

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERA QUÍMICA

" Efecto de la Temperatura y el Tiempo en el Proceso de Añejamiento Artificial de Arroz, Sobre Sus Caracteristicas Fisicoquimicas"

PRESENTADO POR:

Bach. Mejía Burga Eliana. Bach. Mondragón Cruz Diana Petronila.

ASESOR:

Dr. Ing. Cieza Sánchez Jaime Lucho.

LAMBAYEQUE - PERÚ JUNIO del 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO



FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERA QUÍMICA

" Efecto de la Temperatura y el Tiempo en el Proceso de Añejamiento Artificial de Arroz, Sobre Sus Caracteristicas Fisicoquimicas"

APROBADO POR:

M.Sc Ing. Hernández Oré José Enrique	
	Presidente
M.Sc Ing. Tineo Huancas Rodolfo Pastor	
	Secretario
Ing. Santamaría Baldera Gerardo	
· ·	Vocal
Dr.Ing. Cieza Sánchez Jaime Lucho	
	Asesor

LAMBAYEQUE - PERÚ JUNIO del 2019

DEDICATORIA

A mis padres por su valioso ejemplo de trabajo y responsabilidad y por darme todo su amor y cariño.

A mis hermanos por estar conmigo en todo momento, por su dulzura, amor y apoyo incondicional, por confiar en mí.

Y a mi familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

Mejía Burga Eliana

A mis padres, Eduardo Mondragón Morales y Lucia Cruz Ramírez, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ellos, entre los que se incluyen este.

Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente de cumplir mis metas y anhelos.

Gracias padre y madre, los amo.

Diana Petronila Mondragón Cruz

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradezco a los docentes que me brindaron sus conocimientos y su apoyo

para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi asesor de tesis el ing. Jaime Cieza por guiarme en el desarrollo

de esta tesis.

Mi agradecimiento también va dirigido al gerente propietario de la empresa

"MOLINERA DEL CENTRO" por haber aceptado que realicemos nuestra tesis, en su

prestigiosa empresa.

Gracias.

Mejía Burga Eliana

Agradezco a todos los que fueron mis compañeros de clase durante todos los niveles de

la universidad, ya que gracias a la amistad y al apoyo moral han portado en un alto

porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera universitaria.

Agradezco también al ing. Díaz Visitación por brindarnos información requerida en este

proyecto.

Y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado en las buenas y malas apoyándome.

Gracias.

Diana Petronila Mondragón Cruz

4

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN		12
ABSTRACT		13
INTRODUCC	'IÓN	14
I. FUI	NDAMENTO TEORICO	15
1.1. Ant	ecedentes De La Investigación	15
1.2. Bas	e Teórica	17
1.2.1.	Arroz	17
A.	Características generales del arroz	17
B.	Composición química	17
C.	Principales Regiones Productoras:	20
D.	Variedades de arroz:	21
E.	Tipos de arroz:	22
1.2.2.	Descripción del proceso de pilado	22
1.	Recepción de Materia Prima	23
2.	Almacenamiento de Materia Prima.	23
3.	Pre limpia	23
4.	Descascarado	23
5.	Separación Gravimétrica	24
6.	Despedregado	24
7.	Pulido por Abrasión	24
8.	Pulido por Fricción	24
9.	Clasificado por Tamaño	25
10.	Selección por Color	25
11.	Envasado	25
12.	Almacenamiento	25
1.2.3.	Añejamiento:	27
i.	Características del Añejamiento.	28
ii.	Mecanismo del añejamiento del arroz	28
iii.	Cambio en las propiedades físicas y de cocción del arroz añejo	30
1	.2.3.1. Envejecimiento Natural del arroz	33
1	.2.3.2. Añejamiento Artificial del arroz	34

1	.2.4.	DEFINICION DE TERMINOS	. 37
	1.	Humedad:	. 37
	2.	Materia Seca:	. 38
	3.	Proteínas:	. 38
	4.	Grasas:	. 38
	5.	Cenizas:	. 39
	6.	Fibra Cruda:	. 39
II.	MA	TERIALES Y METODOS	. 40
2.1	Pob	lación y muestra	. 40
2.2	. Mat	eriales, Reactivos y Equipos	. 40
2	2.2.1.	Materiales	. 40
2	2.2.2.	Reactivos	. 40
2	2.2.3.	Equipos	. 41
2	2.2.4.	Características de la maquina añejadora	. 41
2.3	. Proc	cedimiento	. 44
2	2.3.1.	Procedimiento de añejamiento artificial	. 44
	1)	Adaptación del arroz pilado fresco	. 45
	2)	Cargar maquina añejadora	. 45
	3)	Programación de añejadora.	. 45
	4)	Periodo de enfriamiento y descarga	. 45
	5)	Ensayos de cocción del arroz añejado artificial	. 45
	6)	Selección de arroz de mejores cualidades físicas	. 46
	7)	Análisis químicos	. 46
	8)	Resultados comparativos	. 46
2.4	. Mét	odos de análisis.	. 46
III.	RES	SULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	. 48
3.1	. Cara	acterización Del Arroz Fresco	. 48
3.2	. Vari	ación De La Elongación De Los Granos De Arroz Añejados	
Art	ificial	mente	. 50
3.3	. Vari	ación De La Capacidad De Absorción De Agua De Los Granos De Arro	ЭZ
Año	ejados	Artificialmente	. 54
3.4	. Vari	ación De La Perdida De Solidos Durante El Cocimiento De Granos De	

Arr	oz Añejados Artificialmente	58
3.5.	Selección Del Mejor Arroz Añejado Artificialmente	61
3.6.	Propiedades Organolépticas Y Fisicoquímicas De Arroz Añejado	
Nat	uralmente Y Añejado Artificialmente	61
3.7.	Comparación de Resultados.	66
IV.	DISCUSIONES	67
V.	CONCLUSIONES	69
VI.	RECOMENDACIONES	69
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	71
VIII.	APENDICE	74
1.	Determinación de humedad	74
	Determinación de proteínas.	74
3.	Determinación de grasas.	76
	Determinación de cenizas.	77
	Determinación de fibras	78
IX.	ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de
elaboración al 14% de humedad
Tabla 2. Contenido de Vitaminas y minerales del arroz con cáscara y de sus fracciones
de elaboración al 14% de humedad
Tabla 3. Contenido de aminoácidos del arroz con cáscara y de sus fracciones de
elaboración al 14% de humedad.
Tabla 4. Productores de arroz cáscara. 20
Tabla 5. Variedades de arroz en las diferentes regiones. 22
Tabla 6. Cuadro de combinación Tiempo (horas) y Temperatura (°C) de una muestra de
arroz añejado artificialmente
Tabla 7. Características Organolépticas de la muestra de arroz fresco. 48
Tabla 8. Determinaciones Físico-Químicas de la muestra de arroz fresco. 49
Tabla 9. Elongación, en mm, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz
añejado artificialmente a diferentes temperaturas y tiempos de envejecimiento 50
Tabla 10. Promedios y Desviación de la variable elongación en función de la
temperatura y tiempo de añejamiento artificial
Tabla 11. Elongación, en mm, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz
pilado fresco y arroz añejado naturalmente
Tabla 12. Análisis de la varianza de la variable ELONGACION en los grupos
establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y
TEMPERATURA. 52
Tabla 13. Capacidad de absorción de agua en %, alcanzada por el arroz cocido
proveniente de arroz añejado artificialmente a diferentes temperaturas y tiempos de
envejecimiento. 54
Tabla 14. Promedios y Desviación de la variable absorción en función de la
temperatura y tiempo de añejamiento
Tabla 15. Capacidad de absorción de agua en %, alcanzada por el arroz cocido
proveniente de arroz pilado fresco y arroz añejado naturalmente
Tabla 16. Análisis de la varianza de la variable ABSORCION en los grupos
establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y
TEMPERATURA
Tabla 17. Perdida de sólidos, en %, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz

añejado artificialmente a diferentes temperaturas y tiempos de envejecimiento 58
Tabla 18. Promedios y Desviación de la variable de Perdida de Solidos en función de la
temperatura y tiempo de añejamiento
Tabla 19. Análisis de la varianza de la variable PERDIDA DE SOLIDOS en los grupos
establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y
TEMPERATURA60
Tabla 20. Perdida de sólidos, en %, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz
pilado fresco y arroz añejado naturalmente
Tabla 21. Características Organolépticas de la muestra de arroz añejo
naturalmente62
Tabla 22. Determinaciones Físico-Químicas de la muestra de arroz añejo
naturalmente63
Tabla 23. Características Organolépticas de la muestra de arroz añejo
artificialmente64
Tabla 24. Determinaciones Físico-Químicas de la muestra de arroz añejo
artificialmente65
Tabla 25. Comparación de resultados 66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales regiones productoras de arroz en Perú (2017)	21
Figura 2. Diagrama de Flujo de proceso de Pilado.	26
Figura 3. Modelo esquemático del proceso de envejecimiento del arroz (Moritaka y	r
Yasumatsu, 2012).	29
Figura 4. Maquina Añejadora Indurhorst. Recuperado de empresa Molinera del Cer	ıtro
S.R.L.	36
Figura 5. Maquina Añejadora Indurhorst. Recuperado de empresa Molinera del Cer	ıtro
S.R.L.	36
Figura 6. Parte frontal de Maquina Añejadora Indurhorst, Vista interna, Recuperado	de
empresa Molinera del Centro S.R.L.	37
Figura 7. Partes de Maquina Añejadora Indurhorst, Vista interna	42
Figura 8. Esquema del proceso de añejamiento artificial.	44
Figura 9. Representación gráfica de las medias de ELONGACION en los grupos	
establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y	
TEMPERATURA.	53
Figura 10. Representación gráfica de las medias de ABSORCION en los grupos	
establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y	
TEMPERATURA.	57
Figura 11. Representación gráfica de las medias de PERDIDA DE SOLIDOS en los	S
grupos establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y	r
TEMPERATURA.	60
Figura 12. Corroboración de temperatura de arroz en maquina añejadora, se extrajo	ı
una muestra y mediante termómetro digital se observa que coincide con el reportado	en
el panel de control (Etapa de Calentamiento)	80
Figura 13. Panel de Control de maquina Añejadora, inicio de proceso, ETAPA DE	
CALENTAMIENTO. Elaboración propia	80
Figura 14. Corroboración de temperatura de la etapa final de Calentamiento	81
Figura 15. Panel de control de maquina añejadora, inicio de etapa de añejamiento	81
Figura 16. Corroboración de temperatura de la etapa INICIAL de AÑEJAMIENTO	82
Figura 17. Corroboración de temperatura de la etapa final de añejamiento	82
Figura 18. Corroboración de temperatura de la etapa de enfriamiento	83

Figura	19. Muestras de arroz tipo NIR: a la izquierda, muestra antes de entrar a la	
añejado	ra; a la derecha, muestra al salir de la añejadora	3
Figura	20. Medidor de Blancura; muestra los grados Kett (°K) del producto INICIAL;	
38.3 °K	es la blancura de arroz al Iniciar del proceso de añejamiento	4
Figura	21. Medidor de Blancura; muestra los grados Kett (°K) del producto terminado	;
34.3 °K	es la blancura de arroz al terminar el proceso de añejamiento 8	4
Figura	22. Balanza analítica con 10.00 gr de muestra de arroz Fresco8	5
Figura	23. Horno de secado	5
Figura	24. Horno de Secado (vista interior)	6
Figura	25. Mufla8	6
Figura	26. Incorporando muestra a equipo mufla	7
Figura	27. Centrifugadora	7
Figura	28. Pesado de muestra al salir de mufla para determinar % Ceniza 8	8
Figura	29. Extractor Soxhle	8

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la Temperatura y el

Tiempo en el proceso de añejamiento de arroz sobre sus características Fisicoquímicas,

realizado en la empresa MOLINERA DEL CENTRO S.R.L., se ha elegido trabajar con

arroz tipo NIR, por ser propio de la región.

Nuestra investigación se basa en la comparación de tres muestras (arroz fresco,

arroz añejo natural y arroz añejo artificial en las cuales se han realizado tres diferentes

pruebas que son absorción de agua, elongación del grano de arroz y pérdida de solidos

solubles, dichas pruebas se han realizado en diferentes tiempos (10 h, 16 h y 22 h) y

diferentes temperaturas (65°C, 75°C y 85°C)

Con esta investigación se ha concluido el procedimiento de verificación que conlleva al

monitoreo necesario para poner el proceso bajo control en temperatura y evitar

desviaciones fuera de los límites establecidos en cada etapa del proceso de añejamiento

artificial.

Palabra clave: Añejamiento del arroz

12

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the effect of temperature and time in the rice

aging process on its physicochemical characteristics, carried out in the company

MOLINERA DEL CENTRO SRL, it has been chosen to work with rice type NIR, as it is

characteristic of the region.

Our research is based on the comparison of three samples (fresh rice, natural stale rice

and artificial stale rice in which three different tests have been carried out, which are

water absorption, rice grain elongation and loss of soluble solids, these tests are They

have performed at different times (10 h, 16 h and 22 h) and different temperatures (65 °

C, 75 ° C and 85 ° C)

With this investigation, the verification procedure that leads to the necessary monitoring

to bring the process under control in temperature and avoid deviations outside the limits

established in each stage of the artificial aging process has been completed.

