

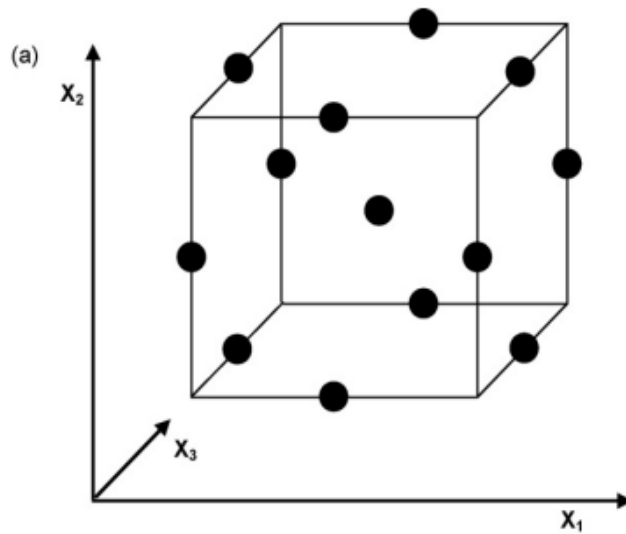
1.9.2.1. Modelo de superficie de respuesta de box-behnken

El diseño Box-Behnken se utiliza para reducir el número de tratamientos a realizar para conocer las posibles interacciones entre los parámetros estudiados y sus efectos. Este diseño es esférico y giratorio; consta de puntos centrales y los puntos medios de las aristas del cubo circunscrito en la esfera (Evans, 2003).

La Figura 5 muestra un cubo formado por el punto central y los puntos medios de las aristas. En este modelo los tratamientos se determinan usando la ecuación 2. Del mismo modo, Box y Behnken (1960) recomiendan el uso de 12 tratamientos más 3 puntos centrales, cuando se evalúan 3 factores.

Figura 5

Puntos experimentales en el modelo de Box-Behnken



Nota. Fuente: Ferreira et al. (2007).

$$NT = 2k(k^{-1}) + pc \quad (2)$$

NT: número de tratamientos

k: número de factores

pc: punto central

Tabla 5

Número de tratamientos del modelo de Box-Behnken con 3 factores

Número de factores (k)	Diseño de matriz	Nº de puntos	Esquemas de bloqueo y asociación
3	$\begin{bmatrix} \pm 1 & \pm 1 & 0 \\ \pm 1 & 0 & \pm 1 \\ 0 & \pm 1 & \pm 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	12 3 N=15	Sin bloqueo ortogonal BIB (una clase asociada)

Nota. Fuente: Box y Behnken (1960)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de control de calidad de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, así mismo se utilizó el liofilizador del laboratorio de toxicología de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; para medir la dureza de las muestras se solicitó el texturómetro BROOKFIELD del laboratorio OFILAB ubicado en el distrito de Comas en la ciudad de Lima; para el análisis bromatológico de las muestras se utilizó el laboratorio de bromatología de la Escuela Profesional de Biología de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, y finalmente para el análisis microbiológico se solicitó los servicios del laboratorio BIOTEKNIA, ubicado en la ciudad de Ayacucho.

2.2. Materia prima

La materia prima que se usó fue garbanzo de la variedad Kabuli adquirido en el mercado Nery ubicado en el distrito de Ayacucho.

2.3. Materiales

- Pinzas de acero
- Probeta
- Vasos precipitados
- Placas Petri
- Bandejas de metal
- Bolsas herméticas
- Bolsas de polipropileno
- Envases plásticos
- Papel aluminio
- Jarras de plástico
- Termómetro

2.4. Reactivos

- Agua destilada
- Cloruro de sodio NaCl
- Ácido sulfúrico 98% Merck y diluido
- n-Hexano 95% Merck
- Hidróxido de sodio en lentejas Merck

2.5. Equipos

- Olla a presión RECORD Alum Press 7 L

- Autoclave horizontal LABOLAN TM-XB20J 20 L
- Estufa eléctrica TOMOS ODHG-9030B serie 05101641
- Liofilizador FD DAIHAN SCIENTIFIC UniFreez™ HR -90 °C
- Texturómetro BROOKFIELD CTX 0-100 g/0.01g
- Hervidora eléctrica INDURAMA HI-INX 1,7 L
- Balanza medidora de humedad WEIGHING MX-50 A&D 0,1%/ 51 g
- Celular Samsung A51
- Digestor de proteína Unit Micro Kjeldahl Digestor 0,1-240mg N
- Equipo Soxhlet Life Sciences Wheaton™ DWK 190 mm
- Digestor de fibra VELP SCIENTIFICA SA30400209 GDE 22 °C-105 °C

2.6. Variables e indicadores

Las variables e indicadores en el presente trabajo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6

Variable independiente, dependiente e indicador

Variable independiente	Indicador	Variable dependiente
Garbanzo (<i>Cicer arietinum</i> L.) variedad <i>Kabuli</i>	Dureza (N)	Producción del garbanzo entero cocido instantáneo

2.7. Diseño metodológico

2.7.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue experimental, ya que según Ramos (2021), este tipo se distingue por manipular de manera intencional a las variables independientes a la par de que se le hace un estudio a las repercusiones que tiene sobre las variables dependientes. Por lo expuesto los ensayos se llevarán a cabo en laboratorios y a una escala piloto para estudiar el impacto de diferentes combinaciones de tiempo de pre-hidratación, temperatura de cocción, tiempo de cocción, concentración salina, tiempo de secado, temperatura de liofilización y tiempo de rehidratación en la elaboración de garbanzo cocido instantáneo.

2.7.2. Nivel de investigación

Explicativo, ya que según Hernández y Fernandez (2014) este nivel se encuentra dirigido a dar respuesta a las causas de eventos y fenómenos físicos,

además que su enfoque reside en encontrar la explicación al porqué de un fenómeno que se lleva a cabo y sobre cuáles son las condiciones en las que se manifiesta, o por qué dos o más variables se encuentran relacionadas entre sí.

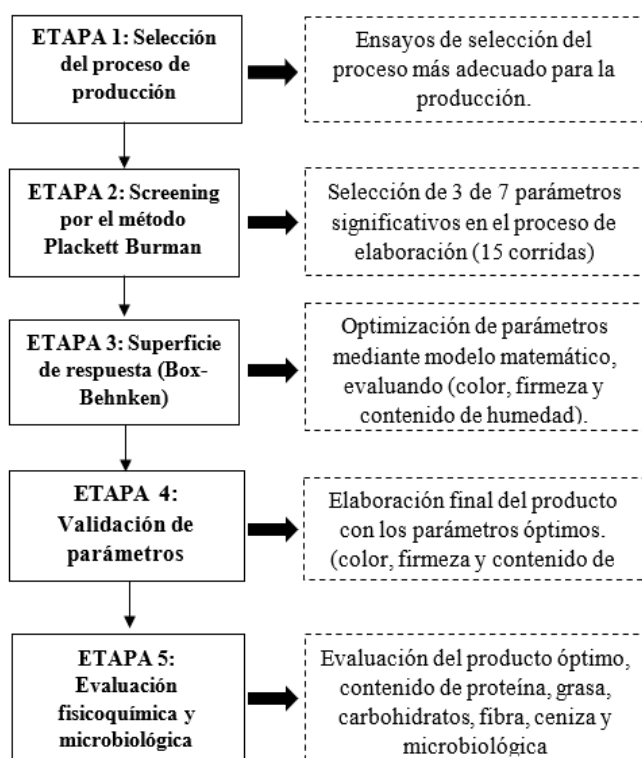
2.7.3. Análisis estadístico

Se usó selección de factores mediante el diseño estadístico Plackett-Burman ya que es útil para experimentos en los que se puede suponer la dispersión de efectos y se desea examinar muchos factores, pero se prevé que sólo unos pocos de esos factores tendrán un efecto sobre la respuesta, sin embargo no se sabe de antemano cuáles pueden ser esos pocos (Box & Draper, 2007). Luego se usaron los tres factores más significativos para realizar la optimización mediante el diseño de Superficie Respuesta por Box-Behnken ya que este se utiliza para reducir el número de tratamientos a realizar para conocer las posibles interacciones entre los parámetros estudiados y sus efectos por lo que consta de puntos centrales y los puntos medios de las aristas del cubo circunscrito en la esfera (Evans, 2003).

Para ambos casos se usó el software de análisis estadístico Design Expert 13. La figura 6, presenta las etapas de investigación:

Figura 6

Etapas de investigación



2.8. Metodología

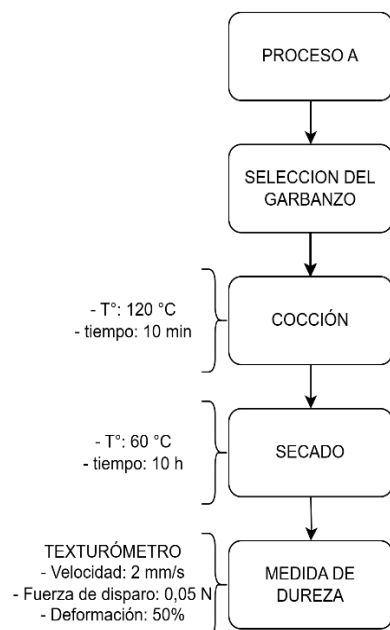
2.8.1. Elección de proceso de cocción y secado

Para la cocción y secado se utilizó 2 tipos de procesos, con la finalidad de obtener un producto con un resultado satisfactorio, el cual era obtener la textura más adecuada en términos de dureza para consumo humano. Para ello, se investigó y buscó 2 opciones (Proceso A y Proceso B) de diferente elaboración, ejecutándose cada una de estas, para posteriormente medir la dureza del producto resultante de cada proceso. La metodología utilizada es para la etapa 1 mostrada en la figura 6.

En el proceso A se realizó según Badola et al. (2023), donde procedieron en la elaboración de garbanzos instantáneos, en la cocción usaron una olla a presión y en el secado, una estufa convencional (calor) ya que es como normalmente es preparado y almacenado no solo el garbanzo, sino otros muchos productos y hecho con instrumentos que se pueden encontrar en los hogares. En la figura 7 se presenta el diagrama del proceso A:

Figura 7

Diagrama del proceso A para la elaboración de garbanzo instantáneo



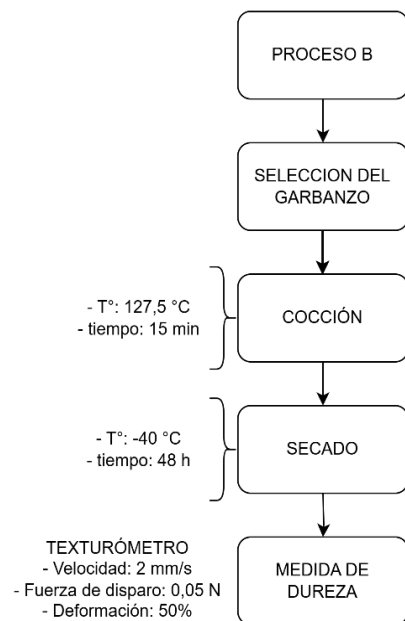
- a) Se utilizó una muestra de 100 g de garbanzo variedad *Kabulí*, previamente remojado, el cual se coció en la olla a presión Alum Press en un aproximado de 120 °C por 10 minutos.

- b) Posteriormente, se llevó el garbanzo cocido a un secado convencional, en la estufa eléctrica TOMOS por 10 horas a 60 °C.
- c) Finalmente, se realizó su rehidratación del producto por 10 min, para evaluar su dureza con el texturómetro Brookfield CTX.

Para el proceso B se eligió cocción a vapor en un autoclave horizontal según Yağcı & Evci (2015) y en el secado por liofilización según Cambero et al. (2023), en ambos casos el garbanzo mantiene la conservación de sus propiedades fisicoquímicas y nutricionales, por ende se decidió el uso de estos procesos unitarios y como alternativa al método convencional A ya que existen algunos factores que limitan el consumo del garbanzo como fenómenos de cocción resistente, mayor tiempo de cocción y procedimientos de preparación difíciles (Badola et al., 2023) y que también permite escalar la producción a nivel industrial.

Figura 8

Diagrama de proceso B para la elaboración de garbanzo instantáneo



Además, el objetivo de la liofilización es producir un producto con buena estabilidad en almacenamiento y que permanezca sin cambios después de su reconstitución con agua, aunque esto depende en gran medida del último paso del proceso: el empaque y las condiciones de almacenamiento. Además, tiene ciertas ventajas como el control del contenido de humedad del producto final durante el proceso, el producto seco puede tener una forma física atractiva y el producto seco posee una alta superficie específica por lo que se reconstituye

rápidamente (Haseley & Oetjen, 2018). En la figura 8 se presenta el diagrama del proceso B.

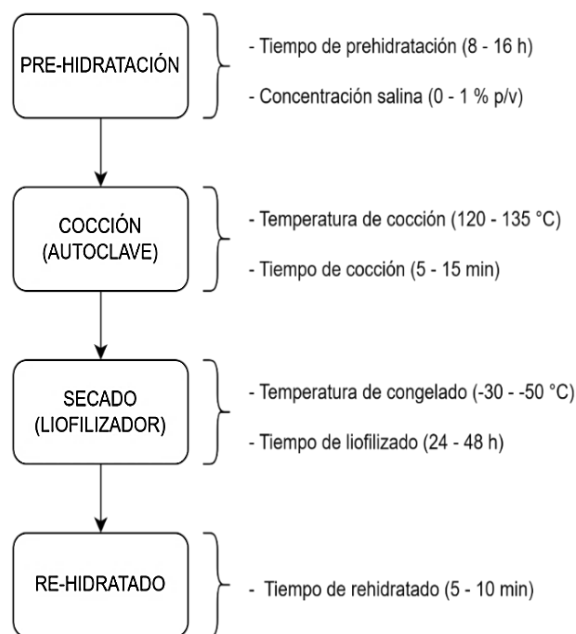
- a) Se utilizó una muestra de 100 g de garbanzo variedad *Kabulí*, previamente remojado, para someterlo a una cocción a vapor en autoclave TM-XB20J por 10 minutos a 127,5 °C.
- b) La muestra cocida fue secada por liofilización en el liofilizador UniFreez™ FD por 48 horas a -40 °C.
- c) Finalmente, se realizó la rehidratación del producto por 10 min, para evaluar su dureza con el texturómetro Brookfield CTX.

2.8.2. Obtención de los parámetros más relevantes en el proceso de elaboración de garbanzo instantáneo

Al seleccionar el proceso de elaboración más adecuado se establecen los parámetros controlables de producción del garbanzo entero cocido instantáneo (figura 9).

Figura 9

Diagrama de flujo de selección de parámetros en el proceso de elaboración del garbanzo entero cocido instantáneo



Los parámetros seleccionados, se limitan con valores de referencia teóricos, para poder utilizar el software Design Expert 13 y este nos diseñe las 15 corridas correspondientes. En la figura 10, se presenta el diagrama del

procedimiento para la obtención de parámetros relevantes.

El diseño de selección Plackett-Burman, proporciona 3 de los parámetros más relevantes en el proceso de producción a partir de los resultados de un indicador, el cual es la medida de dureza, con la finalidad de usarlos en el método de Superficie de respuesta, para su posterior optimización. La metodología utilizada pertenece a la etapa 2 presentada en la figura 6.

Figura 10

Diagrama de procedimiento para la obtención de los parámetros más relevantes



- Se ingresaron los datos (valores de los parámetros) al software Design Expert 13, con ello el software determinó 15 corridas con diferentes combinaciones al azar.
- Con las 15 corridas prediseñadas, se procedió a la elaboración de cada una de ellas, usando 25 g de garbanzo seco *Kabuli* (materia prima), obteniéndose como producto final seco un aproximado de 23 g de cada corrida, posteriormente se les realizó su rehidratado de 10 semillas de cada corrida, para su respectiva lectura de dureza (N) en el texturómetro Brookfield CTX.

- Con los resultados obtenidos, el diseño de Plackett-Burman utiliza el diagrama de Pareto para determinar la prioridad de los factores más relevantes estadísticamente.

2.8.3. Optimización de parámetros mediante el método de Superficie respuesta (Box-Behnken)

Con los 3 parámetros más relevantes previamente proporcionados, se vuelve a diseñar 15 experimentos aleatorios, de las cuales se proceden a elaborar cada una de ellas. De los productos resultantes se midieron tres indicadores que brinden mayor aceptabilidad en la optimización, los cuales son dureza (N), color (L, a* y b*) y humedad, con las lecturas resultantes se procedió a la optimización de los parámetros con el método de Superficie de respuesta, además de la obtención de la ecuación predictiva para el proceso de producción del garbanzo entero cocido instantáneo.

La metodología utilizada pertenece a la etapa 3 que se muestra en la figura 6. La figura 11 presenta el diagrama de procedimiento ejecutado.

Figura 11

Diagrama de procedimiento de optimización de parámetros



- Se formularon nuevas corridas al azar con el software de Design Expert 13, al cual se le dio los 3 factores más relevantes preseleccionados.

