

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Efecto de diferentes tiempos y temperaturas de congelación y
deshidratación en la rehidratación de arroz (*Oryza sativa* L.) instantáneo
para microondas**

David Francisco Carrillo Ladet

Javier Garrido M.Sc., Director de Tesis

Lucía Ramírez Ph.D., Codirectora de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero de
Alimentos

Quito, marzo de 2015

Universidad San Francisco de Quito

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Efecto de diferentes tiempos y temperaturas de congelación y secado en la rehidratación de arroz (*Oriza Sativa L*) instantáneo para microondas

David Francisco Carrillo Ladet

Javier Garrido., MSc.
Director de Tesis

Lucía Ramírez., Ph.D.
Co-Directora de Tesis

Michael Koziol., Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis

Quito, marzo de 2015

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma: _____

Nombre: David Francisco Carrillo Ladet

C. I.: 1713538559

Lugar: Quito

Fecha: Marzo de 2015

Dedicatoria

A mis padres y hermano. Por su apoyo incondicional, sus enseñanzas y por ser lo más importante en mi vida.

Agradecimientos

Principalmente a mis padres y a mi hermano, por su absoluto e incondicional apoyo y su guía en todo momento, por su cariño y sabiduría.

A los profesores y miembros de la universidad y en especial a todos quienes forman el área de ingeniería de alimentos. Particularmente a Javier Garrido, Lucía Ramírez, Carolina, don Manuel y don Jorge, gracias por su colaboración y ayuda durante toda mi carrera universitaria y especialmente en el desarrollo de esta tesis.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo estudiar los efectos de diferentes tiempos y temperaturas de congelación y deshidratación en el rehidratado de un arroz para consumo instantáneo para el mercado ecuatoriano. Esto debido a que en la actualidad el consumo y la demanda de productos pre-elaborados que sean fáciles y rápidos de preparar han tenido un gran crecimiento. Para determinar el mejor proceso de elaboración del producto, se realizó primero un diseño experimental para establecer el mejor tiempo (20 o 24 horas) y temperatura (-18 o -20°C) de congelación previo al secado. De esto se determinó que lo mejor es una congelación por 20 horas a -18°C. Después se realizó otro diseño experimental para establecer el tiempo (2, 3 o 4 horas) y la temperatura (65, 75 o 85°C) óptimos de secado para que el producto tenga una buena rehidratación. Los resultados, interpretados mediante una tabla de ponderación que midieron rango de rehidratación, volumen de expansión y humedad, mostraron que el mejor tiempo y temperatura de secado fue 3 horas a 65°C. Finalmente se realizó una evaluación sensorial para evaluar aceptación del producto, el cual tuvo un nivel de agrado de 3,97 situándolo muy cerca de la categoría “me gusta” lo que significa que tuvo un buen nivel de agrado.

Abstract

This work aimed to study the effects of different treatments (time and temperature) for instant rice consumption for the Ecuadorian market. This is because at present consumption and demand for pre-finished products that are quick to prepare and easy to eat have had a great growth. To determine the best process for developing this product was first performed an experimental design to establish the best pre-treatment prior to drying. This was several freezing times (20 and 24 hours) and temperature (-18 and -20 ° C). From this, it was determined that it is best to freeze for 20 hours at -18 ° C. After that, another experimental design was performed to establish the time (2, 3 and 4 hours) and the optimal temperature (65, 75 and 85 ° C) for drying the product and to have a good rehydration quality. The results, performed using a weighting table and evaluating rehydration range, volume expansion and humidity, show that the best temperature and drying time was 3 hours at 65 ° C. Finally a sensory evaluation was performed to assess product acceptance, which had a level of pleasure of 3.97 locating it close to the category "I like it" which means that it had a good level of acceptance.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción	11
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos específicos.....	15
Ingredientes y procesamiento.....	15
Ingredientes	15
Procesamiento	16
Diseño experimental	16
Metodología.....	17
Experimento I Análisis del efecto de tiempo y temperatura de congelación en el rehidratado del arroz seco	18
Objetivo.....	18
Procedimiento	18
Resultados.....	20
Volumen de expansión.....	20
Nivel de rehidratación	22
Experimento II Análisis del efecto de tiempo y temperatura de deshidratado en el rehidratado del arroz seco	24
Objetivo.....	24
Procedimiento	24
Resultados.....	26
Contenido de humedad.....	26
Volumen de expansión	27
Nivel de rehidratación	29
Método de cocción	32
Análisis sensorial	33
Panel de expertos.....	33

Resultados.....	34
Prueba de aceptación.....	35
Resultados.....	35
Conclusiones.....	39
Recomendaciones.....	39
Bibliografía.....	40
Anexos.....	42
Anexo 1. Equipos usados para la congelación y el deshidratado.....	42
Anexo 2. Resultados diseño experimental I.....	44
Anexo 3. Resultados obtenidos Diseño experimental II.....	45
Anexo 4. Formulario Evaluación sensorial.....	47
Anexo 5. Artículo referencia desarrollo de arroz instantáneo.....	48

Introducción

El arroz es uno de los principales alimentos en el mundo y base de la alimentación en nuestro país. Su consumo representa el 6,6% del gasto en alimentos para el hogar de una familia promedio (3,9 personas) en Ecuador (consumo per cápita es de 112 kg al año), ocupando el segundo lugar después del pan que representa el 7,2% (INEC, 2013). Además, el Ecuador es un país productor de arroz, produciendo al 2012 1'565,500 TM, lo que lo situó en el puesto 28 a nivel mundial y tercero a nivel de la Comunidad Andina de Naciones (CAN), (INEC, 2013).

El arroz es un alimento que aporta en su mayoría carbohidratos a la dieta, también es fuente de proteína, minerales como calcio, fósforo, potasio, entre otros y vitaminas como tiamina, riboflavina y niacina. Sus valores sin embargo dependen de cada variedad de arroz, su cultivo, fertilidad del suelo, aplicación de fertilizantes y otras condiciones ambientales además del procesamiento que se le dé (Oko, 2012) En la Tabla N°1 se muestra valores nutricionales de diferentes tipos de arroz.

Tabla N°1. Comparación contenido de nutrientes en diferentes tipos de arroz

<i>Factores Nutricionales</i>	Arroz Blanco	Arroz Jazmín	Arroz Integral
<i>Porción de: 100g</i>			
<i>Cantidad por porción</i>			
<i>Calorías (Kcal)</i>	361	355	362
<i>Humedad (g)</i>	10,2	11,9	11,2
<i>Grasa total (g)</i>	0,8	0,7	2,4
<i>Fibra (g)</i>	0,6	0,8	2,8
<i>Calcio (mg)</i>	8	5	12

<i>Fosforo (mg)</i>	87	65	255
<i>Potasio (mg)</i>	111	113	326
<i>Sodio (mg)</i>	31	34	12
<i>Vitamina B1(mg)</i>	0,07	0,12	0,26
<i>Vitamina B2 (mg)</i>	0,02	0,02	0,04
<i>Niacina (mg)</i>	1,8	1,5	5,5
<i>Proteína (g)</i>	6	6,1	7,4
<i>Carbohidratos (g)</i>	82,0	81,1	77,7

Fuente: <http://www.mediumgrainrice.com/aboutrice/nutritionfacts.asp>

En el Ecuador hay diferentes tipos de arroz y con diferentes niveles de procesamiento, entre ellas destacan el grano entero, integral, blanqueado y partido (INIAP, 2011).

A pesar de que en el país hay todo el año arroz de buena calidad y que es un producto de consumo masivo, este no ha sido industrializado mayormente. El estudio de diferentes variables para el desarrollo de un arroz instantáneo para microondas, buscó crear una guía para elaborar este producto. Entre las operaciones usadas para el presente estudio, se incluyeron procesos de cocción, congelación, deshidratación y rehidratación.

El proceso de cocción en el arroz es muy importante. En esta etapa los gránulos de almidón presentes en el grano de arroz son gelatinizados; es decir, sufren un hinchamiento por efecto de la absorción de agua y de la temperatura de cocción. “En esta etapa es deseable obtener un alto porcentaje de gelatinización y un incremento de volumen de moderado a alto (70-100%), para que el secado sea óptimo y la calidad del arroz de cocción rápida sea superior” (Colina & Guerra, 2009).

La congelación es un método de conservación de alimentos que se basa en el uso de temperaturas bajo 0°C, sin embargo este proceso además de conservar los alimentos, puede cambiar la estructura de los mismos, ya que “rompe las membranas celulares” (EUFIC, 2002). Basado en esto y en estudios previos sobre este tipo de productos (Bencharat, *et al.*, 2012), en los que se recomienda la congelación como una forma de obtener una mejor rehidratación del grano seco, se incluye una fase de congelación previa al deshidratado.

El proceso de deshidratado busca conservar el producto, dándole un tiempo de vida útil lo más largo posible; es decir, mantenerlo “con sus propiedades deseadas o su naturaleza durante el mayor tiempo posible” (Rahman, 2002).

El deshidratado, comprende la “eliminación de agua para obtener productos finales sólidos” además ofrece varias ventajas “los costes del procesado, envasado, transporte y almacenamiento son menores para productos deshidratados que para los enlatados y congelados. Otros objetivos del deshidratado son mejorar las cualidades sensoriales, retención de aromas y en algunos casos, la preservación del valor nutricional del alimento” (Rahman, 2002).

El proceso de deshidratado fue térmico por uso de aire caliente, esto considerando principalmente la disponibilidad de equipos y los costos del proceso en general. Este proceso es el más sencillo, “tiene lugar en el interior de una cámara cerrada a temperatura elevada, por la que se hace pasar el medio de secado, aire caliente, sobre el producto, colocado sobre bandejas abiertas” (Rahman, 2002).

Sin embargo, el proceso de deshidratado implica ocupar energía, lo que en la industria significa un costo; además, en este proceso se pueden dar cambios físicos, químicos y características en general del producto. Es por esto, que toda la operación debe ser controlada para obtener un óptimo rendimiento de acuerdo a la relación tiempo y temperatura de deshidratado. Esto aparte de optimizar recursos y bajar costos asegura un producto de calidad. Una temperatura baja de deshidratado (1 a 5 °C por encima de la temperatura ambiente) va a provocar una demora en el proceso lo que también implica mayores costos de producción. Además, el producto no va a alcanzar la humedad mínima requerida. Al contrario, un exceso de temperatura (>100 °C) aunque podría acelerar el proceso, puede dañar el producto afectando su dureza, color y sabor (Valdecir, *et al.*, 1991). “El secado de alimentos no sólo afecta el contenido en agua del producto, sino que también altera otras propiedades físicas, químicas y biológicas, tales como la actividad enzimática, deterioro microbiano, textura, viscosidad, dureza, aroma, gusto y sabor de los alimentos” (Barbosa, G., 2000).

El porcentaje de humedad que se buscó obtener al final del proceso de deshidratado es de máximo 14%, lo cual recomienda la norma para fideos instantáneos (INEN, 2008) y la norma para granos y cereales, determinación del contenido de humedad (INEN, 2013). Además de una actividad de agua (a_w) de alrededor de 0,6 con lo que se asegura que no haya daño microbiológico (Aqualab, 2008).