Keywords: Añejamiento del arroz

13

INTRODUCCIÓN

El consumo de arroz en el país y en todo el mundo se debe a que este producto ofrece un gran valor nutricional para las personas que lo consumen. La calidad de arroz varía entre países, incluso entre las diferentes regiones de un mismo país debido a sus costumbres y manera de elaborarlo. Perú se caracteriza por tener distintas zonas geográficas como costa, sierra y selva, lo cual provoca que debido a las condiciones atmosféricas de cada zona y sumado a las costumbres que tienen las personas de cada región, tengan distintas necesidades que debe cumplir el arroz que ellos compran. Es por esto que en la sierra se consume un tipo de arroz más seco, a diferencia de la costa que se consume arroces frescos (Maza, 2012).

El arroz envejecido, llamado también arroz añejo es un grano de arroz que ha sido almacenado por largo tiempo y que ha sufrido cambios en sus propiedades físicas químicas originando un impacto positivo sobre el cocimiento del arroz y en la calidad al momento de consumir. Este es un proceso espontaneo y natural. El producto final se puede decir en términos comunes es más graneado, más entero y más esponjoso. Estas características son deseadas por un gran porcentaje de consumidores de arroz en el mundo (Castro, et al., 2018). En el Perú también se referencia del aumento de consumo de arroz añejo.

Para cubrir mercado de consumo de arroz añejo y con la finalidad de resolver el problema del largo tiempo de almacenamiento que requiere un añejamiento natural se ha desarrollado un nuevo método de producción de arroz, el cual se le llama envejecido artificial, en el cual se busca obtener un arroz de similares características al añejado natural, pero en un lapso menor de tiempo, de solo unas horas. El añejamiento artificial que se realiza en máquinas diseñas para este propósito depende de dos factores importantes: el tiempo y la temperatura de añejamiento (Keawpeng y Venkatachalam, 2015).

Teniendo en cuenta lo referido se decidió desarrollar el presente Trabajo de Investigación, planteando como objetivo principal evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo en el proceso de añejamiento artificial de arroz sobre sus características fisicoquímicas, con los objetivos específicos: determinar las temperaturas y tiempos del procesamiento de añejamiento artificial; evaluar características físicas del arroz añejo

obtenido; comparar con las características físicas de los arroces sin añejar y añejado natural; determinar la combinación de temperatura y tiempo que permite obtener el mejor arroz añejado artificial.

El proyecto es importante porque permite lograr un arroz añejado semejante o mejor que el arroz añejado natural, ya que las desventajas principales de este son: Calidad de la Materia Prima y el almacenamiento que son periodos muy largos y pueden llegar a la infestación; con el añejado artificial no sucede esto ya que son periodos cortos logrando un ahorro económico para la empresa. Además, el precio de venta del arroz añejado es superior al producto que no se añeja. Para el público en general permitirá ofrecer un arroz que en la etapa de cocimiento y de consumo.

I. FUNDAMENTO TEORICO

1.1. Antecedentes De La Investigación

- Andrade y Tobaline (Ecuador 2004) en su Investigación sobre "Envejecimiento Artificial Del Arroz, Para Su Comercialización En La Sierra"; concluyen que el mercado potencial para el arroz envejecido artificialmente es muy atractivo, debido a que esta abarca toda la sierra ecuatoriana en donde se concentra más de 7 millones de habitantes, los cuales tienen preferencia hacia este tipo de arroz debido a sus propiedades, lo cual lo hace un arroz ideal para esa zona del país.
- ➤ Barragàn y Benalcazar (Ecuador 2008), en su investigación sobre "Diseño y Construcción de un prototipo para el envejecimiento de arroz con capacidad de 40 Kg/ día", el proyecto nace de la necesidad del pequeño agricultor por incrementar sus ganancias por cada saca cosechada. El arroz recién cosechado, dado su elevado porcentaje de humedad, no posee las cualidades adecuadas para la alimentación y por ello se lo conoce como "arroz nuevo". Su costo es bajo, este arroz debe ser secado bajo ciertas condiciones que al mismo tiempo que reduce su humedad transforma sus cadenas moleculares que mejoran notablemente su gusto al ingerirse. El arroz viejo tiene un costo mayor al arroz nuevo por lo aumenta el ingreso del pequeño agricultor arrocero. Además, se presenta en un anexo la importancia de la tecnificación de las semillas, así como de las variedades cultivadas en el país. Este diseño involucra a la transferencia de calor como materia principal y por medio de la cual se justifica el diseño físico.

- Rosniyana, Hashifah & Norin (2014), en su investigación sobre "Efecto del tratamiento con calor (envejecimiento acelerado) sobre las propiedades fisicoquímicas y de cocimiento del arroz a diferentes contenidos de humedad", determinaron el efecto del tratamiento térmico (envejecimiento acelerado) sobre las propiedades fisicoquímicas y de cocción del arroz. El envejecimiento acelerado se logró calentando el arroz con diferentes contenidos de humedad (18, 20 y 24%) a altas temperaturas (80, 100 y 120 ° C) en un recipiente sellado sin pérdida de humedad para evitar el agrietamiento del grano. La comparación del arroz tratado con el arroz fresco y el arroz paddy envejecido se realizó estadísticamente. El envejecimiento acelerado y el envejecimiento natural provocaron que los granos se alargaran y la proporción de elongación fuera superior a 2. En la mayoría de los casos, el arroz tratado térmicamente tenía un gel más suave en comparación con arroz fresco y paddy envejecido de manera natural. La pérdida sólida en el líquido de cocción para el arroz fresco fue significativamente mayor que la del arroz paddy envejecido naturalmente y el arroz tratado.
- ➤ Keawpeng & Venkatachalam (2015), investigan sobre el "Efecto del envejecimiento sobre cambios en las cualidades físicas del arroz". Los autores indican que el envejecimiento del arroz comienza durante la recolección y continúa con el almacenamiento post cosecha. Implica dramáticamente los cambios en las propiedades físicas y físicoquímicas del grano de arroz, como cocinar, pegar y propiedades térmicas.
- Faruq, Hossain & Nezhadahmadi (2015), en su investigación sobre "Efectos del envejecimiento sobre los parámetros seleccionados de calidad de cocción del arroz". Los autores indican que el envejecimiento puede mejorar la calidad de cocción del arroz al influir en los principales parámetros de calidad de cocción, es decir, la expansión del grano, la absorción de agua, el valor de digestión alcalina y la temperatura de gelatinización junto con los cambios en la estructura interna de los granos de arroz.

1.2. Base Teórica

1.2.1. Arroz

A. Características generales del arroz

La planta de arroz posee tallos muy ramificados y puede medir entre 0,6 y 1,8 metros de altura. Los tallos terminan en una inflorescencia, una panícula de 20 a 30 cm de largo. Cada panícula se compone de entre 50 y 300 flores o espiguillas, a partir de las cuales se formarán los granos: el fruto obtenido es un cariopsis.

El grano de arroz es un fruto de la planta del arroz (Oryza sativa L.), herbácea anual de la familia de las gramíneas. Es uno de los cereales más extendidos por el mundo. Se cultiva ampliamente en los cinco continentes, en regiones pantanosas de clima templado o cálido y húmedo. Tiene una forma ovoide, aplanada, su color vario de amarillo a café translucido.

Su clasificación científica indica que pertenece al reino: Plantae, división: Magnoliophyta, clase: Liliopsida, orden: Poales, familia: Poaceae, género: Oryza, especie: O. sativa, nombre binomial: Oryza sativa L.

B. Composición química

Entre las fracciones del grano de arroz, el salvado posee el máximo contenido energético y proteico y la cáscara el mínimo.

En la tabla 1, se muestra la composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

En la tabla 2, se muestra el contenido de vitaminas y minerales. Las vitaminas del grupo B se concentran en las capas de salvado al igual que el α-tocoferol (Vit. E) y fósforo, como se puede ver el arroz elaborado pierde gran contenido de riboflavina (Vit.B2) llevándose la mayor parte el salvado de arroz. A modo de resumen de la tabla 2, el salvado de arroz es el que tiene más vitaminas y el arroz elaborado es el que se queda con la menor cantidad. En relación a los minerales, el mayor contenido lo constituye el fósforo del cual la mayor parte queda retenida en el salvado, quedando una pequeña parte en el arroz elaborado. Con respecto al calcio, la mayor cantidad se queda en la

cáscara del arroz y el arroz elaborado es el que menor cantidad posee. En la tabla 3, se puede observar el contenido de aminoácidos, donde se puede apreciar claramente que todas las fracciones de arroz tienen un alto contenido de Leucina, Fenilalanina + Tirosina, y Valina; dentro de estas fracciones las que presentan menores valores son el salvado de arroz, cáscara de arroz y arroz elaborado respectivamente (Rodríguez, 2007).

Tabla 1. Composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

fracciones	Proteína cruda (Gn°5,95)	Grasa cruda (g)	Fibra cruda (g)	Ceniza cruda (g)	Carbohidratos presents (g)	Energía (Kcal)	Densida d (g/ml)
Arroz con cascara	5,8-7,7	1,5-2,3	7,2-10,4	2,9-5,2	64-73	378	1,17- 1,23
Arroz integral	7,1-8,3	1,6-2,8	0,6-1,0	1,0-1,5	73,0-87,0	363-385	1,31
Arroz elaborado	6,3-7,1	0,3-0,5	0,2-0,5	0,3-0,8	77,0-89,0	349-373	1,44- 1,46
*salvado de arroz	11,3-14,9	15,0- 19,7	7,0-11,4	6,6-9,9	34,0-62,0	399-476	1,16- 1,29
**cáscara de arroz	2,0-2,8	0,3-0,8	34,5-45,9	13,2-21,0	22,0-34,0	265-532	0,67- 0,74

Nota: (Rodríguez, 2007)

Nota: *Salvado de arroz: se refiere a las capas de pericarpio, tegumento y aleurona, mencionada en el estudio como pulido. ** Cáscara de arroz incluye a las capas externas de grano que son la palea y la lema.

Tabla 2. Contenido de Vitaminas y minerales del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad

fracciones	Tiamina (vit. B1) (mg)	Riboflavina (vit.B2) (mg)	Niacina (mg)	α- Tocofer ol (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Fósforo (g)
Arroz con cáscara	0,26-0,33	0,06-0,11	2,9-5,6	0,9-2,0	10,0-80,0	1,4-6,0	1,7-3,1	0,17-0,39
Arroz integral	0,29-0,61	0,04-0,14	3,5-5,3	0,9-2,5	10,0-50,0	0,2-5,2	0,6-2,8	0,17-0,43
Arroz elaborado	0,02-0,11	0,02-0,06	1,3-2,4	0,0-0,3	10,0-30,0	0,2-2,8	0,6-2,3	0,08-0,15
*Salvado de arroz	1,20-2,40	0,18-0,43	26,7-49,9	2,6-13,3	30,0-120,0	8,6-43,0	4,3-25,8	1,1-2,5
**Cáscara de arroz	0,09-0,21	0,05-0,07	1,6-4,2	0	60,0-130,0	3,9-9,5	0,9-4,0	0,03-0,07

Nota: (Rodríguez, 2007)

Tabla 3. Contenido de aminoácidos del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

Nota: (Rodríguez, 2007)

fracciones	Histidina	Isoleusina	Leucina	Lisina	Metionina + Cisteína	Fenilalanina + Tirosina	Treonina	Triptófano	Valina
Arroz con cáscara	1,5-2,8	3,0-4,8	6,9-8,8	3,2-4,7	4,5-6,2	9,3-10,8	3,0-4,5	3,0-4,5	4,6-7,0
Arroz integral	2,3-2,5	3,4-4,4	7,9-8,5	3,7-4,1	4,4-4,6	8,6-9,3	3,7-3,8	3,7-3,8	4,8-6,3
Arroz elaborado	2,2-2,6	3,5-4,6	8,0-8,2	3,2-4,0	4,3-5,0	9,3-10,4	3,5-3,7	3,5-3,7	4,7-6,5
*Salvado de arroz	2,7-3,3	2,7-4,1	6,9-7,6	4,8-5,4	4,2-4,8	7,7-8,0	3,8-4,2	3,8-4,2	4,9-6,0
**Cáscara de arroz	1,6-2,0	3,2-4,0	8,0-8,2	3,8-5,4	3,5-3,7	6,6-7,3	4,2-5,0	4,2-5,0	5,5-7,5

Nota. Recuperado de "apunte de morfología, fenología, ecofisiología, y mejoramiento genético del arroz".p.02. por Olmos S. 2007 (Catedra de cultivo de arroz). Facultad de ciencias agrarias. Argentina.

C. Principales Regiones Productoras:

A nivel nacional hay 70741 productores de arroz. Así mismo Piura (como se observa en la tabla 4) concentra el mayor número de productores (19066 productores) seguido de San Martin (10535 productores) y de Loreto (10367 productores). Estas 3 regiones concentran el 57 % de productores a nivel nacional.

Tabla 4. Productores de arroz cáscara

Región	Nº Productores	Participación
Piura	19066	27,06 %
San Martin	10535	19,95 %
Loreto	10367	14,71 %
Cajamarca	4769	6,77 %
Ucayali	4463	6,33 %
Arequipa	3634	5,16 %
Amazonas.	3360	4,77 %
Huánuco	3247	4,61 %
La Libertad	2856	4,05 %
Tumbes	1797	2,55 %
Lambayeque	1795	2,55 %
Madre de Dios	1588	2,25 %
Pasco	1237	1,76 %
Ancash	905	1,28 %
Junín	411	0,58 %
Cuzco	387	0,55 %
Puno	33	0,05 %
Ayacucho	19	0,03 %
Lima	2	0,00 %
Total general	70471	100 %

Nota: (INEI, 2018)

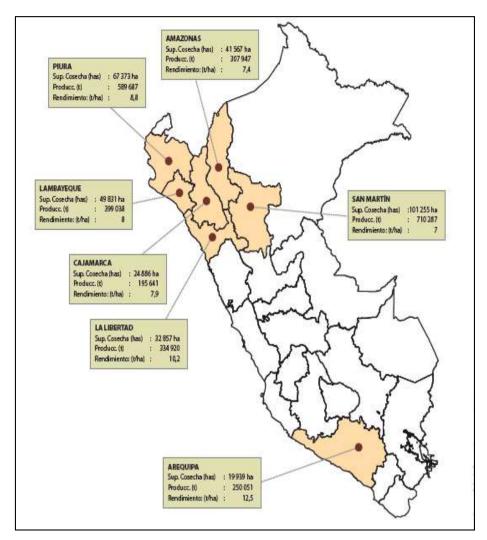


Figura 1. Principales regiones productoras de arroz en Perú (2017).