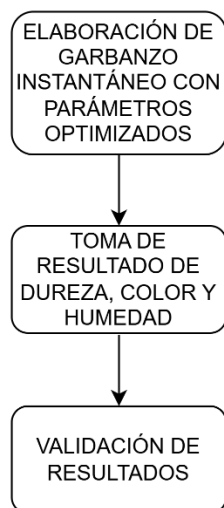
- Se elaboró las 15 corridas con una muestra de 25 g de garbanzo seco *Kabulí* para cada caso, teniendo en cuenta que los demás factores se usan con sus indicadores en sus puntos medios, y las variaciones se aplican solo en la concentración salina, tiempo de cocción y temperatura de cocción.
- Se lleva las muestras (15 corridas) a su respectiva lectura de dureza en el texturómetro CTX Brookfield, se mide la humedad en la balanza medidora de humedad MX-50 A&D WEIGHING y medida de color realizada con la cámara de celular Samsung A51, resultados que se evaluaron con el uso del software “ImageJ”.

2.8.4. Validación de parámetros optimizados

Para demostrar que los parámetros en el proceso de producción se optimizaron de manera satisfactoria se realiza una validación, para ello se elaboró el producto final con los valores de los parámetros obtenidos en la optimización, resultados que se corroboraron y compararon con la dureza ideal. En la figura 12, se presenta el diagrama de procedimiento realizado, esta metodología representa a la etapa 4 presentada en la figura 6.

Figura 12

Diagrama de procedimiento en la etapa 4



- Se procede a elaborar el garbanzo entero cocido instantáneo usando los valores de los parámetros optimizados. Posteriormente se realizó la

medida de dureza con el texturómetro Brookfield CTX de 10 semillas con el fin de validarlos.

2.8.5. Evaluación fisicoquímica y microbiológica

La finalidad de la evaluación fisicoquímica y microbiología del garbanzo entero cocido instantáneo es que este compruebe que el producto mantiene sus características nutricionales y parámetros microbiológicos aptos para el consumo humano.

La evaluación fisicoquímica fue realizada en el laboratorio de Bromatología de la facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y cuyos métodos y procedimientos fueron descritos en el anexo 19.

Para la evaluación microbiológica se envió una muestra de 35 g al laboratorio “Bioteknia”, ubicada en la ciudad de Ayacucho, para el análisis de mohos y *Escherichia coli*. La metodología empleada pertenece a etapa 4 presentada en la figura 6.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Selección del proceso de producción de garbanzo

Se realizó la toma de medidas de dureza de las semillas de garbanzo, obtenidas en los procesos A (cocción en olla a presión y secado en estufa) y B (cocción en autoclave y secado por liofilización).

Tabla 7

Resultados de la dureza obtenida para los procesos A y B

Nº Semilla	Dureza del proceso A (N)	Dureza del proceso B (N)
1	40,06	3,17
2	45,09	4,51
3	42,34	3,96
4	38,26	2,28
5	45,51	3,31
Promedio	42,25 ± 3,14	3,45 ± 0,08

Tras el proceso de comparación de las medidas de dureza obtenidas del proceso A (olla presión y secado en estufa) y B (autoclave y liofilizado), como se muestra en la tabla 7, se pudo observar que la dureza de los garbanzos sometidos al proceso convencional de cocción en olla a presión y secado en estufa es alta, lo que significa que es mucho más duro. Según Zhang et al. (2017), el secado altera las características de los productos haciendo que se torne más duro o masticable porque hace que las capas externas del producto se deformen en exceso haciendo al núcleo interno menos accesible, junto con su encogimiento. Por otro lado, la dureza del proceso B resultó ser mucho más suave ya que Geankoplis (2018) menciona que la liofilización tiene la ventaja de conservar sabor y aroma, además de que las temperaturas bajas que se emplean reducen al mínimo las reacciones de degradación que casi siempre ocurren en los procesos comunes de secado convencional.

Figura 13

Semillas de garbanzo resultantes de la etapa 1



Nota. a) Semillas de garbanzo resultantes del proceso A, b) semillas de garbanzo resultantes del proceso B

En la figura 13 en “a”, se puede observar que las semillas de garbanzo obtenidos mediante los métodos convencionales de cocción en olla a presión y secado en estufa (proceso A), presentan una coloración mucha más oscura que los que se obtuvieron por cocción en autoclave y secado por liofilización (proceso B), además que las semillas en “a” son notablemente más pequeñas que las semillas de garbanzo en “b” obtenidas mediante el proceso B.

Se detectó que Badola et al. (2023) utilizaron como proceso de elaboración de garbanzo instantáneo el uso de olla a presión y secado en estufa convencional, similar al del proceso A ejecutado en este trabajo de investigación, al elaborarse y comparar los resultados con el proceso B, la diferencia de dureza y estructura física de los productos es cuantiosa, empezando con los resultados de las lecturas de dureza, el proceso B tiene mejor rehidratación por ende posee una dureza menor. Esto es debido a que, en la comparación de estructuras, físicamente las semillas del proceso A se redujeron, por el tipo de secado sometido, causando una deformación de los poros superficiales e impidiendo un fácil acceso del agua para su rehidratación. Por estas evidencias, el mejor proceso para la elaboración de garbanzo entero cocido instantáneo es el Proceso B.

4.2. Diseño de selección Plackett-Burman

Al ser el Proceso B seleccionado, se plantearon los parámetros controlables a través de todo el proceso de producción con la finalidad de optimizarlos. En la figura 14, se observa los parámetros controlables a optimizar.

Con los parámetros seleccionados se limita los valores de cada uno de estos. El valor del parámetro de tiempo de pre-hidratado fue establecido a partir de Roy et al. (2019), la concentración salina según Badola et al. (2023), el tiempo de cocción según Chatur et al. (2022), temperatura de cocción por El-Adawy (2002), la temperatura de congelado se estableció según Chatur et al. (2022), el tiempo de liofilizado por Haseley & Oetjen (2018) y el tiempo de rehidratado se estableció según Marabi & Saguy (2008). Con los parámetros y sus valores establecidos, se procede alimentar al software Design Expert 13, para que este nos diseñe las 15 corridas a elaborarse (Anexo 5).

Tabla 8

Análisis de varianza para la dureza obtenida mediante el diseño de Plackett-Burman

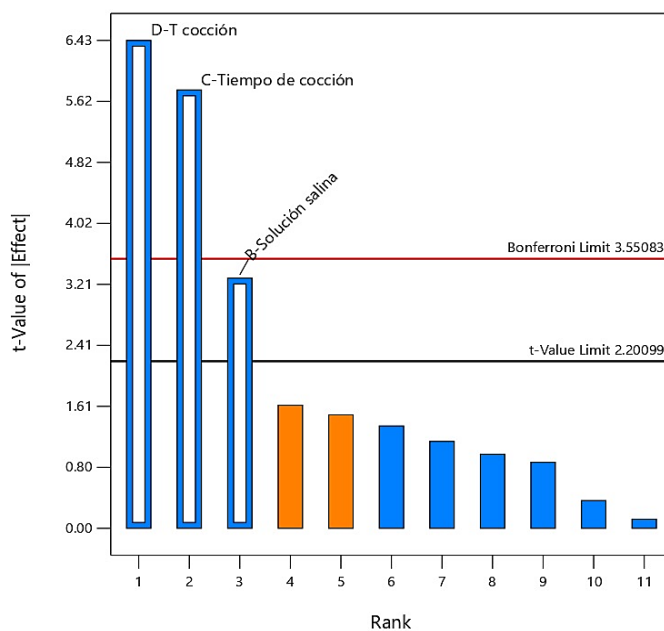
Fuente	Σ cuadrados	df	Cuadrado de la media	Valor de F	Valor de p	
Modelo	3865,11	7	552,16	12,05	0,0037	Signif.
A-Pre-hidratado	5,78	1	5,78	0,1263	0,7345	
B-Solución salina	470,73	1	470,73	10,28	0,0185	
C-Tiempo de cocción	1445,11	1	1445,11	31,55	0,0014	
D-Temperatura de cocción	1790,61	1	1790,61	39,09	0,0008	
E-Temperatura de congelado	32,78	1	32,78	0,7156	0,4300	
F-Tiempo de Liofilizado	78,80	1	78,80	1,72	0,2376	
G-Tiempo de rehidratado	41,29	1	41,29	0,9015	0,3790	
Curvatura	520,17	1	520,17	11,36	0,0150	
Residuo	274,84	6	45,81			
Falta de ajuste	268,24	4	67,06	9,24	0,0643	No signif.
Error puro	6,60	2	3,30			
Suma total de cuadrados corregida	4660,12	14				

En la tabla 8, se presenta que el valor p es menor a 0,05 lo cual indica que los términos del modelo son significativos. En este caso, B, C y D son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0,1000 indican que los términos A, E, F y G del modelo no son significativos.

El valor F de falta de ajuste de 12,24 implica que la falta de ajuste es no significativa. El modelo se ajusta bien ya que el valor de p es mayor a 0,05. Para poder corroborar la información de la tabla 9, en la figura 15 se presenta el diagrama de Pareto obtenido del software Design Expert 13, donde los parámetros más influyentes estadísticamente en la producción del garbanzo entero cocido instantáneo son expuestos en términos de t por lo que los efectos seleccionados que están por encima del límite de Bonferroni son importantes y se dejan en el modelo mientras que los efectos que están por encima del límite del valor t son un tanto menos importantes pero también deben añadirse.

Figura 14

Diagrama de Pareto a partir de los resultados obtenidos



La figura 14 presenta que los tres factores más significantes D-Temperatura de cocción, C-Tiempo de cocción y B-Concentración salina, son los más influyentes en todo el proceso ya que tienen los valores t más altos y están por encima de los límites de Bonferroni y del valor t , lo cual indica que son estadísticamente significativos, siendo D-T cocción el que tiene el mayor impacto con un valor t más alto (6,43), por lo que es el factor que más afecta sobre el resultado del proceso.

Los parámetros más influyentes establecidos con el diagrama de Pareto guardan relación con la influencia de estos en la elaboración del garbanzo entero cocido instantáneo, la concentración salina influye en una reducción de tiempo de cocción de las semillas de garbanzo y los puntos críticos más influyentes son la temperatura de cocción y tiempo de cocción.

Pletney (2007), menciona que la cocción provoca la gelatinización del almidón y ablandamiento en la dureza. En el caso de los parámetros en el secado (temperatura de congelación y tiempo de liofilizado), se manifiesta que no influyen significativamente en el proceso de elaboración.

Haseley y Oetjen (2018) presentan el diagrama de las fases del agua que se imparte a partir del punto triple donde coexisten las tres fases del agua, de esta se prolongan la línea de sublimación, la cual inicia a partir de una temperatura de 0 °C hasta los -100 °C, demostrándose que este cambio de fase se puede ejecutar a partir de 0 °C, expuesto a diferentes presiones.

En pocas palabras la influencia de la temperatura de congelado no afecta en la sublimación del agua, por ello, los parámetros antes mencionados no intervienen significativamente en la elaboración del producto.

4.3. Optimización de parámetros con el uso del método de Superficie de respuesta (Box-Behnken)

Con los parámetros más relevantes obtenidos en los resultados anteriores, se procede a alimentar el software Design Expert 13, para que este nos diseñe las 15 corridas a elaborarse, teniendo en cuenta que los cuatro parámetros no relevantes, mantendrán su valor medio, con la finalidad de tomar la lectura de dureza (Anexo 15).

El anexo 16 se presenta una tabla con las lecturas de dureza leídas en el software Texture Pro que usa el texturómetro Brookfield CTX.

Los resultados de humedad y color (L, a, b) de las corridas, fueron analizadas con el software Design Expert 13, para determinar su grado de significancia y los gráficos de Superficie de Respuesta.

En la tabla 9, se obtuvo para el modelo un valor F de 578,41 lo que implica que el modelo es significativo y que el valor de $p < 0,0001$ es inferior a 0,0500 lo que indica que los términos del modelo son significativos. En este caso, A, B, C, BC, A²,

B^2 , C^2 , A^2B son términos significativos del modelo. No se incluyeron muchos términos ya que resultaron no significativos por lo tanto se le denominó “reducido”.

Tabla 9

Análisis de varianza para el modelo cúbico reducido obtenido de las durezas medidas en el método de superficie respuesta

Fuente	Suma de cuadrados	df	Media de cuadrados	Valor F	Valor p	
Modelo	1806,35	10	180,63	578,41	< 0,0001	Signif.
A-Sol, Salina	7,56	1	7,56	24,22	0,0079	
B-t cocción	6,04	1	6,04	19,34	0,0117	
C-T cocción	1457,59	1	1457,59	4667,37	< 0,0001	
AB	0,0014	1	0,0014	0,0043	0,9507	
AC	0,8768	1	0,8768	2,81	0,1691	
BC	15,29	1	15,29	48,97	0,0022	
A^2	44,33	1	44,33	141,94	0,0003	
B^2	17,18	1	17,18	55,01	0,0018	
C^2	206,45	1	206,45	661,06	< 0,0001	
A^2B	61,46	1	61,46	196,79	0,0001	
Residuo	1,25	4	0,3123			
Falta de ajuste	0,6166	2	0,3083	0,9746	0,5064	No signif.
Error puro	0,6326	2	0,3163			
Suma total de cuadrados corregida	1807,60	14				

El valor F de la falta de ajuste fue de 0,97 lo cual indica que la falta de ajuste no es significativa ya que el valor p es 0,5064 es mayor a 0,05 haciendo que el modelo se ajuste muy bien.

Por otro lado, se obtuvo que la precisión adecuada fue de 64,584 lo cual significa que es una señal adecuada y que este modelo puede utilizarse para navegar por el espacio de diseño ya que el valor deseable es mayor a 4 (tabla 10).

Tabla 10

Comparación del modelo predictivo con modelo ajustado del resultado de dureza

Ajuste estadístico			
Desviación estándar	0,5588	R ²	0,9993
Media	14,49	R ² ajustado	0,9976
Coeficiente de variación %	3,86	R ² predictivo	0,9856
		Precisión adecuada	64,5835

Se presenta la ecuación del diseño predictivo a partir de la dureza, resultante del método de Superficie de respuesta (ecuación 3).

Ecuación del diseño predictivo para la determinación de dureza

$$\text{Dureza} = -0,97x + 1,23y - 13,5z + 0,01xy + 0,46xz - 1,96yz + 3,46x^2 + 2,16y^2 + 7,48z^2 - 5,54x^2y \quad (3)$$

Donde:

x: Concentración salina

y: Tiempo de cocción

z: Temperatura de cocción

Tabla 11

Comparación del modelo predictivo con el modelo ajustado del resultado de la humedad

Ajuste estadístico			
Desviación estándar	1,87	R ²	0,6783
Media	4,22	R ² ajustado	0,0994
Coeficiente de variación %	44,3	R ² predictivo	-2,7093
		Precisión adecuada	4,2708

En la tabla 11, se observa que el R² ajustado y el R² predictivo no concuerdan para nada lo cual quiere decir que el modelo no tiene una predicción adecuada y puede estar sobre ajustando los datos. Por otro lado, el valor de Precisión adecuada es 4,2708 el cual es un tanto superior a 4. Esto indica que el modelo puede utilizarse para navegar por el espacio de diseño, pero con cierta dificultad. Se presenta la ecuación del diseño predictivo a partir de la humedad, resultante del método de Superficie de respuesta (ecuación 4).

Ecuación del diseño predictivo para la determinación de la humedad

$$\text{Humedad} = 0,9075x - 0,5025y - 0,4450z - 0,0675xy - 1,44xz + 1,06yz - 0,2479x^2 - 0,6379y^2 + 1,75z^2 \quad (4)$$

Donde:

x: Concentración salina

y: Tiempo de cocción

z: Temperatura de cocción

Tabla 12

Comparación del modelo predictivo con el modelo ajustado para determinar los valores de color L, a y b**

Ajuste estadístico (L)			
Desviación estándar	7,84	R ²	0,3250
Media	56,97	R ² ajustado	0,1409
Coeficiente de variación %	13,76	R ² predictivo	-0,1963
		Precisión adecuada	4,3165
Ajuste estadístico (a*)			
Desviación estándar	3,58	R ²	0,6717
Media	11,57	R ² ajustado	0,4256
Coeficiente de variación %	30,98	R ² predictivo	-0,605
		Precisión adecuada	5,6507
Ajuste estadístico (b*)			
Desviación estándar	6,88	R ²	0,6709
Media	38,15	R ² ajustado	0,424
Coeficiente de variación %	18,03	R ² predictivo	-0,211
		Precisión adecuada	6,422

Al igual que los resultados de humedad, la tabla 12 muestra que los valores de R² predictivo y ajustado para el color (L, a y b) no muestran concordancia entre ellos por lo que la capacidad predictiva es muy pobre y puede que se estén sobre ajustando los datos.

La precisión adecuada es de 4,317 superior a 4, que es lo deseable, e indica que es una señal adecuada. Este modelo puede utilizarse para navegar por el espacio de diseño con cierta dificultad.