Por último, la rehidratación es el proceso en el cual el producto deshidratado va a absorber líquido, este se puede ver afectado por factores como “pretratamiento, método de secado, temperatura y velocidad de secado, almacenamiento, y las condiciones de rehidratación a usar” (Marín, *et al.*, 2006).

Objetivos

Objetivo General

Estudiar los efectos de diferentes tiempos y temperaturas de congelación y de deshidratado en el desarrollo de arroz instantáneo para microondas, obteniendo un producto con características similares a un arroz recién cocido.

Objetivos específicos

- Desarrollar un producto nuevo para el mercado local y de buena calidad.
- Determinar el proceso idóneo para elaborar arroz instantáneo.
- Lograr un producto, que al ser evaluado sensorialmente, tenga buena aceptación.

Ingredientes y procesamiento

Ingredientes

Tabla N°2. Ingredientes y cantidades

Ingrediente	Cantidad
Arroz blanco tipo flor	210 g
Agua	690 g
Sal (NaCl)	7,5 g
Aceite de maíz	7,5 g
Total	915 g

Referencia: Recetario Supermaxi. “Arroz estilado o escurrido”.

Procesamiento

Se comenzó con la recepción del arroz blanco tipo flor. Se verificó que esté en buenas condiciones, se lavó e inmediatamente se cocinó por escurrido (agua/arroz; 3:1-tazas). En una olla se hirvió agua con sal, se añadió el arroz, y se cocinó por alrededor de 10 minutos a temperatura de ebullición (punto de ebullición en Quito 91 °C). Se escurrió el agua, se añadió el aceite y se continuó con una cocción por 20 minutos a una temperatura menor (80 °C) con el recipiente tapado. Una vez cocinado se congeló el arroz en bandejas de 18 x 11,5 cm, pesando 120 g del producto y teniendo este un espesor aproximado de 1cm (UNAL, s.f.).

Para la congelación a -20 °C se utilizó una cámara de congelación elaborada nacionalmente de marca INFRI, con un equipo de 7 hp; para la congelación a -18 °C se utilizó un congelador vertical de marca COPELAMETIC, con un motor de 2 hp de fabricación americana; para la deshidratación se usó un horno de convección casero de marca NARDI, modelo FE26 (Anexo1).

Diseño experimental

Los dos diseños experimentales se realizaron con diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial de 2^2 en el primer diseño y de 3^2 en el segundo diseño; las medias fueron probadas por prueba de Tukey al 5% de significancia.

Metodología

Para el estudio experimental se usaron los siguientes tres métodos analíticos, basado en el experimento de Bencharat *et al.*, (2012).

Determinación de humedad por método de la estufa, se calentó la muestra a 105 °C, hasta alcanzar un peso constante y se obtuvo el porcentaje de humedad calculando la diferencia de peso inicial y final (INEN, 2008).

Se determinó el volumen de expansión por método de (Kongseree, 2002). Se midió en una probeta el volumen de 20 g de arroz, se añadió 100 ml de agua hirviendo (90 °C) y se midió el volumen final después de cuarenta minutos, eliminando el exceso de agua.

Se determinó el nivel de rehidratado por método de (Prasert, 2009). Se pesó 10 g de arroz y se añadió 100 ml de agua hirviendo (90 °C), pasados 40 minutos se eliminó el exceso de agua y se pesó el arroz rehidratado.

Para el deshidratado del arroz en el experimento uno, todos los tratamientos fueron deshidratados a 75 °C durante dos horas, esto se determinó en base a la temperatura usada en el estudio realizado por Bencharat *et al.* (2012) que fue de 70 °C hasta llegar a una humedad aproximadamente de 5% y a experimentos previos con diferentes tiempos y temperaturas de deshidratado que permitieron obtener un producto con una humedad máxima de 14% como determina la norma (INEN, 2008). Las diferentes humedades alcanzadas a determinadas temperaturas y tiempos se muestran en la Tabla N°3.

Tabla N°3: Humedades alcanzadas a diferentes tiempos y temperaturas de deshidratado

Tiempo (horas)	Temperatura (°C)	Humedad (g/100g)
2	65	39
2	75	14
2	85	12
3	65	5
3	75	5
3	85	4
4	65	5
4	75	4
4	85	3

Experimento I Análisis del efecto de tiempo y temperatura de congelación en el rehidratado del arroz seco

Objetivo

Medir la capacidad de rehidratación, de un arroz sometido a congelación como etapa previa a su deshidratación.

Procedimiento

Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2^2 , correspondiente a la combinación de dos factores con dos niveles cada uno y tres

repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales; los factores fueron temperatura y tiempo de congelación.

En la Tabla N°4 se muestra los diferentes tiempos y temperaturas utilizadas para este experimento y el número de tratamiento al que corresponden.

Tabla N°4: Factores, niveles y número de tratamiento

Factores	Niveles	Tratamiento			
		1	2	3	4
Factor A. Temperatura de congelación	a. -18°C	X	X		
	b. -20°C			X	X
Factor B. Tiempo de congelación	a. 24 horas	X		X	
	b. 20 horas		X		X

Estos niveles se determinaron en base a experimentos previos y a estudios realizados por Bencharat, *et al.*, (2012) y Song, *et al.*, (2013) sobre la elaboración de productos similares. Las variables de respuesta fueron: volumen de expansión según el método de Kongseree, (2002) y nivel de rehidratación por el método de Prasert (2009), buscándose el más alto volumen de expansión y la más alta rehidratación.

Los datos fueron interpretados por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y las medias testeadas por prueba de Tukey al 5% de significancia.

Resultados

Volumen de expansión

En la Tabla N°5 se presenta el análisis de varianza (ANOVA). Se observa que hubo diferencia significativa entre los tratamientos, además el factor A (temperatura de congelación) y factor B (tiempo de congelación) influyeron por separado más no en su interacción sobre esta variable.

La influencia de la temperatura de congelación se debe principalmente a que a una temperatura más fría (-20 °C), el proceso de congelación fue más rápido y al contrario a una temperatura menos fría (-18 °C) provocó una congelación más lenta. La velocidad de congelación influye en la llamada zona de máxima formación de cristales, etapa de la congelación donde el agua se transforma en cristales de hielo. “Si el paso a través de este intervalo de temperatura es lento, se forman cristales grandes; pero si el paso es rápido, entonces se forman cristales pequeños” (Cox, 1987). Por lo general, lo que se quiere es obtener una congelación rápida y con cristales de hielo del menor tamaño posible, sin embargo en este caso lo deseado fue obtener cristales grandes ya que estos promueven cambios de la estructura del almidón, debido a que esta no es capaz de conservar su naturaleza semipermeable y generando que las células se deformen, (Cox, 1987). Todos estos cambios resultan beneficiosos al momento de rehidratar el arroz deshidratado, ya que es más fácil que las moléculas de agua entren a esta estructura “dañada” y agrietada por los cristales de hielo grandes en lugar de una estructura celular intacta (Song, *et al.*, 2013).

Por otro lado, el tiempo de congelación va a influir en la retrogradación del almidón y principalmente de la amilosa, presente en mayor cantidad en arroces sueltos y firmes (25%) a

comparación de arroces pegajosos (20%) (Santacruz, 2004); (Castells, 2009). “La retrogradación es el proceso por el cual se produce la re asociación principalmente de la amilosa durante el enfriamiento posterior a la gelatinización” (Marín, 2011). Las moléculas de amilosa según Borja (2012), guardan relación directa con la expansión de volumen del arroz y su absorción de agua, mientras que, la amilopectina por su estructura ramificada, presenta mayor estabilidad a los procesos de congelación (Gutiérrez, 2000). Sin embargo, esta igual sufre alteraciones al transcurrir el tiempo. Por lo tanto, al someter al producto a un mayor tiempo de congelación y consecuentemente a una mayor retrogradación, su expansión en el rehidratado es menor. En el caso de este estudio, al someter el producto a 20 horas de congelación pudo haber retrogradación del almidón. Sin embargo, esta pudo ser mayor en los tratamientos sometidos a 24 horas de congelación. Esto se refleja claramente al ver que el tratamiento congelado por un lapso de 24 horas tuvo un menor volumen de expansión en comparación con el tratamiento congelado por 20 horas en cada uno de los niveles de temperatura de congelación.

Finalmente, la interacción tiempo y temperatura de congelación no influyó debido a que el almidón si bien es cierto se retrograda al enfriar el producto, esta retrogradación se ve mayormente influenciada por el tiempo que se mantiene en congelación, mas no por la temperatura (Yu, 2012).

Tabla N°5. Análisis de varianza (ANOVA) del volumen de expansión de los tratamientos.

Fuentes Var	Gl	suma cuad	cuad med	F calc	F crítico 0,05
Tratamientos	3	0,14	0,04	22,40*	4,07
Factor A.(T° Cong)	1	0,02	0,02	9,60*	5,32
Factor B. (t Cong)	1	0,11	0,11	54,40*	5,32
Interacción A x B	1	0,01	0,01	4,80 ^{n.s}	5,32
Error E	8	0,02	0,0021		
Total	11	0,16			

*Significancia al 5% de probabilidad para la prueba F.

n.s. No significancia al 5% de probabilidad para la prueba F.

En la Tabla N°6, se presenta el volumen de expansión de los tratamientos, observándose que los tratamientos 3 y 4 no presentaron diferencia estadística entre sí, siendo estos los tratamientos a -20 °C, pero si fueron diferentes estadísticamente de los tratamientos a -18 °C. El tratamiento 2 (20 h / -18 °C) fue el de mayor volumen de expansión.

Tabla N°6. Volumen de expansión de los tratamientos

Tratamiento	Volumen de expansión
2 (-18°C/20h)	2,33 A
1 (-18°C/24h)	2,2 B
4 (-20°C/20h)	2,09 C
3 (-20°C/24h)	2,06 C

*Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey.

En el estudio realizado por Bencharat *et al.*, (2012) se alcanzaron volúmenes de expansión similares, en ese estudio se usó dos diferentes tipos de cocción del arroz, uno era arroz cocido en agua hirviendo y otro en arrocera, estos se sometieron a dos pre tratamientos, uno de congelado por 24 horas a -20 °C y otro fue un enjuague en agua a 4 °C y congelado por 2 horas. El pre tratamiento de congelado por 24 h en los dos tipos de cocción mostró los mayores valores de volumen de expansión, estos fueron 2,5 y 2,4, respectivamente.

Nivel de rehidratación

En la Tabla N°7 se presenta el análisis de varianza (ANOVA). La congelación en ninguno de sus tiempos, temperaturas e interacción influyó en el nivel de rehidratación, no existiendo diferencia significativa entre los tratamientos.

El nivel de rehidratación mide la cantidad de agua retenida en el grano después de hidratarlo por un tiempo determinado; por lo tanto la retención o absorción de agua se ve determinada por el porcentaje de humedad (contenido de agua) inicial en el grano seco de arroz, ya que si este tiene un bajo contenido de humedad (5%) va a poder retener mayor cantidad de líquido al rehidratarlo. Al contrario si el grano tiene mayor contenido de humedad (14%) la cantidad de agua que este absorbe en la rehidratación va a ser menor. En este experimento, todos los tratamientos fueron secados en iguales condiciones, el mismo tiempo (2 horas) a la misma temperatura (75 °C), por lo tanto todos los tratamientos tuvieron una humedad similar (14%) por lo que igualmente al rehidratarlos, todos tuvieron un nivel de rehidratación similar, sin diferencia significativa.