D. Variedades de arroz:

Existen variedades de arroz que se siembran en diferentes zonas del país. Estas difieren por las características propias que tiene cada tipo de arroz en cáscara, como el tamaño del grano, porcentaje de humedad, cantidad de manchas que tiene, y las impurezas que tiene el arroz. Según este tipo de características el arroz se clasifica tres tipos de calidades, arroz extra, que es de primera calidad con mínimo quebrado de 5% y defectos de 5%; arroz superior, que tiene un quebrado de 15 % y defectos de 8%; y el arroz corriente, que tiene un quebrado de 25% y defectos de 15%.

• A continuación, las diferentes variedades en las diferentes regiones:

Tabla 5. Variedades de arroz en las diferentes regiones.

Variedad	Zona
Nir	Lambayeque
Tinajones	Lambayeque
mallares	Lambayeque
Esperanza	selva
Plaza	selva
Victoria	selva
Ferón	selva
Pitipo	Selva

Fuente: (INEI, 2018)

E. Tipos de arroz:

Dentro de las variedades de arroz que se ofrecen en el país, se ofrecen diferentes tipos de arroces de acuerdo a los gustos y necesidades de los consumidores.

Estos tipos de arroces son:

- **1. Arroz fresco:** Es el arroz de cualquier variedad que es pilado pocos días después de haber sido cosechado del campo. Es el que más se ofrece en el mercado y el consumido en la mayoría de los hogares peruanos, se caracteriza x su color blanco.
- 2. Arroz añejo o envejecido: Es el arroz que es almacenado por más de siete meses en cascara, es decir antes de procesarlo para comercializarlo. Este tipo de arroz tiene un precio mayor que el arroz fresco, debido al ser almacenado, aumenta su costo de producción.

1.2.2. Descripción del proceso de pilado

El proceso que a continuación se describe se basa en las operaciones observadas y registradas en la empresa Molinera del Centro S.R.L, de Lambayeque, Perú, situada en la Panamericana Norte Km 778.

1. Recepción de Materia Prima

La materia prima que ingresa seca a planta se puede presentar en dos maneras:

- La materia prima que ingresan a planta por parte de los clientes a quienes la empresa les brinda el servicio de pilado.
- La materia prima que es comprada en campo durante la cosecha por el Jefe de Acopio de la empresa.

La materia prima es trasladada en sacos de 70-80 kg aproximadamente y cada vez que llega un lote de materia prima a la planta se le realiza su respectivo muestreo para determinar la humedad con que ingresa.

2. Almacenamiento de Materia Prima.

La materia prima se almacena a temperatura ambiente, en lugares libres de infestaciones hasta que se programe su respectivo pilado. El almacenado se hace al aire libre encima de Parihuelas y/o mantas y además se cubren las rumas con mantas para protegerlos de las posibles lluvias que se presenten. Con la humedad del grano a 14.0 % como máximo.

3. Pre limpia

En esta operación se da la limpieza del grano donde se busca remover la mayor parte del material extraño y semillas objetables que se encuentran en el grano que se recibe de campo. Como material extraño se elimina paja, polvo, piedras, metales, vidrios. Palotes, etc. En esta operación se hace pasar el grano a través de una zaranda con mallas perforadas, las cuales van a retener las impurezas.

4. Descascarado

El equipo para realizar esta operación está conformado esencialmente por dos rodillos de goma que giran en sentido convergente. La separación entre ellas es de 0,5 a 1,0 mm; por esta abertura pasa el arroz cáscara para ser descascarado. El producto pasa a un separador de cascarilla, que separa el grano descascarado (integral) de la cascarilla. La cascarilla es evacuada a través de un ventilador hacia una

zona externa de la planta.

5. Separación Gravimétrica

Conocida también como mesa separadora de paddy; el principio de funcionamiento de este equipo, es la separación del grano por diferencias de peso por unidad de grano, siendo el más pesado aquel que contiene cáscara (el 10%, no descascarado).

6. Despedregado

El principio de esta operación es la formación de un lecho fluido para segregar los productos por diferencias de pesos, velocidad y de flotación. La máquina cuenta con una malla por donde circula el arroz y mediante una inyección de aire el arroz por presentar menos peso que las piedras se mantiene flotando por encima de la malla dejando las piedras en la malla y por la inclinación y vibración de la maquina son eliminadas hacia la parte externa.

7. Pulido por Abrasión

En esta etapa se remueve la película oscura que cubre al grano de arroz: Salvado o polvillo. Consta de un distribuidor con regulación de flujo de alimentación de arroz el cual abastase a una sección de 4 piedras abrasivas ordenadas en dos líneas horizontales cubiertas por unas cribas que ejercen una acción suficientemente fuerte para separar las capas blandas (salvado) pero sin demasiado esfuerzo o presión para dañar al grano.

8. Pulido por Fricción

Por medio de esta etapa se remueven todo exceso de harina. Aquí el pulido se realiza por fricción, por medio de pulidoras horizontales que trabajan con dosificación de agua atomizada con la finalidad de ejercer un ablandamiento sobre el salvado no removido. El agua utilizada debe estar libre de cualquier clase de microorganismos para ello el agua debe tener de 1-1,5 ppm de cloro libre residual.

9. Clasificado por Tamaño

Esto se realiza en un cilindro de alvéolos. A través de una caja de entrada, el arroz fluye al interior del cilindro rotativo, cuya cubierta está provista con alvéolos de diseño especial: esférica, para la separación según su longitud. Los granos que encajan totalmente en el alveolo, serán elevados, y a cierta altura (ajustable) caerán fuera de los alvéolos cayendo por gravedad a la bandeja y será descargado por medio de una rosca sin fin. Los granos, sin embargo, son más grandes que el diámetro del alveolo, se deslizan y permanecen sobre la superficie interior del cilindro (producto de la camisa).

10. Selección por Color

La selectora por color presenta bandejas vibratorias que alimenta un conjunto de canales metálicos por donde se desliza el grano hasta alcanzar una velocidad uniforme. Cuando finaliza el recorrido por el canal, durante un instante permanece en suspensión en el aire, momento en que se aprovecha para observarlo por una foto celda u ojo electrónico que al detectar grano machado, piedra o cualquier otro elemento que no tenga la transparencia o blancura calibrada como patrón da una orden a un eyector, que opera con aire a presión, para que lo saque del camino hacia otro sitio de salida diferente al grano aceptado.

11. Envasado

Los envases deben ser de material inerte a la acción del producto, de tal forma que no altere sus características físicas, organolépticas, nutricionales y a la vez no produzca sustancias tóxicas.

12. Almacenamiento

El almacén de producto terminado es de uso exclusivo para tal fin, y está ubicado en un espacio independiente de cualquier otro ambiente. Es ventilado, exento de humedad y tiene adecuada iluminación.

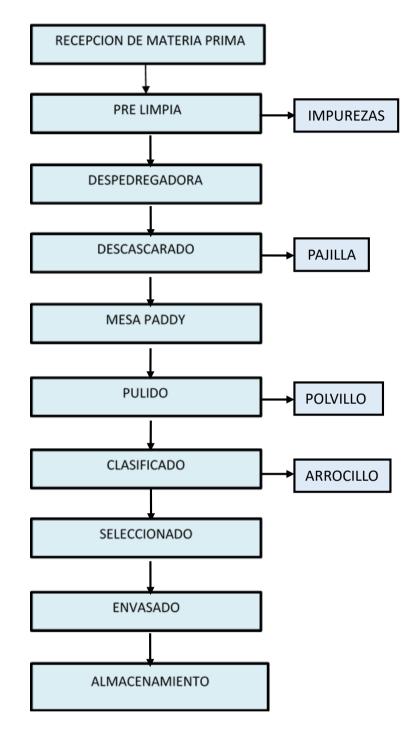


Figura 2. Diagrama de Flujo de proceso de Pilado.

1.2.3. Añejamiento:

El arroz elaborado contiene cerca de 80 % de almidones en forma de amilosa (en cadena lineal helicoidal) con 10 %- 34% según el tipo de grano y de amilopectina (cadena múltiple ramificada) con 66%-90%. Ambos almidones el ser humano no los puede digerir. Para poder llevar a cabo el proceso de digestión, se tienen que destruir las cadenas ya antes mencionadas y transformarlas en digeribles formas de glucosa.

Durante el largo almacenamiento del arroz en adecuadas condiciones, la masa de arroz toma lentamente una mayor uniformidad y un ajuste cualitativo, las enzimas alfa y beta amilasa actúan sobre el almidón y lo transforman parcialmente en:

- ➤ **Dextrinas:** son carbohidratos con mayor cantidad de moléculas, que se forman por reducciones no completas de almidón y la celulosa .se emplea en la elaboración de sustancias pegajosas y espesantes.
- ➤ Maltosa: son anillos unidos de glucosa, y se forma por la reducción de los almidones. Se considera estos la parte más nutritiva del arroz.

El envejecimiento disminuye la solubilidad en el agua, del almidón y las proteínas, el tiempo necesario para la cocción aumenta, paralelamente con el incremento de volumen, la absorción de agua y la resistencia a la disgregación. Se producen variaciones hidrolíticas y oxidativas de los lípidos del arroz en relación con los cambios de las proteínas y del almidón.

Las capas externas del pericarpio se oscurecen ligeramente, el rendimiento de la elaboración aumento al disminuir el porcentaje de roturas. Disminuye la susceptibilidad de los diversos compuestos del grano a la actividad enzimática.

Como producto final se obtiene un arroz de alto rendimiento, buena cocción siendo este el preferido por los consumidores. Cabe recalcar que este producto terminado tiene un valor mayor que tradicional o envejecido natural.

i. Características del Añejamiento.

- Disminuye la solubilidad en el agua del almidón y proteínas, el tiempo para la cocción aumenta, paralelamente con el incremento de volumen, la absorción de agua y la resistencia a la disgregación.
- Se producen variaciones hidrolíticas y oxidativas del arroz en relación con los cambios de las proteínas y del almidón.
- Las capas externas del pericarpio se oscurecen ligeramente, aumenta el rendimiento de la elaboración al disminuir el porcentaje de roturas.
- Disminuye la susceptibilidad de los compuestos del grano a la actividad enzimática.
- La cariópside alcanza una mayor dureza y consistencia.
- El reposo (envejecimiento) del arroz afecta su textura del grano.
- El efecto de envejecimiento del arroz puede ser el resultado de transformaciones físicas del almidón y proteínas.
- Genera algunos cambios en el sabor.
- Los cambios que el arroz experimenta durante el almacenaje dependen de la temperatura del almacenaje.
- La resistencia a la tracción del arroz aumenta con el reposo, al igual que la resistencia a la compresión y a la rotura.
- Se aprecian cambios en expansión del volumen del arroz y absorción de agua durante la cocción.

ii. Mecanismo del añejamiento del arroz

- Moritaka y Yasumatsu (2012) propusieron un mecanismo del envejecimiento del arroz que comprende los lípidos y proteínas. Los lípidos forman ácidos grasos libres, los cuales pueden formar complejos con la amilosa y compuestos carbonilos e hidroxiperóxidos, lo cual puede acelerar la oxidación y condensación de las proteínas más la acumulación de compuestos de carbonilo volátiles. La oxidación de proteínas, junto con un aumento en la concentración de almidón de micelas, inhibe la hinchazón de los gránulos de almidón y afecta la textura del arroz cocido.
- Mod et al. propusieron que la oxidación de ésteres de hemicelulosa

fermentados contribuiría a la reticulación y al aumento de la resistencia de las paredes celulares durante el almacenamiento. Es evidente que el envejecimiento es un proceso complicado que implica un cambio físico, químico y biológico. Proponemos que la liberación de ácidos fenólicos libres altera la integridad de la pared celular y, al mismo tiempo, los ácidos fenólicos ejercen un efecto a través de su actividad antioxidante sobre la formación de FFA que puede completarse más con amilosa durante el almacenamiento. Un modelo para el proceso de envejecimiento se presenta en la Figura 3.

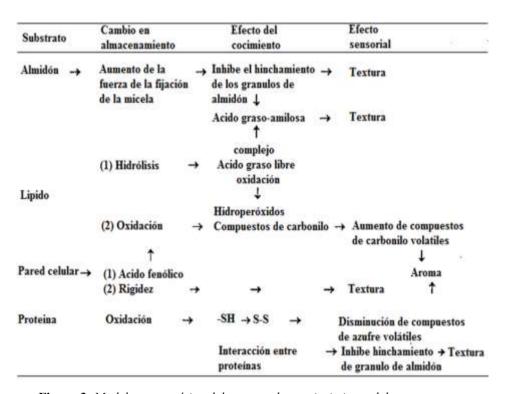


Figura 3. Modelo esquemático del proceso de envejecimiento del arroz (Moritaka y Yasumatsu, 2012).

iii. Cambio en las propiedades físicas y de cocción del arroz añejo

A. Propiedades físicas:

1) Blancura del arroz

La blancura del arroz paddy en el proceso de envejecimiento acelerado sufre una disminución. La blancura es menor a un contenido de humedad inicial más alto y un tiempo de templado más largo. Cuanto mayor sea el contenido de humedad y se mantenga en mayor tiempo, aparecerá el color más oscuro. La reducción del color de la blancura se debe principalmente a las reacciones de pardeamiento. En comparación con el envejecimiento natural de hasta 6 meses, el arroz envejecido acelerado es más oscuro.