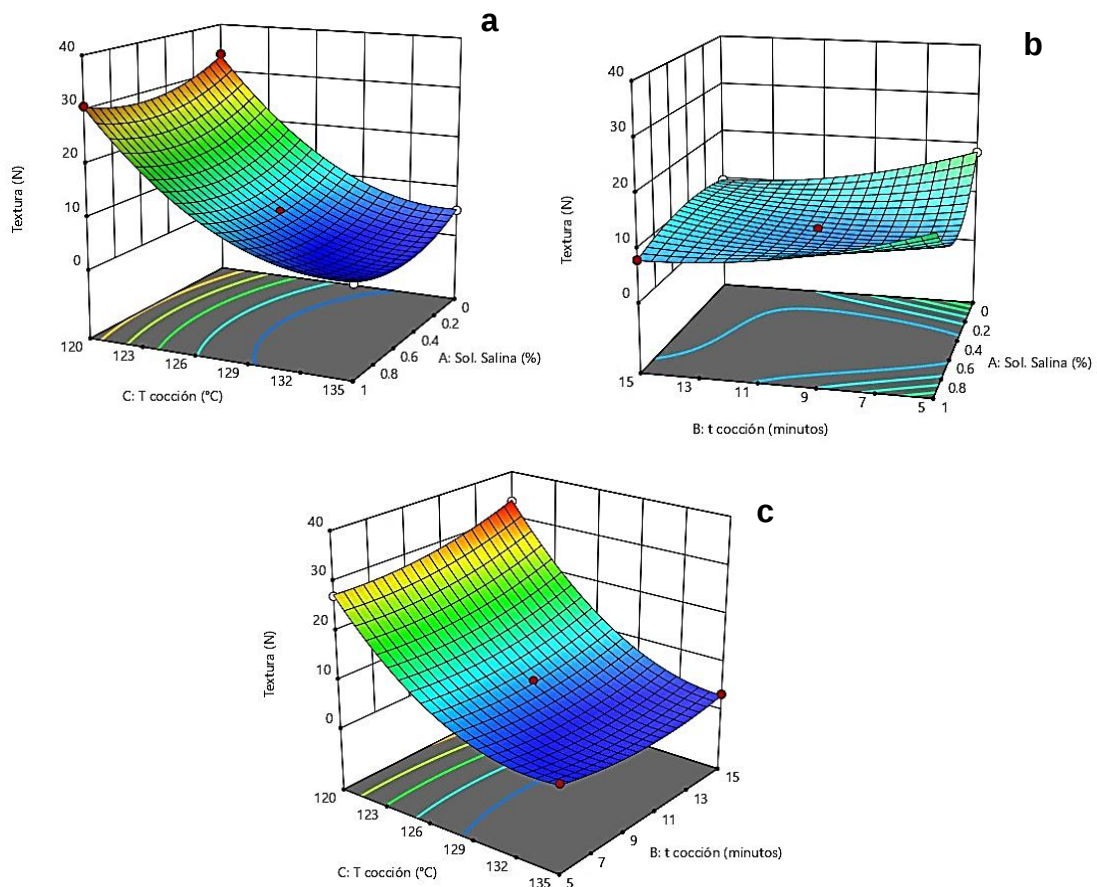
La R² predictiva negativa y los valores de R² relativamente bajos sugieren que este

modelo puede no ajustarse bien a los datos.

De acuerdo con los ANOVAS mostrados en el Anexo 18, los resultados de las medidas de humedad y color (L , a^* y b^*) del producto, no son significativos estadísticamente.

Figura 15

Gráficos en relación de concentración salina, temperatura de cocción y tiempo de cocción, resultantes por el método de Superficie de respuesta



Nota. a. Superficie de Respuesta Concentración salina vs. Temperatura de cocción b. Superficie de Respuesta Concentración salina vs. Tiempo de cocción c. Superficie de Respuesta Temperatura de cocción vs. Tiempo de cocción.

La figura 15, presenta 3 graficas de malla tradicional resultantes del método de Superficie de respuesta, primero se presenta que la gráfica de malla tridimensional **a**, se describe la superficie respuesta de las variables de temperatura de cocción (°C) y concentración salina (%) con su variable respuesta, dureza. Este gráfico muestra cómo la dureza varía en función de la temperatura de cocción y la concentración

salina. La superficie se curva hacia abajo, indicando que la dureza (dureza) disminuye cuando la temperatura y la concentración salina aumenta.

En la gráfica de malla tridimensional **b** se describe la superficie respuesta de las variables de tiempo de cocción (min) y concentración salina (%) con su variable respuesta, dureza. Este gráfico muestra cómo la dureza varía en función del tiempo de cocción y la concentración salina. La superficie se curva hacia arriba, sugiere que la dureza disminuye a medida que aumenta el tiempo de cocción y la concentración salina. En la gráfica de malla tridimensional **c** se describe la superficie respuesta de las variables de tiempo de cocción (min) y temperatura de cocción (°C) con su variable respuesta, dureza. En este gráfico muestra cómo la dureza disminuye cuando aumenta el tiempo de cocción y la temperatura de cocción.

4.4. Validación de parámetros optimizados

Una vez obtenidos los valores óptimos de los parámetros de elaboración, se procedió a hacer la validación de los datos, en la cual se usó el software Design Expert 13.

Tabla 13

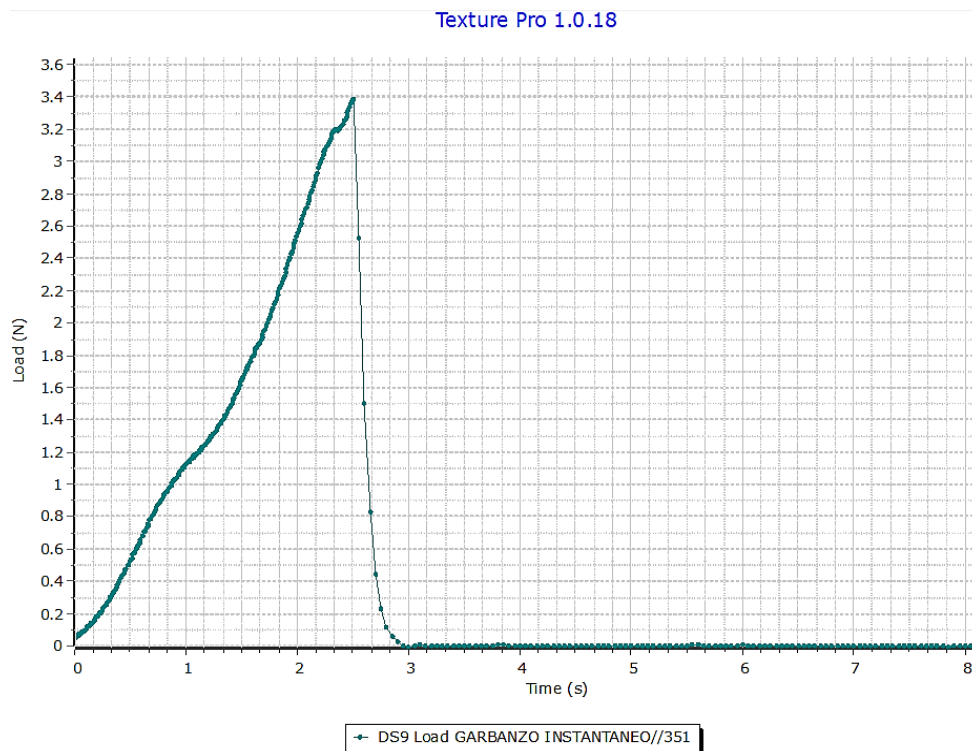
Valores resultantes de los parámetros optimizados

Tiempo de pre-hidratación (h)	Concentración salina NaCl (% p/v)	Temperatura de cocción (°C)	Tiempo de cocción (min)	Temperatura de congelación (°C)	Tiempo de liofilización (h)	Tiempo de rehidratación (min)
12	0,98	130,75	14,65	-40	36	7,5

Con el uso del software Design Expert 13, se obtuvieron a través de las etapas de ejecución del proyecto, los valores requeridos de los parámetros optimizados para la elaboración de un garbanzo de dureza deseable (suave). Se realizó solo las medidas de dureza de la muestra (10 semillas), puesto que la optimización de parámetros con el uso del método de Superficie de respuesta se demostró que los indicadores de lectura de humedad y color (L, a* y b*) no son estadísticamente significantes.

Figura 16

Gráfico de la lectura más próxima al promedio de dureza validado



La figura 16 muestra el perfil de textura en términos de dureza (N) de una semilla cuya lectura se aproxima más a la media deseada.

En la tabla 14, se muestra que el límite inferior de predicción de la dureza es de 1,523 mientras que límite superior de predicción de la dureza es de 4,430 y de la data obtenida mediante experimentación real se obtuvo que la media es de 3,449 encontrándose dentro de los límites de predicción antes mencionados validando de este modo la ecuación y los parámetros optimizados descritos en la tabla 13.

Tabla 14

Validación de parámetros optimizados para dureza con Design Expert 13

Variable	Media predictiva	Mediana predictiva	Desviación estándar	n	95% PI bajo	Media de datos	95% PI alto
Dureza	2,976	2,976	0,558	10	1,523	3,449	4,430

El valor de dureza de referencia es de 1 N, mientras que el resultado final es de 3,45; mediante se realizaba la lectura de dureza con el texturómetro CTX Brookfield, se notó que las semillas con esa dureza solían ser laxas, desfavoreciendo la idea de

un garbanzo entero, mientras que las semillas con las medidas de entre 3 y 4 (N), favorecían a la imagen de producto deseado, por ello, el resultado obtenido posee la forma ideal reconstituida deseada.

4.5. Evaluación fisicoquímica y microbiológica del garbanzo instantáneo

Los resultados de las evaluaciones fisicoquímicas y microbiológicas de la elaboración del garbanzo entero cocido instantáneo optimizado se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 15

Resultados de la evaluación fisicoquímica proximal del garbanzo entero cocido instantáneo optimizado

Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (%)
3,35 ± 0,25	25,57 ± 1,12	5,73 ± 0,15	3,99 ± 0,19	3,03 ± 0,08	62,32 ± 0,99

Según Xu et al. (2014), la humedad determinada del garbanzo comercial cocido a presión, es de 5,87 %, el cual se diferencia del resultado promedio por 2,52 %, este es un margen de diferencia corto, por ello, el resultado no es significativamente diferente al punto de referencia, estando dentro del margen necesario, también se considera que la humedad puede estar variando mínimamente por las condiciones atmosféricas a las que se encuentran las muestras, en el caso referencial su ubigeo es en España, con una presión atmosférica al nivel del mar tendiendo a poseer un clima húmedo, mientras que la muestra evaluada se realizó en la ciudad de Ayacucho, con un clima más seco.

Tras el análisis de proteína por triplicado, se obtuvo el valor observado en la tabla 15, que se encuentra en el rango de proteína dado por Yadav (2007) tal y como está descrito en la tabla 5 que indica que va desde 16,7 hasta 30,6 %.

Boza (1991) menciona que el garbanzo es la leguminosa con mayor cantidad de lípidos, en la variedad *Kabuli* tiene entre 3,4% - 8,8%, el resultado de la evaluación de grasas en la muestra se encuentra dentro de este rango.

En la evaluación de fibra cruda de la muestra se obtuvo 3,99%, según Yadav (2007), el contenido de fibra cruda en el garbanzo de la variedad *Kabuli* se encuentra en el rango de 1,17 y 4,95 %, dando a entender que el resultado se encuentra dentro del margen deseado. Los resultados de la evaluación de ceniza en la muestra fue de

3,03%, estando dentro del parámetro mencionado por Yadav (2007).

Los carbohidratos se determinaron por diferencia de los resultados de humedad, proteína, grasa y ceniza, con un promedio de 62,32% encontrándose dentro del rango establecido por Yadav (2007) que dice que la cantidad de carbohidratos se encuentra entre 54 - 71% en el variedad Kabuli. Los resultados obtenidos del análisis microbiológico se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16

Resultados de la evaluación microbiológica del garbanzo instantáneo optimizado

N°	Ensayo	Resultado	Límite por g/mL	
			m	M
01	Mohos (UFC/g)	< 10	10 ³	10 ⁴
02	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	< 10	10	10 ²

El método utilizado para la determinación microbiológica fue la seguida por la FAO (1981) en sus Manuales para el control de calidad de los alimentos, apartado de análisis microbiológicos.

En la tabla 16, se observa que las muestras tanto para el análisis de mohos y *Escherichia coli* fueron menores a 10 UFC/g por lo que sí cumple con los requisitos microbiológicos establecidos en la Resolución Ministerial 591-2008/MINSA, “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano” resultados presentados en el informe del ensayo realizado por el laboratorio “Bioteknia” (ANEXO 26).

CONCLUSIONES

La comparación entre ambos procesos (A y B) revela diferencias significativas en las lecturas obtenidas. El proceso A muestra una dureza promedio de 42,25 N, mientras que el proceso B presenta una dureza promedio de 3,45 N, lo cual resalta su mayor suavidad. La selección del proceso B responde a esta menor dureza, junto con una apariencia física más favorable para la rehidratación, lo cual resulta en un producto final más aceptable en textura.

Los factores más influyentes en la producción del garbanzo entero cocido instantáneo son identificados a través del diseño de selección Plackett-Burman. La concentración salina, el tiempo y la temperatura de cocción se encuentran por encima de los límites de Bonferroni y del límite t, demostrando así su relevancia en el proceso. Con los parámetros optimizados, se logra un producto final con una dureza de 3,449 N, que se encuentra dentro de los intervalos de predicción (PI) bajo de 1,523 N y alto de 4,430 N, con un nivel de confianza del 95 %, lo que sugiere estabilidad y confiabilidad en futuras mediciones. Los parámetros óptimos para la producción de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) entero cocido instantáneo, variedad Kabuli, se establecieron en un tiempo de prehidratación de 12 horas, una concentración salina de NaCl del 0,98% p/v, una temperatura de cocción de 130,75 °C, un tiempo de cocción de 14,65 minutos, una temperatura de congelación de -40 °C, un tiempo de liofilización de 36 horas y un tiempo de rehidratación de 7,5 minutos validados mediante el software Design Expert 13.

El análisis fisicoquímico del garbanzo cocido instantáneo optimizado arroja resultados de $3,35 \pm 0,25$ en humedad, $25,57 \pm 1,12$ en proteína, $5,73 \pm 0,15$ en grasa, $4,02 \pm 0,19$ en fibra, $3,03 \pm 0,08$ en cenizas y $61,65 \pm 1,03$ en carbohidratos, cumpliendo con los parámetros de referencia establecidos. Además, la evaluación microbiológica demuestra una carga de mohos (UFC/g) < 10 y *Escherichia coli* (UFC/g) < 10, cumpliendo con la normativa de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos de la Resolución Ministerial 591-2008/MINSA en el apartado para granos de cereales, leguminosas, quenopodiáceas y derivados.

RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar un estudio de mercado detallado para determinar la viabilidad comercial del garbanzo entero cocido instantáneo en diferentes sectores. Esto permitirá identificar la demanda del producto y las estrategias de comercialización más efectivas.
- ✓ Es fundamental realizar un escalado del proceso de producción a nivel industrial, evaluando los costos asociados a la implementación de tecnologías de equipos, que fueron clave para obtener el producto optimizado.
- ✓ Desarrollar nuevas formulaciones de garbanzo entero cocido instantáneo, como la adición de ingredientes que mejoren el valor nutricional o el sabor del producto. Ingredientes como especias, hierbas o complementos nutricionales que pueden diversificar la oferta.
- ✓ Es importante investigar posibles empaques que faciliten la preservación de las características fisicoquímicas y microbiológicas del producto durante su almacenamiento y distribución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, V., & Vélez, J. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 25-34.
- Ayala, G. (2003). Consumption of Quinoa in Peru. *Food Reviews International*, 19(1-2), 221-227. <https://doi.org/10.1081/FRI-120018887>
- Badola, R., Sangeeta, S., & Rai, S. (2023a). Standardization of process for development of instant chickpea using Desi and Kabuli variety. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i3.3003>
- Badola, R., Sangeeta, S., & Rai, S. (2023b). Standardization of process for development of instant chickpea using Desi and Kabuli variety. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 3. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.v35.i3.3003>
- Bayram, M., Kaya, A., & Öner, M. D. (2004). Water absorption, leaching and color changes during the soaking for production of soy-bulgur. *Journal of Food Process Engineering*, 27(2), 119-141. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4530.2004.tb00626.x>
- Bourne, M. C. (2002). *Food texture and viscosity: Concept and measurement* (2nd ed). Academic Press.
- Box, G., & Draper, N. (2007). *Response surfaces, mixtures, and ridge analyses* (2nd ed). John Wiley.
- Box, G. E., & Behnken, D. W. (1960). Some New Three Level Designs for the Study of Quantitative Variables. *Technometrics*, 2(4), 455-475. <https://doi.org/10.1080/00401706.1960.10489912>
- Boza, J. (1991). *Valor nutritivo de las leguminosas grano en la alimentación humana y animal*.
- Cambero, M. I., García De Fernando, G. D., Romero De Ávila, M. D., Remiro, V., Capelo, L., & Segura, J. (2023). Freeze-Dried Cooked Chickpeas: Considering a Suitable Alternative to Prepare Tasty Reconstituted Dishes. *Foods*, 12(12), 2339. <https://doi.org/10.3390/foods12122339>
- Ccala, J., & Ramirez, S. (2021). *Identificación y Cuantificación de aminoácidos esenciales en Cicer arietinum L. garbanzo y Phaseolus lunatus L. pallar por Cromatografía Líquida de Alta Performance (HPLC)*. Universidad Norbert Wiener.