Tabla N°7. Análisis de varianza (ANOVA) del nivel de rehidratación de los tratamientos

Fuentes Var	Gl	suma cuad	cuad med	F calc	F crítico 0,05
Tratamientos	3	0,29	0,09	1,31 ^{n.s}	4,07
Factor A.(T° Cong)	1	0,09	0,09	1,19 ^{n.s}	5,32
Factor B. (t Cong)	1	0,19	0,19	2,49 ^{n.s}	5,32
Interacción A x B	1	0,03	0,03	0,35 ^{n.s}	5,32
Error E	8	0,60	0,07		
Total	11	0,91			

n.s. No significancia al 5% de probabilidad para la prueba F.

En la Tabla N°8, se presenta el nivel de rehidratación de los tratamientos

Tabla N°8. Nivel de rehidratación de los tratamientos

Tratamiento	Nivel de rehidratación*
2 (-18 °C/20h)	3,97
1 (-18 °C/24h)	3,89
4 (-20 °C/20h)	3,82
3 (-20 °C/24h)	3,55

*Media de tres repeticiones

Al no existir diferencia significativa entre los tratamientos en el nivel de rehidratación, se consideró el mejor tratamiento en el volumen de expansión y para el siguiente experimento se escogió el tratamiento dos (20 horas a -18 °C), el cual tuvo el valor más alto de volumen de expansión.

En el estudio realizado por Bencharat *et al.*, (2012) se alcanzaron niveles de rehidratación mayores, con valores alrededor de 5,5 y 5; los cuales son más altos que los alcanzados en el presente estudio. Esto se pudo deber a que el arroz usado fue tipo jasmin, uno de los arroces típicos de los países orientales y cuyas características son diferentes al usado en este trabajo, su tamaño es mayor, lo que por ende lo hace tener mayor capacidad de rehidratado. Además el contenido de humedad alcanzado en el secado realizado en el estudio de Bencharat *et al.*, (2012) fue alrededor del 5%, bastante menor al usado en este experimento que fue alrededor del 14%.

Experimento II Análisis del efecto de tiempo y temperatura de deshidratado en el rehidratado del arroz seco

Objetivo

Medir la humedad y capacidad de rehidratación de un arroz sometido a diferentes tiempos y temperaturas de deshidratación.

Procedimiento

Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3^2 , correspondiente a la combinación de dos factores con tres niveles cada uno y tres repeticiones, para un total de 27 unidades experimentales; los factores fueron temperatura y

tiempo de secado. En la Tabla N°9 se muestra los diferentes tiempos y temperaturas utilizadas para este experimento y el número de tratamiento al que corresponden.

Tabla N°9: Factores, niveles y número de tratamiento

Factores	Niveles	Tratamiento								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Factor A. Temperatura de secado	a. 65 °C	X	X	X						
	b. 75 °C				X	X	X			
	c. 85 °C							X	X	X
Factor B. Tiempo de secado	a.2 horas	X			X			X		
	b.3 horas		X			X			X	
	c.4 horas			X			X			X

Estos niveles se determinaron tomando como referencia experimentos previos y estudios como los realizados por Bencharat *et al.*, (2012) donde la temperatura usada fue de 70 °C y Aiquan, *et al.*, (2014) donde se usó una temperatura de 80 °C, sin embargo no se usó las mismas temperaturas de estos estudios para evaluar otros niveles. Las variables de respuesta fueron: humedad, realizada por método de la estufa y basándose en la norma para fideos instantáneos (INEN, 2008) que determina una humedad máxima de 14%; volumen de expansión por el método de Kongseree *et al.*, (2002) y rango de rehidratación por el método de Prasert (2009), buscándose en estos últimos los valores más altos.

Los datos fueron interpretados por medio de un análisis de varianza (ANOVA) y las medias probadas por prueba de Tukey al 5% de significancia.

Resultados

Contenido de humedad

En la Tabla N°10 se puede ver el análisis de varianza (ANOVA). Se observa que hubo diferencia significativa entre los tratamientos, factor A (temperatura de secado) y factor B (tiempo de secado) por separado y en su interacción influyeron sobre esta variable.

La humedad es el agua que está contenida en un alimento y el deshidratado es un método de eliminación de agua para obtener productos sólidos; este proceso involucra aire caliente que pasa por el producto y retira la humedad, a mayor temperatura y tiempo de deshidratado, es menor la humedad final del producto (Shafiur, 2002).

Tabla N°10. Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de humedad.

Fuentes Var	gl	suma cuad	cuad med	F calc	F crítico 0,05
Tratamientos	8	3064,5	383,1	1293,3*	2,5
Factor A. (T° Secado)	2	1781,6	890,8	3007,5*	3,5
Factor B. (t Secado)	2	501,4	250,7	846,4*	3,5
Interacción A x B	4	781,4	195,4	659,6*	2,9
Error E	18	5,3	0,3		
Total	26	3069,8			

*Significancia al 5% de probabilidad para la prueba F.

En la Tabla N°11, se presenta el contenido de humedad de los tratamientos, observándose que el 2, 3, 5, 6, 8, 9 no tienen diferencia estadística entre sí, mientras que los tratamientos 1, 4, 7 presentan diferencia estadística entre sí y con los demás, siendo estos los tratamientos de secado por dos horas a las diferentes temperaturas. Según lo indicado en la norma (INEN, 2008) para fideos instantáneos que determina una humedad máxima de 14% para ese tipo de producto, se estableció que todos los tratamientos a excepción del 1 (65 °C / 2 horas)

cumplen con la especificación técnica de la norma, sin embargo se escoge el tratamiento 4 (75 °C / 2 horas) por ser el que requiere el menor gasto energético.

Tabla N°11. Porcentaje de humedad de los tratamientos

Tratamiento	Humedad (g/100g)
1	39 A
4	14 B
7	12 C
2	5 D
3	5 D
5	5 D
6	4 D
8	4 D
9	3 D

*Contenido de humedad. Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey.

Volumen de expansión

En la Tabla N°12 se presenta el análisis de varianza (ANOVA). Se observa que hubo diferencia significativa entre los tratamientos, además el factor A (temperatura de secado) y factor B (tiempo de secado) por separado y en su interacción influyeron sobre esta variable.

“La textura, densidad, humectabilidad, capacidad de rehidratación, y propiedades mecánicas de los alimentos dependen directamente de las condiciones del proceso de secado” (Rahman, 2002). Por ejemplo, un proceso de liofilización va a producir una mejor capacidad de rehidratación a comparación de un proceso de deshidratado por aire caliente, ya que no se da

una contracción de la estructura del producto.

No obstante, en el proceso de deshidratado por aire caliente se puede lograr una adecuada rehidratación minimizando efectos como la contracción y/o formaciones de costras, que se dan al utilizar altas temperaturas (85 °C). Una temperatura muy caliente hace que el producto se vuelva denso y poco rehidratable, al contrario una temperatura menos caliente (65 °C) da como resultado un producto poroso y apto para rehidratar (Rahman, 2002).

Tabla N°12. Análisis de varianza (ANOVA) del volumen de expansión de los tratamientos.

Fuentes Var	Gl	suma cuad	cuad med	F calc	F crítico 0,05
Tratamientos	8	2,37	0,30	199,94*	2,51
Factor A.(T° Secado)	2	1,40	0,68	458,12*	3,55
Factor B. (t Secado)	2	0,06	0,03	20,13*	3,55
Interacción A x B	4	0,95	0,24	160,75*	2,93
Error E	18	0,03	0,0015		
Total	26	2,40			

*Significancia al 5% de probabilidad para la prueba F.

En la Tabla N°13, se presenta el volumen de expansión de los tratamientos, observándose que no hay diferencia significativa entre los tratamientos 5 y 6; 8 y 9; 4 y 7. El tratamiento 2 (65 °C / 3 horas) mostró el mayor volumen de expansión corroborando que una temperatura menos fuerte en el secado es mejor para la rehidratación del producto.

Tabla N°13. Volumen de expansión de los tratamientos

Tratamiento	Volumen de expansión *
2	2,5 A
3	2,4 B
5	2,3 C
6	2,3 C
8	2,2 D
9	2,2 D
4	2,1 E
7	2,1 E
1	1,4 F

*Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre si al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey.

Nivel de rehidratación

En la Tabla N°14 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el nivel de rehidratación. Se observa que hubo diferencia significativa entre los tratamientos; además, el factor A (temperatura de secado) y factor B (tiempo de secado) influyeron por separado y en su interacción sobre esta variable.

El nivel de rehidratación además de verse influenciado por la temperatura y tiempo de secado y su posible formación de costras y contracción de su estructura se va a ver afectado principalmente por el contenido de agua que esté presente en el grano de arroz. Si este se deshidrató a altas temperaturas (75-85 °C) y por un período de tiempo largo (3-4 horas), va a

tener una baja humedad y por ende va a rehidratarse más; al contrario si el producto no se deshidrató lo suficiente y tiene una humedad alta el grano ya no va a absorber más agua. Esto se puede comprobar al analizar y comparar las medias de contenido de humedad con las del nivel de rehidratación, el tratamiento #1 que fue el de mayor humedad (39%), tuvo el menor nivel de rehidratación (2,8) seguido de los tratamientos #4 y #7 que tuvieron una humedad de 14% y 12% con un nivel de rehidratación de 3,2 y 3,6 respectivamente; al contrario los otros tratamientos tuvieron niveles de rehidratación sin diferencia estadística, y porcentajes de humedad entre el 3 y 5%.

Tabla N°14. Análisis de varianza (ANOVA) del nivel de rehidratación de los tratamientos

Fuentes Var	Gl	suma cuad	cuad med	F calc	F crítico 0,05
Tratamientos	8	4,35	0,54	19,82*	2,51
Factor A.(T° Secado)	2	3,33	1,66	60,66*	3,55
Factor B. (t Secado)	2	0,27	0,13	4,88*	3,55
Interacción A x B	4	0,75	0,19	6,86*	2,93
Error E	18	0,49	0,03		
Total	26	4,84			

*Significancia al 5% de probabilidad para la prueba F.

En la Tabla N°15, se presenta el nivel de rehidratación de los tratamientos, observándose que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos 6, 5, 8, 3, 2, 9; siendo estos los que muestran mayores niveles de rehidratación, y diferencia estadística a los tratamientos 7, 4 y 1, siendo el número 1 el de menor nivel de rehidratación y además el que mayor humedad tenía, lo que es lógico ya que al tener mayor contenido de agua va a absorber menos. Dentro de los tratamientos de mayor nivel de rehidratación se escogió el 2 (65 °C / 3 horas) por ser el que también mostró los mejores resultados en el volumen de expansión.

Tabla N°15. Nivel de rehidratación de los tratamientos.

Tratamiento	Nivel de rehidratación *
6	4,1 A
5	4,0 A
8	3,9 A
3	3,9 A
2	3,9 A
9	3,8 A
7	3,6 B
4	3,2 C
1	2,8 D

*Medias seguidas por las mismas letras no difieren entre sí al 5% de probabilidad por la prueba de Tukey.

TablaN°16. Tabla de ponderación tratamientos.