2) Rendimiento en el pilado

El envejecimiento natural del arroz, que se realiza en cascara y durante cerca de un año, produce un mayor rendimiento en al pilado de arroz, expresado como menos porcentaje de partidos. Esto se debería a que durante el envejecimiento se produce una gelatinización parcial del almidón del arroz. Este rendimiento está afectado por el contenido de humedad inicial y el tiempo de envejecimiento.

B. Propiedades de cocción

1) Absorción de agua

El envejecimiento permite una mayor absorción de agua y por lo tanto un aumento del volumen. Este aumento de volumen puede explicarse por el hecho de que las paredes celulares del arroz envejecido acelerado se fortalecieron más, debido a la gelatinización del almidón, y pudieron mantener la forma hexagonal, que proporciona una mayor absorción de agua. Para la determinación de la absorción de agua se utiliza el siguiente método: Veinte granos de arroz fueron recolectados al azar de materiales no envejecidos, envejecidos naturalmente y envejecidos artificialmente. Las muestras se cocinaron en un vaso de precipitados pequeño con 20 ml de agua en un baño de

agua. Los granos de arroz cocido se recogieron y se colocaron en papel de filtro para absorber el agua superficial. La absorción de agua (%) se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$Agua~absorbida~(\%) = \frac{\textit{Wc} - \textit{Wuc}}{\textit{Wuc}} X100$$

Donde, W_C y W_{UC} es el peso de 20 granos cocinados y sin cocinar, respectivamente.

2) Elongación del arroz

La longitud del arroz cocido es mayor del arroz antes de cocinar. Para determinar la elongación de los granos de arroz se toma 10 granos de arroz en tubo de ensayo de 20 ml y se introduce por 20 minutos con 5 ml de agua del grifo. Después de remojar, los tubos de ensayo se colocan en agua hirviendo durante unos 30 minutos. Cuando los granos se cocinan correctamente, se sacan los tubos de ensayo y se elimina el agua que se encuentra dentro de los tubos de ensayo. Posteriormente, los granos cocidos se mantienen en una lámina de vidrio durante unos minutos para evaporar la humedad adicional y luego se mide la longitud y el ancho de los granos cocidos con un calibrador de portaobjetos digital (Faruq et al., 2003).

Elongación del grano: Lf – Lo

Donde:

Lf: longitud promedio de 10 granos cocinados

Lo: longitud promedio de 10 granos sin cocinar

Proporción de la elongación del grano de arroz

La proporción de elongación del arroz cocido aumenta durante el proceso de envejecimiento como resultado de cambios en los gránulos de almidón que conducen a una mayor resistencia del grano a la desintegración durante la cocción. Por lo tanto, la pérdida de sólidos se minimiza y el volumen de grano se puede expandir aún más. Se puede

comprobar que la relación de alargamiento del arroz cocido aumenta con el aumento del tiempo de templado.

Para medir la elongación del arroz se procede de la Diez siguiente manera: granos de arroz seleccionados aleatoriamente de materiales no envejecidos, de envejecimiento natural y envejecimiento artificial. La longitud y la anchura iniciales de los granos se midieron utilizando una pinza de vernier digital. Los granos medidos se remojaron en un tubo de 20 ml con 5 ml de agua del grifo durante 20 minutos. Después de remojar, los tubos de ensayo se sumergieron en agua hervida durante aproximadamente 30 minutos. A continuación, se vació el agua de los tubos de ensayo y los granos se colocaron en una lámina de vidrio durante 50 minutos para evaporar la humedad adicional y se midió la longitud y la anchura finales usando las mismas pinzas digitales deslizantes. El cambio proporcional (PC) se midió según lo declarado por Sood y Siddig:

$$PC = \frac{LF/BF - L0/B0}{L0/B0}$$

Donde L_F y B_F representan la longitud y el ancho del grano después del cocimiento, respectivamente. L₀ y B₀ indica la longitud y la anchura del grano antes de cocinar. La elongación real se midió restando la longitud promedio de diez granos antes de ser cocinados de la de diez granos cocinados (Faruq y Meisner, 2013).

3) Pérdida de sólidos

La pérdida de sólidos después del cocimiento es menor y disminuye con el tiempo de añejamiento, la temperatura y el contenido inicial de humedad. La menor cantidad de pérdida de sólidos después del cocimiento podría estar relacionada con el fortalecimiento de la pared celular del grano de arroz, que puede resistir la hinchazón del grano durante la cocción.

Además, la formación del complejo entre los ácidos grasos libres y la amilasa da como resultado un almidón de solubilidad en agua inferior.

La pérdida de sólidos se puede determinar secando una alícuota de agua de cocción en placa de petri a 70°C en un horno hasta que esté completamente seca.

La pérdida de sólidos se puede determinar secando una alícuota de agua de cocción en placa de petri a 70°C en un horno hasta que esté completamente seca.

$$\text{Perdida de s\'olidos en agua de cocci\'on} = \frac{\text{aumento de peso de placa Petri}}{\text{peso de muestra de arroz}} x 100$$

1.2.3.1. Envejecimiento Natural del arroz

El método de envejecido consiste en almacenar el arroz en cascara o pilado, en bodegas o silos durante por lo menos 6 o 7 meses, preferiblemente un año. Durante este tiempo el arroz adquiere ciertas características. Este proceso se lo realiza en arroz pilado fresco, logrando disminuir su porcentaje de humedad a menos de un diez por ciento.

Un punto importante que se debe considerar en los procesos de secado y envejecido de arroz es el almacenamiento del mismo puesto que durante el almacenamiento del arroz en cascara suceden muchos cambios producidos por factores que negativamente en este cereal, uno de los principales es el exceso de humedad. Una humedad excesiva favorece el crecimiento de hongos y bacterias, provocando la aparición de parásitos. Si la humedad es relativamente alta a niveles del 15% o más el grano pierde almidón y azucares. El Factor de humedad es de mucha importancia a tomar en cuenta, y esta puede aumentar por factores externos como infiltración en paredes, caídas repentinas de temperaturas ocasionando una condensación, y por el metabolismo propio de insectos, hongos.

El envejecimiento natural presenta algunas desventajas como:

- Se debe utilizar en las épocas del año en que no hay lluvias, puesto que no permiten que se lleve a cabo este proceso por la ausencia del sol.
- Los costos que se tiene que asumir, los costos de alquiler de bodegas o lugar de almacenamiento, luego los costos de mantenimiento para conservar el grano libre de plagas.

1.2.3.2. Añejamiento Artificial del arroz

El arroz envejecido artificialmente tiene similares características que el arroz envejecido naturalmente, ya que en su proceso de producción consiste en disminuir su humedad o secar los granos de arroces frescos, que es lo que sucede en el envejecimiento natural. El proceso se realiza en máquinas específicamente diseñadas conocidas como añejadoras o envejecedoras artificiales. En estas máquinas se crea un clima idóneo, para que las enzimas alfa y beta amilasas se activen, y pueden destruir las cadenas y ramas de los almidones con mayor velocidad, de tal forma que se puede lograr características semejantes a un añejamiento natural (4 – 7 meses) en un mínimo de 12 horas o un máximo de 24 horas.

Durante el envejecimiento artificial del arroz se crea un clima ideal para la actividad de las mencionadas enzimas, donde no debe existir oxigeno sino vapor de igual, lo que requiere el proceso para completar las dextrinas y maltosa incompletas, cortados de las cadenas múltiples. Este vapor adecuado lo produce el mismo arroz durante el calentamiento debido a su humedad inicial (11 - 12%), ya sea por el manejo que se le dé o a la variedad al cual pertenezca, se recupera un poco más según el clima en el que encuentre posteriormente. Es importante investigar sobre el tiempo y la temperatura que dependen de la variedad y calidad que se requiera. La máquina añejadora consiste en una serie de tubos por cuyo interior circula aire caliente y por la parte externa se hace contacto con el arroz. Las paredes de los tubos transfieren el calor al arroz. Al alcanzar una cierta temperatura, las capas del arroz cercanas a las paredes de los tubos, absorben el calor

(cerca de 50 kJ por kg de arroz) para disminuir los almidones y de estar forma transferido a los granos de las próximas capas. Al haber procesado la destrucción del amilo pectina y la amilasa, por medio de las enzimas, el grano que se encuentra cerca de las paredes comienza aumentar su temperatura y empieza a transferir el calor al arroz vecino. Así, en el punto cero, en el punto más distante a las paredes se encuentra el arroz más frio, el cual no ha sido procesado todavía. Al final, cuando en este punto empieza a subir la temperatura por encima del nivel deseado, se dice que el proceso ha terminado. Se puede apreciar que el arroz cercano a los tubos alcanza casi la temperatura de las paredes, mientras que el arroz en el punto cero esta 10 – 20°c más frio., cuando se procesa o está a la espera de procesar. Durante el proceso los granos se hacen más blandos y se van endureciendo durante su lento enfriamiento posterior en silos o en sacos. El arroz envejecido sale con una humedad de 1% a 2% menos que la humedad inicial, esta humedad se recupera posteriormente según el clima en el que se encuentre. Todo el proceso incluye dos etapas, una de calentamiento que consta de una elevación gradual de temperatura y una de añejamiento donde se mantiene la temperatura constante. Después del proceso de añejamiento, antes de descargar se deja enfriar lentamente por periodos de hasta 5 horas (INDUHORST CIA. LTDA., 2012).

Desventajas

- Resulta imposible dar un manejo uniforme a todas las variedades de arroz que se quiere procesar, ya que depende de la calidad que se desea obtener al final del proceso en cada una de las variedades de arroz, así como su humedad inicial y la que tiene algún tiempo después de su cosecha.



Figura 4. Maquina Añejadora Indurhorst. Recuperado de empresa Molinera del Centro S.R.L.



Figura 5. Maquina Añejadora Indurhorst. Recuperado de empresa Molinera del Centro S.R.L.



Figura 6. Parte frontal de Maquina Añejadora Indurhorst, Vista interna, Recuperado de empresa Molinera del Centro S.R.L.

1.2.4. DEFINICION DE TERMINOS

1. Humedad:

El contenido de humedad es de gran importancia, todos los alimentos, contienen agua en mayor o menor proporción aun si han sido sometidos a cualquier método de industrialización. Pero su determinación exacta es dificil, en los alimentos naturales el contenido en agua varía entre un 60 y un 95%. En los tejidos vegetales y animales, puede decirse que existe en dos formas generales: "agua libre" y "agua ligada". El agua libre o absorbida es la que se libera con gran facilidad, la que predomina y la estimada en la mayor parte de los métodos usados para calcular el contenido en agua. El agua ligada se halla combinada o absorbida. Se encuentra en los alimentos como agua de cristalización (en los hidratos) o ligada a las proteínas. La humedad es importante para conocer en qué proporción se encuentran los nutrientes y también nos indica la estabilidad de los alimentos.

2. Materia Seca:

La materia seca o extracto seco es la parte que resta de un material tras extraer toda el agua posible a través de un calentamiento hecho en

condiciones de laboratorio. El procedimiento consiste en pesar la materia fresca (en su estado natural), y someterla a un secado por calentamiento en un horno de laboratorio, llegando a una temperatura de entre 103 y 105 °C (en el caso de los alimentos) mientras que el tiempo que dura el calentamiento dependerá de cada substancia. Una vez pasado el tiempo de calentamiento se pesa el residuo, que será la materia seca.

3. Proteínas:

Las proteínas existen en los alimentos en combinación física o química con carbohidratos o lípidos. Para la determinación de la proteína los procedimientos más utilizados no determinan directamente esta, sino el contenido en nitrógeno, que se expresa como nitrógeno total y que se obtiene mediante una combustión líquida en la que, en un primer paso, el nitrógeno de la muestra se convierte en sulfato amónico, el cual luego se transforma en amoniaco. Este amoniaco se destila y se valora en una solución ácido normalizado.

4. Grasas:

Las grasas están formadas principalmente por acilglicéridos que se diferencian entre sí por su composición en ácidos grasos. Pueden contener fosfolípidos, ácidos grasos libres ósea aquellos que pueden ser extraídos por disolventes menos polares y algunos lípidos insaponificables, la combinación de estas puede ser extraída usando disolventes más polares. Las uniones de los lípidos pueden ser rotas por medio de hidrolisis o algún tratamiento químico para producir ácidos libres. Existen diferentes grasas según su nivel de saturación, su composición y la proporción de ácidos grasos, como son las grasas saturadas, que son grasas sólidas y nocivas a la salud si están presentes en exceso en el organismo, y grasas insaturadas, las cuales son líquidas y más livianas en su estructura. Algunas de ellas se convierten en nutrientes importantes para el organismo. Uno de los principales objetivos de la grasa es la conversión de su materia en energía.

5. Cenizas:

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes. El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo en las especias y en la gelatina es un inconveniente un alto contenido en cenizas. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación.