- Chatur, P., Johnson, S., Coorey, R., Bhattarai, R. R., & Bennett, S. J. (2022). The Effect of High-Pressure Processing on Textural, Bioactive and Digestibility Properties of Cooked Kimberley Large Kabuli Chickpeas. *Frontiers in Nutrition*, 9, 847877. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.847877>
- El-Adawy, T. A. (2002). Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57(1), 83-97. <https://doi.org/10.1023/A:1013189620528>
- Evans, M. (with Institute of Materials, Minerals, and Mining). (2003). *Optimisation of manufacturing processes: A response surface approach*. Maney for the Institute of Materials, Minerals and Mining.
- Ferreira, S. L. C., Bruns, R. E., Ferreira, H. S., Matos, G. D., David, J. M., Brandão, G. C., Da Silva, E. G. P., Portugal, L. A., Dos Reis, P. S., Souza, A. S., & Dos Santos, W. N. L. (2007). Box-Behnken design: An alternative for the optimization of analytical methods. *Analytica Chimica Acta*, 597(2), 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.07.011>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). *FAOSTAT Statistical Database of the United Nation Food and Agriculture Organization (FAO) statistical division*.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2023). *Good Agricultural Practices (GAP): Chickpea (Cicer arietinum L.)*. FOOD & AGRICULTURE ORG.
- Geankoplis, C. J. (2018). *Transport processes and separation process principles* (Fifth edition). Prentice Hall.
- Gil, C. (2019). Metodología de superficie de respuesta (RSM). Explicación de conceptos teóricos con ejemplos en R. En *Ciencia de datos R*. https://rpubs.com/Cristina_Gil/RSM
- Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J., & Oliveira, J. (2006). Optimisation of dehydration and rehydration properties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing microwave-hot air combination drying. *Trends in Food Science & Technology*, 17(4), 177-183. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.11.013>
- Haseley, P., & Oetjen, G.-W. (2018). *Freeze-drying*. John Wiley & Sons.
- Hernández, R., & Fernandez, C. F. (2014). *Metodología de la investigación* (P. Baptista Lucio, Ed.; Sexta edición). McGraw-Hill Education.
- Herrera, S., Moreno, G., Licea, A., Castro, A., & Medina, A. (2021). Análisis bromatológicos y funcionales de tres variedades comerciales de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) / Análise bromatológica e funcional de três variedades

- comerciais de grão de bico (*Cicer arietinum* L.). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(4), 5647-5655.
<https://doi.org/10.34188/bjaerv4n4-060>
- Huamaní, A., Ponce, J., & Málaga, J. (2020). Optimization of the quinoa cooking process using the 3k design and the desirability function: Degree of gelatinization, water absorption index, solubility index and cotyledon detachment. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 381-390.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.10>
- Idate, A., Shah, R., Gaikwad, V., Kumathekar, S., & Temgire, S. (2021). A comprehensive review on antinutritional factors of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *The Pharma Innovation*, 10(5), 816-823.
<https://doi.org/10.22271/tpi.2021.v10.i5k.6306>
- Janampa, M. (2017). *Efecto de las variables de presión, temperatura y tiempo en la obtención de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) cocida variedad dura* [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3341>
- Kate, A. E., Giri, S. K., & B, S. (2020). Mass transfer dynamics of simultaneous water gain and solid loss during soaking of pigeon pea grains. *Journal of Food Science*, 85(10), 3406-3414. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15434>
- Krokida, M. K., & Marinos-Kouris, D. (2003). Rehydration kinetics of dehydrated products. *Journal of Food Engineering*, 57(1), 1-7.
[https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00214-5](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00214-5)
- Llamas, F., & Acedo, M. C. (2016). Las leguminosas (Leguminosae o Fabaceae): Una síntesis de las clasificaciones, taxonomía y filogenia de la familia a lo largo del tiempo. *AmbioCiencias*.
- Marabi, A., & Saguy, I. S. (2008). Rehydration and reconstitution of foods. En *Advances in food dehydration* (pp. 255-302). CRC Press.
- Melgoza, C., Gutierrez, E., Avalos, R., Fierros, G., Ortega, P., & Chávez, Ó. (2022). Simposio Nacional de Garbanzo Memoria. *Tiempo de cocción de nuevas variedades de garbanzo mexicano*, 1(1), 123.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2016). *Leguminosas de grano «semillas nutritivas para un futuro sostenible»*.

- Ministerio de Salud. (2008). *Resolución Ministerial RM N° 591-2018/MINSA Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas para el consumo humano.*
- Mujumdar, A. S. (Ed.). (2007). *Handbook of industrial drying* (3rd ed). CRC/Taylor & Francis.
- Murriel, L., & Rodríguez, A. (2007). *Evaluación del tratamiento térmico sobre la textura y digestibilidad del garbanzo (Cicer arietinum L.) precocido*. 18(1), 6.
- O'Sullivan, M. G. (2017). *A handbook for sensory and consumer-driven new product development: Innovative technologies for the food and beverage industry*. Woodhead Publishing.
- Pletney, V. N. (2007). *Focus on food engineering research and developments*. Nova Science Publishers.
- Quispe, K. (2019). *Estimación de la incertidumbre en la determinación de humedad, ceniza, grasa y proteína en mezcla de harinas (alimento de reconstitución instantánea)* [Tesis para optar el Título Profesional de Biólogo, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/4571>
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Rodríguez, N. (2021). *Estudio de prefactibilidad para la producción de snacks a base de garbanzos* [Trabajo de Investigación para optar el grado de Bachiller en Ingeniería Industrial, Universidad de Lima]. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/13733>
- Ron, A. M. de. (2015). *Grain legumes*. Springer.
- Roy, A., Ghosh, S., & Kundagrami, S. (2019). Food Processing Methods towards Reduction of Antinutritional Factors in Chickpea. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(01), 424-432. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.044>
- Sharma, S., Yadav, N., Singh, A., & Kumar, R. (2013). Nutritional and antinutritional profile of newly developed chickpea (*Cicer arietinum* L) varieties. *International Food Research Journal*, 20, 805-810.
- Singh, K. B. (1997). Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field crops research*, 53(1-3), 161-170.
- Sohan, P., Khajuria, A., & Kumar, V. (2012). Preparation and standardization of instant vegetable Dalia mix. *Asian Journal of Home Science*, 7, 431-434.

- Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (Eds.). (2012). *Sensory evaluation practices* (4th ed). Elsevier/Academic Press.
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215-225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Vanaja, K., & Shobha, R. H. (2007). Design of Experiments: Concept and Applications of Plackett Burman Design. *Clinical Research and Regulatory Affairs*, 24(1), 1-23. <https://doi.org/10.1080/10601330701220520>
- Wood, J. A., Knights, E. J., & Choct, M. (2011). Morphology of Chickpea Seeds (*Cicer arietinum* L.): Comparison of desi and kabuli Types. *International Journal of Plant Sciences*, 172(5), 632-643. <https://doi.org/10.1086/659456>
- Xu, Y., Thomas, M., & Bhardwaj, H. L. (2014). Chemical composition, functional properties and microstructural characteristics of three kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by different cooking methods. *International journal of food science & technology*, 49(4), 1215-1223.
- Yadav, S. S. (2007). *Chickpea breeding and management*. CABI.
- Yağcı, S., & Evci, T. (2015a). Effect of instant controlled pressure drop process on some physicochemical and nutritional properties of snacks produced from chickpea and wheat. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(8), 1901-1910. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12843>
- Yağcı, S., & Evci, T. (2015b). Effect of instant controlled pressure drop process on some physicochemical and nutritional properties of snacks produced from chickpea and wheat. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(8), 1901-1910. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12843>
- Zhang, M., Bhandari, B., & Fang, Z. (Eds.). (2017). *Handbook of drying of vegetables and vegetable products*. CRC Press, Taylor & Francis, Group.

ANEXOS

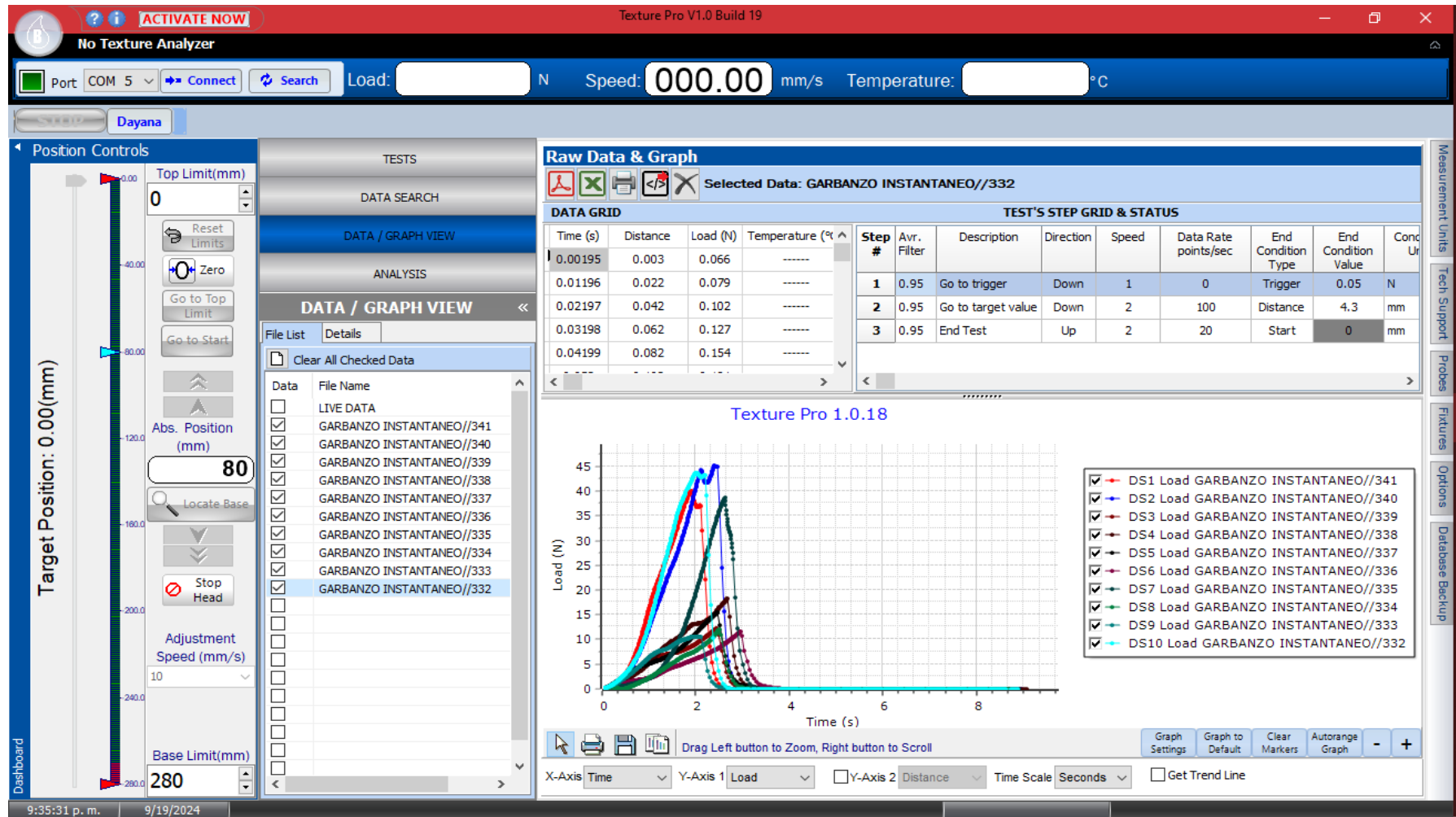
ANEXO 1. EVIDENCIAS DE LA ETAPA 1 SELECCIÓN DE PROCESO
PROCESO A



PROCESO B

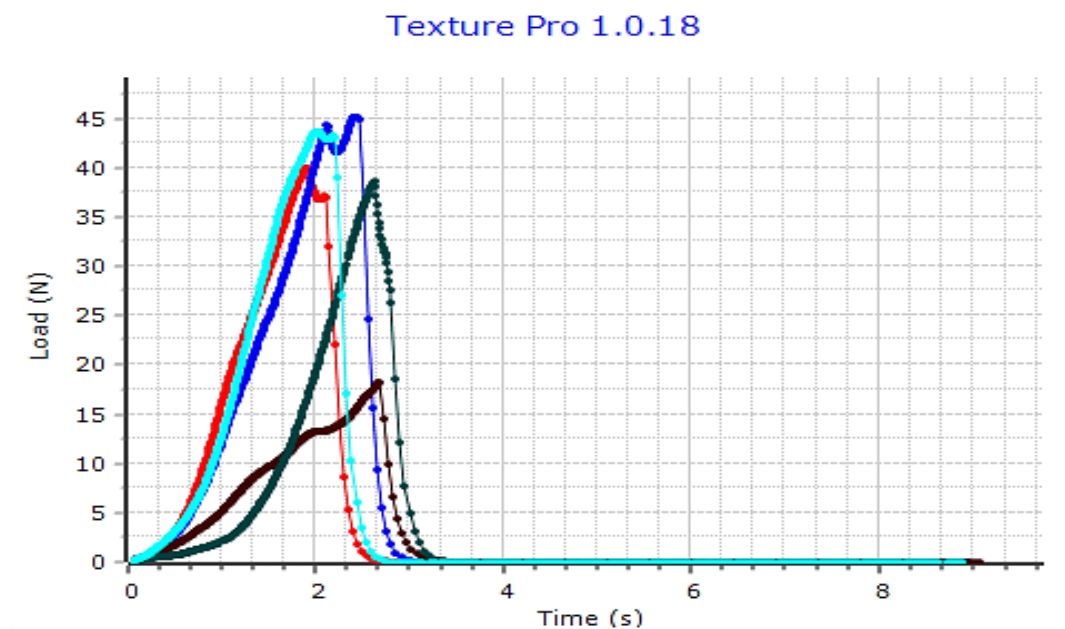


ANEXO 2. RESULTADOS DE LAS LECTURAS DE LA ETAPA 1 SELECCIÓN DE PROCESO, CON EL USO DEL SOFTWARE TEXTURE PRO V1.0 BUILD 19

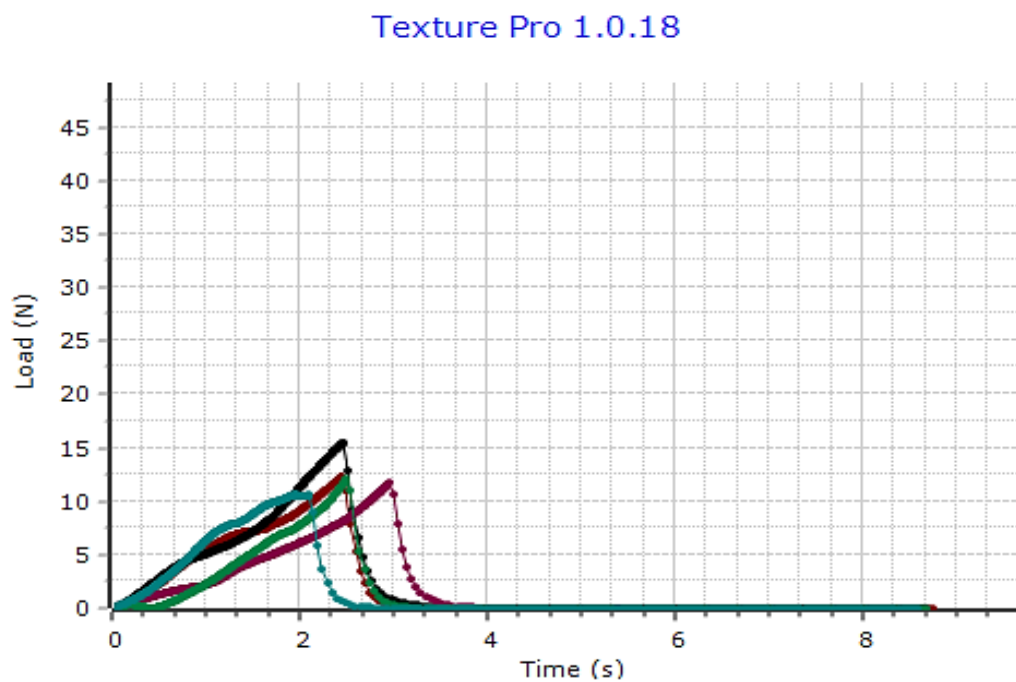


ANEXO 3. GRÁFICOS RESULTANTES DE LAS LECTURAS DE DUREZA PARA LA SELECCIÓN DE PROCESO CON EL USO DEL SOFTWARE TEXTURE PRO 1.0.18