Característica	Tratamiento escogido	Tratamientos								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
(3) Volumen de expansión	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0
(2) Nivel de rehidratación	2	0	2	2	0	2	2	0	2	2
(1) Humedad	4	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Total		0	6	3	1	3	3	1	3	3

Para elaborar la tabla de ponderación (Tabla N°16) se determinó el volumen de expansión como el factor más importante ya que un mayor volumen de expansión indica que hubo una menor contracción de la estructura del grano de arroz en el secado, lo que hace que este al rehidratarse sea más suave y esponjoso, además de ser un factor determinante de la calidad del arroz (Bhattacharya, 2011).

El segundo factor más importante es el nivel de rehidratación, ya que un valor alto de este indica que se absorbió más agua. Por último la humedad que tiene el menor valor debido a que todos los tratamientos menos el 1 (65 °C / 2 horas) estuvieron dentro del rango máximo (14%) establecido por la norma (INEN, 2008).

No se han realizado muchos estudios similares en cuanto a tiempo y temperatura de deshidratado para determinar humedad, volumen de expansión y rango de rehidratación; sin embargo, autores como Aiquan *et al.*, (2013) investigaron el secado de arroz instantáneo mediante una combinación de deshidratado en microondas junto con aire caliente y determinaron que después del tratamiento con microondas la mejor temperatura de deshidratado con aire caliente era 80 °C. No obstante, no se registra el tiempo de deshidratado, ni la humedad alcanzada por el producto. Por otro lado en el estudio realizado por Bencharat *et al.*, (2012) la temperatura de deshidratado usada fue de 70 °C, no se determinó tiempo de deshidratado, pero la humedad alcanzada fue de 5%, el volumen de expansión y rango de rehidratación tuvieron valores similares de alrededor de 2,5 y 5, respectivamente. Las diferencias como se mencionó anteriormente se pudieron deber al tipo de arroz usado y la humedad del producto.

Método de cocción

Para la rehidratación del producto, se cocinó el arroz deshidratado en microondas. El método de cocción fue determinado en base a las recomendaciones de fabricantes de productos similares, específicamente los señalados en los productos “Minute” y “Uncle Ben’s”, que establecen usar una proporción 1:1 de agua y arroz en medida casera (tazas), en un recipiente apto para microondas y cocinarlo tapado con film plástico, dependiendo el tiempo de cocción de las porciones que se vayan a servir como se indica en la Tabla N°17.

Tabla N°17. Indicaciones de cocción en microondas para arroz instantáneo.

Porción para (personas)	Arroz (taza)	Agua (taza)	Tiempo Cocción (min)
2	1	1	6
4	2	2	8
6	3	3	10

Fuente: “Minute” arroz instantáneo. <http://www.minuterice.com>
 “Uncle Ben’s” arroz instantáneo. <http://www.unclebens.com/>

En ambos casos los fabricantes establecen que los tiempos son aproximados, dependen del horno microondas y del tipo de arroz que el consumidor desee; recomiendan además que para un arroz más firme se añada menos agua y se cocine más tiempo, al contrario para uno más suave debe agregarse más agua y cocinarse menos tiempo.

Para este estudio, las condiciones de cocción mencionadas anteriormente funcionaron bastante bien, por lo que se estableció los mismos métodos de cocción para la evaluación sensorial, específicamente se usó una taza de arroz (210g) y una taza de agua (230g), dispuestos en un recipiente de vidrio, tapado con stretchfilm y cocinado por 6 minutos en un microondas marca: GE, modelo DE68 a una potencia alta.

Análisis sensorial

Panel de expertos

Una vez determinado el mejor tiempo y temperatura de congelación y de secado (20h/-18 °C; 3h/65 °C), se realizó una evaluación sensorial mediante un grupo focal. Esta evaluación buscó determinar si el producto tenía las características deseadas en el arroz, como son una dureza adecuada, baja pegajosidad y buena granulosidad además de características organolépticas como color, sabor y olor característico (Gayin & Manful, 2009).

El panel de expertos se realizó en la ciudad de Quito, sector norte. Estuvo conformado por tres hombres y dos mujeres, cuyas edades estuvieron comprendidas entre 20 y 50 años, todos los participantes eran consumidores habituales de arroz, algunos con experiencia en gastronomía y familiarizados con estudios de evaluación sensorial. Se dispuso a los participantes en una mesa circular, en un ambiente iluminado con luz artificial, sin ruidos ni distracciones externas. Se entregó a cada participante una muestra con 30 g del producto a una temperatura aproximada de 45 °C (Vergara, 2009) y una hoja donde se pidió anotar observaciones y características positivas o negativas del producto. Terminado el análisis del producto se realizó una discusión.

Resultados

Se destacaron las siguientes observaciones:

Positivas: Olor agradable, color blanco característico, buen sabor, textura de grano suave, grano suelto no pegado.

Negativas: Textura de grano suave, granos partidos.

Temas abordados en la discusión

- Dureza: La dureza del grano fue percibida de manera diferente por cada panelista. Para algunos era la adecuada aunque para otros estaba muy suave. Este factor es relativo a los gustos de cada consumidor, sin embargo, en general la textura del arroz usado en el experimento fue aceptable.
- Impresión del producto (olor, color, apariencia): El color del arroz fue un color blanco característico, al igual que su olor. La apariencia en general fue buena.
- Granulosidad: Hubo algunos granos pequeños o partidos, una característica que se debe controlar con la materia prima y el proceso de producción.

- Pegajosidad: El arroz estuvo suelto, no estuvo soso ni pegado, lo que era lo deseado.

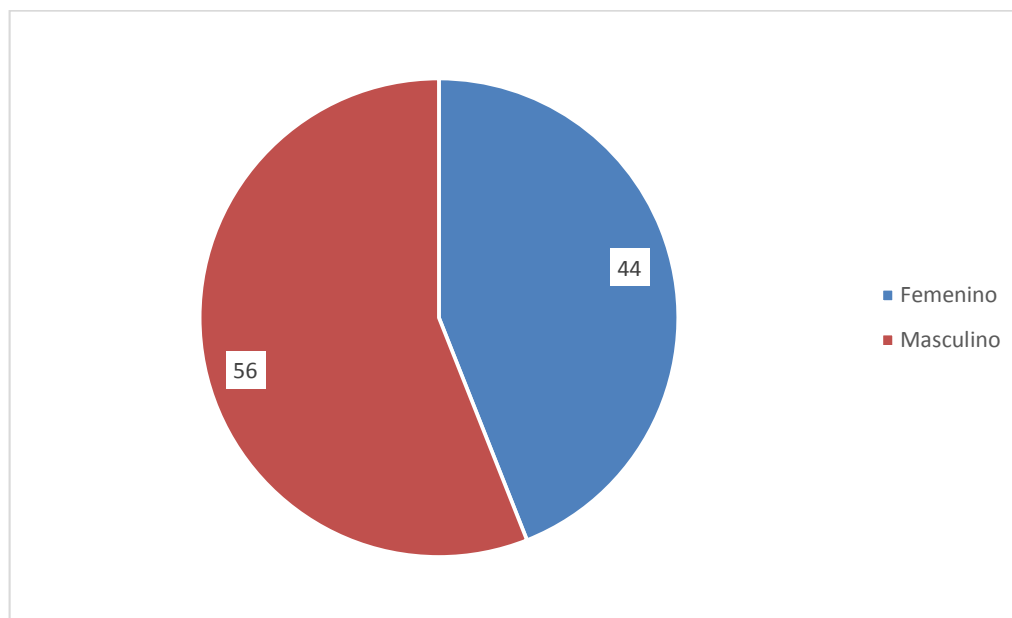
Prueba de aceptación

Se midió el nivel de agrado de la muestra usando una escala hedónica de cinco puntos a la que se le asignaron los siguientes valores: me disgusta mucho = 1; me disgusta = 2; ni me gusta ni me disgusta = 3; me gusta = 4; me gusta mucho = 5. La prueba se realizó en un restaurante en el norte de Quito, con 100 jueces consumidores (Herbert & Heather, 2012), con edades entre 18 y 65 años, siendo 56 hombres y 44 mujeres, todos consumidores de arroz. La muestra fue presentada a una temperatura de alrededor de 45°C, en recipientes plásticos que contenían 30 gramos del producto (Vergara, 2009), junto con una hoja de evaluación (Anexo 4).

Resultados

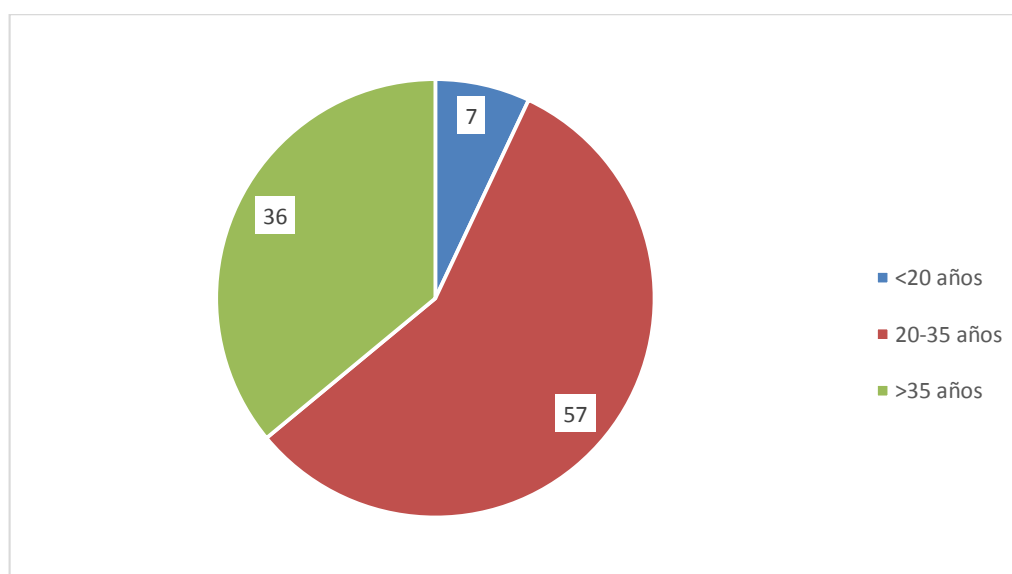
La población evaluada fue homogénea, en su mayoría personas adultas y consumidores habituales de arroz, como se muestra en las figuras 1, 2 y 3:

Figura #1. Sexo de los jueces.



La figura #1 muestra que hubo una participación relativamente homogénea entre hombres (56%) y mujeres (44%), siendo la mayoría de los jueces hombres (12 más).