6. Fibra Cruda:

La fibra cruda se define como los componentes de la dieta de origen vegetal, que son resistentes a las enzimas digestivas del hombre y químicamente estaría representado por la suma de los polisacáridos que no son almidones ni lignina. La fibra cruda está formada por componentes estructurales de la pared de las células vegetales como, celulosa, hemicelulosa, sustancias pépticas y lignina y no estructurales, como gomas, mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada. La ingesta aumentada de fibra conduce a una mayor excreción de ácidos biliares fecales, así disminuye la concentración de colesterol en la sangre.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Población y muestra

Universo: constituido por todo el arroz pilado que llega a la Molinera Del Centro S.R.L, Carretera Lambayeque Km 777 Chiclayo - Lambayeque. La variedad del arroz utilizado fue NIR-48.

Población: constituida por lotes de 140 sacos de arroz para llenar la máquina añejadora. Se utilizaron tres lotes para cada temperatura de ensayo.

Muestra: para los respectivos ensayos fisicoquímicos se tomaron muestras de cantidades variables según el ensayo realizado.

2.2. Materiales, Reactivos y Equipos

2.2.1. Materiales

- Recipientes Plásticos
- Cucharones
- Bolsas (5Kg)
- Plumas de metal, para muestrear arroz
- Bagueta de vidrio.
- Papel filtro.
- Pipetas de 10, 5,20 y 25 ml.
- Probeta de 50 y 100ml.
- Vasos de precipitados altos de 50 mL.
- Crisoles de platino o de cuarzo para mufla.
- Crisol con placa porosa.
- Desecador con silicagel o similar.
- Matraz tipo Erlenmeyers.
- Cajas Petri

2.2.2. Reactivos

- Ácido sulfúrico concentrado.
- Sulfato de potasio o sulfato de sodio..
- Sulfato cúprico.
- Solución de hidróxido de sodio.
- Solución de ácido sulfúrico 0.1 N.

- Solución indicadora de rojo de metilo.
- Ácido bórico al 3 %.
- Ácido clorhídrico concentrado
- Etanol
- Carbonato de sodio
- Éter etílico
- Éter de petróleo.

2.2.3. Equipos

- Balanza analítica, marca Excell BH 300. Capacidad 300g.
- Balanza semianalítica, marca Ohaus sensibilidad 0,1g. EE.UU.
- Estufa precisión Thelco Model 18. Rango: 0-200 °C
- Equipo Kjeldahl.
- Equipo Soxhlet.
- Desecador de vidrio.
- Mufla. Escala 0- 500°C.
- Termómetro. Escala: 0-100°C.
- Medidor de Blancura modelo C -300. marca Kett. Escala: 5-69 °Kett.
- Clasificador (% quebrado) marca Zaccaria, modelo CRZ-2, capacidad 100 gr
- Añejadora Artificial, modelo EVA 7000 marca Induhorst
- Medidor de Humedad, marca Kett, modelo PM-4025, Temperatura de funcionamiento: 0 a 40 °C.
- Baño maría. Escala 25-95°C
- Tamiz de 0,3 0,5 mm.
- pH-metro.
- Bomba de vacío.

2.2.4. Características de la maquina añejadora

- Modelo: EVA 7000
- Fabricante: INDUHORST CIA. LTDA.
- Capacidad: 6900 kg de arroz pilado
- Ventilador principal: con motor de 7.5 kW
- Motorreductor: para el sin fin de llenado, 0.55 kW

- Ventilador de recirculación: 0,55 kW
- Motor vibrador, para descarga, 1.5 kW
- Calentamiento: eléctrico, resistencias con funcionamiento escalonado, 54 kW.
- Funcionamiento: electrónico con PLC y pantalla HMI táctil digital

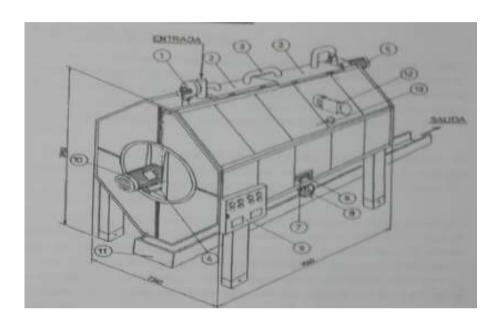


Figura 7. Partes de Maquina Añejadora Indurhorst, Vista interna.

- 1. VENTILADOR de circulación del aire caliente por las tapas (pos 2) que se encuentran en la parte de arriba, para calentarles y evitar la condensación de vapor en esta zona.
- 2. TAPAS con canales para aire caliente
- 3. TUBOS flexibles para la conducción de aire caliente.
- 4. PALANCA para alzar las tapas (pos 2) y dejar salir el vapor sobrante en los casos donde el producto este muy húmedo.
- 5. MOTORREDUCTOR que actúa sobre el eje helicoidal (sinfín) y que distribuye el arroz en la maquinaria durante la carga.
- 6. TERMOMETRO DE CONTROL de la temperatura del arroz menos caliente en toda la maquinaria.
- 7. PROBADOR del arroz en proceso, que permite secar una prueba de aproximadamente 10 gramos en cualquier momento.
- 8. MANUBRIO DE DESCARGA abre las compuertas de abajo a todo lo

largo de la máquina para una continua salida de arroz.

- 9 TABLERO para el control eléctrico de la máquina.
- 10. VENTILADOR CENTRAL, con motor de 7,5/10 HP, que deja circular el aire en el interior, logrando una distribución homogénea del color.
- 11. BANDA O TRANSPORTADOR VIBRATORIO de descarga, que lleva el arroz procesado al elevador del silo de reposo.

2.3. Procedimiento

El arroz añejado artificial, motivo de la presente investigación se obtuvo por añejamiento acelerado combinando tres tiempos (10, 16 y 22 horas) y tres temperaturas (65, 75 y 85°C). Para la toma de datos se utilizó el siguiente esquema:

Temperatura (°C) Tiempo (horas)	T1=65	T2=75	T3=85
t1=10	t1- T1	t1- T2	t1- T3
t2=16	t2- T1	t2- T2	t2- T3
t3=22	t3- T1	t3- T2	t3- T3

Tabla 6. Cuadro de combinación Tiempo (horas) y Temperatura (°C) de una muestra de arroz añejado artificialmente

Para este diseño factorial, para cada combinación se realizó tres repeticiones. Como variables dependientes se tomó en cuenta: elongación del grano, capacidad de adsorción y pérdida de sólidos.

2.3.1. Procedimiento de añejamiento artificial

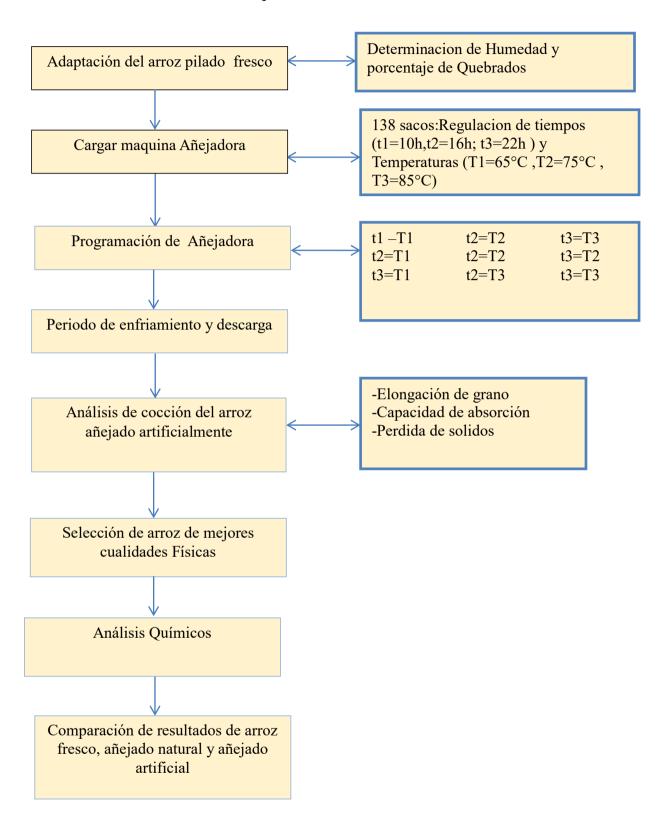


Figura 8. Esquema del proceso de añejamiento artificial.

1) Adaptación del arroz pilado fresco

Para esta etapa se seleccionó arroz extra, con lo cual se aseguró de tener un contenido de quebrados mínimo, así como menos defectos físicos conocidos como mancha, yeso, tiza y puntilla. También se cercioró que los lotes escogidos tengan un olor característico apropiado. La humedad del arroz pilado fresco se determinó que en promedio sea 12%.

2) Cargar maquina añejadora

Para realizar esta etapa, los estibadores cargaron 138 sacos y fueron llenando una tolva que a través de un elevador lo deposita a la parte superior de la añejadora, donde se encuentra un sinfin, el cual se encarga del llenado de la máquina.

3) Programación de añejadora.

En esta etapa se programó las nueve combinaciones de tiempo y temperatura como se ha descrito anteriormente. Cada combinación se repitió tres veces.

4) Periodo de enfriamiento y descarga

En el enfriamiento es lento. De las cuatro compuertas que dispone el equipo se abrió una y se dejó enfriar lentamente hasta alcanzar una temperatura de 33°C. Luego se abrió las demás compuertas y se continuó enfriando hasta temperatura ambiente. Todo el tiempo de enfriamiento duro aproximadamente 5 horas. El arroz añejado frio se transportó hacia el silo (tolva) de reposo y se dejó por unas 12 horas antes de ensacar y hacer los ensayos.

5) Ensayos de cocción del arroz añejado artificial

Se realizaron tres ensayos de cocción del arroz añejo: elongación del grano, capacidad de adsorción y pérdida de sólidos.

6) Selección de arroz de mejores cualidades físicas

De las nueve combinaciones ensayadas se seleccionó el arroz añejado artificialmente que mostró mejores características de cocción.

7) Análisis químicos

Al arroz seleccionado en la etapa anterior se sometió a diferentes análisis físicos y químicos propios de la industria arrocera.

8) Resultados comparativos

Se presenta finalmente los resultados obtenidos en la presente investigación y se compara con algunos resultados de arroz sin añejar y de arroz añejado en forma natural que dispone la empresa Molinera del Centro S.R.L.

2.4. Métodos de análisis.

Se realizaron los siguientes Análisis físico químico

➤ Determinación de humedad. Se determinó mediante el método gravimétrico recomendado por la A.O.A.C.N°925,40 (1998).

$$\%Humedad = \frac{Peso\ Inicia - Peso\ final}{Peso\ de\ la\ muestra} x100$$

Determinación de materia seca. Se determinó mediante el método: Por diferencia.

➤ Determinación de proteínas. Se efectuó mediante el método Micro-Kjeldahl recomendado por la Norma AOAC 960.52 (1995). Para transformar el contenido de N en proteínas se multiplica por el factor (6.25).

➤ **Determinación de grasa.** Se determinó mediante el método soxhlet recomendado por la A.O.A.C.N°925,22 (1998).

$$\%Grasa = \frac{Peso\ 1 - Peso\ 2}{Peso\ de\ la\ muestra} x100$$

Dónde:

Peso 1 = Peso del recipiente con la materia grasa

Peso 2 = Peso del recipiente vacío

➤ **Determinación de cenizas**. Se determinó por el método de incineración directa recomendado por la A.O.A.C. N° 950,49 (1998).

$$\%Cenizas = \frac{Peso \ final - Peso \ crisol \ vacio}{Peso \ de \ la \ muestra} x100$$

➤ **Determinación de fibra cruda:** Se realizó siguiendo las determinaciones de la A.O.A.C. N° 935,53 (1998).

% fibra cruda =
$$\frac{B-C}{4}$$
x100

Dónde:

A= Peso en gramos de la muestra

B= Peso en gramos del crisol con residuo seco

C= Peso en gramos del crisol con ceniza

➤ Determinación de carbohidratos: Los carbohidratos totales se calcularon restando a 100, la suma de los porcentajes de humedad, lípidos, proteína y cenizas. (Código Alimentario Argentino ,1998).

$$%Carbohidratos = 100 - (%H + %P + %G + %C)$$

Dónde:

%H =%Humedad

%P = %Proteína

%G = %Grasa

%C = %Cenizas

➤ Determinación de Valor Calórico: Se realizará por medio de los coeficientes de Atwater, estos % se obtendrán del análisis proximal del producto terminado.

$$V.C. = 4(\%P) + 4(\%C) + 9(\%G)$$

Donde:

%P: Porcentaje de Proteína.

%C: Porcentaje de Carbohidratos.

%G: Porcentaje de Grasa.

III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Caracterización Del Arroz Fresco

En la Tabla 7 se presenta las principales características organolépticas del arroz fresco alimentado a la añejadora artificial. En la Tabla 8, se resume las características físico-químicas del arroz fresco empleado en los ensayos.

Tabla 7. Características Organolépticas de la muestra de arroz fresco.

Color	Blanco		
Olor	Normal a cereal, no se evidenció olores extraños		
Sabor	Suigeneris		
Aspecto	Granos característicos, libre de polvillo		
Consistencia	Producto seco fácilmente disgregable		

Nota: Elaboración propia 2018.

Tabla 8. Determinaciones Físico-Químicas de la muestra de arroz fresco.

Clase	Largo
Granos rojos	0,00 %
Granos tizosos totales	0,00 %
Granos dañados	0,00 %
Materia Extraña	ausencia
Granos quebrados	4,00%
Grado	I EXTRA
Granos manchados	Ausente
Ñelen y polvillo	Ausente
Granos germinados	Ausente
Variedad constante	Ausente
Humedad	12,5%
Materia Seca	87,5%
Acidez	0,036%
Proteínas Base Seca	10,37%
Grasas Base Seca	0,8%
Carbohidratos	75,83%
Ceniza Base Seca	0,5%
Fibra Cruda Base Seca	0,5%
Energía Total	352% Kcal/ 100 g
Valor Nutritivo	7,88
Ensayo de Peckar	Negativo
Prueba de Lugol	Positivo
Prueba al tacto	Normal

3.2. Variación De La Elongación De Los Granos De Arroz Añejados Artificialmente

Tabla 9. Elongación, en mm, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz añejado artificialmente a diferentes temperaturas y tiempos de envejecimiento.

Temperatura (°C) Tiempo (horas)	T1=65°C	T2=75°C	T3=85°C
t1=10	0,424	1,124	1,336
t2=16	0,717	1,858	2,335
t3=22	0,926	2,380	2,756

Tabla 10. Promedios y Desviación de la variable elongación en función de la temperatura y tiempo de añejamiento artificial.

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: ELONGACION

TEMPERATURA	TIEMPO	Media	Desviación típica	N
	10 horas	,4237	,01150	3
65°C	16 horas	,7170	,00985	3
05°C	22 horas	,9260	,01200	3
	Total	,6889	,21875	9
	10 horas	1,1243	,00737	3
75°C	16 horas	1,8577	,06268	3
/5°C	22 horas	2,3803	,03153	3
	Total	1,7874	,54755	9
	10 horas	1,3357	,03868	3
950C	16 horas	2,3347	,02468	3
85°C	22 horas	2,7563	,01320	3
	Total	2,1422	,63232	9
	10 horas	,9612	,41393	9
Total	16 horas	1,6364	,72066	9
Total	22 horas	2,0209	,83735	9
	Total	1,5395	,79214	27

Tabla 11. Elongación, en mm, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz pilado fresco y arroz añejado naturalmente.

	Arroz pilado fresco	Arroz añejado naturalmente
	0,236	1,918
Muestras	0,224	2,012
	0,241	1,959
Promedio	0,2336	1.963

Tabla 12. Análisis de la varianza para dos factores Temperatura y Tiempo de la variable ELONGACION en los grupos establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y TEMPERATURA.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	16,299	8	2,037	2402,814	,000
Intersección	63,993	1	63,993	75470,232	,000
TEMPERATURA	10,335	2	5,167	6094,051	,000
TIEMPO	5,180	2	2,590	3054,423	,000
TEMPERATURA * TIEMPO	0,785	4	0,196	231,390	,000
Error	0,015	18	0,001		
Total	80,308	27			
Total corregida	16,315	26			

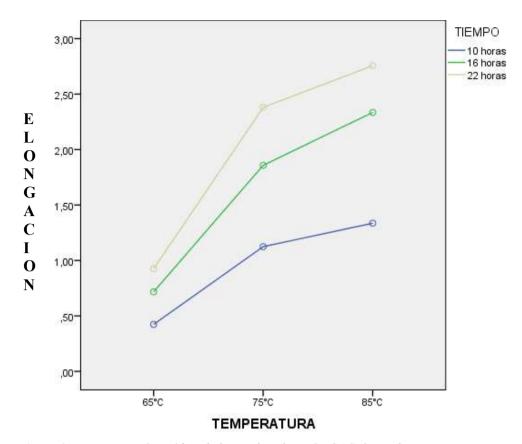


Figura 9. Representación gráfica de las medias de ELONGACION en los grupos establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y TEMPERATURA.

3.3. Variación De La Capacidad De Absorción De Agua De Los Granos De Arroz Añejados Artificialmente

Tabla 13. Capacidad de absorción de agua en %, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz añejado artificialmente a diferentes temperaturas y tiempos de envejecimiento.

Temperatura (°C)			
Tiempo (horas)	T1=65	T2=75	T3=85
	89,25	130,7	140,1
t1=10	89,98	128,4	142,5
11-10	87,54	130,1	142,3
	88,92	129.73	141.63
	93,72	153,2	178,7
42 16	95,04	159,0	177,4
t2=16	94,57	155,7	182,7
	94,44	155.97	179.60
	113,6	173,8	190,9
t3=22	119,5	175,7	192,0
	117,4	179,0	194,3
	116,83	176.17	192.40

Tabla 14. Promedios y Desviación de la variable absorción en función de la temperatura y tiempo de añejamiento

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: ABSORCION

TEMPERATURA	TIEMPO	Media	Desviación típica	N
	10 horas	88,9233	1,25237	3
65°C	16 horas	94,4433	,66905	3
63.6	22 horas	116,8333	2,99054	3
	Total	100,0667	12,90673	9
	10 horas	129,7333	1,19304	3
75°C	16 horas	155,9667	2,90918	3
73 C	22 horas	176,1667	2,63122	3
	Total	153,9556	20,26667	9
	10 horas	141,6333	1,33167	3
85°C	16 horas	179,6000	2,76225	3
83 C	22 horas	192,4000	1,73494	3
	Total	171,2111	22,93302	9
	10 horas	120,0967	23,96597	9
Total	16 horas	143,3367	38,12544	9
10181	22 horas	161,8000	34,51818	9
	Total	141,7444	35,95716	27

Tabla 15. Capacidad de absorción de agua en %, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz pilado fresco y arroz añejado naturalmente.

Arroz Pilado Fresco	Arroz Añejado Naturalmente
0,547	168,4
0,672	170,1
0,631	167,8
0.617	168.77
N . El l	

Tabla 16. Análisis de la varianza de dos factores Tiempo y Temperatura de la variable ABSORCION en los grupos establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y TEMPERATURA

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
Modelo corregido	33535,491	8	4191,936	938,896	,000
Intersección	542470,163	4	542470 162	121500,	000
Intersection	542470,103	1 542470,163	731	,000	
TEMPERATURA	24789,896	2	12394,948	2776,18	,000
TIEMPO	7860,481	2	3930,240	880,283	,000
TEMPERATURA * TIEMPO	885,114	4	221,279	49,561	,000
Error	80,365	18	4,465		
Total	576086,019	27			
Total corregida	33615,856	26			

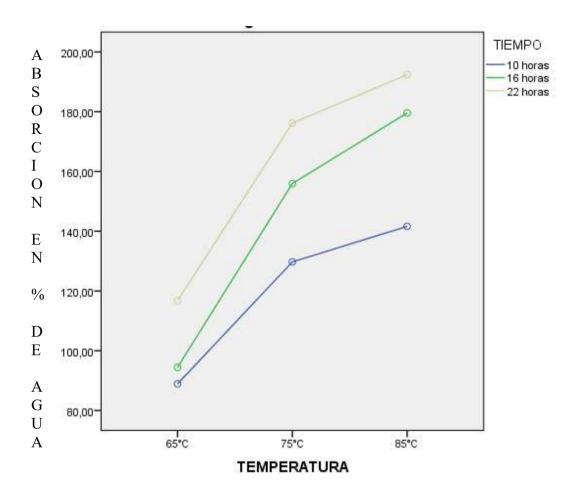


Figura 10. Representación gráfica de las medias de ABSORCION en los grupos establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y TEMPERATURA.

3.4. Variación De La Perdida De Solidos Durante El Cocimiento De Granos De Arroz Añejados Artificialmente

Tabla 17. Perdida de sólidos, en %, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz añejado artificialmente a diferentes temperaturas y tiempos de envejecimiento.

Temperatura (°C)			
Tiempo (horas)	T1=65	T2=75	T3=85
	4,92	4,38	3,81
t1=10	4,71	4,27	3,76
t1-10	4,80	4,33	3,84
	4,810	4,327	3,803
	4,02	3,82	3,11
t2=16	4,17	3,88	3,19
(2–10	4,12	3,81	3,14
	4,103	3,837	3,147
	3,74	3,06	2,97
t3=22	3,81	3,09	2,84
	3,70	3,10	2,91
	3,750	3,083	2,907

Tabla 18. Promedios y Desviación de la variable de Perdida de Solidos en función de la temperatura y tiempo de añejamiento

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: PERDIDA DE SOLIDOS

TEMPERATURA	TIEMPO	Media	Desviación típica	N
	10 horas	4,8100	,10536	3
65°C	16 horas	4,1033	,07638	3
03-C	22 horas	3,7500	,05568	3
	Total	4,2211	,47274	9
	10 horas	4,3267	,05508	3
7500	16 horas	3,8367	,03786	3
75°C	22 horas	3,0833	,02082	3
	Total	3,7489	,54352	9
	10 horas	3,8033	,04041	3
9500	16 horas	3,1467	,04041	3
85°C	22 horas	2,9067	,06506	3
	Total	3,2856	,40432	9
	10 horas	4,3133	,44051	9
Total	16 horas	3,6956	,43015	9
Total	22 horas	3,2467	,38769	9
	Total	3,7519	,60121	27

Tabla 19. Análisis de la varianza de la variable PERDIDA DE SOLIDOS en los grupos establecidos por las combinaciones de los valores de las variables TIEMPO y TEMPERATURA

ORIGEN	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIG.
Modelo corregido	9,333ª	8	1,167	323,727	,000
Intersección	380,063	1	380,063	105464, 440	,000
TEMPERATURA	3,939	2	1,969	546,494	,000
TIEMPO	5,163	2	2,581	716,317	,000
TEMPERATURA * TIEMPO	0,231	4	,058	16,049	,000
Error	0,065	18	,004		
Total	389,460	27			
Total corregida	9,398	26			

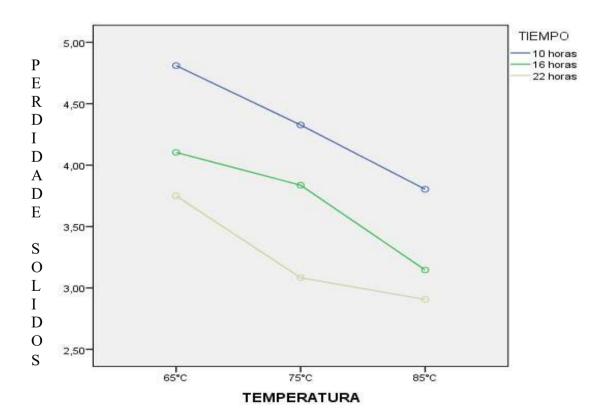


Figura11. Representación gráfica de las medias de PERDIDA DE SOLIDOS VS TIEMPO y TEMPERATURA.

Tabla 20. Perdida de sólidos, en %, alcanzada por el arroz cocido proveniente de arroz pilado fresco y arroz añejado naturalmente.

turalmente

Nota: Elaboración propia 2018

3.5. Selección Del Mejor Arroz Añejado Artificialmente

De acuerdo a los resultados mostrados en las Tablas 10, 13 y 17, el mejor arroz añejado artificialmente que presenta mejores características de elongación, adsorción de agua y menor perdida de sólidos en cocción fue la que se obtuvo con el tiempo de 22 horas y 85°C. Sin embargo, el color estuvo fuera de rango. Los arroces que cumplieron el nivel de color aceptable y tuvieron buenos valores en las propiedades ensayadas fueron las de 16 horas - 85°C; y 22 horas - 75°C, valores que tienen mucha similitud.

La mezcla de estas dos combinaciones se utilizó para la determinación de propiedades organolépticas y fisicoquímicas que se presentan a continuación. También se utilizó para hacer una comparación final entre el arroz fresco, el añejado natural y el añejado artificialmente.

3.6. Propiedades Organolépticas Y Fisicoquímicas De Arroz Añejado Naturalmente Y Añejado Artificialmente

Se presentan de los resultados de las características organolépticas y fisicoquímicas del arroz añejado naturalmente en la empresa y el mejor añejado artificial.

Tabla 21. Características Organolépticas de la muestra de arroz añejo naturalmente.

Color:

Blanco cremoso.

Normal a cereal, no se evidenció olores extraños.

Sabor:
Sui generis.

Aspecto:
Granos característicos, libre de polvillo.

Consistencia:
Producto seco fácilmente disgregable.

Tabla 22. Determinaciones Físico-Químicas de la muestra de arroz añejo naturalmente.

Clase	Largo.
Granos rojos	0,00 %
Granos tizosos totales	3,00 %
Granos dañados	0,00 %
Materia Extraña	ausencia
Granos quebrados	3,00%
Grado	I EXTRA
Granos manchados	Ausente
Ñelen y polvillo	Ausente
Granos germinados	Ausente
Variedad constante	Ausente
Humedad	11,7%
Materia Seca	88,30 %
Acidez	0,047 %
Proteínas Base Seca	9,58 %
Grasas Base Seca	0,8 %
Carbohidratos	77,32 %
Ceniza Base Seca	0,6 %
Fibra Cruda Base Seca	0,5 %
Energía Total	354,8 % Kcal/ 100 g
Valor Nutritivo	8,33
Ensayo de Peckar	Negativo
Prueba de Lugol	Positivo
Prueba al tacto	Normal

Tabla 23. Características Organolépticas de la muestra de arroz añejo artificialmente.

Color: Blanco cremoso.

Olor: Normal a cereal, no se evidenció olores extraños.

Sabor: Sui generis.

Aspecto: Granos característicos, libre de polvillo.

Consistencia: Producto seco fácilmente disgregable.

Tabla 24. Determinaciones Físico-Químicas de la muestra de arroz añejo artificialmente.

Clase	Largo.
Granos rojos	0,00 %
Granos tizosos totales	3,00 %
Granos dañados	2,00 %
Materia Extraña	ausencia
Granos quebrados	6,00%
Grado	I EXTRA
Granos manchados	Ausente
Ñelen y polvillo	Ausente
Granos germinados	Ausente
Variedad constante	Ausente
Humedad	11,0%
Materia Seca	89,0%
Acidez	0,046%
Proteínas Base Seca	9,58%
Grasas Base Seca	0,9%
Carbohidratos	77,92%
Ceniza Base Seca	0,6%
Fibra Cruda Base Seca	0,6%
Energia Total	358,1% Kcal/ 100 g
Valor Nutritivo	8,64
Ensayo de Peckar	Negativo
Prueba de Lugol	Positivo
Prueba al tacto	Normal

3.7. Comparación de Resultados.

Este cuadro comparativo representa los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados a las tres muestras de arroz tipo nir (fresco, añejo naturalmente y artificialmente), en la cual observamos diferencias mínimas de +/- 2 en los diferentes rangos.

Tabla 25. Comparación de análisis realizados a las tres muestras de arroz

Muestras	arroz fresco	arroz añejo	arroz añejo
		naturalmente	artificialmente
Análisis			
fisicoquímicos			
Humedad.	12,50 %	11,70 %	11,00%
Materia Seca.	87,5 %	88,30 %	89,0 %
Proteínas en base	10,37 %	9,58 %	9,58 %
seca.			
Grasas en base	0,8 %	0,8 %	0,9 %
seca.			
Cenizas en base	0,50 %	0,60 %	0,60 %
seca.			
Fibra cruda en	0,50 %	0,50 %	0,60 %
base seca.			
Carbohidratos	75,83 %	77,32%	77,92 %
Energía total	352,0	354,8	358,1
	Kcal/100g	kcal/100g	kcal/100g

IV. DISCUSION

De acuerdo a los resultados de la tabla 25 se concluye con respecto al análisis fisicoquímico lo siguiente:

- ➤ Con respecto a la Humedad se logró obtener los siguientes resultados de acuerdo al tipo de materia prima en su fase arroz fresco, arroz añejo natural y arroz añejo artificial de: 12,5%, 11,7% y 11,0% respectivamente, de acuerdo a Reyes G. (2017), menciona en la tabla peruana de composición de alimentos que el arroz blanco corriente tiene una Humedad de 13,4 % siendo de este modo aceptables los resultados obtenidos ya que se encuentran por debajo de lo permitido; además los resultados de Materia Seca fueron: 87,5%, 88,30% 89,0% ya que es la diferencia con respecto a la Humedad . Reyes G. (2017), indica que es de 86.6% siendo de este modo aceptables los resultados obtenidos ya que se encuentran por encima de lo permitido.
- Con respecto a la cantidad de Proteínas se logró obtener los siguientes resultados de acuerdo al tipo de materia prima en su estado arroz fresco, arroz añejo natural y arroz añejo artificial de: 10,37%, 9,58% y 9,58% respectivamente, y con respecto al arroz blanco corriente es de 7,8% de acuerdo a Reyes G. (2017), por lo cual determinamos que a mayor tiempo de almacenamiento hay mayor degradación de la proteína con respecto a un arroz añejo natural y a su vez las altas temperaturas por encima de los 60°C producen la desnaturalización de la proteína (Badui V, 2006) y esto sucede con el añejamiento artificial ya que nosotros utilizamos temperaturas en un rango de 65-85°C, lo cual corrobora nuestro resultado.
- ➤ Con respecto a la cantidad de Grasas se logró obtener los siguientes resultados de acuerdo al tipo de materia prima en su estado arroz fresco, arroz añejo natural y arroz añejo artificial de: 0,8%; 0,8% y 0,9% respectivamente, de acuerdo a Reyes G. (2017), menciona que el contenido de grasa es de 0,7 % en un arroz blanco corriente para lo cual los resultados son aceptables ya que están cerca del rango.
- ➤ Con respecto a la cantidad de Cenizas se logró obtener los siguientes resultados de acuerdo al tipo de materia prima en su estado arroz fresco, arroz añejo natural y arroz añejo artificial de: 0,5%; 0,6% y 0,6% respectivamente, de acuerdo a Reyes G. (2017), menciona que el contenido de Ceniza es de 0,5 % en un arroz blanco corriente para lo cual los resultados son aceptables ya que están cerca del rango.
- ➤ Con respecto a la cantidad de Carbohidratos se logró obtener los siguientes resultados de acuerdo al tipo de materia prima en su estado arroz fresco, arroz añejo natural y arroz añejo artificial de: 75,83%; 77,32% y 77,92% respectivamente, de acuerdo a

- Reyes G. (2017), menciona que el contenido de Carbohidratos es de 77,6 % en un arroz blanco corriente
- ➤ Con respecto a la Energía total se logró obtener los siguientes resultados de acuerdo al tipo de materia prima en su estado arroz fresco, arroz añejo natural y arroz añejo artificial de: 352, Kcal; 354,8Kcal y 358,1Kcal respectivamente, de acuerdo a Reyes G. (2017), menciona que el contenido de Energía es de 358 Kcal en un arroz blanco corriente, ya que se deduce que ha mayor es la cantidad de carbohidratos, mayor será la cantidad de energía que podrá ser producida, y eso lo demuestra los resultados obtenidos.

De acuerdo a los resultados de la **Tabla 9** la mayor elongación se logró con la combinación de 22 horas – 85°C, obteniéndose un promedio de 2.7563 mm. Sin embargo, el análisis de color estableció que este arroz estaba fuera de rango, con color amarillento muy notorio. Entonces las combinaciones de 22 horas – 75°C, 16 horas – 85°C dieron en promedio de elongación 2,38 mm y 2,33 mm respectivamente, que en promedio es 2,35 mm. Se considera que estadísticamente son valores semejantes y por lo tanto se recomendaría dichas combinaciones para obtener una elongación significativa. En comparación con el arroz añejado en forma natural (Tabla 11), que en promedio fue 1.963 mm. La expansión de la longitud sin aumentar la circunferencia se considera un rasgo altamente deseable en algunos arroces de alta calidad (Rosniyana et al, 2013). El aumento en longitud según Indudhara et al (1978) se debería a que la oxidación del éster ferulado de la fracción de hemicelulosa de la cedula durante el envejecimiento puede contribuir a una mayor resistencia a la desintegración del grano durante la cocción, y por lo tanto lográndose crecimiento en longitud.

Según la Tabla 12, del análisis factorial de la varianza, el resultado indica que existe efecto individual y combinado de las variables independientes ensayadas (tiempo y temperatura) sobre la variable dependiente (elongación). Según los valores de F reportados, la mayor influencia lo tiene la temperatura seguida del tiempo. La combinación de los factores tiene una menor influencia. Lo anterior se puede corroborar con la representación de la Figura 9.

La menor perdida de sólidos durante el cocimiento estaría ligado a la mayor dureza

del grano debido a que el almidón forma una capa externa mucho más dura que el arroz que no se añeja. Según Sodhi et al, 2013, la oxidación de proteínas es la formación de enlaces disulfuro a partir de grupos sulfhidrilo y, junto con un aumento en la fuerza de la unión de Mitchell al almidón. Este proceso inhibe la hinchazón de los gránulos de almidón y afecta la textura del arroz cocido. Además, la oxidación de los ésteres ferulados de la hemicelulosa contribuye a la reticulación y aumento de la resistencia de las paredes celulares durante el añejamiento del arroz.

V. CONCLUSIONES

- > Se realizó el reconocimiento de las diferentes etapas del proceso de pilado de arroz, haciendo especial énfasis en el proceso de añejamiento artificial.
- ➤ El procedimiento de verificación conllevó al monitoreo necesario para poner el proceso bajo control en temperatura y evitar desviaciones fuera de los límites establecidos en cada etapa del proceso de añejamiento artificial.
- Para obtener un arroz con olor y color semejante al envejecido en una bodega mediante el procedimiento tradicional durante largos meses, y con igual garantía, es el resultado de aproximadamente mínimo 24 horas de proceso en la máquina, No se incrementa el porcentaje de quebrados, se mantiene la textura dura y aumenta el tamaño durante la cocción.

VI. RECOMENDACIONES

- ➤ Para realizar el envejecimiento del arroz debe estar previamente pilado y libre de impurezas.
- ➤ Para obtener una mejor calidad de arroz se recomienda que este se encuentre inicialmente con una humedad entre 12 a 12.5 %.
- Previo al proceso de añejamiento, se deberá cumplir con los estándares de calidad establecido para el arroz.
- Para lograr un exitoso proceso de envejecimiento se recomienda no pasar ciertos límites ya experimentados, tanto en el manejo de la temperatura como en el tiempo de duración del proceso
- Ningún arroz con menos de 11- 12 horas de proceso total ha mostrado resultados

- satisfactorios. Es por esta razón que podemos afirmar que el proceso demora más de 12 horas.
- Al finalizar el proceso, la máquina se puede descargar inmediatamente y si esto no fuera posible, se abren completamente las puertas de arriba y delanteras, para que el vapor pueda salir y no se condense en el interior de la máquina, y humedezca el arroz.
- ➤ Al completar la descarga se cierra la compuerta y se puede llenar la máquina con una nueva carga, siempre y cuando la temperatura de la máquina esté por debajo de los 55°C.
- ➤ En el enfriamiento lento en la máquina, se espera hasta que el arroz alcance la temperatura adecuada, la descarga se lleva a cabo abriendo lentamente las compuertas por medio del manubrio, lo que demora alrededor de 35 minutos.
- ➤ El arroz procesado será transportado hacia el silo (tolva) de reposo y se lo deja unas 12 horas en él. Luego se puede ensacar y acumular en la bodega, en donde las próximas 24 horas absorbe un poco de humedad del ambiente (si lo permite el clima), y se va endureciendo hasta que llega a su estado final.
- ➤ Cierto arroz durante el proceso forma una capa de polvo alrededor del grano (Dextrina, principalmente), la cual es pegajosa y puede adherirse en el interior de la máquina. Es por eso que cada medio año es necesario realizar una limpieza que fácilmente se logra con arroz en cáscara, llenando la máquina, calentándola hasta que alcance los 50°C y vaciándola. Este proceso se debe repetir de dos a tres veces.
- ➤ En el caso de que el arroz quede pegado a las paredes de la máquina debido al exceso de humedad inicial o descuido durante el proceso, se dan ligeros golpes con el martillo integrado al lado del ventilador. En caso de una obstrucción muy grave, hay que abrir la máquina vaciarla y limpiarla.
- ➤ Para la elaboración de este proyecto se ha trabajado con una maquina cuya fuente de energía es eléctrica, pero también puede utilizarse como fuente de energía al GLP.
- > Se requiere que la empresa MOLINERA DEL CENTRO S.C.R.L. aplique mayor control en cuanto a los registros de proceso.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Andrade, F. y Tobalina, C. (2004). Proyecto De Envejecimiento Artificial Del Arroz, Para Su Comercialización En La Sierra. Tesis de pregrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.

Barragan, Q. y Benalcázar, S. (2008). Diseño y Construcción de un prototipo para el envejecimiento de arroz con capacidad de 40 Kg/ día. Tesis de pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Ecuador.

Castro, V., Jacome, B., Quintana, G., Guzmán, M., Castro, V. (2018). Advantages of aged rice: main characterístics, benefits and experiencie in five countries with more tan 30 rice varietes. Industrias Horst Cia. Ltda. Ecuador.

Faruq, G. y Meisner, C. (2013). Kernel Ageing: An Analysis in Four Malaysian Rice Varieties. International Journal of Agriculture & Biology, Vol. 5, No. 3, pp. 230-232.

Faruq, G., Mohamad, O., Hadjim, M and Meisner, C.A. (2003). Optimization of aging time and temperature for four Malaysian rice cultivars. Pakistan journal of Nutrition, 2(3): 125-131.

Faruq, G., Hossain, P. y Nezhadahmadi, A. (2015). Effects of Ageing on Selected Cooking Quality Parameters of Rice. *International Journal of Food Properties*, 18:922–933.

Indudhara, Y., Sowbhagya, C., y Bhattachanya, K. (1978). Changes in the physiochemical properties of rice with aging. *J. Sci. Food Agric*. 29: 627–39

INDUHORST CIA. LTA. (2012). Manual de Manejo Envejecedora de Arroz. Mephist, Cia. Ltda., Ecuador.

INEI. (2018), Perú: Panorama Económico Departamental. Informe Técnico, N°6, Junio.

Keawpeng, I. y Venkatachalam, K. (2015). Effect of aging on changes in rice physical qualities. *International Food Research Journal* 22(6): 2180-2187.

Maza, S. (2012). Arroz en el Perú. Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos – OEEE. Ministerio de Agricultura. Lima, Perú.

Moritaka, S. and Yasumatsu, K. (2012). Studies on cereals. X. The effects of sulfhydryl groups on storage deterioration of milled rice. *Eiyo To Shokuryo* 25: 59–62.

Reyes, G(2017). Tabla Peruana de Composicion de alimentos

Rodríguez, A. (2007). Determinación de la Composición Química y Propiedades Físicas y Químicas del Pulido de Arroz (Oryza sativa L.). Tesis de pregrado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias.

Rosniyana, A., Hashifah, M., y Norin, S. (2014). Effect of heat treatment (accelerated ageing) on the physicochemical and cooking properties of rice at different moisture contents. *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.* 32(2): 155–162.

Sodhi, N. S., Singh, N., Arora, M. and Singh, J. (2013). Changes in physicochemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging. *Journal of Food Processing and Preservation* 27(5): 387-400.

WIKIMEDIA FOUNDATION inc. 2006. Oryza sativa.

Norma técnica peruana NTP 205.011.2014

DELGADO FREDDY, Arroz del Ecuador. (en línea). Consultados Enero 2015. Disponible en: http://www.ecuaquimica.com/info tecnica arroz.pdf

EDGAR, 2007. Manual de Cosecha y Post cosecha en la producción de arroz. Bolivia

R.C. CHAUDHARY; J.S. NANDA; D.V. TRAN,(2013) Guía para identificar las limitaciones en la producción de arroz recuperado Enero 2018 de http://www.fao.org/docrep/006/Y2778S/y2778s00.htm#Contents

Boletín: Informe del arroz – Ministerio de Agricultura y riego

InfoagroSystems, S.L. Cultivo de arroz (en línea) consultado; Enero 2018, Disponible en:

http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm

KENT JONES. Química moderna de los cereales. Vol I. Editorial Aguilar pág. 130 – 151. 3ra Edición.

Zonas de cultivo de arroz. Juliano et Hicks, Sica 2006

JORGE L. CASTILLO T., 2015, *Bioquímica de los alimentos. Determinación de Humedad*. Recuperado de

http://www.monografias.com/trabajos15/determinaciónhumedad/determinacionhumedad.shtml

ANGEL BENALCAZAR, JONATTAN BARRAGAN .2008.Diseño y construcción de un prototipo para el envejecimiento de arroz con capacidad de 40 Kg/ día. Ecuador.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA CHIMBOTE PERU 2014, Determinación de Análisis proximal de productos alimenticios. Recuperado de http://es.slideshare.net/vegabner/determinacin-de-análisis-proximal-de-roductosalimenticios

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE VALENCIA, Determinación de proteínas de un alimento por el método kjeldahl, recuperado enero 2018. Recuperado de: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16338/Determinaci%C3%B3n%20d e%20proteinas.pdf?sequence=1

VIII. APENDICE

1. Determinación de humedad.

El método se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de peso, hasta que la muestra se sitúe a peso constante.

2. Determinación de proteínas.

Método de Kjeldahl

El método se basa en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiéndolo de una de las dos siguientes maneras:

- a) Ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo.
- b) Ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico.

El método se basa en la determinación de la cantidad de Nitrógeno orgánico contenido en productos alimentarios, compromete dos pasos consecutivos:

- 1. La descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento en presencia de ácido sulfúrico concentrado.
- 2. El registro de la cantidad de amoniaco obtenida de la muestra.

Durante el proceso de descomposición ocurre la deshidratación y carbonización de la materia orgánica combinada con la oxidación de carbono a dióxido de carbono.

El nitrógeno orgánico es transformado a amoniaco que se retiene en la disolución como sulfato de amonio. La velocidad del proceso puede incrementarse adicionando sales que abaten la temperatura de descomposición (sulfato de potasio) o por la adición de oxidantes (peróxido de hidrógeno) y por la adición de un catalizador.

Fundamento

El método Kjeldahl mide el contenido en nitrógeno de una muestra. Este método se divide básicamente en 3 etapas (17):

- 1. Digestión o mineralización: un tratamiento con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador y ebullición convierte el nitrógeno orgánico en ión amonio.
- 2. Destilación: se alcaliniza la muestra digerida y el nitrógeno se desprende en forma de amoniaco, el amoniaco destilado se recoge sobre un exceso desconocido de ácido bórico.
- 3. Valoración: La cuantificación del nitrógeno amoniacal se realiza por medio de una volumetría ácido-base del ión borato formato, empleando ácido clorhídrico o sulfúrico y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno, los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoniaco destilados.

Procedimiento

- Efectuar un ensayo en blanco usando una sustancia orgánica sin nitrógeno (sacarosa) que sea capaz de provocar la reducción de los derivados nítricos y nitrosos eventualmente presentes en los reactivos.
- Pesar al 0.1 mg. alrededor de 1 g de muestra homogeneizada (m) en un matraz de digestión Kjeldahl.
- Agregar 10 g de sulfato de potasio o sulfato de sodio, 0.5 g de sulfato cúprico y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado.
- Conectar el matraz a la trampa de absorción que contiene 250 mL de hidróxido de sodio al 15 %.
- Cuando la solución de hidróxido de sodio al 15 % adicionada de fenolftaleína contenida en la trampa de absorción permanece incolora debe ser cambiada.
- Calentar en manta calefactora y una vez que la solución esté transparente,
 dejar en ebullición 15 a 20 minutos más.
- Enfriar y agregar 200 mL de agua.
- Conectar el matraz al aparato de destilación, agregar lentamente 100 mL de NaOH al 30 % por el embudo, y cerrar la llave.
- Destilar no menos de 150 ml en un matraz que lleve sumergido el extremo del refrigerante o tubo colecto

3. Determinación de grasas.

Método de Soxhlet.

Es una extracción semicontinua con disolvente donde una cantidad de disolvente rodea la muestra y se calienta a ebullición, una vez que dentro del Soxhlet el líquido condensado llega a cierto nivel es sifoneado de regreso al matraz de ebullición. La grasa se mide por pérdida de peso de la muestra o por cantidad de muestra removida.

Fundamento

Es una extracción semicontinua con un disolvente orgánico. En este método el disolvente se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra la cual queda sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso entre el matraz conteniendo el extracto lipídico y el matraz a peso constante.

Procedimiento

- En muestras con mucha humedad homogeneizar y secar a $10.3 \pm 2^{\circ}$ C en estufa de aire considerando el tipo de muestra.
- Moler y pasar por tamiz de malla de 1 mm
- Pesar en duplicado 2 a 5 gramos de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado. Registrar como m.
- Secar el matraz de extracción por 30 min a 103± 2°C.
- Pesar el matraz de extracción. Registrar como m1.
- Poner el matraz de extracción en el sistema soxhlet el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz.
- Extraer la muestra con el solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/seg.
- Una vez terminada la extracción eliminar el solvente por evaporación en baño María bajo campana. Hasta que no se detecte olor a éter.
- Secar el matraz con la grasa en estufa a 103± 2°C por 10 min, enfriar en desecados y pesar.

4. Determinación de cenizas.

Método de cenizas totales (calcinación)

En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550-600°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza.

Fundamento

El método más generalizado para esta determinación, se basa en el proceso de calcinación de la materia orgánica por calentamiento a temperaturas elevadas, hasta llegar a un peso constante.

Cuando los alimentos y productos alimenticios se calientan a temperaturas elevadas 500 a 600°C, el agua y otros componentes volátiles se evaporan y los constituyentes orgánicos son incinerados en presencia de oxígeno del aire, dando como dióxido de carbono y óxido de nitrógeno y así eliminados conjuntamente con el hidrógeno del agua. Los componentes azufrados y fosforados son convertidos en sus respectivos óxidos y si es que los elementos alcalinos no están presentes en suficiente cantidad se perderán por volatilización.

Procedimiento

El residuo obtenido por incineración directa puede contener, además de las sustancias minerales del alimento, partículas de carbón procedente de una combustión incompleta, o también impurezas del alimento (arena o arcilla).

Pesar un crisol vacío, agregarle 5g. de producto seco (muestras de prueba de humedad), colocarlos en una mufla a temperatura regulada (500-550°C), hasta obtener un peso constante (mantener la muestra toda la noche). Este procedimiento se debe efectuarse dos veces como mínimo Por la diferencia de peso se obtiene la ceniza de la muestra y luego se lleva a porcentaje.

La determinación de la ceniza se hace sobre el peso de ceniza hallada referida a los gramos de muestra seca calculados, además deberá referirse a muestra fresca si las condiciones de la misma fueron frescas.

5. Determinación de fibras.

Método de determinación de fibra dietaria.

Los métodos se fundamentan en aislar la fracción del interés con la precipitación selectiva y después determinar su peso. Una muestra gelatinizada de alimento seco, desengrasado se digiere enzimáticamente con alfa-amilasa, amilo-glucosidasa y proteasa para hidrolizar al almidón y la proteína. El contenido total de la fibra de la muestra se determina agregando etanol al 95% a la solución para precipitar toda la fibra. La solución entonces se filtra, se recupera, se seca y se pesa, el residuo se reporta como fibra.

Fundamento

Muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados son gelatinizadas con alfa—amilasas térmicamente estables y luego digeridas enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se determina proteína, y en el otro cenizas.

Fibra dietaria total = Peso del residuo - Peso (proteína + cenizas).

Procedimiento

- Preparación de la muestra y extracción.
- Homogeneizar, secar y moler la muestra.
- Pasar por un tamiz de malla de 0,3 0,5 mm.
- Extraer con éter de petróleo sí el contenido de grasa es superior al 10 %,
 tres veces con porciones de 25 mL/g de muestra.
- Anotar la pérdida de peso por la remoción de la grasa y considerarlo en el cálculo final.
- Pesar en duplicado alrededor de 1 g de muestra en un vaso de precipitados de 400 mL.
- El peso de las muestras no debe diferir en más de 20 mg.
- Agregar 50 mL de tampón fosfato pH 6,0 a cada vaso.
- Controlar el pH y ajustar a pH 6 ± 0.2 si fuese necesario.
- Adicionar 0,1 mL de la solución de alfa-amilasa. Cubrir el matraz con papel aluminio, colocarlo en un baño de agua y hervir durante 15 minutos.

- Agitar a intervalos de 5 minutos. El contenido debe llegar a 95 100 °C.
- Enfriar la solución a temperatura ambiente.
- Ajustar pH a 7,5 \pm 0,2 con aproximadamente 10 mL NaOH 0,275 N.
- Adicionar 5 mg de proteasa. Cubrir el matraz con papel aluminio e incubar minutos a 60 °C con agitación continua.
- Enfriar y añadir 10 mL de HCl 0,325 N.
- Medir el pH y agregar gotas de ácido sí fuese necesario. El pH final debe ser 4,0 4,6.
- Añadir 0,3 ml amiloglucosidasa, cubrir con papel aluminio e incubar 30 minutos a 60 °C con agitación continua.
- Adicionar 280 ml de etanol al 95 % precalentado a 60 °C.
- Dejar precipitar a temperatura ambiente por 60 minutos.
- Pesar el crisol que contiene celite, humedecerlo y redistribuir el celite en el crisol usando etanol al 78 % y aplicar succión.
- Mantener la succión y transferir cuantitativamente el precipitado al crisol.
- Lavar el residuo sucesivamente con tres porciones de 20 mL de etanol al 78 %, dos porciones de 10 ml de etanol al 95 % y dos porciones de 10 mL de acetona.
- Secar el crisol que contiene el residuo durante la noche en estufa de vacío a 70 °C o en estufa de aire a 105 °C.
- Enfriar en desecador y pesar. Restar el peso del crisol y del celite para determinar el peso del residuo.
- .Analizar proteínas usando N x 6,25 como factor de conversión en el residuo de una de las muestras de los duplicados.
- Calcinar el residuo de la segunda muestra del duplicado durante 5 horas a 525 °C.
- Enfriar en desecador y pesar.
- Restar el peso del crisol y del celite para determinar cenizas.
- Efectuar la determinación del blanco en duplicado y en las mismas condiciones descritas en el procedimiento para el análisis de muestras

IX. ANEXOS

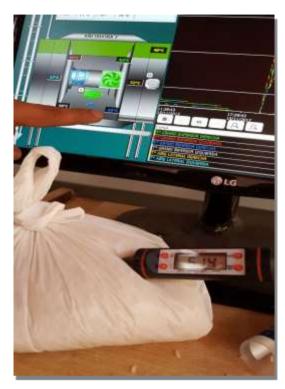


Figura 12. Corroboración de temperatura de arroz en maquina añejadora, se extrajo una muestra y mediante termómetro digital se observa que coincide con el reportado en el panel de control (Etapa de Calentamiento



Figura 13. Panel de Control de maquina Añejadora, inicio de proceso, ETAPA DE CALENTAMIENTO. Elaboración propia.



Figura 14. Corroboración de temperatura de la etapa final de Calentamiento.

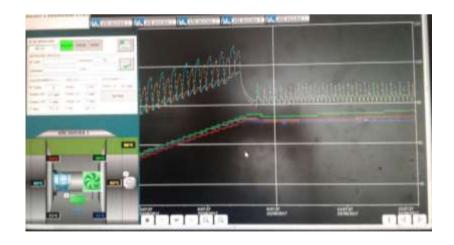


Figura 15. Panel de control de maquina añejadora, inicio de etapa de añejamiento.



 $\textbf{Figura 16.} \ \textit{Corroboración de temperatura de la etapa INICIAL de A\~NEJAMIENTO}.$



Figura 17. Corroboración de temperatura de la etapa final de añejamiento.



Figura 18. Corroboración de temperatura de la etapa de enfriamiento. Elaboración propia.



Figura 19. Muestras de arroz tipo NIR: a la izquierda, muestra antes de entrar a la añejadora; a la derecha, muestra al salir de la añejadora.



Figura 20. Medidor de Blancura; muestra los grados Kett (°K) del producto INICIAL; 38.3 °K es la blancura de arroz al Iniciar del proceso de añejamiento.



Figura 21. Medidor de Blancura; muestra los grados Kett (°K) del producto terminado; 34.3 °K es la blancura de arroz al salir del proceso de añejamiento.



Figura 22. Balanza analítica con 10.00 gr de muestra de arroz Fresco.



Figura 23. Horno de secado.



Figura 24. Horno de Secado (vista interior).



Figura 25. Mufla.



Figura 26. Incorporando muestra a equipo mufla.



Figura 27. Centrifugadora.



Figura 28. Pesado de muestra al salir de mufla para determinar % Cenizas.



Figura 29. Extractor Soxhlet.