PROCESO A



PROCESO B



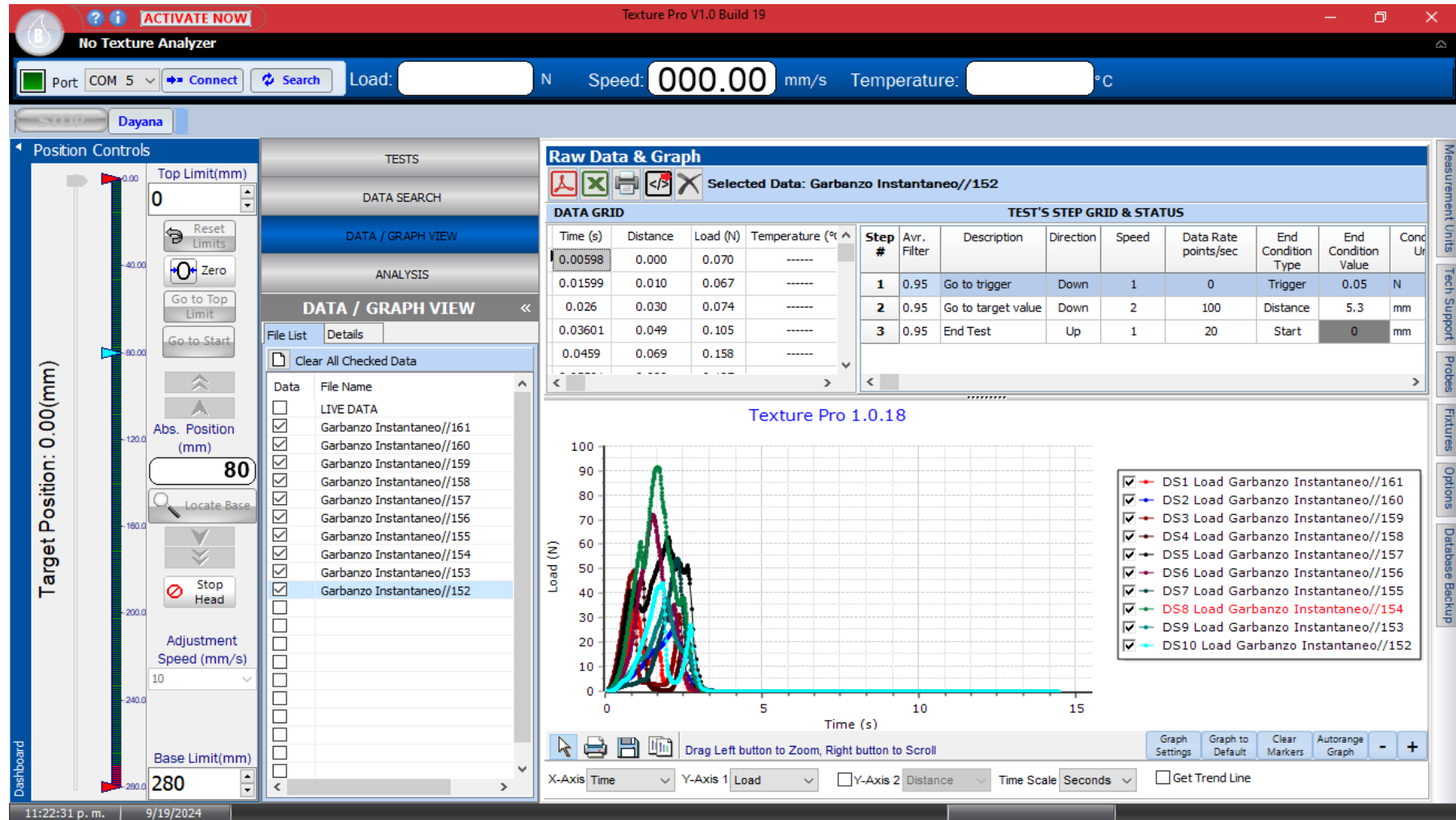
ANEXO 4. EVIDENCIAS DE LA ETAPA 2 SCREENING POR EL DISEÑO PLACKETT-BURMAN



ANEXO 5. DISEÑO EXPERIMENTAL PLACKETT-BURMAN DE SIETE FACTORES

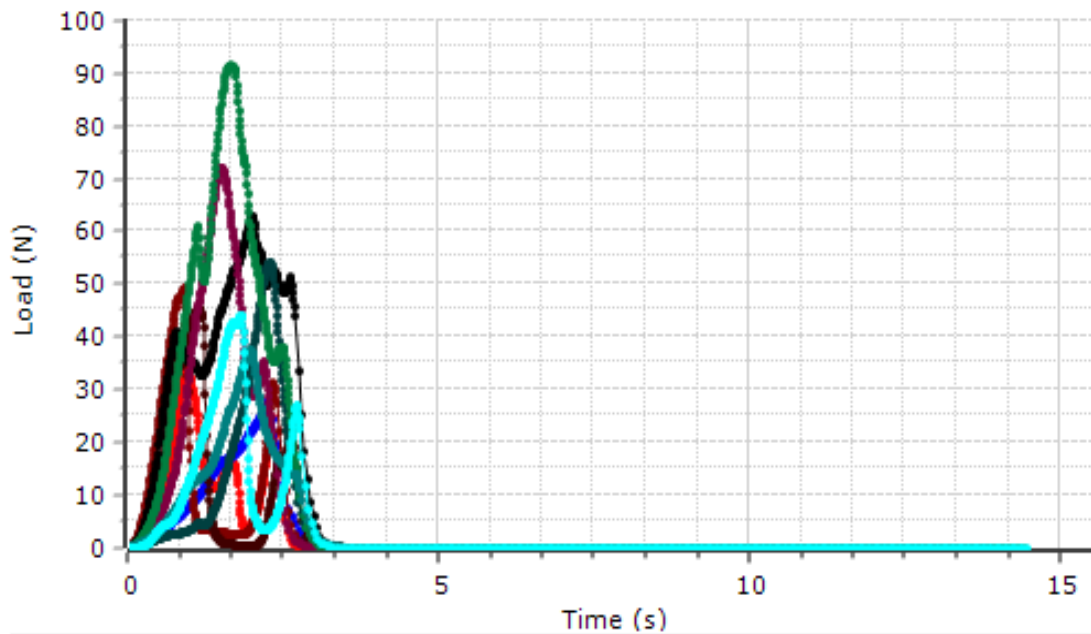
	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
Run	A: Tiempo de Pre- hidratado	B: Concentra ción salina	C: Tiempo de cocción	D: Tempe ratura cocción	E: Tempe ratura congelado	F: Tiempo de liofiliza do	G: Tiempo De rehidra tado
	h	% p/v	minu tos	°C	°C	h	minu tos
1	8	1,0	15	120,0	-30	48	10,0
2	8	1,0	5	135,0	-30	24	10,0
3	16	0,0	15	135,0	-30	24	5,0
4	12	0,5	10	127,5	-40	36	7,5
5	8	0,0	5	120,0	-50	24	5,0
6	8	0,0	15	120,0	-30	48	5,0
7	16	1,0	5	135,0	-30	48	5,0
8	16	1,0	5	120,0	-50	48	5,0
9	8	1,0	15	135,0	-50	24	5,0
10	16	0,0	15	135,0	-50	48	10,0
11	16	0,0	5	120,0	-30	24	10,0
12	16	1,0	15	120,0	-50	24	10,0
13	12	0,5	10	127,5	-40	36	7,5
14	12	0,5	10	127,5	-40	36	7,5
15	8	0,0	5	135,0	-50	48	10,0

ANEXO 6. RESULTADOS DE LA ETAPA 2 SCREENING POR EL DISEÑO PLACKETT-BURMAN CON EL USO DE TEXTURE PRO V1.0 BUILD 19



ANEXO 7. GRÁFICO DE LAS LECTURAS DE DUREZA DE UNA CORRIDA AL AZAR CON EL USO DEL SOFTWARE TEXTURE PRO-1.0.18, SCREENING POR EL DISEÑO PLACKETT-BURMAN

Texture Pro 1.0.18



ANEXO 8. DATA REPORT DEL SOFTWARE TEXTURE PRO 1.0.19 DE UNA LECTURA AL AZAR

Brookfield Ametek								
Texture Pro 1.0.19		DATA REPORT						
<u>Sample Description</u> Product Name: Garbanzo Instantaneo Batch Name: Sample: 141 Dimensions: Shape: Cylinder Length: 9.54 mm Diameter 10.00 mm Test Date: 23/07/2024 Load Cell: 10 kg Test Time: 16:55:24 Note: CORRIDA REAL 12-10								
<u>Test Method</u> Test Method Dayana Created On: 23/07/2024 16:55:00 Test Type: Compression Step Count: 3 # of Cycles: 1 Test Standard: None Target Type: Distance Probe: NONE Fixture: NONE								
Step #	Filter	Step Type	Direction	Speed (mm/s)	Data Rate (points/s)	End Condition	End Condition Value	
1	0.95	Go to trigger value	Down	1.00	0.00	Trigger Load	0.05 N	
2	0.95	Go to target value	Down	2.00	100.00	Distance	4.90 mm	
3	0.95	End Test	Up	1.00	20.00	Start position	0.00 mm	
<u>Results</u>						Lower Limit	Upper Limit	Pass/Fail
Hardness Cycle 1:				12.15	N	980.65502	980.66497	Fail
Deformation at Hardness:				4.68	mm			
% Deformation at Hardness:				49.00	%			
Hardness Work Cycle 1:				27.18	mJ			
Rigidity 1:				0.00	N			
				at 0.0 mm				
Rigidity 2:				0.00	N			
				at 0.0 mm				
Page 1/16						Reported on: 12:31:38 20/09/2024		

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
1	0.0080000	0.015	0.095	----		
2	0.0179700	0.035	0.099	----		
3	0.0279800	0.055	0.125	----		
4	0.0379900	0.075	0.147	----		
5	0.0480000	0.095	0.174	----		
6	0.0579800	0.115	0.211	----		
7	0.0679900	0.135	0.243	----		
8	0.0780000	0.154	0.279	----		
9	0.0879800	0.174	0.314	----		
10	0.0979900	0.194	0.354	----		
11	0.1080000	0.214	0.400	----		
12	0.1179800	0.234	0.432	----		
13	0.1279900	0.254	0.472	----		
14	0.1380000	0.274	0.513	----		
15	0.1479800	0.294	0.550	----		
16	0.1579900	0.314	0.593	----		
17	0.1680000	0.333	0.634	----		
18	0.1779800	0.353	0.671	----		
19	0.1879900	0.379	0.715	----		
20	0.1980000	0.398	0.755	----		
21	0.2079800	0.417	0.798	----		
22	0.2179900	0.437	0.840	----		
23	0.2280000	0.457	0.884	----		
24	0.2379800	0.477	0.936	----		
25	0.2479900	0.497	0.978	----		
26	0.2580000	0.517	1.021	----		
27	0.2679700	0.536	1.064	----		
28	0.2779800	0.556	1.111	----		
29	0.2879900	0.576	1.158	----		
30	0.2980000	0.596	1.203	----		
31	0.3079800	0.616	1.248	----		
32	0.3179900	0.636	1.295	----		
33	0.3280000	0.656	1.344	----		
34	0.3379800	0.676	1.390	----		
35	0.3479900	0.696	1.436	----		
36	0.3580000	0.715	1.485	----		
37	0.3679800	0.735	1.533	----		
Page 3/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
38	0.3779900	0.757	1.585	----		
39	0.3880000	0.775	1.635	----		
40	0.3979800	0.795	1.681	----		
41	0.4079900	0.815	1.729	----		
42	0.4180000	0.835	1.779	----		
43	0.4279800	0.855	1.828	----		
44	0.4379900	0.874	1.876	----		
45	0.4480000	0.894	1.924	----		
46	0.4579800	0.914	1.975	----		
47	0.4679900	0.934	2.026	----		
48	0.4780000	0.954	2.079	----		
49	0.4879800	0.974	2.132	----		
50	0.4979900	0.994	2.183	----		
51	0.5080000	1.013	2.235	----		
52	0.5179700	1.033	2.288	----		
53	0.5279800	1.053	2.340	----		
54	0.5379900	1.073	2.390	----		
55	0.5480000	1.093	2.439	----		
56	0.5579800	1.113	2.489	----		
57	0.5679900	1.133	2.540	----		
58	0.5780000	1.153	2.589	----		
59	0.5879800	1.172	2.641	----		
60	0.5979900	1.192	2.694	----		
61	0.6080000	1.212	2.743	----		
62	0.6179800	1.232	2.796	----		
63	0.6279900	1.252	2.845	----		
64	0.6380000	1.272	2.896	----		
65	0.6479800	1.292	2.945	----		
66	0.6579900	1.312	2.993	----		
67	0.6680000	1.331	3.042	----		
68	0.6779800	1.351	3.091	----		
69	0.6879900	1.371	3.141	----		
70	0.6980000	1.391	3.191	----		
71	0.7079800	1.411	3.241	----		
72	0.7179900	1.431	3.293	----		
73	0.7280000	1.451	3.339	----		
74	0.7379800	1.471	3.383	----		
Page 4/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
75	0.7479900	1.491	3.426	----		
76	0.7580000	1.510	3.467	----		
77	0.7679700	1.530	3.509	----		
78	0.7779800	1.550	3.547	----		
79	0.7879900	1.570	3.586	----		
80	0.7980000	1.590	3.621	----		
81	0.8079800	1.610	3.655	----		
82	0.8179900	1.630	3.690	----		
83	0.8280000	1.650	3.724	----		
84	0.8479900	1.694	3.799	----		
85	0.8580000	1.714	3.833	----		
86	0.8679800	1.729	3.871	----		
87	0.8779900	1.753	3.905	----		
88	0.8880000	1.773	3.940	----		
89	0.8979800	1.793	3.974	----		
90	0.9079900	1.813	4.006	----		
91	0.9180000	1.833	4.036	----		
92	0.9279800	1.853	4.063	----		
93	0.9379900	1.873	4.096	----		
94	0.9480000	1.893	4.124	----		
95	0.9579800	1.913	4.154	----		
96	0.9679900	1.933	4.189	----		
97	0.9780000	1.953	4.216	----		
98	0.9879800	1.973	4.246	----		
99	0.9979900	1.993	4.274	----		
100	1.0080000	2.012	4.301	----		
101	1.0179700	2.032	4.331	----		
102	1.0279800	2.052	4.357	----		
103	1.0379900	2.072	4.391	----		
104	1.0480000	2.092	4.421	----		
105	1.0579799	2.112	4.459	----		
106	1.0679899	2.132	4.497	----		
107	1.0779999	2.152	4.534	----		
108	1.0879800	2.172	4.572	----		
109	1.0979900	2.192	4.610	----		
110	1.1080000	2.211	4.649	----		
111	1.1179800	2.231	4.691	----		
Page 5/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
112	1.1279900	2.251	4.726	----		
113	1.1380000	2.271	4.767	----		
114	1.1479800	2.291	4.806	----		
115	1.1579900	2.311	4.844	----		
116	1.1680000	2.331	4.886	----		
117	1.1779799	2.351	4.926	----		
118	1.1879900	2.371	4.971	----		
119	1.1980000	2.391	5.015	----		
120	1.2079800	2.410	5.057	----		
121	1.2179900	2.430	5.097	----		
122	1.2280000	2.450	5.141	----		
123	1.2379800	2.470	5.187	----		
124	1.2479900	2.490	5.236	----		
125	1.2580000	2.510	5.282	----		
126	1.2679700	2.530	5.332	----		
127	1.2779800	2.550	5.376	----		
128	1.2879900	2.569	5.429	----		
129	1.2980000	2.589	5.482	----		
130	1.3079799	2.609	5.534	----		
131	1.3179899	2.629	5.586	----		
132	1.3279999	2.649	5.632	----		
133	1.3379800	2.669	5.689	----		
134	1.3479900	2.689	5.742	----		
135	1.3580000	2.709	5.789	----		
136	1.3679800	2.728	5.830	----		
137	1.3779900	2.748	5.868	----		
138	1.3880000	2.768	5.913	----		
139	1.3979800	2.788	5.955	----		
140	1.4079900	2.808	5.995	----		
141	1.4180000	2.828	6.036	----		
142	1.4279799	2.848	6.077	----		
143	1.4379900	2.868	6.122	----		
144	1.4480000	2.888	6.162	----		
145	1.4579800	2.908	6.207	----		
146	1.4679900	2.927	6.250	----		
147	1.4780000	2.947	6.295	----		
148	1.4879800	2.967	6.340	----		
Page 6/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
149	1.4979900	2.987	6.384	----		
150	1.5080000	3.007	6.428	----		
151	1.5179700	3.027	6.475	----		
152	1.5279800	3.047	6.520	----		
153	1.5379900	3.067	6.566	----		
154	1.5480000	3.086	6.612	----		
155	1.5579799	3.106	6.654	----		
156	1.5679899	3.126	6.704	----		
157	1.5779999	3.146	6.749	----		
158	1.5879800	3.166	6.796	----		
159	1.5979900	3.186	6.843	----		
160	1.6080000	3.206	6.889	----		
161	1.6179800	3.226	6.937	----		
162	1.6279900	3.245	6.984	----		
163	1.6380000	3.265	7.031	----		
164	1.6479800	3.285	7.075	----		
165	1.6579900	3.305	7.121	----		
166	1.6680000	3.325	7.165	----		
167	1.6779799	3.345	7.208	----		
168	1.6879900	3.365	7.250	----		
169	1.6980000	3.385	7.296	----		
170	1.7079800	3.405	7.340	----		
171	1.7179900	3.425	7.388	----		
172	1.7280000	3.444	7.434	----		
173	1.7379800	3.464	7.480	----		
174	1.7479900	3.484	7.528	----		
175	1.7580000	3.504	7.579	----		
176	1.7679700	3.524	7.633	----		
177	1.7779800	3.544	7.684	----		
178	1.7879900	3.564	7.740	----		
179	1.7980000	3.583	7.803	----		
180	1.8079799	3.603	7.862	----		
181	1.8179899	3.623	7.922	----		
182	1.8279999	3.643	7.980	----		
183	1.8379800	3.663	8.039	----		
184	1.8479900	3.683	8.099	----		
185	1.8580000	3.702	8.160	----		
Page 7/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
186	1.8679800	3.722	8.226	----		
187	1.8779900	3.742	8.290	----		
188	1.8880000	3.762	8.359	----		
189	1.8979800	3.782	8.431	----		
190	1.9079900	3.801	8.501	----		
191	1.9180000	3.821	8.578	----		
192	1.9279799	3.841	8.651	----		
193	1.9379900	3.861	8.733	----		
194	1.9480000	3.881	8.814	----		
195	1.9579800	3.900	8.894	----		
196	1.9679900	3.920	8.977	----		
197	1.9780000	3.940	9.058	----		
198	1.9879800	3.960	9.143	----		
199	1.9979900	3.980	9.224	----		
200	2.0079999	3.999	9.301	----		
201	2.0179701	4.019	9.376	----		
202	2.0279801	4.039	9.448	----		
203	2.0379901	4.059	9.525	----		
204	2.0480001	4.083	9.607	----		
205	2.0579801	4.102	9.688	----		
206	2.0679901	4.122	9.777	----		
207	2.0780001	4.142	9.860	----		
208	2.0879800	4.162	9.946	----		
209	2.0979900	4.181	10.037	----		
210	2.1080000	4.201	10.125	----		
211	2.1179800	4.221	10.214	----		
212	2.1279900	4.241	10.303	----		
213	2.1380000	4.261	10.390	----		
214	2.1479800	4.280	10.475	----		
215	2.1579900	4.300	10.561	----		
216	2.1680000	4.320	10.648	----		
217	2.1779799	4.340	10.728	----		
218	2.1879900	4.360	10.810	----		
219	2.1980000	4.379	10.894	----		
220	2.2079799	4.399	10.977	----		
221	2.2179899	4.419	11.067	----		
222	2.2279999	4.439	11.158	----		
Page 8/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
223	2.2379799	4.458	11.251	----		
224	2.2479899	4.478	11.344	----		
225	2.2579999	4.498	11.437	----		
226	2.2679701	4.518	11.531	----		
227	2.2779801	4.537	11.621	----		
228	2.2879901	4.557	11.714	----		
229	2.2980001	4.577	11.802	----		
230	2.3079801	4.597	11.883	----		
231	2.3179901	4.617	11.959	----		
232	2.3280001	4.637	12.033	----		
233	2.3379800	4.656	12.107	----		
234	2.3479900	4.677	12.147	----		
235	2.3580000	4.697	12.144	----		
236	2.3679800	4.717	12.116	----		
237	2.3779900	4.738	12.069	----		
238	2.3880000	4.758	12.005	----		
239	2.3979800	4.778	11.921	----		
240	2.4079900	4.798	11.844	----		
241	2.4180000	4.818	11.789	----		
242	2.4279799	4.838	11.745	----		
243	2.4379900	4.858	11.714	----		
244	2.4480000	4.878	11.701	----		
245	2.4579799	4.891	11.700	----		
246	2.5079999	4.847	10.228	----		
247	2.5579801	4.802	8.058	----		
248	2.6080000	4.755	6.316	----		
249	2.6579900	4.708	4.989	----		
250	2.7079799	4.660	3.964	----		
251	2.7579999	4.612	3.165	----		
252	2.8079801	4.563	2.532	----		
253	2.8580000	4.514	2.031	----		
254	2.9079900	4.465	1.630	----		
255	2.9579799	4.416	1.311	----		
256	3.0079999	4.366	1.055	----		
257	3.0579801	4.317	0.847	----		
258	3.1080000	4.267	0.684	----		
259	3.1579900	4.215	0.549	----		
Page 9/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
260	3.2079799	4.166	0.442	----		
261	3.2579999	4.116	0.356	----		
262	3.3079801	4.066	0.289	----		
263	3.3580000	4.016	0.236	----		
264	3.4079900	3.966	0.191	----		
265	3.4579799	3.916	0.156	----		
266	3.5079999	3.866	0.128	----		
267	3.5579801	3.816	0.107	----		
268	3.6080000	3.766	0.087	----		
269	3.6579900	3.716	0.072	----		
270	3.7079799	3.666	0.057	----		
271	3.7579999	3.616	0.044	----		
272	3.8079801	3.566	0.034	----		
273	3.8580000	3.516	0.025	----		
274	3.9079900	3.466	0.019	----		
275	3.9579799	3.416	0.016	----		
276	4.0079999	3.367	0.012	----		
277	4.0579801	3.317	0.008	----		
278	4.1079998	3.267	0.006	----		
279	4.1579900	3.217	0.003	----		
280	4.2079802	3.167	0.003	----		
281	4.2579999	3.117	0.003	----		
282	4.3079801	3.067	0.002	----		
283	4.3579998	3.015	0.000	----		
284	4.4079900	2.965	-0.002	----		
285	4.4579802	2.915	-0.003	----		
286	4.5079999	2.865	-0.003	----		
287	4.5579801	2.815	-0.002	----		
288	4.6079998	2.765	-0.001	----		
289	4.6579900	2.715	-0.002	----		
290	4.7079802	2.664	-0.003	----		
291	4.7579999	2.615	-0.005	----		
292	4.8079801	2.565	-0.005	----		
293	4.8579998	2.515	-0.002	----		
294	4.9079900	2.464	-0.003	----		
295	4.9579802	2.414	-0.001	----		
296	5.0079999	2.364	-0.003	----		
Page 10/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