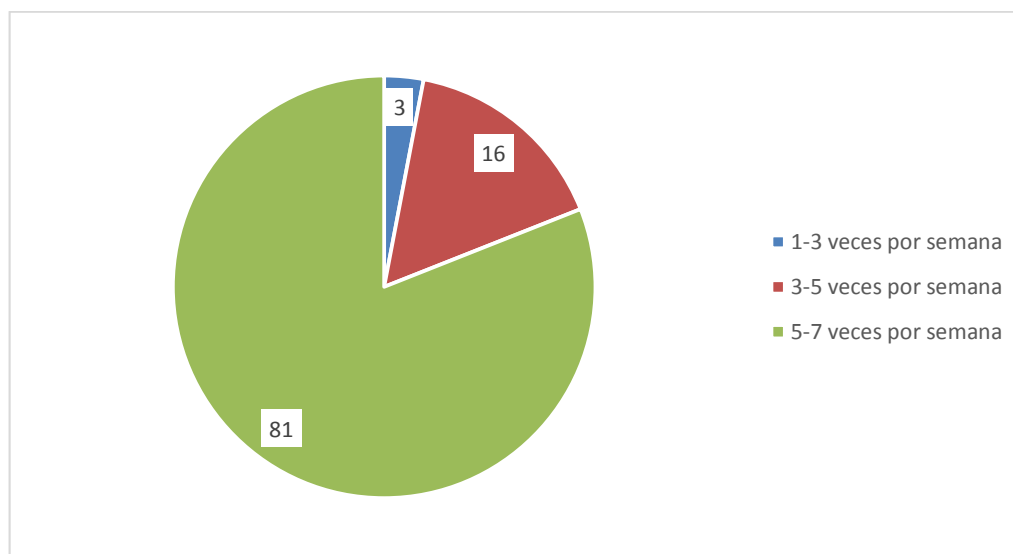
Figura #2. Rango de edad de los jueces.



En la figura #2, se puede ver que de los 100 jueces que evaluaron el producto, la mayoría

tenía edades comprendidas entre 20 y 35 años, siendo este grupo el 57% de los encuestados; el segundo grupo tuvo edades mayores a 35 años y fue el 36% de los participantes; por último el 7% restante comprendió a los jueces menores a 20 años.

Figura #3. Frecuencia de consumo de arroz.



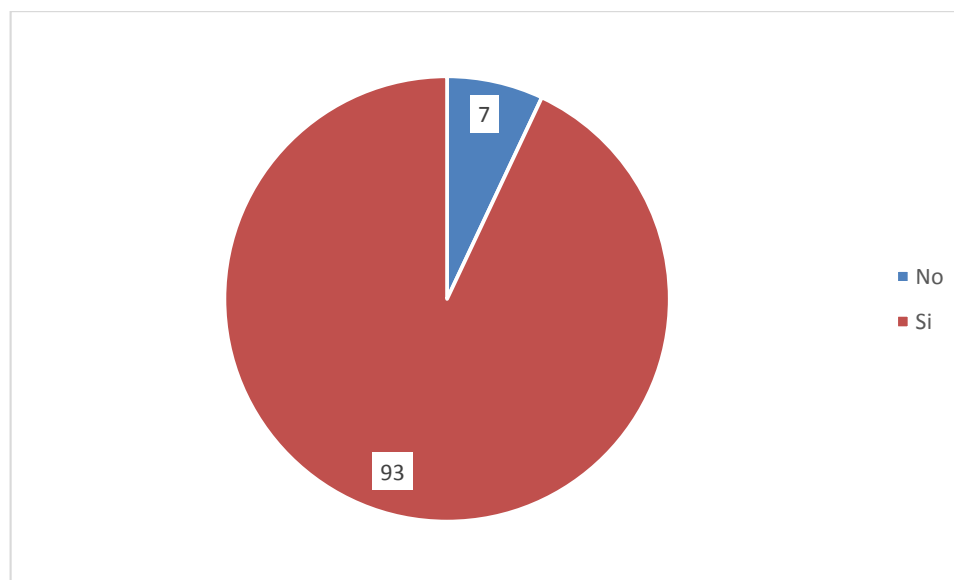
En la figura #3 se puede observar que la mayoría de los encuestados (81%) consume arroz de 5 a 7 veces por semana, un 16% lo hace de 3 a 5 veces por semana y tan sólo el 3% de 1 a 3 veces; lo que muestra un alto consumo de arroz por parte de la población consultada.

En cuanto al agrado mostrado por los jueces, según la escala hedónica de cinco puntos, en promedio el producto tuvo un nivel de agrado de 3,97; lo que lo sitúa muy cerca de la categoría “me gusta” valorada en 4. En la Tabla N°18 se muestra que el nivel de agrado presentó una tendencia hacia las categorías superiores.

Tabla N°18. Nivel de agrado.

Nivel de agrado	Disgusta mucho	Disgusta	Ni gusta ni disgusta	Gusta	Gusta mucho
Valor numérico asignado	1	2	3	4	5
Frecuencia	0	1	15	70	14
Nivel de agrado final	3,97				

Además se incluyó en la hoja de evaluación sensorial una pregunta que determinaba la intención de compra del producto (Figura #4).

Figura #4. Intención de compra.

Como se observa en la figura #4, la intención de compra mostró un 93% de expectativas positivas para adquirir el producto, y solamente un 7% de los encuestados no lo compraría.

Conclusiones

El mejor pre-tratamiento fue someter el arroz a una temperatura de congelación de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 20 horas y deshidratarlo por aire caliente a $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 3 horas. Para rehidratación, la cocción en microondas en una proporción de una taza de arroz con una de agua durante 6 minutos en un recipiente tapado; permitió obtener un arroz bastante bueno y con las características organolépticas deseadas, teniendo una buena aceptación por parte de los consumidores, que dentro de la escala hedónica se ubicó muy cerca de “me gusta”.

Recomendaciones

- Analizar otros métodos de cocción del arroz, además de diferentes pre-tratamientos; tiempos y temperaturas de congelación.
- Probar otros métodos de deshidratado como liofilización.
- Elaborar un proyecto de factibilidad económico para la producción de arroz instantáneo a nivel industrial.
- Realizar un estudio de vida útil del producto.

Bibliografía

- Aiquan. (2014). Modelling of dehydration–rehydration of instant rice in combined microwave-hot air drying. *Science direct* , V92. 259-265.
- Aqualab. (09 de 2008). *LAB-FERRER*. Obtenido de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/actividad-del-agua.pdf>
- Assennato, M. d. (1993). *FAO*. Recuperado el 20 de 02 de 2013, de <http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041S04.htm>
- Barbosa. G, V. H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Zaragoza: Acribia, S.A.
- Bencharat, & aet. (2012). Development of instant rice for young children. *Silpakorn U Science & Tech J*, V6. 49-58.
- Bhattacharya, K. (2011). *Rice quality, a guide to rice properties and analysis*. Cambridge: Woodhead publishing.
- Borja, U. (2012). Efecto del tratamiento de altas presiones sobre la calidad de cocción del arroz. *Universidad Pública de Navarra*.
- Castells, P. (2009). El almidón. *Investigación y ciencia N°396. septiembre 2009*. <http://www.investigacionyciencia.es/>
- Colina, J., & Guerra, M. (2009). Obtención y evaluación de arroz integral de cocción rápida. *Scielo*, 736-741.
- Cox, P. (1987). *Ultracongelación de alimentos*. Zaragoza: ACRIBIA, S.A.
- EUFI. (2002). *European Food Information Council*. Obtenido de <http://www.eufic.org/article/es/seguridad-alimentaria-calidad/granja-al-tenedor/artid/congelacion-alimentos-calidad-seguridad>. marzo 2002
- Gayin, J., & Manful, J. T.-N. (2009). Rheological and sensory properties of rice varieties from Improvement Programmes in Ghana. *International Food Research Journal* , 16: 167-174 .
- Gutiérrez, J. (2000). *Ciencia bromatológica: principios generales de los alimentos*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Herbert, R., & Heather, T. (2012). *Sensory Evaluation Practices* . AP.
- INEC. (2013). *Ecuador en cifras*. Recuperado el 18 de 01 de 2013, de <http://www.ecuadorencifras.com/sistagroalim/pdf/Arroz.pdf>
- INEN. (2008). *Fideos instantáneos. Requisitos*. NTE INEN 2318:08. Obtenido de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/index.php/buscar>
- INEN. (2013). *Cerelae y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad* . NTE INEN-ISO 712:2013. Obtenido de <http://apps.inen.gob.ec/descarga/index.php/buscar>

- INIAP. (2011). *INIAP*. Recuperado el 20 de 02 de 2013, de http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_content&view=article
- Kongseree. (2002). *Production of instant rice*. Thailand: Ministry of Agriculture and cooperatives.
- Marín. (2011). *Influencia de la modificación del almidón en las propiedades reológicas de una salsa blanca después del calentamiento y la congelación*.
- Marín, E., Lemus, R., Flores, V., & Vega, A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. Scielo.
- Minute. Riviana Foods Inc. (2015). *Instant rice cooking directions*. Obtenido de <https://www.minuterice.com/en-us/products/99/WhiteRice.aspx#cookingdirections>
- Oko. (2012). Comparative analysis of the chemical nutrient composition of selected local and newly introduced rice varieties grown in Ebonyi state of Nigeria. *International journal of agriculture and forestry*, 16-23.
- Prasert. (2009). Optimization of instant jasmine rice process and its physicochemical properties. *Journal of food engineering* , 54-61.
- Rahman. (2002). *Manual de conservación de los alimentos*. Zaragoza: ACRIBIA.S.A.
- Recetario Supermaxi. (s.f.) *Arroz estilado o escurrido*. Obtenido de <http://www.supermaxi.com/portal/es/web/supermaxi/articulo-receta?articulo=70356>
- Santacruz, S. (2004). *Characterisation of starches isolated from Arracacha xanthorriza, Canna edulis and Oxalis tuberosa and extracted from potato leaf*. Uppsala: Swedish University of agricultural sciences.
- Shafiur. (2002). *Manual de conservación de los alimentos* . : Acribia.
- Song. (2013). Optimization of Processing Conditions to Improve the Rehydration and Sensory Properties of Freeze-Dried Cooked Rice. *Journal of Food Processing and Preservation*, V.38 1244–1250.
- Tables, T. F. (2002). *Mediumgrainrice*. Obtenido de <http://www.mediumgrainrice.com/aboutrice/nutritionfacts.asp>
- UNAL. (s.f.). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de UNAL: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4070035/lecciones/cap7>
- Uncle Ben's. (2015). *Instant rice cooking instructions*. Obtenido de <http://www.unclebens.com/Products/White-Rice/Instant-Rice#.VQXbcY6G9UU>.
- Vaclavik, V. (2002). *Fundamentos de Ciencia de los Alimentos*. ACRIBIA, S.A. Zaragoza.
- Valdecir, A., Sinicio, R., & Oliveira, D. (1991). *FAO*. Obtenido de FAO Web site: <http://www.fao.org/docrep/x5059S/x5059S02.htm>
- Vergara, O. (26 de agosto de 2009). *Agrosalud*. Obtenido de www.agrosalud.org/descargas
- Yu, S. M. (2012). Effects of low and ultralow temperature freezing on retrogradation and textural properties of rice starch gel during storage. *Journal of Texture Studies*, V.43. 175–186.

Anexos

Anexo 1. Equipos usados para la congelación y el deshidratado

Congelación:



A -18°C:



A -20°C:



Deshidratado:



Anexo 2. Resultados diseño experimental I.

A. Volumen de expansión

	Temperatura (°C)				Total
Tiempo (H)	-18		-20		
20	2,38	7,01	2,03	6,28	13,29
	2,3		2,1		
	2,33		2,15		
24	2,13	6,61	2,00	6,18	12,79
	2,25		2,13		
	2,23		2,05		
Total		13,62		12,46	26,08

B. Rango de rehidratación

	Temperatura (°C)				Total
Tiempo (H)	-18		-20		
20	3,71	11,91	3,68	11,45	23,36
	4,17		3,96		
	4,03		3,81		
24	3,58	11,67	3,50	10,65	22,32
	4,17		3,95		
	3,92		3,2		
Total		23,58		22,10	45,68

Siendo en ambos experimentos:

Tratamiento 1: -18°C/24 horas

Tratamiento 2: -18°C/20 horas

Tratamiento 3: -20°C/24 horas

Tratamiento 4: -20°C/20 horas

Anexo 3. Resultados obtenidos Diseño experimental II.

A. Humedad.

Humedad								
	Temperatura (°C)						Total	
Tiempo (H)	65		75		85			
2	38	115	14	43	12	36	194	
	37		14		12			
	40		15		12			
3	5	15	5	15	4	12	42	
	5		5		4			
	5		5		4			
4	5	15	4	12	3	9	36	
	5		4		3			
	5		4		3			
Total		145		70		57	272	

B. Volumen de expansión.

Volumen de expansión								
	Temperatura (°C)						Total	
Tiempo (H)	65		75		85			
2	1,4	4,25	2,09	6,15	2,13	6,28	16,68	
	1,43		2,03		2,05			
	1,42		2,03		2,1			
3	2,5	7,39	2,32	6,91	2,2	6,71	21,01	
	2,43		2,3		2,28			
	2,46		2,29		2,23			
4	2,45	7,32	2,32	6,92	2,29	6,67	20,91	
	2,49		2,31		2,2			
	2,38		2,29		2,18			
Total		18,96		19,98		19,66	58,6	

C. Rango de rehidratación.

Rango de rehidratación							Total
	Temperatura (°C)						
Tiempo (H)	65		75		85		
2	3,1	8,5	3,4	9,6	3,7	10,8	28,9
	2,7		3		3,6		
	2,7		3,2		3,5		
3	3,9	11,8	4,1	12,1	3,8	11,7	35,6
	4		4,1		4		
	3,9		3,9		3,9		
4	3,7	11,8	4	12,3	3,9	11,5	35,6
	4		4,3		3,6		
	4,1		4		4		
Total		32,1		34		34	100,1

Siendo en los experimentos:

Tratamiento 1: 65°C/2 horas

Tratamiento 2: 65°C/3 horas

Tratamiento 3: 65°C/4 horas

Tratamiento 4: 75°C/2 horas

Tratamiento 5: 75°C/3 horas

Tratamiento 6: 75°C/4 horas

Tratamiento 7: 85°C/2 horas

Tratamiento 8: 85°C/3 horas

Tratamiento 9: 85°C/4 horas

Anexo 4. Formulario Evaluación sensorial.

Evaluación Sensorial

Sexo: F M

Edad: <20 20-35 >35

Consumo usted arroz? SI NO

Si lo consume, con qué frecuencia lo hace?

1-3 veces por semana 3-5 veces por semana 5-7 veces por semana

Por favor pruebe la muestra servida e indique cuanto le gusta o le disgusta el producto.

Marque la respuesta que mejor refleje su juicio.

 Me gusta mucho Me gusta Ni me gusta ni me disgusta Me disgusta Me disgusta mucho

Compraría usted este producto? SI NO

Anexo 5. Artículo referencia desarrollo de arroz instantáneo.

Development of Instant Rice for Young Children

Bencharat Prapluettrakul¹, Patcharee Tungtrakul², Sukamol Panyachan¹ and Tasanee Limsuwan^{1*}

¹*Department of Home Economics, Faculty of Agriculture,*

²*Institute of Food Research and Product Development,*

Kasetsart University, Bangkaen Campus, Bangkok, Thailand

**Corresponding author. E-mail address: tasaneelim50@hotmail.com*

Received September 28, 2011; Accepted February 12, 2012

Abstract

The objective of this research was to find a suitable method for producing an instant rice product from Thai Jasmine rice for young children aged 1-3 years old. Different methods of rice cooking, pre-treatment prior to drying, and rehydration were studied. Volume expansion, rehydration ratio, rehydration time, colour, texture, and sensory characteristics of instant rice product were compared. The results showed that the instant rice product prepared by boiling followed by freezing for 24 h at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, drying at $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, and rehydration by boiling for 3 min showed no significant difference in hardness, adhesiveness, or cohesiveness from the freshly cooked rice. The hardness, adhesiveness and cohesiveness were $349.75 \pm 3.94\text{ N}$, $-23.09 \pm 1.30\text{ N.s}$, and 0.49 ± 0.01 , respectively. The sample also received the highest scores for stickiness, softness, and overall acceptability for use as food for young children. Boiling followed by 24 h of freezing prior to drying is recommended for producing instant rice for young children.

Key Words: Instant food; Rice; Young children

Introduction

Rice is the staple food for over half the world's population, including the Thai population. Khao Dawk Mali 105 or Thai Jasmine Rice is the most popular variety for consumption in Thailand because of its pleasant fragrance when cooked as well as its good texture. Rice is also a suitable food for young children because it is easy to digest; it contains many essential nutrients and no gluten.

The recommended diet for babies for the first six months is mother's milk exclusively, after which complementary foods may be introduced in addition to mother's milk. Traditionally in Thailand the popular complementary foods are mashed banana and mashed rice porridge. Young children aged one

to three years rely more on staple foods like cooked rice or rice porridge that is not mashed so they can get used to chewing soft rice. Most Thai families prepare their own children's food. However, these days many families do not have time to prepare their own young children's food and prefer to buy ready prepared food products that are convenient to serve. Many families also rely on child care centers to supply their young children's nutrition. A preliminary survey of the foods for young children available on the market showed that the selection is limited. Most are instant products that have a liquid or paste-like consistency when rehydrated. These types are suitable in the early stages when babies are first given complementary food but are not suitable

for young children. The other instant rice products on the market are also mostly not intended for young children.

Previous investigations have proposed instant rice preparation processes consisting of methods of soaking, cooking, pre-treatment prior to drying, drying, and rehydration. The method of soaking, boiling, washing prior to freezing, and drying was suggested by Kongseree et al. (2002). Rewthong et al. (2011) suggested that the boiling method for cooking rice was better than the application of electric rice cooker and washing step prior to freezing gave poorer eating quality. The washing step prior to freezing was shown to be unnecessary for instant rice cooked by boiling (Carlson et al., 1979). It has also been reported that the texture of many rehydrated instant rice products is harder and less chewy than freshly cooked rice (Luangmalawat et al., 2008). None of the previous research specified use for young children.

Therefore, the objective of this research was to find a suitable method to produce an instant rice

product from Thai Jasmine rice for young children by comparing the methods previously reported. Such a product would be helpful for families and nurseries or child centers that require rice which can be prepared quickly for young children, and it would also provided added value to Thai Jasmine rice.

Materials and Methods

Materials

The raw material for all the experiments was Thai Jasmine rice purchased from a local distributor in Bangkok.

Preparation of Instant Rice

Five hundred grams of uncooked Thai Jasmine rice was pre-washed with water before cooking, then water was added at the ratio of one part rice to 1.5 parts water by volume, and the mixture was left to stand for 10 min. Methods of cooking and preparation of instant rice recommended by previous research (Kongseree et al., 2002; Rewthong et al., 2011) were compared, as shown in Figure 1.

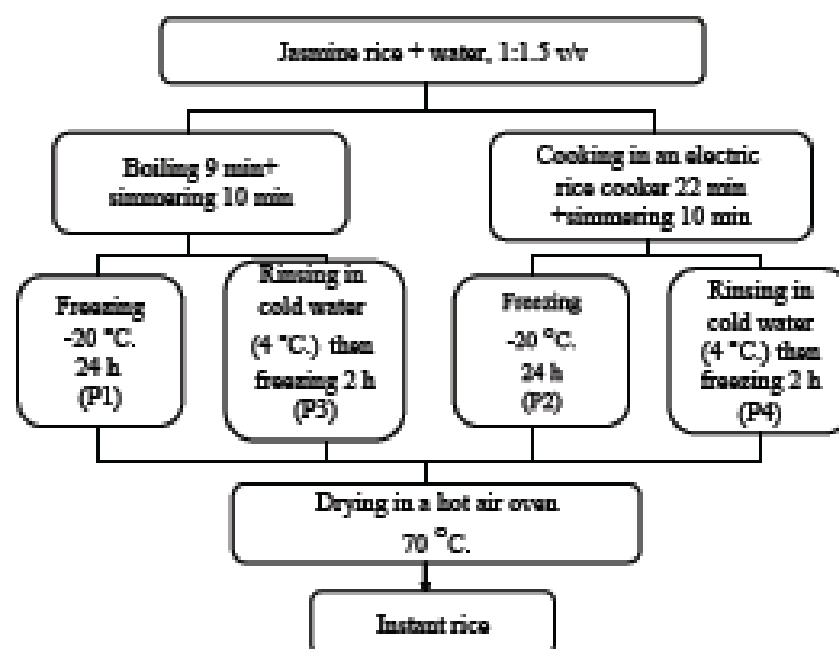


Figure 1 Methods for preparing instant rice

Two methods of cooking rice were compared: boiling and cooking in an electric rice cooker (Sharp, model KS-11E). Two methods for pre-treatment rice before drying was conducted by 1) freezing at -20 °C for 24 h and 2) rinsing in cold water for 30 sec and then freezing at -20 °C for 2 h.

The prepared rice was then spread over aluminum drying screens and placed in a hot air dryer (Binder, FD115 model) at 70 °C until the moisture content was reduced to about 5% by weight. The resulting instant rice product was analysed for moisture content (AOAC, 2000), volume expansion (Kongseree et al., 2002), rehydration ratio, and rehydration time.

To find the most appropriate method for rehydration of the resulting instant rice for use as a food for young children, the samples were boiled for 3, 4, or 5 min and then left to simmer for 8 min. After rehydration, the samples were analysed for colour and texture compared to the freshly cooked rice. The sensory evaluation was undertaken by a sensory panel of 10 panelists with experience in preparing food for infants and young children at the Kasetsart University child care center.

Quality Evaluation

1. The moisture content of the rehydrated instant rice and freshly cooked Thai Jasmine rice were measured by drying in a hot air oven at 105 ± 2 °C for 6 h, following the method of AOAC (2000).

2. The volume expansion was measured following the method of Kongseree et al. (2002). Twenty grams samples of each instant rice product were placed in a volumetric cylinder and the volume was noted, water at a temperature of 95 °C was added, and the expanded volume was measured every 2 min for 40 min. Three replications were carried out.

Volume expansion =

$$\frac{\text{volume of reconstituted product (ml)}}{\text{starting volume (ml)}}$$

3. The rehydration ratio was measured following the method of Prasert and Suwannaporn (2009). One hundred millilitres of water at 95 °C were added to 10 g of instant rice. Excess water was dabbed away and the samples were weighed every 2 min for 40 min. After three replications, the water rehydration ratio was calculated thus:

Rehydration ratio =

$$\frac{\text{weight of instant rice after absorption of water (g)}}{\text{starting dry weight (g)}}$$

4. The rehydration time was measured following the method of Kongseree et al. (2002). One hundred grams of each instant rice product were boiled in boiling water, then removed from the water with a sieve spoon, and left to drain. Excess water was dabbed away and the moisture content was measured by heating in a hot air oven (AOAC 2000) and measuring samples once per minute for 10 min. Three replications were carried out.