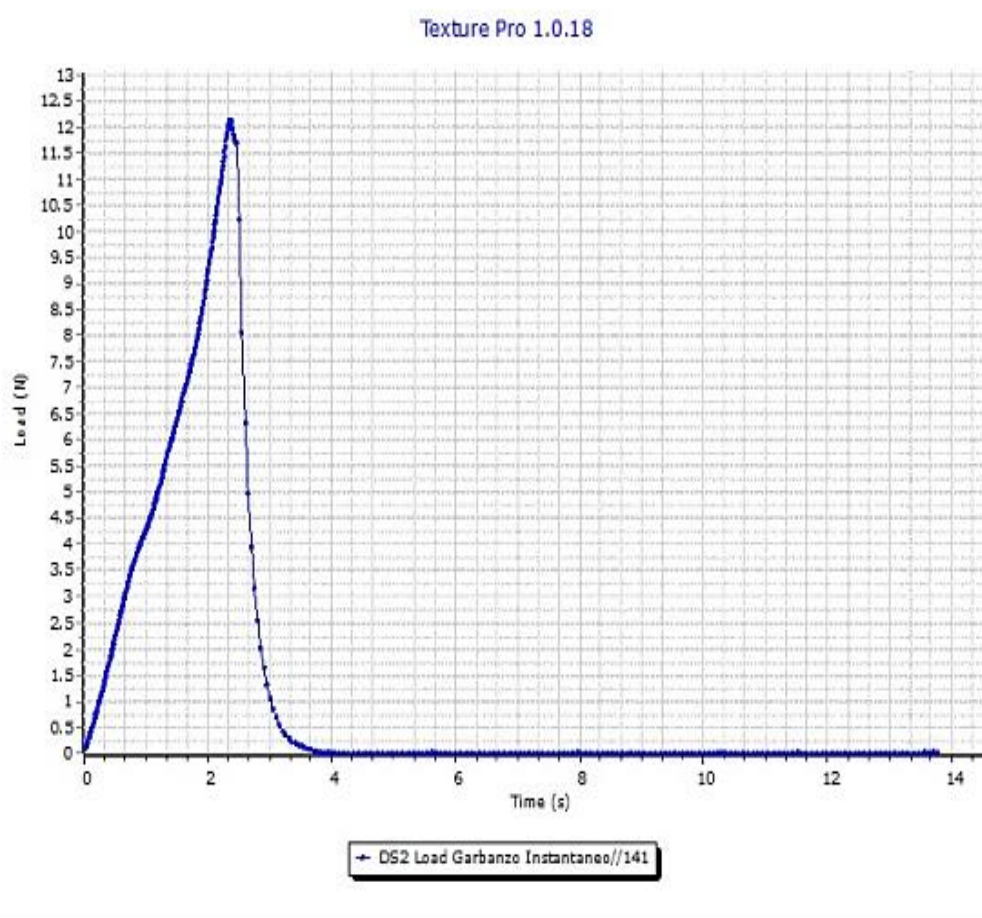
Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
297	5.0579801	2.314	-0.003	----		
298	5.1079998	2.264	-0.004	----		
299	5.1579900	2.214	-0.003	----		
300	5.2079802	2.164	-0.003	----		
301	5.2579999	2.114	-0.001	----		
302	5.3079801	2.064	0.000	----		
303	5.3579998	2.015	0.000	----		
304	5.4079900	1.964	0.003	----		
305	5.4579802	1.914	0.005	----		
306	5.5079999	1.864	0.006	----		
307	5.5579801	1.814	0.006	----		
308	5.6079998	1.764	0.008	----		
309	5.6579900	1.712	0.008	----		
310	5.7079802	1.662	0.008	----		
311	5.7579999	1.612	0.007	----		
312	5.8079801	1.562	0.007	----		
313	5.8579998	1.512	0.004	----		
314	5.9079900	1.462	0.005	----		
315	5.9579802	1.412	0.003	----		
316	6.0079999	1.362	0.000	----		
317	6.0579801	1.312	-0.001	----		
318	6.1079998	1.262	-0.004	----		
319	6.1579900	1.212	-0.004	----		
320	6.2079802	1.162	-0.003	----		
321	6.2579999	1.112	-0.005	----		
322	6.3079801	1.063	-0.006	----		
323	6.3579998	1.013	-0.004	----		
324	6.4079900	0.962	-0.003	----		
325	6.4579802	0.912	-0.003	----		
326	6.5079999	0.862	0.000	----		
327	6.5579801	0.812	0.002	----		
328	6.6079998	0.762	0.003	----		
329	6.6579900	0.712	0.005	----		
330	6.7079802	0.662	0.005	----		
331	6.7579999	0.612	0.007	----		
332	6.8079801	0.560	0.006	----		
333	6.8579998	0.510	0.007	----		
Page 11/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
334	6.9079900	0.460	0.007	----		
335	6.9579802	0.410	0.007	----		
336	7.0079999	0.360	0.003	----		
337	7.0579801	0.311	0.002	----		
338	7.1079998	0.261	0.001	----		
339	7.1579900	0.211	0.000	----		
340	7.2079802	0.161	-0.001	----		
341	7.2579999	0.111	-0.004	----		
342	7.3079801	0.061	-0.005	----		
343	7.3579998	0.011	-0.005	----		
344	7.4079900	-0.039	-0.005	----		
345	7.4579802	-0.089	-0.004	----		
346	7.5079999	-0.139	-0.004	----		
347	7.5579801	-0.189	-0.002	----		
348	7.6079998	-0.239	-0.001	----		
349	7.6579900	-0.289	0.003	----		
350	7.7079802	-0.339	0.004	----		
351	7.7579999	-0.389	0.006	----		
352	7.8079801	-0.439	0.006	----		
353	7.8579998	-0.489	0.006	----		
354	7.9079900	-0.539	0.007	----		
355	7.9579802	-0.589	0.008	----		
356	8.0080004	-0.641	0.007	----		
357	8.0579796	-0.691	0.007	----		
358	8.1079998	-0.741	0.005	----		
359	8.1579905	-0.791	0.003	----		
360	8.2079802	-0.841	0.001	----		
361	8.2580004	-0.891	0.000	----		
362	8.3079796	-0.941	-0.001	----		
363	8.3579998	-0.991	-0.001	----		
364	8.4079905	-1.041	-0.001	----		
365	8.4579802	-1.091	-0.002	----		
366	8.5080004	-1.141	-0.003	----		
367	8.5579796	-1.191	-0.005	----		
368	8.6079998	-1.241	-0.005	----		
369	8.6579905	-1.291	-0.005	----		
370	8.7079802	-1.341	-0.005	----		
Page 12/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data					Product: Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:
					Sample: 141
371	8.7580004	-1.391	-0.004	----	
372	8.8079796	-1.441	-0.004	----	
373	8.8579998	-1.491	-0.001	----	
374	8.9079905	-1.541	0.001	----	
375	8.9579802	-1.591	0.001	----	
376	9.0080004	-1.641	0.002	----	
377	9.0579796	-1.691	0.004	----	
378	9.1079998	-1.741	0.004	----	
379	9.1579905	-1.791	0.005	----	
380	9.2079802	-1.844	0.007	----	
381	9.2580004	-1.894	0.007	----	
382	9.3079796	-1.944	0.007	----	
383	9.3579998	-1.993	0.005	----	
384	9.4079905	-2.043	0.002	----	
385	9.4579802	-2.093	-0.001	----	
386	9.5080004	-2.143	-0.004	----	
387	9.5579796	-2.193	-0.004	----	
388	9.6079998	-2.243	-0.006	----	
389	9.6579905	-2.293	-0.007	----	
390	9.7079802	-2.343	-0.007	----	
391	9.7580004	-2.393	-0.006	----	
392	9.8079796	-2.443	-0.006	----	
393	9.8579998	-2.493	-0.007	----	
394	9.9079905	-2.543	-0.002	----	
395	9.9579802	-2.593	-0.002	----	
396	10.008000	-2.643	0.000	----	
397	10.057979	-2.693	0.003	----	
398	10.107999	-2.743	0.005	----	
399	10.157990	-2.793	0.007	----	
400	10.207980	-2.843	0.008	----	
401	10.258000	-2.893	0.009	----	
402	10.307979	-2.945	0.009	----	
403	10.357999	-2.995	0.009	----	
404	10.407990	-3.045	0.005	----	
405	10.457980	-3.095	0.005	----	
406	10.508000	-3.145	0.004	----	
407	10.557979	-3.195	0.001	----	
Page 13/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024

Data					Product:	Garbanzo Instantaneo
#	Time (s)	Distance (mm)	Load (N)	Temperat °C	Batch:	
					Sample:	141
408	10.607999	-3.245	0.001	----		
409	10.657990	-3.295	-0.002	----		
410	10.707980	-3.345	-0.003	----		
411	10.758000	-3.395	-0.006	----		
412	10.807979	-3.445	-0.006	----		
413	10.857999	-3.495	-0.004	----		
414	10.907990	-3.545	-0.005	----		
415	10.957980	-3.595	-0.006	----		
416	11.008000	-3.645	-0.004	----		
417	11.057979	-3.695	-0.002	----		
418	11.107999	-3.745	-0.003	----		
419	11.157990	-3.796	0.001	----		
420	11.207980	-3.845	0.002	----		
421	11.258000	-3.896	0.004	----		
422	11.307979	-3.946	0.005	----		
423	11.357999	-3.995	0.005	----		
424	11.407990	-4.046	0.006	----		
425	11.457980	-4.096	0.007	----		
426	11.508000	-4.148	0.009	----		
427	11.557979	-4.198	0.007	----		
428	11.607999	-4.248	0.005	----		
429	11.657990	-4.298	0.002	----		
430	11.707980	-4.348	0.003	----		
431	11.758000	-4.398	0.001	----		
432	11.807979	-4.448	-0.001	----		
433	11.857999	-4.498	-0.003	----		
434	11.907990	-4.548	-0.004	----		
435	11.957980	-4.597	-0.006	----		
436	12.008000	-4.648	-0.008	----		
437	12.057979	-4.698	-0.006	----		
438	12.107999	-4.747	-0.004	----		
439	12.157990	-4.797	-0.003	----		
440	12.207980	-4.847	-0.002	----		
441	12.258000	-4.898	-0.002	----		
442	12.307979	-4.948	-0.001	----		
443	12.357999	-4.998	0.002	----		
444	12.407990	-5.048	0.003	----		
Page 14/16					Reported on: 12:31:38 20/09/2024	

Data Graph:



ANEXO 9. RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS LECTURAS DE LAS CORRIDAS DEL SCREENING POR EL DISEÑO PLACKETT-BURMAN