5. The colour of rehydrated instant rice was compared to that of freshly cooked rice using a Hunter Lab Color Flex colorimeter using the CIE Lab (1976) L*a* and b* system.

6. A texture profile analysis (TPA) was done for the rehydrated instant rice compared to freshly cooked rice, testing for hardness, adhesiveness, and cohesiveness using a method adapted from Kiathanapaiboon (2008) on the TA-XT plus texture analyser (Stable Micro Systems, UK). Samples of 14 g were placed in the cylindrical blocks and readings were taken with a 100-mm diameter cylindrical probe at the rate of 1.0 mm/sec. Five replications were carried out.

Sensory Evaluation

The samples were evaluated by 10 panelists using a nine-point hedonic scale. The panelists all have an experience in preparing food for infants and young children at the Kasetsart University child care center.

Statistical Analysis

Data obtained from all the tests were analyzed by using one-way analysis of variance (ANOVA) and followed by Duncan multiple range test.

Results and Discussion

Analysis of the Quality of Instant Rice Products

Volume Expansion

There was a statistically significant difference in volume expansion among the rice products prepared by the four different methods ($p < 0.05$). The volume expansion of rice samples which were frozen for 24 h (P1 and P2) was higher than that of samples frozen for 2 h after rinsing with cold water (P3 and P4), as shown in Figure 2.

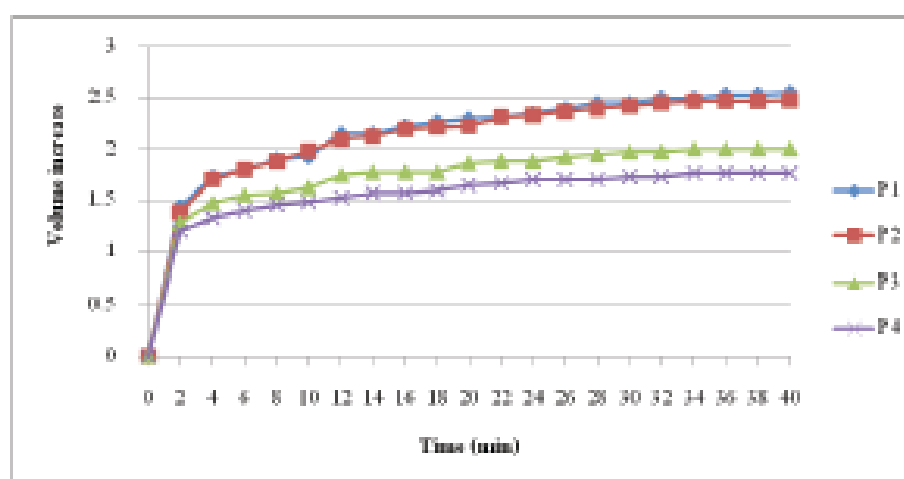


Figure 2 Volume expansion of instant rice products after reconstitution

P1 = rice boiled + frozen for 24 h

P2 = rice cooked in an electric rice cooker + frozen for 24 h

P3 = rice boiled + rinsed + frozen for 2 h

P4 = rice cooked in an electric rice cooker + rinsed + frozen for 2 h

Lu et al. (1997) and Mohamed et al. (2006) reported that the gelatinized starch could become retrograded after being kept at the optimal temperature of approximately 4 °C. It is possible that when the cooked rice was rinsed in cold water, the particles in the rice kernel that gelatinized during the cooking process may have begun to bond together again, creating a more cohesive structure. That could explain why the rice that was rinsed in cold water before freezing had a lower volume expansion rate

than rice that was not rinsed in cold water before freezing.

Rehydration Ratio

The rehydration ratios of all samples were different during rehydration for 2–40 min. The instant rice cooked in an electric rice cooker and frozen for 24 h (P2) had the highest water rehydration ratio while the instant rice that was cooked in an electric rice cooker, rinsed with cold water, and then frozen for 2 h before drying (P4) had the lowest water rehydration ratio. The water rehydration ratios of the instant rice products that were frozen for 24 h and cooked either by boiling (P1) or by using an electric rice cooker (P2) were very similar. The water rehydration ratios of these samples were higher than those of the samples that were rinsed with cold water and frozen for 2 h (Figure 3).

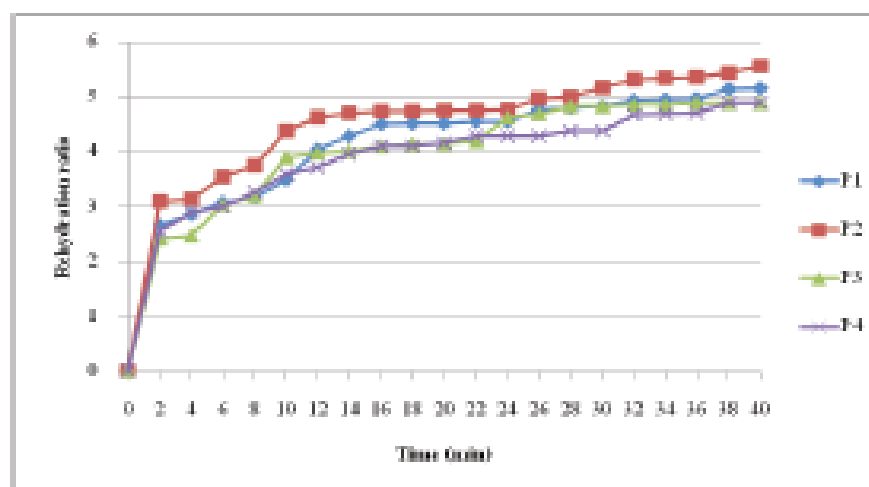


Figure 3 Rehydration ratio of instant rice

P1 = rice boiled + frozen for 24 h

P2 = rice cooked in an electric rice cooker + frozen for 24 h

P3 = rice boiled + rinsed + frozen for 2 h

P4 = rice cooked in an electric rice cooker + rinsed + frozen for 2 h

Rehydration Time

All the instant rice samples showed their rehydration pattern in the similar manner. The moisture contents of all samples reached 50–63% in

one minute and increased throughout the duration of the testing period (Figure 4). The instant rice cooked by using an electric rice cooker and frozen for 24 hours before drying (P2) absorbed more water than other samples and its moisture content reached the same level of moisture as in the freshly cooked rice (65%) in 1.5 min. While the rehydration time to reach the same level of moisture content in freshly cooked rice for P1, P3 and P4 were 3, 3.5 and 3.5 min, respectively.

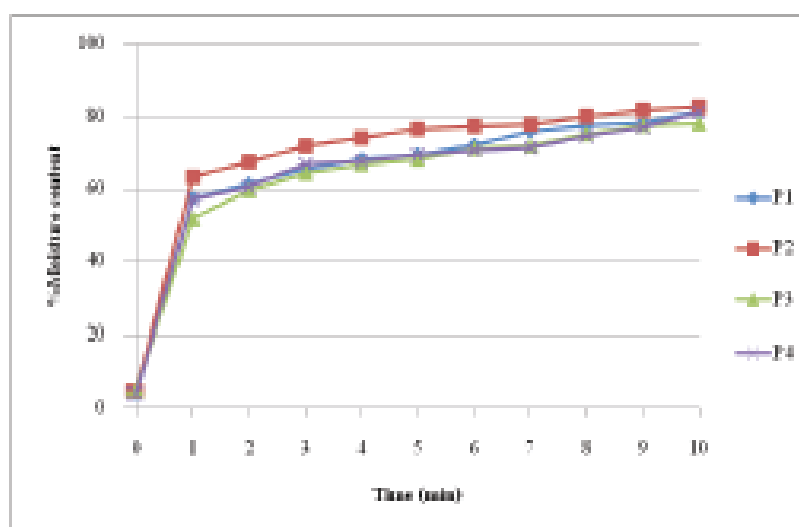


Figure 4 Rehydration times of instant rice

P1 = rice boiled + frozen for 24 h
 P2 = rice cooked in an electric rice cooker + frozen for 24 h
 P3 = rice boiled + rinsed + frozen for 2 h
 P4 = rice cooked in an electric rice cooker + rinsed + frozen for 2 h

Quality Evaluation of Instant Rice Products Colour

The colour of the instant rice cooked by

boiling, frozen for 24 h prior to drying (P1), and rehydrated in boiling water for 3 min showed no statistically significant difference in L* (lightness) from freshly cooked rice. The other instant rice samples showed a statistically significant difference ($p < 0.05$) in L* (lightness) from the freshly cooked rice. As for the a* (redness) and b* (yellowness) values, P2, P3 and P4 showed significantly lower values ($p < 0.05$) than the freshly cooked rice (Table 1).

Table 1 Colour values of rehydrated instant rice compared to freshly cooked rice

Method	Colour value		
	L*	a*	b*
Freshly cooked rice	74.73 ± 0.11 ^a	-1.86 ± 0.07 ^a	5.03 ± 0.04 ^a
Boiled-frozen (24 h)-dried (P1)	75.01 ± 0.20 ^a	-2.03 ± 0.05 ^a	5.63 ± 0.05 ^a
Cooker-frozen (24 h)-dried (P2)	75.58 ± 0.15 ^a	-1.98 ± 0.02 ^b	4.12 ± 0.10 ^a
Boiled-rinsed-frozen (2 h)-dried (P3)	72.10 ± 0.29 ^a	-1.95 ± 0.03 ^b	4.42 ± 0.06 ^a
Cooker-rinsed-frozen (2 h)-dried (P4)	71.70 ± 0.19 ^a	-1.96 ± 0.02 ^b	4.80 ± 0.17 ^a

Note: values are means ± standard deviation from three replications

The different superscripts of values in the same column signify that the values differ to a statistically significant degree ($P < 0.05$).

Texture

The texture of instant rice products after rehydrated by boiling at 3, 4 and 5 min were evaluated in order to find the suitable rehydration time.

With regard to hardness, rice cooked by boiling showed significantly higher hardness values ($p < 0.05$) than rice cooked by the electric rice cooker (Table 2). A similar result was found by Rewthong et al. (2011). Tester and Morrison (1990) explained the difference in textural characteristics of cooked rice is probably related to the amount of leached starch during cooking. The longer cooking time resulted in a larger amount of leached starch (Chiang and Yeh, 2002). Therefore this could explain the higher hardness values for rice cooked by boiling

than rice cooked by the electric rice cooker since rice cooked by the electric rice cooker took longer time; 22 min versus 9 min for rice cooked by boiling. Similar result was observed with the hydration time. Instant rice products rehydrated at 5 min gave lower hardness values than instant rice products rehydrated at 3 and 4 min (Table 2).

Rewthong et al. (2011) also suggested that rinsing rice with cold water prior to freezing helped to reduce leached starch during cooking. The samples that were rinsed in cold water prior to freezing (P3 and P4) were observed to have a significant higher hardness values ($p < 0.05$) than samples that were not rinsed before freezing (P1 and P2).

When compare to the freshly cooked rice only the instant rice product P1 showed no statistically

significant difference in hardness from the freshly cooked rice either rehydration at 3, 4 or 5 min.

Table 2 Hardness of rehydrated instant rice products compared to freshly cooked rice

Method	Hardness over boiling time (N)		
	3 min	4 min	5 min
Freshly cooked rice	346.03 ± 7.64 ^{ab}	346.03 ± 7.64 ^{ab}	346.03 ± 7.64 ^{ab}
Boiled–frozen (24 h)–dried (P1)	349.75 ± 3.94 ^{ab}	345.97 ± 5.06 ^{ab}	330.93 ± 0.61 ^{ab}
Cooker–frozen (24 h)–dried (P2)	310.27 ± 0.95 ^{ab}	306.20 ± 6.50 ^{ab}	275.93 ± 9.48 ^{ab}
Boiled–rinsed–frozen (2 h)–dried(P3)	454.62 ± 7.99 ^{ab}	419.03 ± 1.38 ^{ab}	344.54 ± 5.98 ^{ab}
Cooker–rinsed–frozen (2 h)–dried (P4)	376.46 ± 0.33 ^{ab}	342.58 ± 1.05 ^{ab}	314.35 ± 2.07 ^{ab}

Note: values are means ± standard deviation from five replications

Different upper case superscripts in the same column signify that the values differ to a statistically significant degree ($P < 0.05$).

Different lower case superscripts in the same row signify that they differ to a statistically significant degree ($P < 0.05$).

With regard to adhesiveness, the rice cooked by the electric rice cooker showed significantly higher values ($p < 0.05$) of adhesiveness than the rice cooked by the boiling method when rehydrated at 3 min (Table 3). This could be a result of the larger amount of leached starch when cooked longer time by the electric rice cooker (Chiang and Yeh, 2002). The adhesiveness tended to increase with rehydration time from 3 to 5 min, however, the significant difference was only found with the adhesiveness values of P1 and P2 when rehydrated at 3 minutes from 4 and 5 min and no significant

difference were found with the adhesiveness values of P3 and P4. The pre-rinsed samples with cold water before freezing tended to have lower values of adhesiveness than the no-rinsed samples. However, the significant differences ($p < 0.05$) were only found between P1 and P3 when rehydrated at 3, 4 and 5 min and between P2 and P4 when rehydrated at 4 min. The instant rice product whose adhesiveness was the most similar to that of freshly cooked rice (-21.25 ± 6.65 N.s) was the product prepared by the boiling method, frozen for 24 h, and rehydrated by boiling for 3 min (Table 3).

Table 3 Adhesiveness of rehydrated instant rice compared to freshly cooked rice

Method	Adhesiveness over boiling time (N.s)		
	3 min	4 min	5 min
Freshly cooked rice	-21.25 ± 6.65^{Aa}	-21.25 ± 6.65^{Ba}	-21.25 ± 6.65^{ABa}
Boiled–frozen (24 h)–dried (P1)	-23.09 ± 1.30^{Ba}	-53.80 ± 3.01^{Bb}	-59.30 ± 8.26^{Bb}
Cooker–frozen (24 h)–dried (P2)	-36.19 ± 1.27^{Ca}	-45.34 ± 1.67^{Bb}	-43.45 ± 2.90^{Ca}
Boiled–rinsed–frozen (2 h)–dried (P3)	-12.74 ± 2.68^{Aa}	-8.67 ± 0.90^{Aa}	-8.50 ± 1.37^{Aa}
Cooker–rinsed–frozen (2 h)–dried (P4)	-30.55 ± 4.80^{Ca}	-33.29 ± 4.77^{Ca}	-31.40 ± 5.45^{Ca}

Note: values are means \pm standard deviation from five replications.

The minus sign indicates the values obtained from the area below the graph.

Different upper case superscripts in the same column signify that the values differ to a statistically significant degree ($P < 0.05$).

Different lower case superscripts in the same row signify that the values differ to a statistically significant degree ($P < 0.05$).

The cohesiveness data obtained from the tests showed that the instant rice samples produced by boiling method tended to have greater cohesiveness than the samples produced by using the electric rice cooker (P1>P2 and P3>P4) (Table 4). No major difference in cohesiveness was noted between samples of instant rice that were rinsed with cold water before freezing and those that were not.

All the instant rice samples except P3 had lower cohesiveness than the freshly cooked rice. The instant rice whose cohesiveness value was the most similar to that of freshly cooked rice (0.50 ± 0.01) was the product that was prepared by the boiling method, frozen for 24 h (P1), and rehydrated by boiling for 3 or 4 min.

Table 4 Cohesiveness of rehydrated instant rice compared to freshly cooked rice

Method	Cohesiveness over boiling time		
	3 min	4 min	5 min
Freshly cooked rice	0.50 ± 0.01^{Aa}	0.50 ± 0.01^{Aa}	0.50 ± 0.01^{Aa}
Boiled–frozen (24 h)–dried (P1)	0.49 ± 0.01^{Ba}	0.48 ± 0.01^{Aa}	0.47 ± 0.01^{Ba}
Cooker–frozen (24 h)–dried (P2)	0.48 ± 0.01^{Ba}	0.45 ± 0.01^{Ba}	0.45 ± 0.02^{Ca}
Boiled–rinsed–frozen (2 h)–dried (P3)	0.58 ± 0.02^{Aa}	$<0.01 \pm 0.00^{Cb}$	$<0.01 \pm 0.00^{Ba}$
Cooker–rinsed–frozen (2 h)–dried (P4)	0.01 ± 0.00^{Ca}	0.01 ± 0.00^{Ca}	0.01 ± 0.00^{Ba}

Note: values are means \pm standard deviation from five repetitions.

Different upper case superscripts in the same column signify that the values differ to a statistically significant degree ($P < 0.05$).

Different lower case superscripts in the same row signify that they differ to a statistically significant degree ($P < 0.05$).

From the texture data above it can be concluded that the different methods of preparing instant rice have an effect on their texture when rehydrated. The texture is related to the amount of starch and the components of starch that are released from starch granules in the rice when it is heated (Rewthong et al., 2011). Ong and Blanshard (1995) reported that the amounts of amylose and short-chain amylopectin, major components of the leaching starch, affect the hardness and stickiness of cooked rice. The morphology of rice cooked by using an electric rice cooker showed more deformation of the porous structure at the external surface than the rice cooked by boiling, which indicates that more starch leached out during cooking (Rewthong et al., 2011). This could be due to the longer cooking time by the electric rice cooker (Chiang and Yeh, 2002) and could explain why P2 and P4 had lower hardness and cohesiveness but greater adhesiveness values than P1 and P3, respectively. When the cooked rice was rinsed with cold water before freezing, this may have reduced the amount of leaching starch (Rewthong et al., 2011), causing the instant rice samples that were rinsed before freezing and

drying to have greater hardness compared to freshly cooked rice. The results of texture analysis showed that the instant rice sample prepared by boiling and freezing gave no significant difference in hardness, adhesiveness, and cohesiveness values from the freshly cooked rice similar to the result of Rewthong et al. (2011).

Sensory Evaluation

When the samples were tested by 10 panelists who have experience in preparing food for infants and young children at the university child care center, the products that were boiled and frozen for 24 h before drying (P1 and P2) were given significantly higher liking scores ($p < 0.05$) for stickiness, softness, and overall acceptability than those that were pre-rinsed with cold water and frozen for only 2 h before drying (P3 and P4) except the overall acceptability for P4. The boiled-frozen for 24 h (P1) sample received the highest scores ranging between 7-8 from 9-point score (like moderately- like very much) for use as rice for young children (Table 5). The panelists also gave their acceptance when the product was mashed for preparing complementary food for the infant.

Table 5 Sensory evaluations of rehydrated instant rice

Method	Sensory evaluation scores		
	Stickiness	Softness	Overall acceptability
Boiled-frozen (24 h)-dried (P1)	7.72 ± 0.79 ^a	8.14 ± 0.69 ^a	7.86 ± 0.69 ^a
Cooker-frozen (24 h)-dried (P2)	7.71 ± 0.76 ^a	8.00 ± 0.82 ^a	7.14 ± 1.07 ^a
Boiled-rinsed-frozen (2 h)-dried (P3)	6.14 ± 1.10 ^b	6.43 ± 0.98 ^b	6.14 ± 0.69 ^b
Cooker-rinsed-frozen (2 h)-dried (P4)	6.57 ± 0.98 ^b	6.43 ± 0.98 ^b	7.29 ± 0.95 ^a

Note: values are means ± standard deviation from the scores given by 10 panelists.

Different superscripts in the same column signify that the values differ to a statistically significant degree ($P < 0.05$).

Conclusion

A comparison of methods for preparing instant rice products from Thai Jasmine rice for young children showed that the method of cooking and the method of pre-treatment before drying had an effect on the water rehydration ratio, volume expansion, rehydration time, and texture of the finished product when it was rehydrated. The instant rice prepared by boiling, pre-frozen for 24 h before drying, and then rehydrated by boiling for 3 min gave hardness, adhesiveness, and cohesiveness values that were not significantly different from those of freshly cooked rice. The sensory panelists also gave the highest scores for stickiness, softness, and overall acceptability. It is therefore recommended that boiling and 24 h freezing prior to drying is suitable to be used as a method for producing instant rice for young children.

Acknowledgements

The authors would like to thank the National Research Council of Thailand for research funding.

References

- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*, 17th ed., Arlington.
- Carlson, R. A., Roberts, R. L., and Farkas, D. F. (1979) Process for preparing quick-cooking rice. U.S. Patent No. 4133,898.
- Chiang, P. Y. and Yeh, A. I. (2002) Effect of soaking on wet-milling of rice. *Journal of Cereal Science* 35: 85-94.
- Kiathanapaiboon, S. (2008) *Relation among chemical, physical, and descriptive sensory qualities and likeness of different varieties of rice cooked by different methods*. Thesis, Kasetsart University (in Thai).
- Kongseree, N., Wongpiyachon, S., Sawangjit, P., Youngsuk, L., and Hirannupakorn, W. (2002) *Production of instant rice. Research during 1991-2001*. Department of Rice Research and Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives (in Thai).
- Lu, T.-J., Jane, J.-L., and Keeling, P. L. (1997) Temperature effect on retrogradation rate and crystalline structure of amylose. *Carbohydrate Polymers* 33: 19-26.
- Luangmalawat, P., Prachayawarakorn, S., Nathakaranakule, A., and Soponronnarit, S. (2008) Effect of temperature on drying characteristics and quality of cooked rice. *Journal of LWT* 41: 716-723.
- Mohamed, A., Peterson, S. C., Grant, L. A., and Rayas-Duarte, P. (2006) Effect of jet-cooked wheat gluten/lecithin blends on maize and rice starch retrogradation. *Journal of Cereal Science* 43: 293-300.
- Ong, M. H. and Blanshard, J. M. V. (1995) Texture determinants in cooked, parboiled rice: I. Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. *Journal of Cereal Science* 21: 251-260.
- Prasert, W. and Suwannaporn, P. (2009) Optimization of instant jasmine rice process and its physicochemical properties. *Journal of Food Engineering* 95: 54-61.
- Rewthong, O., Soponronnarit, S., Taechapairoj, C., Tungtrakul, P., and Prachayawarakorn, S. (2011) Effects of cooking, drying and pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice. *Journal of Food Engineering* 103: 258-264.
- Tester, R. F. and Morrison, W. R. (1990) Swelling and gelatinization of cereal starches. Effects of amylopectin, amylose and lipids. *Cereal Chemistry* 67: 551-557.