N° semilla	DUREZA (N)														
	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5	RUN 6	RUN 7	RUN 8	RUN 9	RUN 10	RUN 11	RUN 12	RUN 13	RUN 14	RUN 15
1	50,95	16,73	5,17	5,75	58,78	5,92	11,99	41,04	10,78	1,76	42,93	21,48	3,75	5,53	25,18
2	11,93	10,52	3,29	5,94	50,09	21,61	4,52	36,58	5,64	3,45	59,95	6,20	9,05	5,06	11,85
3	7,94	7,83	4,42	6,36	35,56	31,69	7,2	50,06	5,11	3,04	65,02	11,90	16,50	6,93	24,53
4	5,41	9,08	18,18	3,19	53,80	39,75	15,89	37,81	4,26	10,66	75,61	11,12	11,95	5,98	47,43
5	8,61	11,51	5,55	3,35	57,84	24,47	1,43	55,56	6,72	1,72	71,43	6,81	10,76	3,55	14,12
6	16,69	14,41	4,20	6,63	54,33	16,21	5,96	35,86	3,89	4,67	57,88	8,77	6,48	3,66	20,77
7	9,96	21,39	3,03	2,65	66,55	46,66	13,2	67,51	5,39	7,34	46,31	4,78	6,30	5,73	16,85
8	14,68	9,18	2,78	6,53	42,58	12,58	7,78	37,65	3,42	4,21	47,89	6,38	5,56	14,74	10,24
9	7,84	2,31	4,37	7,61	43,27	33,53	7,55	40,26	5,30	4,61	36,29	18,34	9,46	6,10	28,98
10	8,415	27,18	3,31	9,28	88,98	29,08	3,91	33,93	26,06	5,93	78,27	12,14	12,60	25,63	27,83
$\bar{X}$	14,24	13,01	5,43	5,73	55,18	26,15	7,94	43,63	7,66	4,739	58,16	10,79	9,24	8,29	22,78

**ANEXO 10. RESULTADOS DE LAS LECTURAS DE DUREZA DE CADA CORRIDA
 PREDISEÑADA POR EL DISEÑO PLACKETT-BURMAN**

Corrida	Media (dureza N)	
1	14,24	$\pm 13,34^d$
2	13,01	$\pm 7,20^d$
3	5,43	$\pm 4,57^d$
4	5,73	$\pm 2,10^d$
5	55,18	$\pm 14,93^a$
6	26,15	$\pm 12,54^c$
7	7,94	$\pm 4,50^d$
8	43,63	$\pm 10,78^b$
9	7,66	$\pm 6,78^d$
10	4,74	$\pm 2,71^d$
11	58,16	$\pm 14,5^a$
12	10,79	$\pm 5,49^d$
13	9,24	$\pm 3,85^d$
14	8,29	$\pm 6,85^d$
15	22,78	$\pm 10,91^c$

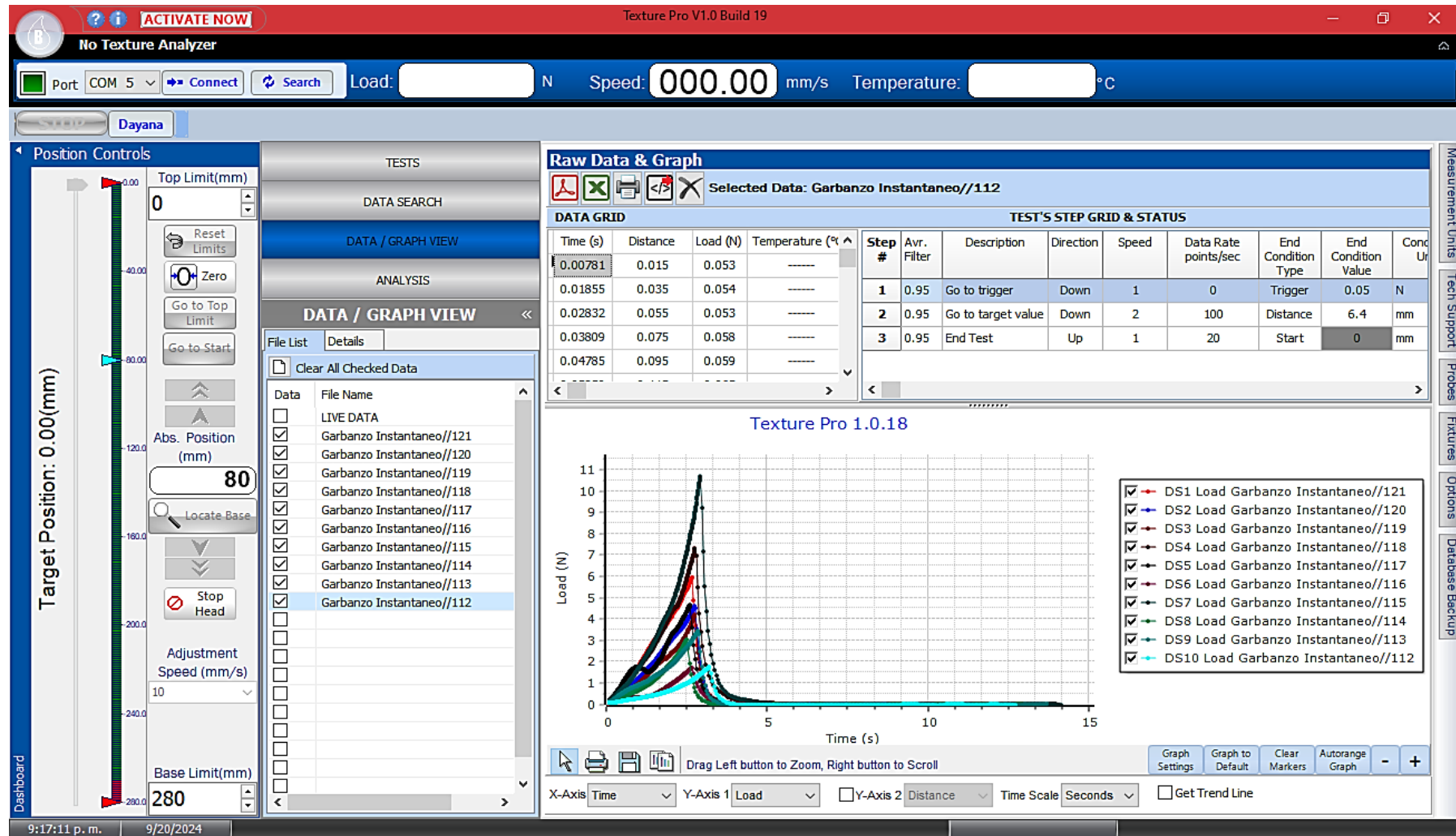
**ANEXO 11. EVIDENCIAS DE LA ETAPA 3 OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS
CON EL USO DEL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (BOX-BEHNKEN)**



ANEXO 12. DISEÑO EXPERIMENTAL DE SUPERFICIE RESPUESTA DE BOX-BEHNKEN PARA 3 FACTORES

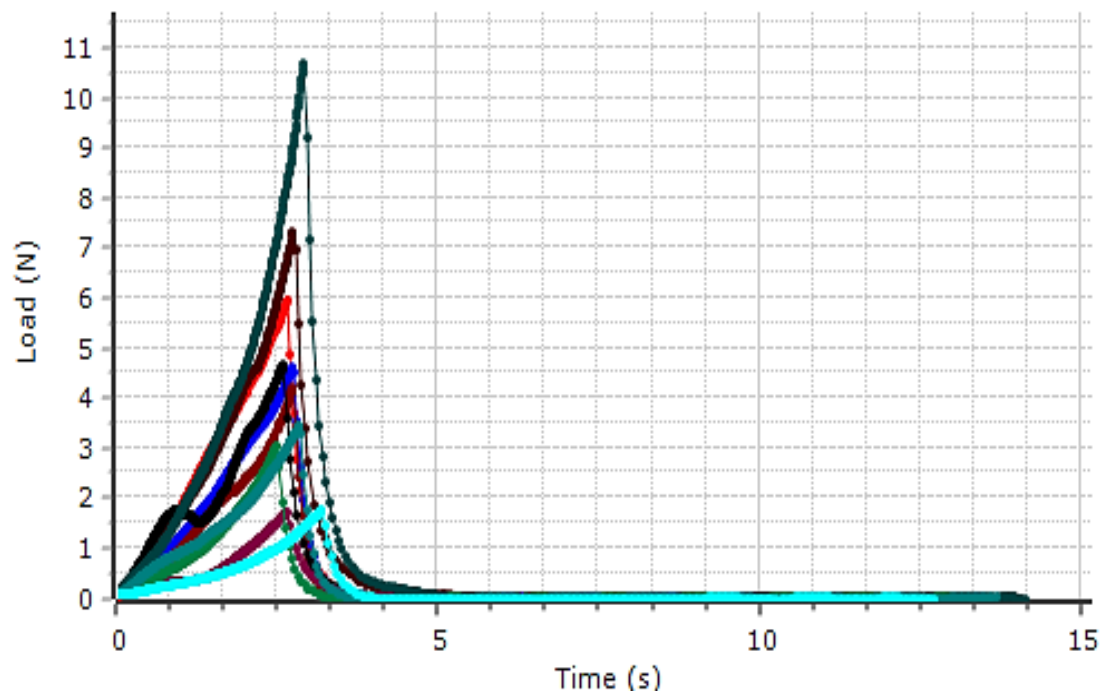
Run	A:	B:	C:	D: T	E:	F:	G:
	Tiempo de Pre-hidratación	Concentración salina	Tiempo de cocción	Temperatura de cocción	Temperatura congelado	Tiempo de liofilización	Tiempo de rehidratado
	h	% p/v	minutos	°C	°C	h	minutos
1	12	0,0	10	135,0	- 40	36	7,5
2	12	0,5	10	127,5	- 40	36	7,5
3	12	1,0	10	120,0	- 40	36	7,5
4	12	1,0	15	127,5	- 40	36	7,5
5	12	0,5	15	135,0	- 40	36	7,5
6	12	0,0	15	127,5	- 40	36	7,5
7	12	0,5	5	135,0	- 40	36	7,5
8	12	1,0	5	127,5	- 40	36	7,5
9	12	0,5	10	127,5	- 40	36	7,5
10	12	0,5	10	120,0	- 40	36	7,5
11	12	0,5	5	120,0	- 40	36	7,5
12	12	0,5	10	127,5	- 40	36	7,5
13	12	0,5	5	127,5	- 40	36	7,5
14	12	1,5	10	135,0	- 40	36	7,5
15	12	0,5	15	120,0	- 40	36	7,5

ANEXO 13. RESULTADOS DE LA ETAPA 3 OPTIMIZACIÓN DE PARÁMETROS CON EL USO DEL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA (BOX-BEHNKEN) CON EL USO DE TEXTURE PRO V1,0 BUILD 19



ANEXO 14. GRÁFICO DE LAS LECTURAS DE DUREZA DE UNA CORRIDA AL AZAR CON EL USO DEL SOFTWARE TEXTURE PRO 1,0,18, SUPERFICIE DE RESPUESTA

Texture Pro 1.0.18



ANEXO 15. RESUMEN DE RESULTADOS DE LAS LECTURAS DE LAS CORRIDAS DEL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

N° semilla	DUREZA (N)														
	RUN 1	RUN 2	RUN 3	RUN 4	RUN 5	RUN 6	RUN 7	RUN 8	RUN 9	RUN 10	RUN 11	RUN 12	RUN 13	RUN 14	RUN 15
1	4,64	8,92	11,6	30,91	2,05	8,66	3,39	30,57	25,43	40,79	24,93	10,37	15,72	1,33	40,06
2	28,62	27,7	13,77	7,07	6,47	8,14	4,65	8,07	9,19	39,53	22,37	7,32	18,87	3,01	45,09
3	6,6	7,81	31,15	11,46	4,02	20,39	5,12	6,55	9,81	39,22	28,66	7,87	19,35	6,05	12,34
4	6,17	7,78	13,95	12,92	5,01	9,39	8,81	19,12	7,52	48,56	11,35	6,09	17,74	8,48	18,26
5	11,42	34,92	26,54	4,71	3,32	17,08	22	14,49	9,63	29,62	26,08	9,91	11,47	3,57	15,51
6	5,05	14,95	46,94	6,2	3,07	11,65	3,03	15,7	7,15	32,4	30,45	13,13	18,5	7,24	11,7
7	4,78	6,08	25,75	7,32	3,79	9,78	5,5	11,7	10,33	31,28	26,66	2,7	28,15	1,41	38,7
8	6,21	6,35	33,39	7,05	2,41	12,00	6,38	29,03	33,91	12,96	7,39	3,32	6,22	3,31	12,09
9	3,34	17	32,75	5,42	6,18	28,98	9,86	6,23	22,88	29,09	26,3	7,33	26,8	2,47	10,61
10	8,85	22,08	34,56	9,2	3,57	8,17	4,33	21,59	5,35	27,85	35,18	17,98	50,12	4,09	43,67
$\bar{X}$	5,25	7,38	30,69	7,92	3,17	9,68	4,62	16,52	8,10	33,72	27,18	6,86	18,35	4,096	33,54

**ANEXO 16. RESULTADOS DE LAS LECTURAS DE DUREZA DE CADA
CORRIDA PREDISEÑADA DEL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA**

Corrida	Media (dureza N)
1	3,68 ± 2,71 ^{d,e}
2	3,69 ± 3,97 ^{d,e}
3	18,41 ± 16,1 ^{a,b}
4	7,14 ± 3,61 ^{d,e}
5	2,22 ± 1,64 ^e
6	6,78 ± 4,85 ^{d,e}
7	3,24 ± 2,43 ^{d,e}
8	8,26 ± 9,08 ^{c,d,e}
9	4,87 ± 4,38 ^{d,e}
10	26,98 ± 14,96 ^a
11	16,3 ± 14,12 ^{b,c}
12	5,49 ± 3,78 ^{d,e}
13	12,85 ± 9,63 ^{b,c,d}
14	4,1 ± 2,42 ^{d,e}
15	20,13 ± 19,9 ^{a,b}

ANEXO 17. RESULTADOS DE LAS LECTURAS DE HUMEDAD Y COLOR DE CADA CORRIDA

Corrida	Humedad	L	a	b
1	4,08	56,541	7,656	28,368
2	2,51	61,403	11,861	39,857
3	9,33	63,389	13,279	58,392
4	3,36	61,906	16,913	51,255
5	4,77	66,900	6,921	33,854
6	3,02	60,429	4,890	30,688
7	5,29	59,555	7,852	39,103
8	2,87	52,214	11,129	33,906
9	5,68	43,066	11,974	30,140
10	3,29	64,577	6,112	28,023
11	7,09	38,087	19,285	36,624
12	3,10	63,151	8,333	29,083
13	2,26	49,409	19,468	46,902
14	4,35	62,972	11,435	44,017
15	2,34	50,909	16,443	41,993

ANEXO 18. RESULTADOS DE LAS LECTURAS DE DUREZA, HUMEDAD Y COLOR DE LAS CORRIDAS PREDISEÑADAS PARA EL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Run	A: Concentración Salina %	B: tiempo cocción min	C: Temperatura cocción °C	Respu esta 1 Dureza (N)	Respu esta 2 Humedad %	Respues ta 3 Color (L*)	Respues ta 4 Color (a*)	Respu esta 5 Color (b*)
1	0	10	135	3,68	4,08	56,540	7,655	28,367
2	0,5	10	127,5	3,69	2,51	61,403	11,860	39,857
3	1	10	120	18,41	9,33	63,388	13,279	58,392
4	1	15	127,5	7,14	3,36	61,906	16,912	51,255
5	0,5	15	135	2,22	4,77	66,900	6,920	33,854
6	0	15	127,5	6,78	3,02	60,428	4,889	30,688
7	0,5	5	135	3,24	5,29	59,555	7,851	39,102
8	1	5	127,5	8,26	2,87	52,214	11,128	33,906
9	0,5	10	127,5	4,87	5,68	43,066	11,974	30,140
10	0	10	120	26,98	3,29	64,577	6,112	28,022
11	0,5	5	120	16,3	7,09	38,087	19,284	36,623
12	0,5	10	127,5	5,49	3,10	63,151	8,332	29,083
13	0	5	127,5	12,85	2,26	49,409	19,468	46,902
14	1	10	135	4,1	4,35	62,972	11,435	44,017
15	0,5	15	120	20,13	2,34	50,909	16,443	41,992

ANEXO 19. ANOVAS DE RESULTADOS DE HUMEDAD Y COLOR

HUMEDAD						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	36,89	9	4,10	1,17	0,4540	not significant
A-Sol. Salina	6,59	1	6,59	1,88	0,2283	
B-t cocción	2,02	1	2,02	0,5774	0,4816	
C-T cocción	1,58	1	1,58	0,4528	0,5309	
AB	0,0182	1	0,0182	0,0052	0,9453	
AC	8,32	1	8,32	2,38	0,1836	
BC	4,47	1	4,47	1,28	0,3095	
A ²	0,2269	1	0,2269	0,0649	0,8091	
B ²	1,50	1	1,50	0,4295	0,5412	
C ²	11,27	1	11,27	3,22	0,1326	
Residual	17,49	5	3,50			
Lack of Fit	11,81	3	3,94	1,38	0,4454	not significant
Pure Error	5,68	2	2,84			
Cor Total	54,39	14				

COLOR L						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	325,39	3	108,46	1,77	0,2117	not significant
A-Sol.						
Salina	11,34	1	11,34	0,1846	0,6757	
B-t cocción	208,89	1	208,89	3,40	0,0923	
C-T cocción	105,16	1	105,16	1,71	0,2174	
Residual	675,76	11	61,43			
Lack of Fit	428,18	9	47,58	0,3843	0,8717	not significant
Pure Error	247,57	2	123,79			
Cor Total	1001,15	14				

COLOR a*						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	210,41	6	35,07	2,73	0,0952	not significant
A-Sol.						
Salina	26,75	1	26,75	2,08	0,1871	
B-t cocción	19,74	1	19,74	1,54	0,2503	
C-T cocción	56,48	1	56,48	4,39	0,0693	
AB	103,65	1	103,65	8,07	0,0218	
AC	2,87	1	2,87	0,2232	0,6492	
BC	0,9122	1	0,9122	0,0710	0,7967	
Residual	102,82	8	12,85			
Lack of Fit	94,24	6	15,71	3,66	0,2299	not significant
Pure Error	8,57	2	4,29			
Cor Total	313,22	14				

COLOR b*						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	771,64	6	128,61	2,72	0,0961	not significant
A-Sol.	358,99	1	358,99	7,59	0,0249	
Salina						
B-t cocción	0,1969	1	0,1969	0,0042	0,9501	
C-T cocción	48,46	1	48,46	1,02	0,3412	
AB	281,63	1	281,63	5,95	0,0406	
AC	54,17	1	54,17	1,14	0,3159	
BC	28,18	1	28,18	0,5956	0,4625	
Residual	378,59	8	47,32			
Lack of Fit	308,05	6	51,34	1,46	0,4613	not significant
Pure Error	70,54	2	35,27			
Cor Total	1150,23	14				

**ANEXO 20. TABLAS DE MODELOS PREDICTIVOS DE ECUACIÓN
RESULTANTES DE LAS LECTURAS DE DUREZA, HUMEDAD Y COLOR**

DUREZA

Factor	Coefficiente estimado	df	Error estándar	95% CI Low	95% CI High
Intercept	7,50	1	0,3226	6,60	8,39
A-Sol. Salina	-0,9723	1	0,1976	-1,52	-0,4238
B-t cocción	1,23	1	0,2794	0,4531	2,00
C-T cocción	-13,50	1	0,1976	-14,05	-12,95
AB	0,0184	1	0,2794	-0,7574	0,7942
AC	0,4682	1	0,2794	-0,3076	1,24
BC	-1,96	1	0,2794	-2,73	-1,18
A ²	3,46	1	0,2908	2,66	4,27
B ²	2,16	1	0,2908	1,35	2,96
C ²	7,48	1	0,2908	6,67	8,28
A ² B	-5,54	1	0,3952	-6,64	-4,45

HUMEDAD

Factor	Coefficiente estimado	df	Error estándar	95% CI Low	95% CI High
Intercept	3,76	1	1,08	0,9873	6,54
A-Sol. Salina	0,9075	1	0,6613	-0,7925	2,61
B-t cocción	-0,5025	1	0,6613	-2,20	1,20
C-T cocción	-0,4450	1	0,6613	-2,14	1,25
AB	-0,0675	1	0,9352	-2,47	2,34
AC	-1,44	1	0,9352	-3,85	0,9616
BC	1,06	1	0,9352	-1,35	3,46
A ²	-0,2479	1	0,9734	-2,75	2,25
B ²	-0,6379	1	0,9734	-3,14	1,86
C ²	1,75	1	0,9734	-0,7552	4,25

COLOR L

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
Intercept	56,97	1	2,02	52,51	61,42
A-Sol. Salina	1,19	1	2,77	-4,91	7,29
B-t cocción	5,11	1	2,77	-0,9893	11,21
C-T cocción	3,63	1	2,77	-2,47	9,72

COLOR a

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
Intercept	11,57	1	0,9256	9,44	13,70
A-Sol. Salina	1,83	1	1,27	-1,09	4,75
B-t cocción	-1,57	1	1,27	-4,49	1,35
C-T cocción	-2,66	1	1,27	-5,58	0,2658
AB	5,09	1	1,79	0,9571	9,22
AC	-0,8469	1	1,79	-4,98	3,29
BC	0,4776	1	1,79	-3,66	4,61

COLOR b

Factor	Coefficient Estimate	df	Standard Error	95% CI Low	95% CI High
Intercept	38,15	1	1,78	34,05	42,24
A-Sol. Salina	6,70	1	2,43	1,09	12,31
B-t cocción	0,1569	1	2,43	-5,45	5,77
C-T cocción	-2,46	1	2,43	-8,07	3,15
AB	8,39	1	3,44	0,4592	16,32
AC	-3,68	1	3,44	-11,61	4,25
BC	-2,65	1	3,44	-10,59	5,28

ANEXO 21. FUNDAMENTOS PARA EL ANÁLISIS PROXIMAL

Determinación de humedad

Fundamento

La humedad o cantidad de agua en la muestra se determina con el uso de la balanza medidora de humedad MX-50 A&D WEIGHING. El equipo lleva la muestra a una evaporación del agua que contiene y por diferencia de peso determina el porcentaje de humedad.

Procedimiento

- Se carga la balanza medidora de humedad WEIGHING M X-50 A&D con muestras de 5 g aproximadamente de cada una. Se registran los resultados de las 3 repeticiones que se toma por cada muestra.

Determinación de proteína

Fundamento

Para la determinación de proteína por el método Kjeldahl consiste en 3 etapas, digestión, destilación y valoración, con la finalidad de obtener la cantidad de nitrógeno que existe en una muestra.

Procedimiento

- Para la determinación de proteínas se llevó 5 g aproximadamente de muestra seca a su pulverización. Posteriormente se tomó la medida de masa de las muestras de 0,1 g cada una para 3 repeticiones.
- Cada muestra es introducida en un balón con una concentración de ácido sulfúrico concentrado y fue llevado a ebullición, hasta obtener una coloración de verde esmeralda.
- Para la destilación se alcaliniza las muestras para conseguir el desprendimiento del nitrógeno, se recoge en una dilución de ácido bórico. En la etapa de valoración se utilizó ácido sulfúrico de concentración conocida (0,05 N), hasta obtener una coloración violeta.
- Se registra los volúmenes de gasto de cada repetición.

Cálculos

$$\% \text{Nitrogeno} = \frac{V_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times N_{\text{H}_2\text{SO}_4} \times 14 \times 100}{m}$$

$$\% \text{Proteína} = \% \text{Nitrógeno} \times \text{factor}$$

Determinación de grasa

Fundamento

Para la determinación de grasa, se utilizó el método Soxhlet, el cual consiste en usar un disolvente no polar y por arrastre obtener la grasa de la muestra.

Procedimiento

- d) Se tomo 5 g aproximado de muestra seca molida y se introdujo en cartuchos de papel filtro (previamente pesados).
- e) Se introduce las muestras en el equipo Soxhlet, se utiliza N-hexano como disolvente y se lleva a ebullición, se destila por un aproximado de 3 horas.
- f) Finalmente se recoge las muestras, se secan completamente, se toma las masas resultantes.

Cálculos

$$\% \text{grasa} = \frac{m_{\text{balon final}} - m_{\text{balon vacio}}}{m_{\text{muestra inicial}}} \times 100$$

Determinación de fibra cruda

Fundamento

En la determinación de fibra se lleva la muestra a una extracción secuencial al añadir una base y un ácido débiles en repetidas ocasiones para recrear la digestión, filtrar y lavar, para obtener la fibra cruda.

Procedimiento

- Se pesa un aproximado de 2 g de muestra seca, previamente desengrasada, se coloca está en un balón, donde se le añade 200 mL de H₂SO₄ al 1,25%, llevar a ebullición por 30 min, filtrar y lavar.
- El residuo añadirle 200 mL de NaOH al 1,25%, llevar a ebullición por 30 min, filtrar y lavar. Lavar con HCl al 1%, enjuagar con agua caliente.
- Lavar con alcohol y acetona, llevar a la estufa a 100 °C por 2 h para su secado, se lleva la muestra a la estufa para su completa incineración de la materia orgánica.

- Registrar los pesos finales obtenidos.

Cálculos

$$\% \text{fibra} = \frac{m_{\text{materia insoluble}} - m_{\text{cenizas}}}{m_{\text{muestra inicial}}} \times 100$$

Determinación de ceniza

Fundamento

Para la determinación de ceniza la muestra se lleva a incineración completa, quedando como residuo toda la materia inorgánica.

Procedimiento

- Se pesa la muestra en un crisol, previamente pesado. Realizar 3 repeticiones.
- Se lleva la muestra a 600 °C por 8 h, se retira las muestras calcinadas y se dejan enfriar en un desecador.
- Finalmente se pesa, se registran las masas resultantes.

Cálculos

$$\% \text{ceniza} = \frac{m_{\text{crisol final}} - m_{\text{crisol solo}}}{m_{\text{muestra inicial}}} \times 100$$

Determinación de carbohidratos

Fundamento

Para la determinación de este componente, es la simple resta del total de los demás compuestos como proteína, fibra y ceniza.

Procedimiento

- Una vez realizado todos los análisis anteriores, se procede a realizar una resta del 100% para determinar el porcentaje restante.

Cálculos

$$\% \text{Carbohidratos} = 100\% - \% \text{proteína} - \% \text{grasa} - \% \text{ceniza}$$

ANEXO 22. EVIDENCIAS DE LA ETAPA 4 VALIDACIÓN DE PARÁMETROS OPTIMIZADOS



ANEXO 23. EVIDENCIAS DE LA ETAPA 5 EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA
MUMEDAD



CENIZA



PROTEÍNA



GRASA



FIBRA



ANEXO 24. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA PROXIMAL

N° de muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (%)
1	3,36	24,6	5,72	3,97	2,96	63,36
2	3,59	25,3	5,90	4,20	3,00	62,22
3	3,10	26,8	5,59	3,81	3,12	61,39
Promedio	3,35 ± 0,25	25,57 ± 1,12	5,73 ± 0,15	3,99 ± 0,19	3,03 ± 0,08	62,32 ± 0,99

ANEXO 25. EVIDENCIAS DE LA ETAPA 5 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TITULO DE TESIS: OPTIMIZACIÓN DE PARAMETROS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE GRABANZO ENTERO COCIDO INSTANTANEO (*Cicer arietinum* L.) VARIEDAD KABULI

MUESTRA: GARBANZO INSTANTANEO SECO

TESISTAS:

- QUISPE MEDINA DUHAMEL ANGEL DNI:70083298
- ROCA NAVARRO DAYANA GREYS DNI:72529569

Masa de la muestra: 35 g

Fecha de producción: 18-08-2024

Evaluaciones: Determinación de mohos y E. coli - Según R.M. N°591-2008-MINSA

ANEXO 26. RESULTADOS DE LA ETAPA 5 EVALUACIÓN MICROBIOLÓGICA



LABORATORIO BIOTEKNIA
Análisis de alimentos y bebidas

INFORME DE ENSAYO N° 098-2024

SOLICITANTES : Duhamel Ángel QUISPE MEDINA (DNI N° 70083298)
Dayana Greys ROCA NAVARRO (DNI N° 72529569)
PRODUCTO : GARBANZO INSTANTÁNEO SECO
F. PRODUCCIÓN : 18.AGO.2024
MUESTRA : 01 bolsa x 35 g
F. DE SOLICITUD : 19.AGO.2024
F. MUESTREO : 20.AGO.2024
F. ANALISIS : 21.AGO.2024

Análisis microbiológico

N°	Ensayo	Resultado	Límite por g/ml	
			m	M
01	Mohos (UFC/g)	< 10	10 ³	10 ⁴
02	<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	< 10	10	10 ²

Métodos de Ensayo. – 01-02.- FAO (1981). Manuales para el control de calidad de los alimentos. 4. Análisis microbiológico.

Conclusión. - La muestra de "Garbanzo instantáneo seco" analizada, SÍ CUMPLE con los requisitos microbiológicos establecidos en la Resolución Ministerial 591-2008/MINSA, "Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano". V. GRANOS DE CEREALES, LEGUMINOSAS, QUENOPODIÁCEAS Y DERIVADOS (harinas y otros).

Nota. - El presente informe se refiere a la muestra analizada, proporcionada por el solicitante.

Ayacucho, 26 de agosto de 2024.



BIOTEKNIA SAC
Laboratorio de Ensayo
Análisis de alimentos y bebidas
Graciela Cuba Torre
Bga. Graciela Cuba Torre
CBP N° 3263
SUB-GERENTE

Urb. José Ortiz Vergara, ENACE, Mz. C – Lote 26, Ayacucho.
(subiendo por la Av. Independencia, dos cuadras antes del Puente ENACE)
Atención: Lunes a sábado, 8-1 p.m. y 3-7 p.m. Tel. 066-315186 Cel. 966607080

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli**Expositora: Dayana Greys Roca Navarro**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**Expediente N° 2469274****Resolución Decanal N° 233-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 21-11-2024**

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día martes veintiséis de noviembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Dayana Greys Roca Navarro**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alfredo ARIAS JARA, Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO y Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, bajo la Presidencia del Dr. Alfredo ARIAS JARA (Presidente encargado con Memorando N° 749-2024-UNSCH-FIQM/D), Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente(e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli**, presentado por la Bachiller **Dayana Greys Roca Navarro**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 233-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente(e) del Jurado invitó a la Bachiller **Dayana Greys Roca Navarro**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente(e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO y Dr. Alfredo ARIAS JARA. Luego el Presidente (e) invitó al Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Alfredo ARIAS JARA, en su condición de Presidente (e).

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

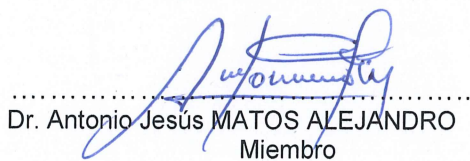
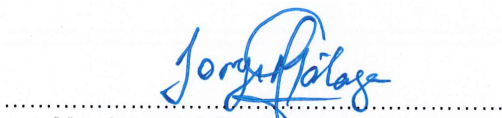
(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli**Expositora: Dayana Greys Roca Navarro**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**Expediente N° 2469274****Resolución Decanal N° 233-2024-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 21-11-2024**

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente (e) del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente, el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite a la Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Dayana Greys Roca Navarro**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con cincuenta minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Alfredo ARIAS JARA
Presidente (e)
.....
Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO
Miembro
.....
Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ
Miembro
.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)

**UNSH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSH-CU)

Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli**Expositor: Duhamel Angel Quispe Medina
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias****Expediente N° 2469274****Resolución Decanal N° 233-2024-UNSH-FIQM/D****Fecha: 21-11-2024**

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día martes veintiséis de noviembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron el Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Duhamel Angel Quispe Medina**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alfredo ARIAS JARA, Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO y Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, bajo la Presidencia del Dr. Alfredo ARIAS JARA (Presidente encargado con Memorando N° 749-2024-UNSH-FIQM/D), Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente(e) del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli**, presentado por el Bachiller **Duhamel Angel Quispe Medina**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 233-2024-UNSH-FIQM/D.

Luego, el Presidente(e) del Jurado invitó al Bachiller **Duhamel Angel Quispe Medina**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente(e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO y Dr. Alfredo ARIAS JARA. Luego el Presidente (e) invitó al Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Alfredo ARIAS JARA, en su condición de Presidente (e).

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 314-2021-UNSCH-CU)

Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli**Expositor: Duhamel Angel Quispe Medina**
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2469274

Resolución Decanal N° 233-2024-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 21-11-2024

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente (e) del Jurado invitó al Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente, el Presidente (e) del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que el Bachiller **Duhamel Angel Quispe Medina**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con un flamante **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con cincuenta minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


Dr. Alfredo ARIAS JARA
Presidente (e)
Dr. Antonio Jesús MATOS ALEJANDRO
Miembro
Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ
Miembro
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, la Srta. **Dayana Greys ROCA NAVARRO** y Sr. **Duhamel Angel QUISPE MEDINA** egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor **Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS**, la Tesis: **Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli**; y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 7% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha diciembre 16 de 2024 e Identificador de la Entrega N° 2553927259.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, febrero 28 de 2025.



Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia
EP Ingeniería en Industrias Alimentarias

Dr. Alberto L. HUAMANI HUAMANI
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia N° 010

Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli

por Duhamel Angel Quispe Medina Y Dayana Greys Roca Navarro

Fecha de entrega: 16-dic-2024 01:49p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2553927259

Nombre del archivo: TESIS_RECORTADA_1.pdf (2.64M)

Total de palabras: 12137

Total de caracteres: 62243

Optimización de parámetros en el proceso de producción de garbanzo entero cocido instantáneo (*Cicer arietinum* L.) variedad kabuli

INFORME DE ORIGINALIDAD

7 %

INDICE DE SIMILITUD

6 %

FUENTES DE INTERNET

1 %

PUBLICACIONES

4 %

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

es.scribd.com

Fuente de Internet

1 %

2

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

1 %

3

doku.pub

Fuente de Internet

1 %

4

qdoc.tips

Fuente de Internet

1 %

5

dialnet.unirioja.es

Fuente de Internet

<1 %

6

repositorio.uncp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

7

minagri.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

8

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

9	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.uaaan.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Mondragon Unibertsitatea Trabajo del estudiante	<1 %
12	Submitted to consultoriadeserviciosformativos Trabajo del estudiante	<1 %
13	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
14	JADER RODRIGUEZ CORTINA. "CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA INTENSIFICACION DEL PROCESO DE SECADO DE TOMILLO (Thymus Vulgaris L.): APLICACIÓN DE ULTRASONIDOS DE POTENCIA Y SECADO INTERMITENTE", Universitat Politecnica de Valencia, 2013 Publicación	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo