



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA Y
DEL MEDIO NATURAL

Efecto del ácido y del azúcar sobre las características del arroz cocido

TRABAJO FINAL DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Curso académico 2018/2019

AUTOR: JAVIER SAIZ CANO

TUTORA: M. ISABEL HERNANDO HERNANDO

TUTORA EXTERNA: M. CRISTINA MOLINA ROSELL

DIRECTORA EXPERIMENTAL: RAQUEL GARZÓN LLORÍA

RESUMEN

Efecto del ácido y del azúcar sobre las características del arroz cocido.

Autor: Javier Saiz Cano

Tutora: M. Isabel Hernando Hernando

Tutora externa: M. Cristina Molina Rosell

Directora experimental: Raquel Garzón Lloría

Valencia, julio 2019

La aparición de nuevas tendencias alimentarias de origen extranjero en España es un hecho que se ha visto impulsado en los últimos años gracias al auge de la comida preparada y a domicilio, una de las tendencias más representativas en este sentido es el consumo de Sushi. Un tipo de comida de origen japonés caracterizado por estar constituido principalmente de arroz avinagrado y pescado crudo. Debido a esta creciente popularidad la industria ha mostrado su interés llevando su producción a una escala mayor e intentando obtener productos de calidad homogénea y estables en el tiempo. Es por ello por lo que, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el impacto en el perfil de textura, de los distintos ingredientes del preparado de sushi (vinagre, azúcar y sal) que se adiciona al arroz cocido para el posterior formado de sushi en forma de nigiris. En primer lugar, se analizaron los distintos vinagres que hay en el mercado con el fin de conocer la cantidad de ácido acético que puedan tener, así como su contenido de sal y de azúcar. Posteriormente se optimizó y caracterizó la cocción del arroz atendiendo al tiempo óptimo de cocción, color, absorción de agua, y humedad. Finalmente se analizó el efecto en el perfil de textura de distintas relaciones de cantidad de arroz cocido: preparado de sushi (1:0; 1:0,1; 1:0,2; 1:0,3 y 1:0,5 (p/p)). Además del efecto en la textura del arroz y del nigiri de la adición de ácido acético (0; 1; 3; 5; 6 y 7%), sal (0; 2,5; 5; 7,5 y 10%) y azúcar (0; 10; 20; 30; 40 y 50%) individualmente. La cantidad de preparado de sushi añadido al arroz cocido afectó tanto a la dureza como a la capacidad de recuperación de los nigiris. El aumento de la proporción originó nigiris más blandos hasta la relación de 1:0,2 (p/p) donde ya no se encontraron cambios significativos. La adición de sal produjo un efecto estadísticamente significativo en la dureza y la adhesividad del arroz y del nigiri. El efecto del azúcar fue principalmente sobre la capacidad de recuperación de las dos formas de estudio. Sin embargo, el efecto del ácido acético afectó de diferente forma al arroz cocido, en el que tuvo un efecto sobre la dureza, que al nigiri donde influyó sobre la adhesividad. El ácido acético demostró mejorar la estabilidad de los parámetros texturales a corto plazo para el arroz y para los nigiris. Los resultados obtenidos mostraron la importancia tanto de la cantidad de preparado a utilizar, como de cada uno de los componentes y sus concentraciones en el perfil de textura. Sin embargo, se requieren estudios adicionales que permitan profundizar en el efecto originado en el arroz cocido.

Palabras clave: sushi, arroz, nigiri, vinagre, textura, sal, azúcar

ABSTRACT

Effect of acid and sugar on the characteristics of cooked rice.

Author: Javier Saiz Cano

Tutor: Isabel Hernando Hernando

External tutor: M. Cristina Molina Rosell

Experimental director: Raquel Garzón Lloría

Valencia, July 2019

The appearance of new food trends of foreign origin in Spain is a fact that has been increasing for the last years due to the rise in the market of ready-to-eat and home served food, one of the most representative trends in this sense is the consumption of Sushi, a type of food from Japanese origin which is constituted mainly of vinegary dressed rice and crude fish. Due to this rising popularity the food industry has manifested its interest in the sushi large-scale production and quality homogeneous products that remain stable through time. It is therefore the objective of this work to study the impact in the rice texture profile of the different ingredients of the sushi rice dressing (vinegar, sugar and salt), which is applied after cooking the rice to produce sushi in the form of nigiris. Firstly, different commercial vinegars were analyzed in order to know the quantity of acetic acid, salt, and sugar in their composition. Secondly, cooking of rice was optimized and characterized regarding optimal cooking time, color, water absorption and humidity. Lastly, the impact in the texture profile of different relations for quantity of cooked rice:sushi rice dressing (1:0; 1:0,1; 1:0,2; 1:0,3 y 1:0,5 (w/w) was analyzed. The effect in the rice and nigiri texture was analyzed for acetic acid (0; 1; 3; 5; 6 y 7%) salt (0; 2,5; 5; 7,5 y 10%) and sugar (0; 10; 20; 30; 40 y 50%) separately. The quantity of sushi dressing applied to the rice affected the hardness and resilience of nigiris. The increase in quantity produced softer nigiris until 1:0,2 (w/w) relation, no significative differences were observed in greater amounts of dressing. The addition of salt produced a statistical significative effect on hardness and adhesiveness for the rice alone and the nigiris. The effect of sugar was mainly on the resilience in both the rice and nigiris. However, acetic acid affected the hardness of cooked rice and the adhesiveness of the nigiris. Acetic acid proved to improve short term textural stability for both rice and nigiris. Results obtained showed the importance of both the quantity of dressing applied and the importance of each ingredient and their concentrations in the texture profile of the product. Nevertheless, additional studies are required for better understanding of the effects in the cooked rice.

Keywords: sushi, rice, nigiri, vinegar, texture, salt, sugar.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a Isabel por ser mi tutora del TFG en la UPV y por haberme puesto en contacto con Cristina y por haberme ayudado en todos los trámites burocráticos hasta la presentación de este trabajo, que no son pocos.

Por su puesto, agradecer a Cristina el haberme dado la oportunidad observar cómo se trabaja desde dentro y realizar mi TFG en un centro de investigación de referencia como es el IATA-CSIC.

A Raquel por haber sido mi tutora del día a día, por guiarme en todas las etapas y por dedicar todo el tiempo necesario para ayudarme. Por haber compartido conmigo los múltiples quebraderos de cabeza para sacar este trabajo adelante, al final han merecido la pena.

A todo el laboratorio 109 del IATA, los fijos, los que ya se fueron y los que están de paso, por hacer mis interminables horas delante del texturómetro más amenas y por haberme hecho sentir uno más del laboratorio en el día a día.

A todos mis compañeros y amigos de la carrera por haber hecho de estos cuatro años más que una simple formación académica. Por encima de un título, me llevo algo más importante, amigos que espero que lo sean para toda la vida.

Y por supuesto, a mis padres por estar siempre ahí y que han hecho siempre todo lo posible para ayudarme, no puedo sino sentirme afortunado y agradecido por todas las oportunidades que me han brindado con su esfuerzo y dedicación y que ellos mismos no tuvieron.

Índice

1	Introducción	1
2	Materiales y métodos	3
2.1	Materiales	3
2.2	Determinación de ácido acético.....	3
2.3	Determinación de sal.	3
2.4	Determinación de azúcares.....	3
2.5	Preparación del arroz y formado de nigiris.....	4
2.5.1	Cocción del arroz.....	4
2.5.2	Formado de nigiris.....	5
2.6	Medida de absorción de agua durante la cocción.	6
2.7	Medida de la humedad del arroz cocido.....	6
2.8	Análisis de textura.	6
2.9	Medida del color.	8
2.10	Análisis estadístico.	8
3	Resultados y Discusión.	9
3.1	Composición de vinagres y preparados.	9
3.2	Caracterización y optimización de la cocción del arroz.	10
3.3	Selección de cantidad de preparado de sushi para la elaboración.....	12
3.4	Influencia de los ingredientes del preparado en las propiedades texturales del grano de arroz cocido.....	13
3.5	Influencia del tiempo en las propiedades texturales de los granos de arroz cocido.....	16
3.6	Influencia de los ingredientes del preparado en las propiedades texturales de los nigiris.	17
3.7	Influencia del tiempo en las propiedades texturales de los nigiris.....	21
3.8	Comparación de la textura de los nigiris con arroz avinagrado comercial con el de laboratorio.....	22
3.9	Conclusión.	23
4	Bibliografía.	25

Lista de figuras

Figura 1. Diferentes tipos de sushi	1
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso para la obtención del tiempo óptimo de cocción	4
Figura 3. Imágenes descriptivas del proceso de elaboración de los nigiris.	5
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de cocción y formación de nigiris.	5
Figura 5. Ejemplos visuales del análisis de textura para el arroz (izquierda) y nigiri (derecha)	7
Figura 6. Curva típica de fuerza por desplazamiento obtenida de un test de doble compresión de un TPA y el significado de los parámetros texturales (Chen, 2009)	7
Figura 7. Ejemplo visual de la determinación del color en arroz con colorímetro Chroma Meter Cr-400...8	
Figura 8. Placas con arroz extraído a distintos tiempos de cocción.	10
Figura 9. Fotografías con EVO CAM II de los granos a distintos tiempos de cocción y arroz avinagrado comercial.	11
Figura 10 Fotografías del escáner de los nigiris con proporción 1:0,2 (p/p) (izquierda) y 1:0,5 (p/p) (derecha)	13
Figura 11 Diagrama de caja para la Dureza (g) con diferentes proporciones de preparado en los nigiri. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes p (<0.05).	13
Figura 12. Diagrama de cajas para la Dureza (g) en arroz.	14
Figura 13. Diagrama de cajas para la Adhesividad (g·s) en arroz.	15
Figura 14. Fotografías con EVO CAM II de los granos de arroz con distintas disoluciones de azúcar 0% (izquierda) y 50% (derecha)	15
Figura 15. Diagrama de cajas para la capacidad de recuperación instantánea en arroz.	16
Figura 16. Fotografías del escáner de los nigiris con las distintas disoluciones de azúcar en %.	18
Figura 17. Diagrama de cajas para la Dureza (g) en los nigiris.....	19
Figura 18. Diagrama de cajas para la Adhesividad (g·s) en los nigiris.....	20
Figura 19. Diagrama de cajas para la Capacidad de recuperación instantánea en los nigiris. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético.	21
Figura 20. Diagrama de cajas para la Cohesividad en los nigiris. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético.....	21
Figura 21. del escáner de los nigiris a partir de arroz con preparado de laboratorio(izquierda) y arroz avinagrado comercial (derecha)	23

Lista de tablas

Tabla 1. Resultados de grados Brix, Contenido en sal y Acidez para los distintos vinagres y preparados. *	9
Tabla 2. Parámetros L*a*b* y diferencia de color ΔE^* entre los distintos arroces*	12
Tabla 3. Valores P y niveles de significancia para cada parámetro textural.	12
Tabla 4 Niveles de significancia respecto en la dureza, capacidad de recuperación instantánea y adhesividad para control (0%) sal, acético y azúcar. *	17
Tabla 5 Niveles de significancia para los distintos parámetros texturales para distintas concentraciones de sal, acético y azúcar. *	18
Tabla 6 Niveles de significancia en los cambios respecto a los parámetros texturales para control (0%) sal, acético y azúcar en nigris.*	22
Tabla 7 Tabla comparativa de los parámetros texturales para NL y NC*	23

1 Introducción

Una de las nuevas tendencias alimentarias que está teniendo un auge cada vez mayor en la sociedad española, y en la occidental en su conjunto, es el consumo de comida japonesa, siendo el sushi el plato estrella de este tipo de cocina. El sushi es visto como un producto exótico tanto por sus ingredientes, que consisten en arroz avinagrado de la variedad japónica, pescado crudo y algas Nori principalmente, como por su forma de consumo en pequeñas piezas en frío y utilizando palillos de madera en lugar de cubiertos. Existen distintos tipos de piezas dependiendo de cómo se hayan formado (**Fig. 1**). El Nigiri es uno de los tipos de sushi más representativos y que mayor porcentaje representa del consumo de este (Feng, 2012). Se trata de una pieza constituida por una bola de arroz avinagrado de unos 20 g con una pieza de pescado, sobre ella. Normalmente es consumida tras pasarla por salsa de soja y wasabi. A pesar de ser visto como un producto exótico, las estadísticas son claras a la hora de resaltar su facilidad para irrumpir en el mercado. Desde la apertura del primer local de sushi en España en 1968 (Fuji, Las Palmas de Gran Canaria), se han abierto multitud de restaurantes dedicados a ello por toda la geografía española, sin embargo, es en los últimos años cuando, gracias a la comida a domicilio y los platos listos para llevar, se ha producido el auténtico auge del sushi especialmente entre la gente más joven que es menos reacia a probar platos exóticos. En 2017, según la consultora Nielsen (INDUSTRIAS PESQUERAS, 2018), la venta de platos refrigerados de sushi en grandes superficies creció un 49,5%.



Figura 1. Diferentes tipos de sushi (Fuente <https://delishably.com>)

Además de ser percibido como exótico el sushi también es un alimento saludable, esto se debe a sus componentes, la alga Nori utilizada en algunos tipos es rica en nutrientes como sodio, hierro, calcio o magnesio (Mabeau & Fleurence, 1993), por otro lado los pescados utilizados como el salmón o el atún son pescados azules, ricos en ácidos grasos omega-3 que tienen un papel clave como protectores en las enfermedades cardiovasculares (Watanabe & Tatsuno, 2017), además estos pescados propios del sushi también son ricos en vitamina B6 (Do et al., 2012). Al arroz cocido para sushi, se le añade un preparado con vinagre, azúcar y sal. El vinagre utilizado presenta propiedades beneficiosas para la salud como antioxidante, efectos antidiabéticos o propiedades antimicrobianas debido a los compuestos bioactivos que presenta como carotenoides o compuestos fenólicos (Ho et al., 2017)

De la estadística anterior se desprende la proyección de futuro que tiene el sushi producido a nivel industrial y que se pone de venta en grandes superficies. La producción a gran escala permite disminuir el precio de producto final que es uno de los determinantes en el consumidor a la hora de comprar sushi (Dordevic & Buchtová, 2018). No obstante a la hora de optimizar esta producción a gran escala es necesario conocer cómo se comporta el producto y como interacciona con sus componentes con el paso del tiempo para conocer la mejor combinación coste-calidad, si analizamos lo publicado hasta ahora en la literatura científica respecto al sushi la mayoría de los estudios se centran en el fraude alimentario ya sea intencionada o inintencionadamente en las especies de pescado utilizadas en su elaboración en restaurantes mediante métodos de DNA *barcoding* (Pardo et al., 2018), también se centran en la contaminación del sushi con metales pesados como el mercurio ya que uno de los principales ingredientes es el atún y se ha visto que es uno de los pescados que más mercurio contiene lo que podría poner en riesgo la salud de personas sensibles (Burger et al., 2017). Además, existe una amplia bibliografía sobre el riesgo de contaminación de Anisakis ya que en el caso del sushi el pescado se consume crudo y por lo que, si no se ha sometido a un riguroso control sanitario y a una congelación adecuada, el riesgo de ingerir Anisakis es elevado en este caso (Aibinu et al., 2019).

Por otro lado, también existen gran cantidad de patentes, principalmente de origen japones, que se centran en desarrollar métodos y procesos de cocción alternativos para la preparación de sushi que puedan ser aplicables a la industria, así como diferentes formas de envasado. Finalmente se han realizado algunos estudios centrados en los cambios producidos en las propiedades texturales y reológicas de los granos. Entre los parámetros texturales estudiados se encuentran la dureza y la adhesividad que son los más determinantes en los análisis sensoriales a la hora de evaluar la calidad organoléptica del arroz cocido (Meullenet et al., 1998), cuando se miden ambos tienen una correlación negativa, a mayor dureza menor es la adhesividad (Li et al., 2016b). De ello se desprende la importancia de observar que ingredientes y condiciones afectan en mayor medida a estos dos parámetros. La textura no está afectada solamente por los ingredientes (pescados, algas, etc.) del propio sushi, sino que también se ve afectada por la estructura del propio arroz debido, entre otras cosas, al contenido de amilosa, tamaños más pequeños de moléculas de amilosa dan lugar a un incremento en la dureza mientras que moléculas más pequeñas de amilopectina dan lugar a una disminución de la adhesividad (Li et al., 2016a). También se ve afectada por procesos relacionados con la cosecha del arroz y los métodos de cocción (Champagne et al. 1998). Además, una vez finalizada la cocción del arroz, aún en caliente, se le añade el preparado de sushi (vinagre, azúcar y sal) que le aporta el sabor característico de este tipo de productos, pero también modifica sus propiedades texturales. Los estudios relativos a cómo afectan cada uno de estos componentes del preparado de sushi al arroz tras la cocción son escasos no obstante cabe destacar Odahara et al. (2004) en el que se estudia el efecto individual de los ingredientes del preparado antes y después del almacenamiento en refrigeración. Otros estudios están centrados principalmente en la modificación del proceso añadiendo ácido acético al agua de cocción (Kasai et al. 2001).

Es por tanto que el objetivo del presente trabajo se centró en estudiar el comportamiento textural en su mayor parte del arroz cuando se ve sometido a diferentes situaciones relacionadas con la elaboración de sushi como es la aplicación de distintas concentraciones de preparado a base de vinagre azúcar y sal, así como observar el efecto individual de cada uno de estos componentes no solo en el producto recién elaborado sino su evolución en el tiempo a corto plazo.

2 Materiales y métodos

2.1 Materiales

Los materiales utilizados en las pruebas consistieron en arroz comercial (Dacsa, Dacsa Group, España) que está compuesto por diferentes variedades de arroz local, arroz comercial avinagrado obtenido de una gran superficie comercial, vinagre de vino blanco (Prima, España), azúcar y sal común adquiridas en supermercado local y ácido acético (Panreac, España).

Tras llevar a cabo un estudio de los vinagres y preparados disponibles en el mercado que podrían ser susceptibles de ser utilizados, se adquirieron los siguientes para su caracterización y posterior comparación con el preparado final utilizado: Vinagre Blanco, Vinagra de Manzana, Vinagre de Jerez, Vinagre Cítrico, y un Preparado de Sushi comercial.

Respecto al preparado utilizado finalmente en las pruebas de laboratorio, se utilizaron unas proporciones de 66% vinagre de vino blanco (p/p), 26% azúcar(p/p) y 6.66% sal (p/p), estas proporciones fueron fijadas inicialmente en base a Kulawik et al. (2018), Odahara et al. (2004) y realizando un estudio de diversas recetas para la preparación de sushi.

Se llevó a cabo una caracterización de los vinagres y preparados midiendo la cantidad de ácido acético, el contenido en NaCl y el contenido de azúcar total.

2.2 Determinación de ácido acético.

La determinación del ácido acético se realizó mediante una valoración ácido-base. Para ello se utilizó una disolución de vinagre: agua (1:1), se valoró con NaOH 1M y 2 gotas de indicador fenolftaleína que vira a color rosáceo en el punto de equivalencia.

Los moles de ácido acético son equivalentes a los moles de NaOH gastados debido a la estequiometría de la reacción:



Debido a esto se puede calcular la acidez conociendo los mL de NaOH gastados mediante la fórmula:

$$M_{\text{ácido}} V_{\text{ácido}} = M_{\text{base}} V_{\text{base}}$$

2.3 Determinación de sal.

La determinación de sal para cada vinagre o preparado se llevó a cabo mediante un refractómetro para NaCl (HI 96821 Hanna Instruments, España), previamente se realizó el cero con agua destilada.

2.4 Determinación de azúcares.

La determinación de los azúcares de cada vinagre o preparado se llevó a cabo mediante la utilización de un refractómetro para grados Brix (Pocket Refractometer PAL-3 Atago, Japón) con ajuste automático según la temperatura ambiente ATC.

2.5 Preparación del arroz y formado de nigiris.

2.5.1 Cocción del arroz.

La cantidad de arroz en seco para cada cocción fue diferente (manteniendo ratio arroz/agua), debido a las necesidades de las pruebas se estableció en 100 g para las pruebas individuales de cantidad y 400 g para las pruebas de seguimiento en el tiempo.

Respecto al agua utilizada se empleó agua destilada para poder trabajar siempre bajo las mismas condiciones ya que el agua del suministro puede variar la cantidad de solutos con el paso del tiempo afectando así a las propiedades texturales.

El tiempo óptimo de cocción se obtuvo mediante el siguiente método propio del laboratorio basado en el tiempo de gelatinización del almidón (**Fig. 2**):

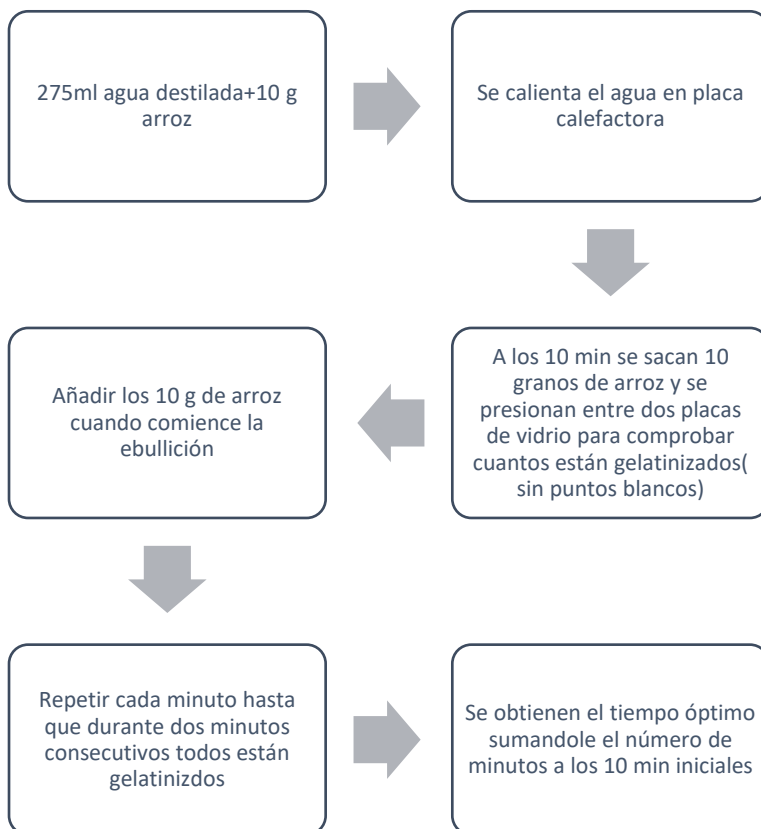


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso para la obtención del tiempo óptimo de cocción.

Además del método anterior también se realizaron fotografías de los granos tras cocerlos a distintos tiempos y aplicares una solución de Lugol. (EVO Cam II, Vision Engineering, U.K.)

2.5.2 Formado de nigiris.

Tras la cocción del arroz se añadía la proporción de preparado correspondiente a la prueba inmediatamente para hacerlo en caliente y se dejaba reposar el arroz durante 10 min para atemperarlo antes de iniciar el formado de los nigiris, tras estos 10 min se colmaba una placa de vidrio con el arroz cocido, con otra placa se compactaba para igualar la altura y aplicar una presión uniforme. Tras esto se obtenía un nigiri de aproximadamente 20 g de peso y 25mm de diámetro gracias a un tubo de PVC con un émbolo a modo de sacabocados (**Fig. 3**) y se depositaba en una bandeja de aluminio con un film para impedir que los nigiris se secaran debido a la atmósfera ambiente (**Fig. 4**).



Figura 3. Imágenes descriptivas del proceso de elaboración de los nigiris.

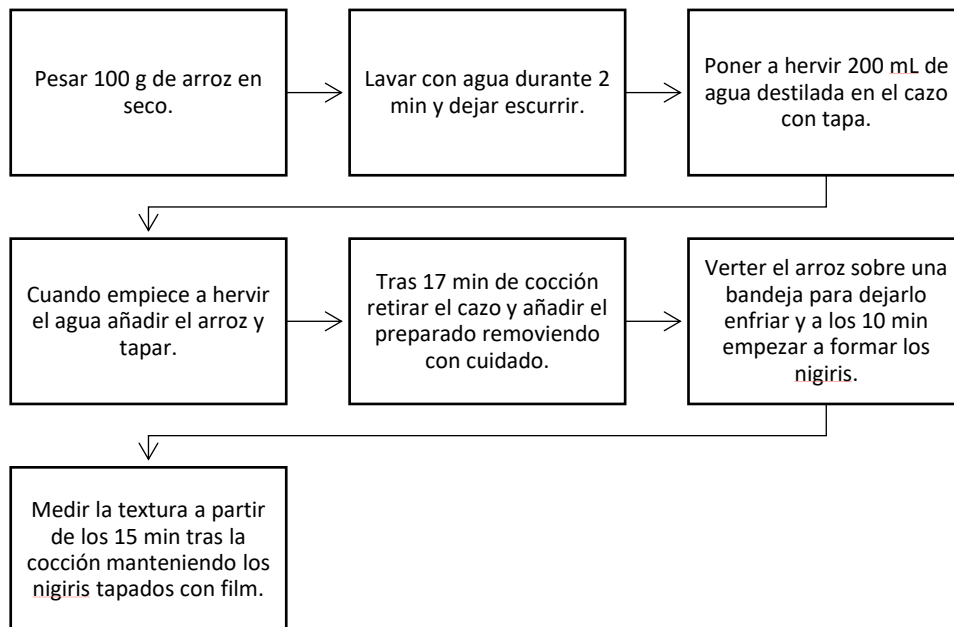


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de cocción y formación de nigiris.

2.6 Medida de absorción de agua durante la cocción.

Se pesaron 20 granos del arroz antes de cocer y después por triplicado. La absorción se expresa en % de peso ganado respecto al peso de los granos sin cocer.

$$\frac{p2}{p1} * 100$$

P1= Peso 20 granos antes de cocción

P2= Peso 20 granos después de cocción.

2.7 Medida de la humedad del arroz cocido.

La medida de humedad para el arroz cocido se hizo en dos etapas, para ello se dejó durante 24 horas 5 gramos de arroz cocido en una bandeja de peso conocido encima de una estufa, tras esto se anota el peso transcurridas las 24 horas y se tritura el arroz en un molinillo y se obtiene la humedad de ese triturado en un equipo de humedad por infrarrojos (Moisture analyser DBS, KERN & SOHN GmbH, U.K.).

$$H(\%) = \frac{\Delta(p1 - p2) + (p2 * Xw)}{p1} * 100$$

H= Humedad

P1=Peso inicial de los granos de arroz

P2=Peso tras 24 horas

Xw= fracción másica de agua obtenida por infrarrojos

2.8 Análisis de textura.

Se llevaron a cabo sendos análisis de textura para los granos de arroz y los nigiris de cada prueba mediante la utilización de un texturómetro TA.XT-Plus (Stable Micro Systems, London, U.K.). En ambos casos se utilizó un TPA (Texture profile analysis) de dos ciclos de compresión con una relajación entre las dos compresiones de 30 segundos, simulando así la masticación. Para la evaluación de los granos de arroz se utilizó una célula de carga de 5kg y una sonda cilíndrica de delrín P/10 de 10mm de diámetro situada sobre dos granos cocidos centrados. La velocidad del ensayo fue de 0,5 mm/s y un factor de compresión del 90% (Mohapatra & Bal, 2006). En el caso de los nigiris se utilizó una célula de carga de 5kg y un plato de compresión de acero P/75 de 75mm de diámetro situado sobre los nigiris centrados. La velocidad del ensayo fue de 0,5 mm/s y un factor de compresión del 90%. En el caso de los nigiris para cada prueba se realizaron 6 repeticiones y para los granos de arroz cocido 8 repeticiones. Al mismo tiempo que realizaban los ensayos de textura, se tomaban imágenes vía escáner de los nigiris y el arroz cocido de cada prueba (Epson Perfection V600 Photo, Epson, Japón).

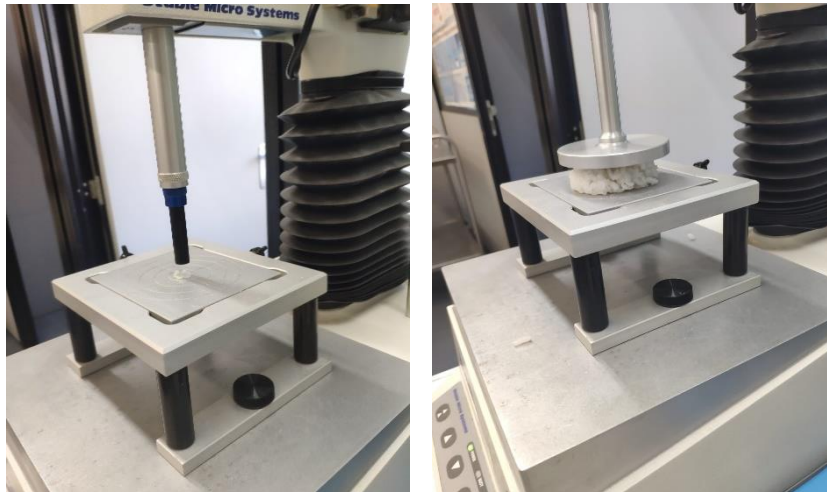
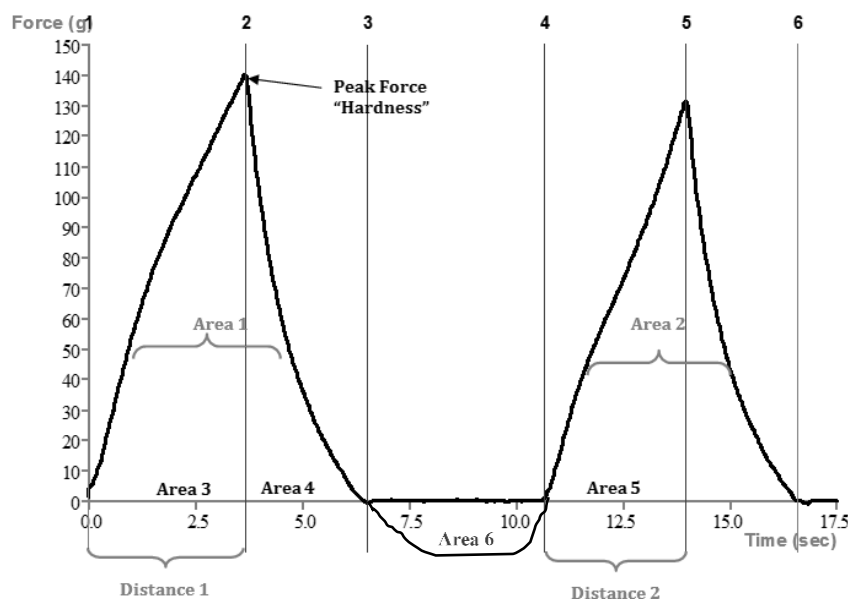


Figura 5. Ejemplos visuales del análisis de textura para el arroz (izquierda) y nigiri (derecha)

Los parámetros obtenidos fueron dureza(g), adhesividad (g·s), cohesividad, elasticidad, masticabilidad y capacidad de recuperación instantánea, sin embargo, en el caso del arroz solo se tuvieron en cuenta los parámetros relacionados con el primer pico de fuerza: dureza, adhesividad y capacidad de recuperación tal como se observa en la Fig. 6 ya que en el caso de un grano individual de arroz la segunda mordida apenas tiene importancia debido a que no se trata de una matriz que tenga una recuperación, tras la primera mordida queda completamente granulado (Stokes et al., 2013).



Dureza: Pico de fuerza

Cohesividad: $\text{Área 2}/\text{Área 1}$

Elasticidad: $\text{distancia 2}/\text{distancia 1}$

Masticabilidad: $\text{Dureza} \times \text{Cohesividad} \times \text{Elasticidad}$

Capacidad de recuperación instantánea: $\text{Área 4}/\text{Área 3}$

Adhesividad: Área 6

Figura 6. Curva típica de fuerza por desplazamiento obtenida de un test de doble compresión de un TPA y el significado de los parámetros texturales (imagen modificada de Chen, 2009)

2.9 Medida del color.

Se midió el color del arroz cocido con el preparado empleado, el color del arroz cocido avinagrado comercial y el color del arroz sin ningún tipo de preparado, para ello se empleó un colorímetro Chroma Meter CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc., Osaka Japón). Se puso el arroz en una placa de vidrio hasta cubrir el fondo y sobre blanco, tras esto se midió el color previamente calibrado. El objetivo era observar si había diferencias significativas en el color entre el arroz cocido con preparado cocinado en el laboratorio y el arroz cocido avinagrado comercial.



Figura 7. Ejemplo visual de la determinación del color en arroz con colorímetro Chroma Meter Cr-400

El color fue obtenido en coordenadas CIE L* a* b* con iluminante C para su análisis objetivo. Para medir si había diferencias significativas de color se empleó la diferencia de color (ΔE^*):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Si $\Delta E^* < 1$ no hay diferencias para el ojo humano, si $1 < \Delta E^* < 3$ hay diferencia, pero no es apreciable por el ojo humano a simple vista, si $\Delta E^* > 3$ hay diferencias significativas para el ojo humano (Bodar et al., 2008).

2.10 Análisis estadístico.

Los resultados de los análisis texturales fueron tratados mediante análisis de la varianza (ANOVA) simple en el caso de las pruebas de cantidad preparado y multifactorial en el caso de las pruebas de concentración para ver la influencia de los componentes. Las diferencias fueron

determinadas a partir de ($p < 0.05$) utilizando el software análisis estadístico STATGRAPHICS CENTURION XVII (Versión 17.2, Reino Unido).

3 Resultados y Discusión.

3.1 Composición de vinagres y preparados.

Al observar la **Tabla 1.** de composición de los vinagres y preparados se observó una clara diferenciación entre ellos debido a la naturaleza de los preparados. Dentro de los vinagres destacó el vinagre de Jerez como el más ácido y el vinagre cítrico como el de mayor contenido en sal llegando incluso a niveles cercanos a los preparados lo cual resulta llamativo y podría deberse a que el vinagre se haya sometido a un proceso de concentración. Los niveles de azúcares en los vinagres son residuales ya que por el propio proceso de elaboración del vinagre (fermentación acética) los azúcares han sido transformados a otros compuestos (Lynch et al., 2019). Por otro lado en cuanto a los preparados, el preparado comercial y el de laboratorio no presentaron grandes diferencias en cuanto a sus composiciones, si bien es cierto que el de laboratorio es notablemente más ácido probablemente debido a que para su elaboración se utilizó vinagre de vino blanco en contraposición al preparado comercial que utiliza vinagre de arroz cuya acidez puede variar entre 4 y 7% (Spinosa et al., 2015), así mismo los °Bx son notablemente mayores ya que se emplea azúcar para su preparación. No obstante, los °Bx han de tomarse como una medida cualitativa y no cuantitativa ya que existen otros sólidos solubles en la matriz del vinagre como minerales del tipo bicarbonatos, sulfatos, sodio, nitratos etc que afectan a la hora de medir los sólidos solubles totales ya que también pueden influir en la lectura del refractómetro que utiliza un método polarimétrico (Zakaria & Mokthar, 2014). Estas diferencias encontradas entre los distintos vinagres, resaltó la importancia de conocer la influencia de cada uno de los componentes individualmente al añadir el preparado en la preparación de arroz para sushi. La razón de utilizar el vinagre blanco en lugar del vinagre de arroz, que es el utilizado en la elaboración de sushi, fue que a priori el componente principal del vinagre es el ácido acético, por lo tanto, este es el que aporta los cambios texturales y no tanto el tipo de vinagre.

*Tabla 1. Resultados de grados Brix, Contenido en sal y Acidez para los distintos vinagres y preparados. **

Tipo de vinagre o preparado	°Bx	Contenido en sal (g/100g)	Acidez (g ac/100ml)
Vinagre de Vino Blanco	1.65 ± 0.07	3.40 ± 0.00	6.25 ± 0.00
Vinagre de Manzana	1.75 ± 0.07	4.40 ± 0.00	5.10 ± 0.00
Vinagre de Jerez	2.07 ± 0.12	5.40 ± 0.00	7.18 ± 0.04
Vinagre cítrico	2.25 ± 0.07	6.40 ± 0.00	5.16 ± 0.08
Preparado Comercial	41.4 ± 5.03	7.40 ± 0.00	2.88 ± 0.00
Preparado Laboratorio	35.48 ± 0.10	8.50 ± 0.00	4.68 ± 0.04

**Media ± desviación estándar calculadas a partir de triplicados.*

3.2 Caracterización y optimización de la cocción del arroz.

Al principio de las pruebas se pensó que lo mejor sería utilizar una cocedera de arroz, ya que es el tipo de instrumento empleado a nivel de restauración o grandes superficies y utilizado en otras publicaciones relacionadas (Rachtanapun et al., 2018), no obstante, debido a las características de funcionamiento del mismo, las condiciones de tiempo o temperatura de cocción no eran siempre las mismas, por lo que se descartó debido a que no se podían establecer unas condiciones estándar para todas las pruebas. Por ello, tras estas primeras pruebas con la cocedera de arroz, se llegó a la conclusión que había que cocer el arroz en placa calefactora con cazo y tapa para tener siempre la misma temperatura y tiempo. La cantidad de agua utilizada fue de 1:2 (p/v) respecto al arroz en seco para todas las pruebas, esto se debe a que con esta proporción todo el agua queda absorbida por el grano y no hay que drenar el agua a posteriori lo que afectaría a las propiedades texturales ya que parte de las moléculas de amilosa y amilopectina pueden transferirse al agua de cocción lo que afecta a la adhesividad del arroz cocido (Leelayuthsoontorn & Thipayarat, 2006), este método se conoce como el Oriental (Sinki, 1994). Además, se ha comprobado en otros estudios que mayores cantidades de agua implican una reducción de la dureza del arroz una vez cocido (Bett-Garber et al., 2007).

El tiempo óptimo se estableció en 17 min que fue el tiempo en el que los granos estaban gelatinizados según las pruebas tal como se observa en la **Fig. 8**, este tiempo no difiere demasiado del recomendado por la casa comercial de arroz (18 minutos). Este tiempo (17 minutos) fue el utilizado para todas las pruebas posteriores.

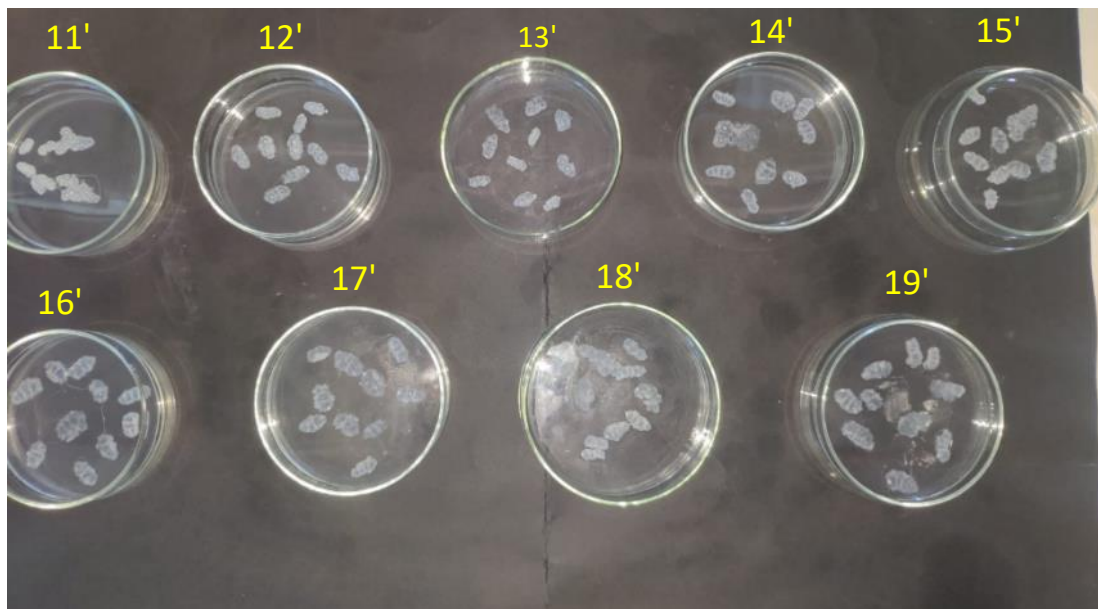


Figura 8. Placas con arroz extraído a distintos tiempos de cocción.

Además, en las fotografías con la cámara, el Lugol contiene yodo que reacciona con la amilosa produciendo un color azulado o púrpura. El test del yodo es utilizado para medir la calidad del arroz (Halick & Keneaster, 1956). Durante la cocción se produce la gelatinización del almidón que separa la amilosa de la amilopectina permitiendo al yodo acceder a la amilosa y formar el

complejo coloreado por lo que un grano completamente cocido estará muy coloreado, esto queda perfectamente reflejado en las imágenes a distintos tiempos de la **Fig. 9**.

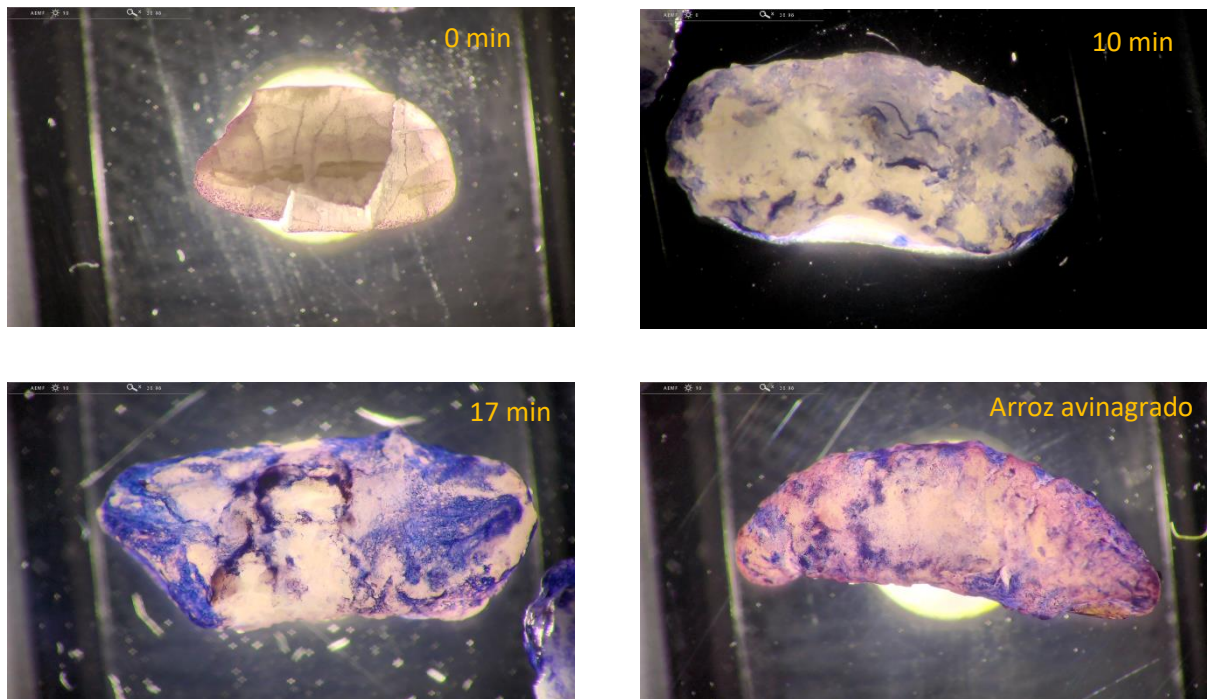


Figura 9. Fotografías con EVO CAM II de los granos a distintos tiempos de cocción y arroz avinagrado comercial. (Zoom x40, luz debajo de la muestra)

A los 17 minutos la superficie del grano estaba teñida debido a la gelatinización, las diferencias de color entre el grano de laboratorio más azulado y el grano del arroz avinagrado comercial pueden deberse a que la fracción de amilosa es diferente para cada variedad de arroz por lo que el color al teñirse debería ser diferente.

Por otra parte, a fin de caracterizar la cocción del tipo de arroz seleccionado, se midió la absorción de agua y la humedad final de este. La absorción de agua fue de un $170 \pm 11,00\%$ en peso y la humedad del arroz tras la cocción de un $73,50 \pm 2,00\%$ en peso. En lo que a las diferencias de color se refiere entre el arroz con preparado de laboratorio (AP), el arroz avinagrado comercial (AC) y el arroz sin preparado (A) tras realizar las diferencias de color se obtienen los datos representados en la **Tabla 2**. Entre el arroz sin preparado (A) y el arroz avinagrado comercial (AC) no mostraron diferencias de color para el ojo humano ya que $\Delta E^* < 1$. Sin embargo, entre el arroz con preparado de laboratorio (AP) y el arroz avinagrado comercial (AC) originaron diferencias de color, aunque no fueron apreciables a simple vista ya que $1 < \Delta E^* < 3$. Probablemente debido a las diferencias entre el vinagre utilizado para elaborar el arroz avinagrado comercial y el preparado en el laboratorio, para dichos arroces si se encontraron diferencias de color entre estos (AC y AP) aunque no fueron apreciables a simple vista ya que $1 < \Delta E^* < 3$. Es decir, en ningún caso se da $\Delta E^* > 3$ por lo que no se encontraron diferencias significativas para el ojo humano a simple vista, por lo tanto la adición de preparado no afecta al color de forma apreciable, y tampoco el vinagre utilizado en el preparado de laboratorio originó diferencias apreciables para el consumidor respecto al comercial.

Tabla 2. Parámetros $L^*a^*b^*$ y diferencia de color ΔE^* entre los distintos arroces*

	Color			ΔE^*		
	L^*	a^*	b^*	A	AP	AC
A	59,49 ± 2,09	-1,37 ± 0,12	0,43 ± 0,70	X	1,09	0,67
AP	60,43 ± 1,93	-1,00 ± 0,03	0,03 ± 0,49	1,09	X	1,66
AC	58,87 ± 0,73	-1,53 ± 0,15	0,22 ± 0,35	0,67	1,66	X

*Media ± desviación estándar A=Arroz sin preparado, AP=arroz con preparado de laboratorio AC= arroz avinagrado comercial.

3.3 Selección de cantidad de preparado de sushi para la elaboración.

Una vez conocida las concentraciones de cada ingrediente (vinagre, azúcar, sal) para la elaboración del preparado experimental de sushi, se determinó la proporción a aplicar al arroz cocido (cantidad de arroz cocido/cantidad de preparado). Esta determinación planteó diversos problemas, por un lado, la cantidad de preparado debía ser suficiente para que aportase las propiedades organolépticas que se esperan propias del preparado y, por otro lado, la cantidad adicionada no debía enmascarar el efecto en la textura de los componentes. Es decir, se pretendió que no fuera la cantidad total de líquido sino la suma de los efectos de los ingredientes los que cambiasen en mayor medida las propiedades texturales, esto último fue clave para determinar la influencia de cada ingrediente. Para determinar dicha influencia se utilizaron distintas relaciones a partir de la información encontrada en bibliografía y distintas recetas encontradas. Finalmente se seleccionaron las siguientes relaciones para determinar la influencia de la cantidad de preparado en la textura de los nigiris (arroz seco/cantidad de preparado laboratorio): 1:0; 1:0,1; 1:0,2; 1:0,3 y 1:0,5 (p/p).

Para estudiar si las diferencias encontradas eran significativas se realizó el análisis multivariado de la varianza para cada uno de los parámetros de textura estudiados (**Tabla 3**). La adición de mayor o menor cantidad de preparado solo originó diferencias estadísticamente significativas en el caso de la dureza y en la capacidad de recuperación, siendo esta última la más afectada. Esto pudo ser debido a que la cantidad de preparado hizo que los granos quedaran más compactos entre si gracias a la mayor cantidad de líquido que ocupa los espacios entre los granos y reblandeciendo el grano ya que la sonda encontró menor resistencia a la hora compactar el nigiri, además de afectar a la recuperación tras la primera compresión.

Tabla 3. Valores P y niveles de significancia para cada parámetro textural.

Parámetro	Nivel Significancia
Dureza	**
Elasticidad	-
Cohesividad	-
Gomosidad	-
Recuperación	***
Adhesividad	-

Niveles de Significancia: *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$

Esto también quedó reflejado en las imágenes de los nigiris capturadas con el escáner **Fig. 10** en las que los nigiris con la proporción 1:0,5 (p/p) quedan visiblemente más compactos que los nigiris con proporción 1:0,1 (p/p).



Figura 10 Fotografías del escáner de los nigiris con proporción 1:0,1 (p/p) (izquierda) y 1:0,5 (p/p) (derecha)

En base a la dureza (**Fig. 11**) se estableció que la proporción más adecuada para continuar con el resto de los estudios fue 1:0,3 (p/p) ya que no era estadísticamente diferente a 1:0,5 (p/p) ($p > 0.05$) pero con menor cantidad lo que ahorra costes de producción y además coincide aproximadamente con las proporciones utilizadas en recetas o en grandes superficies, se descartó 1:0,2 (p/p) aunque no fuera significativamente diferente porque era una cantidad más baja que las utilizadas en las recetas y se prefirió utilizar la cantidad intermedia de 1:0,3 (p/p) para asegurar una cantidad suficiente en cuanto a propiedades organolépticas se refiere.

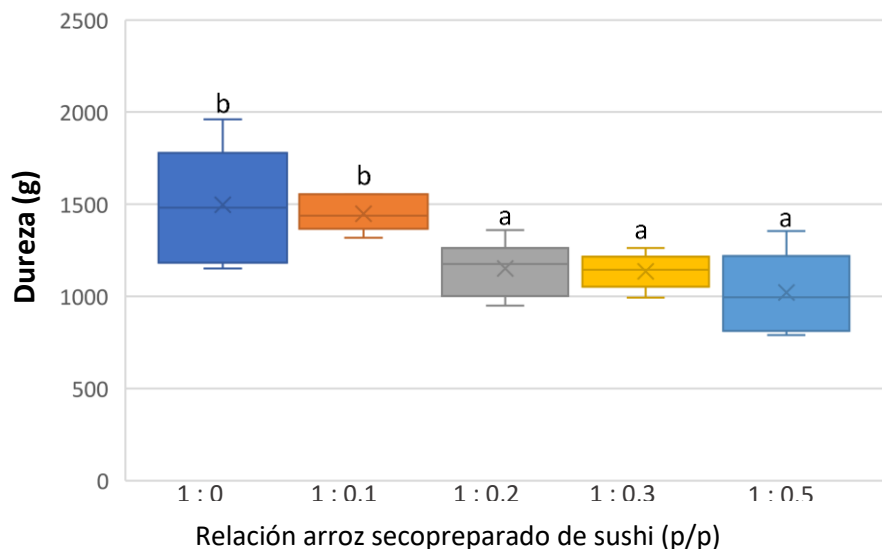


Figura 11 Diagrama de caja para la Dureza (g) con diferentes proporciones de preparado en los nigiri. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes $p < 0.05$.

3.4 Influencia de los ingredientes del preparado en las propiedades texturales del grano de arroz cocido.

Determinada la cantidad de preparado óptima (1:0,3 (p/p)) el siguiente paso fue determinar cuál era la influencia de cada componente individual del preparado (azúcar, vinagre y sal), tanto sobre el grano de arroz cocido individual como sobre la textura de nigiri. En el caso de los granos

se optó también por la medición de los parámetros texturales en granos individuales en lugar de un análisis en sobre un grupo de granos ya que otros estudios como Odahara et al. (2014) concluían que la reproducibilidad era mayor.

Las pruebas se llevaron a cabo utilizando los ingredientes en disolución con agua destilada y aplicando está disolución al arroz cocido en proporción 1:0,3 (p/p). Para el azúcar se realizaron las pruebas para 0, 10, 20, 30, 40, 50% por un lado y además 32% para ver la evolución en el tiempo ya que es la concentración del preparado, trasladada a disolución acuosa. Para el acético se prepararon disoluciones de 0, 1, 3, 5, 6, 7% y 4,7% para ver la evolución a lo largo del tiempo. En el caso de la sal se emplearon disoluciones de 0, 2, 5, 7, 5, 10% y 8,5% para medir la evolución en el tiempo. Respecto al análisis multifactorial ANOVA (indicada con asteriscos para cada uno de los ingredientes y análisis en las Fig. 12, 13 y 15. La dureza se vio significativamente afectada por la sal y el acético ($p > 0.05$). Siendo, la sal la que originó granos más blandos que el resto de los ingredientes. El acético produjo las mayores durezas (Fig. 12). Por otro lado, la adhesividad se vio significativamente afectada por la sal produciendo granos más adhesivos en la muestra de 2,5% y por el azúcar ($p > 0.05$), disminuyendo la adhesividad con concentraciones en la muestra entre 30 y 40% (Fig. 13). Sin embargo, la capacidad de recuperación instantánea únicamente se vio significativamente afectada por el azúcar (Fig. 15).

Así mismo en la Fig. 12, donde se observan los valores de dureza. Se aprecia que dentro de la sal la muestra con una concentración de 0% fue la única que difirió significativamente del resto ($p < 0.05$). En el caso del acético la muestra con 5% fue la que más destacó, siendo la que produjo granos más duros, a excepción de la muestra con una concentración de 7% que no originó diferencias estadísticamente significativas.

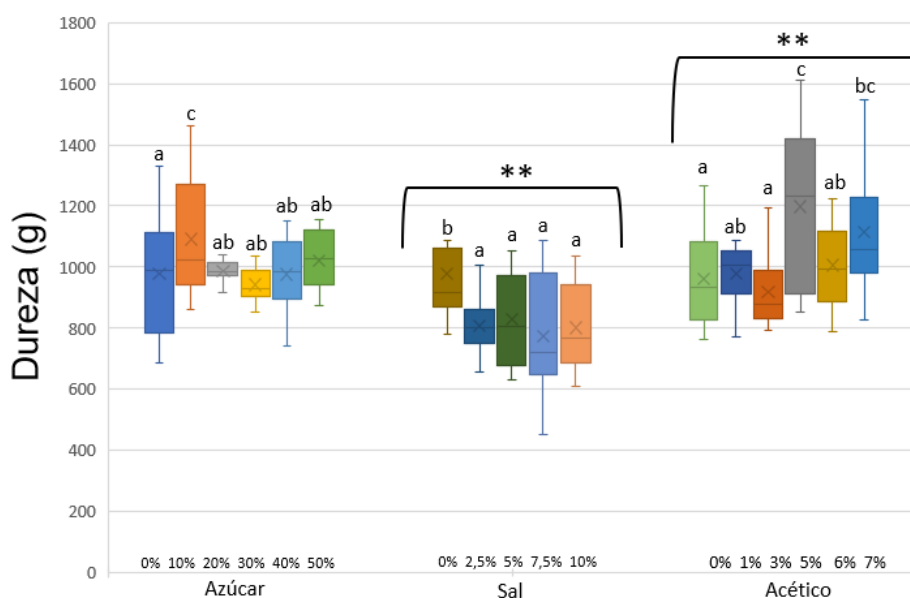


Figura 12. Diagrama de cajas para la Dureza (g) en arroz. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Niveles de Significancia: *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; ***= $p < 0.001$)

De lo anterior se podría concluir que la dureza disminuía cuando se adicionaba sal sin que la cantidad adicionada fuera estadísticamente significativa, por otro lado, parece ser que valores en torno al 5% de ácido acético son los que más incrementaban la dureza del grano individual, mostrando de nuevo una disminución al continuar aumentando la concentración de acético. La

dureza no se vio afectada por el azúcar en el grano individual significativamente cuando se realizó un análisis multifactorial como si se veía en otros estudios como Odahara et al. (2014).

En la **Fig. 13**, se muestran los resultados de la adhesividad, donde la sal originó mayor adhesividad al utilizar un 2,5%. Mientras que el azúcar disminuyó la adhesividad a concentraciones entre el 30 y 40% aumentando de nuevo a partir del 50%. Es importante tener en cuenta este efecto en la adhesividad ya que durante el almacenamiento del arroz cocido la adhesividad tiende a disminuir, esta disminución es mayor en temperaturas de refrigeración. (Deshpande et al., 1982).

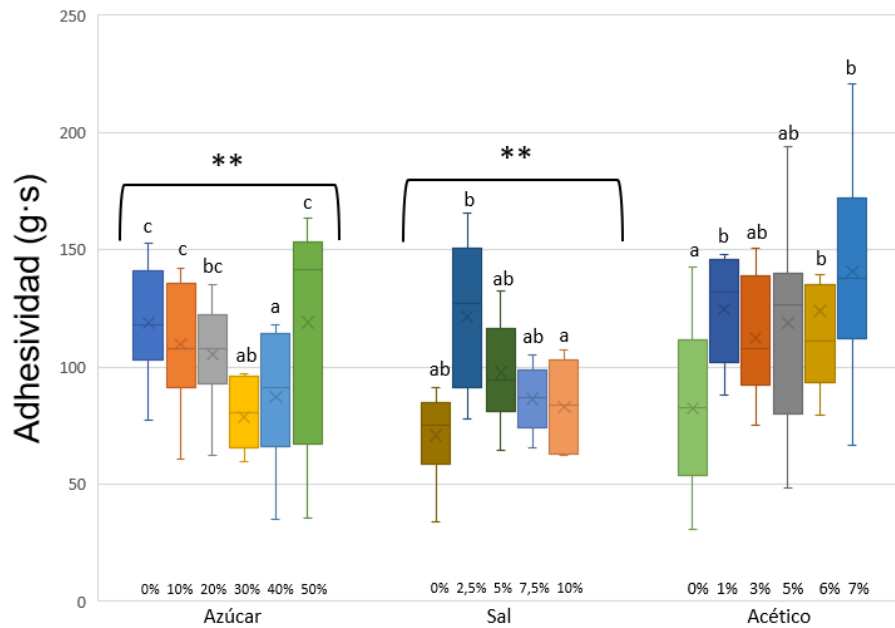


Figura 13. Diagrama de cajas para la Adhesividad (g·s) en arroz. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes $p < 0.05$

Así mismo, macroscópicamente, el aumento de adhesividad con niveles de 50% de azúcar podría deberse a la formación de una capa viscosa de azúcar entorno al grano tal como se puede observar en la **Fig. 14** que destacó sobre todo por un aumento en la intensidad del brillo.

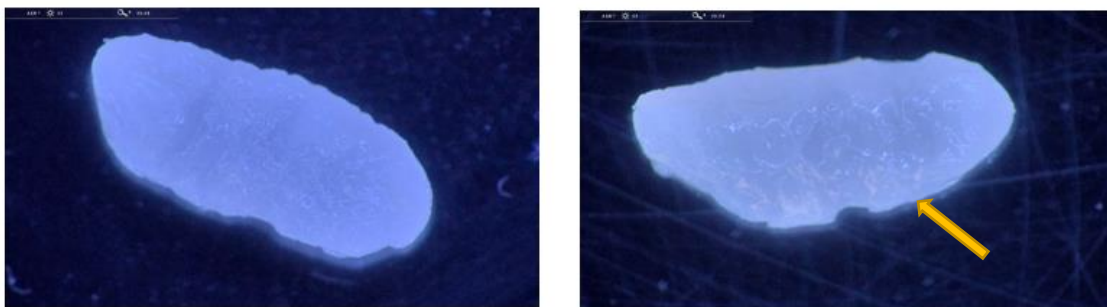


Figura 14. Fotografías con EVO CAM II de los granos de arroz con distintas disoluciones de azúcar 0% (izquierda) y 50% (derecha) (Zoom 40x, luz azulada sobre la muestra)

En cuanto a la capacidad de recuperación instantánea (**Fig. 15**) fue mayor para rangos medios de azúcar 30 y 40% siendo significativamente superiores al resto de lo que se desprende que concentraciones medias favorecen la recuperación instantánea del grano.

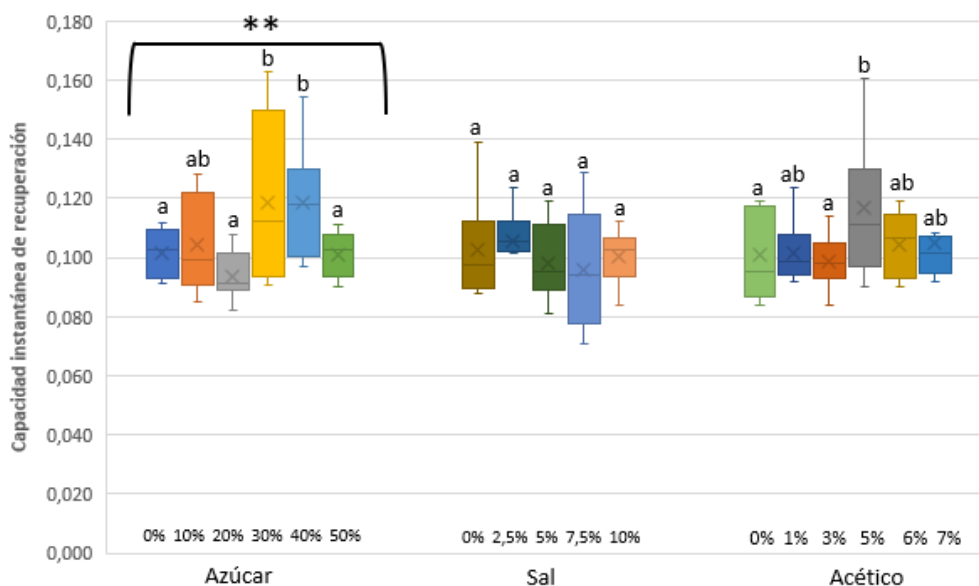


Figura 15. Diagrama de cajas para la capacidad de recuperación instantánea en arroz. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes $p < 0.05$

3.5 Influencia del tiempo en las propiedades texturales de los granos de arroz cocido.

Con el fin de observar si se producían cambios en la textura de los granos con el tiempo se decidió realizar el seguimiento de esta a corto plazo. Para ello se seleccionaron las concentraciones de 4,7% de ácido acético 8,5% de sal y 32% de azúcar que equivalen a las proporciones del preparado en disolución acuosa, además se llevó a cabo un control al 0% de cualquier ingrediente, todos se aplicaron al arroz en proporción 1:0,3 (p/p). Estos ensayos se llevaron a cabo durante las dos horas siguientes tras la cocción, realizando los ensayos a intervalos de 30 minutos lo que correspondió a cuatro pruebas para cada muestra.

Según los resultados de la **Tabla 4**, el tiempo no afectó a ninguno de los parámetros estudiados significativamente en el caso del acético ($p < 0.05$) lo cual refleja que éste aportó estabilidad al arroz. Sin embargo, en el control sí que se vieron afectadas la capacidad de recuperación y la adhesividad lo que lleva a pensar que la adición de ácido acético contrarrestó estos cambios probablemente debidos a la retrogradación de la amilosa, cuya fracción dentro del almidón afecta a la adhesividad debido a que un mayor contenido de amilosa favorece la sinéresis disminuyendo así la adhesividad (Deshpande et al. 1982). Así mismo un contenido elevado de amilosa también afecta a la dureza aumentándola durante un periodo prologando de almacenamiento (Yu et al., 2009). En este sentido el ácido acético parece impedir o ralentizar esta retrogradación (Mitsuda & Nakajima, 1977). Por otro lado, tanto la sal como el azúcar afectaron a todos los parámetros texturales aumentándolos significativamente ($p < 0.05$) en

todos los casos, lo cual lleva a pensar que no solo no impidieron, sino que favorecieron los cambios texturales producidos por la reordenación de las cadenas de amilosa durante la retrogradación del almidón, favoreciendo de esta forma la sinéresis.

Tabla 4 Niveles de significancia respecto en la dureza, capacidad de recuperación instantánea y adhesividad para control (0%) sal, acético y azúcar. *

Parámetro	0%	Sal 8,5%	Acético 4,7%	Azúcar 32%
Dureza	-	**	-	**
Recuperación	*	**	-	*
Adhesividad	**	*	-	***

ANOVA Simple con el tiempo como factor para las pruebas con cada componente. Niveles de Significancia: *= $p<0.05$; **= $p<0.01$; *= $p<0.001$*

3.6 Influencia de los ingredientes del preparado en las propiedades texturales de los nigiris.

Una vez comprobada la influencia de los ingredientes en el grano individual era necesario ver su influencia en el arroz cocido una vez formado, en este estudio en forma de nigiri de 20 g de peso, que es en última instancia la forma de comercialización mayoritaria para este tipo de productos. Las pruebas realizadas respecto a los ingredientes, concentraciones y proporciones fueron las mismas que para el grano individual ya que se analizaban simultáneamente. No obstante, cabe destacar que por la naturaleza de la matriz a analizar los datos obtenidos presentan una gran variabilidad, problema que ya ha aparecido en otros estudios similares como Odahara et al. (2004) en el que se destacaba el problema de la reproducibilidad en las distintas repeticiones de los análisis. En la **Tabla 5** se muestran resumidos los componentes que resultaron estadísticamente significativos para cada parámetro de textura estudiado. En primer lugar, observamos que ni la elasticidad ni la masticabilidad se vieron afectadas estadísticamente por ninguno de los componentes ($p>0.05$). Por otro lado, la dureza únicamente se vio afectada por la sal de manera significativa ($p<0.05$), mientras que la capacidad de recuperación instantánea se mostró afectada en gran medida por el azúcar ($p<0.05$). En lo que respecta a la adhesividad se vio afectada significativamente por el acético ($p<0.05$) y en menor medida por la sal ($p<0.05$) esto concuerda con las conclusiones de Odahara et al. (2004) en las que el ácido acético aumentaba la adhesividad de manera significativa antes y después de la congelación. Por último, la cohesividad se vio afectada significativamente ($p<0.05$) por el azúcar y por la sal ($p<0.05$), esto se pudo deber a que gracias al azúcar los granos estaban más pegados entre si aumentando de esta forma la cohesividad, tal y como queda reflejado en la **Fig. 16** en la que los nigiris con una mayor cantidad de azúcar presentan una estructura más compacta. El efecto de la sal sobre la cohesividad pudo deberse a que NaCl es un tipo de sal que estabiliza la estructura de las proteínas por lo que esto podría ser la causa de los cambios en la cohesividad (Sözer & Kaya, 2003).

Tabla 5 Niveles de significancia para los distintos parámetros texturales para distintas concentraciones de sal, acético y azúcar. *

Parámetro	Sal	Acético	Azúcar
Dureza	**	-	-
Recuperación	-	-	***
Adhesividad	*	***	-
Elasticidad	-	-	-
Cohesividad	**	-	***
Masticabilidad	-	-	-

****ANOVA Multifactorial con sal, acético y azúcar como factores. Niveles de Significancia: *= $p<0.05$; **= $p<0.01$; ***= $(p<0.001)$**



Figura 16. Fotografías del escáner de los nigiris con las distintas disoluciones de azúcar en %.

Los parámetros de textura que se vieron afectados (**Tabla 5**) por algunos de los ingredientes utilizados se muestran en las **Fig. 17** a **20**. Como se ha comentado anteriormente, tan solo la sal tuvo un efecto significativo sobre la dureza (**Fig. 17**), sin embargo, la tendencia observada es similar a la encontrada en los granos de arroz individual (**Fig. 12**). La muestra sin sal (0%) originó junto con la muestra con un 10% de sal las mayores durezas, observándose una disminución en el resto de las concentraciones. Por lo que la adición de sal a bajas concentraciones originó granos más blandos, y al formar los nigiris se siguió viendo el mismo efecto. Por otra parte, mientras que en el grano individual se observó un efecto significativo con la adición de acético,

no fue así en los nigiris, debido probablemente a que la formación del nigiri camufla el efecto producido por el acético en cuanto a este parámetro debido al afecto de la matriz.

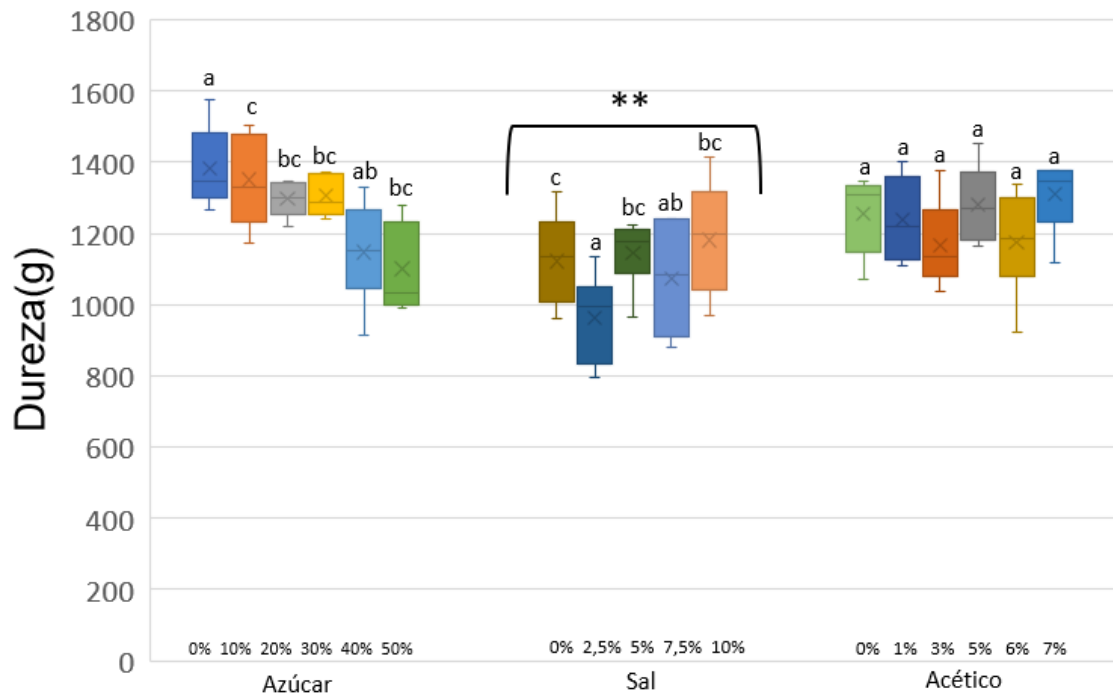


Figura 17. Diagrama de cajas para la Dureza (g) en los nigiris. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes $p < 0.05$

En cuanto a la adhesividad (**Fig. 18**) en el caso de los nigiris el componente que más influencia obtuvo fue el ácido acético ($p < 0.05$), en concreto a partir del 6% la adhesividad aumenta considerablemente tal como se muestra en la figura. Siendo 6% y 7% estadísticamente diferentes entre sí y con el resto. El aumento de la adhesividad con el ácido acético podría deberse a que el arroz sigue cociéndose tras la aplicación del ácido acético debido al efecto intramolecular del ácido acético que provoca una menor rigidez de la estructura del grano de arroz como fue sugerido en el estudio de Ohishi et al. (2006). Así mismo, una mayor acidez da lugar a una degradación de las proteínas tal como queda demostrado en el mismo estudio, lo que podría contribuir también a la alteración de las propiedades texturales en forma de aumento de la adhesividad como se observó en el estudio de Kasai et al. (2001). Si bien en los granos individuales el ácido acético no tenía un efecto significativo en la adhesividad (**Fig. 13**) si se observó una tendencia a aumentarla ya que para 7% fue estadísticamente superior a la concentración sin este ingrediente (0%). En los nigiris se observó este aumento de la adhesividad de forma significativa probablemente debido a que el efecto del ácido acético se vio favorecido por la disposición de los granos en este tipo de matriz. En el caso de la sal también originó un aumento significativo, lo cual podría deberse al mismo efecto estudiado en la pasta a base de trigo donde la adición de sal al agua de cocción favorece el aumento de la adhesividad (Sozer & Kaya 2003).

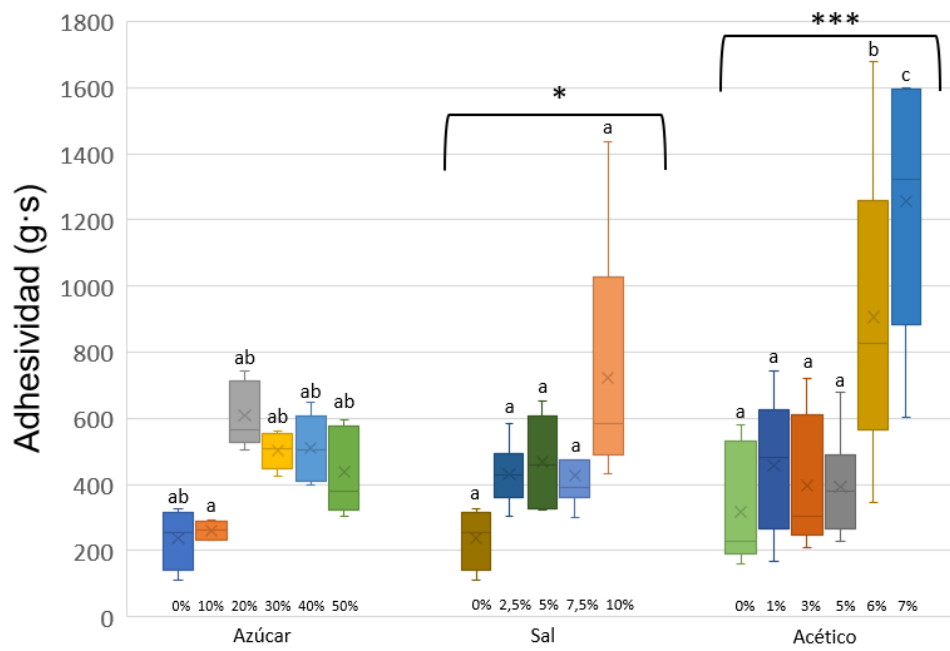


Figura 18. Diagrama de cajas para la Adhesividad (g·s) en los nigiris. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes $p < 0.05$

En cuanto a la capacidad de recuperación instantánea **Fig. 19** el único factor que originó resultados significativos fue el azúcar ($p < 0.05$), dentro del mismo las concentraciones que mayor capacidad de recuperación mostraron fueron 30 y 40%. El hecho de que el resto de los ingredientes no sean significativos y no haya diferencia entre las muestras sugiere que no tienen efecto en la capacidad instantánea de recuperación una vez formados los nigiris.

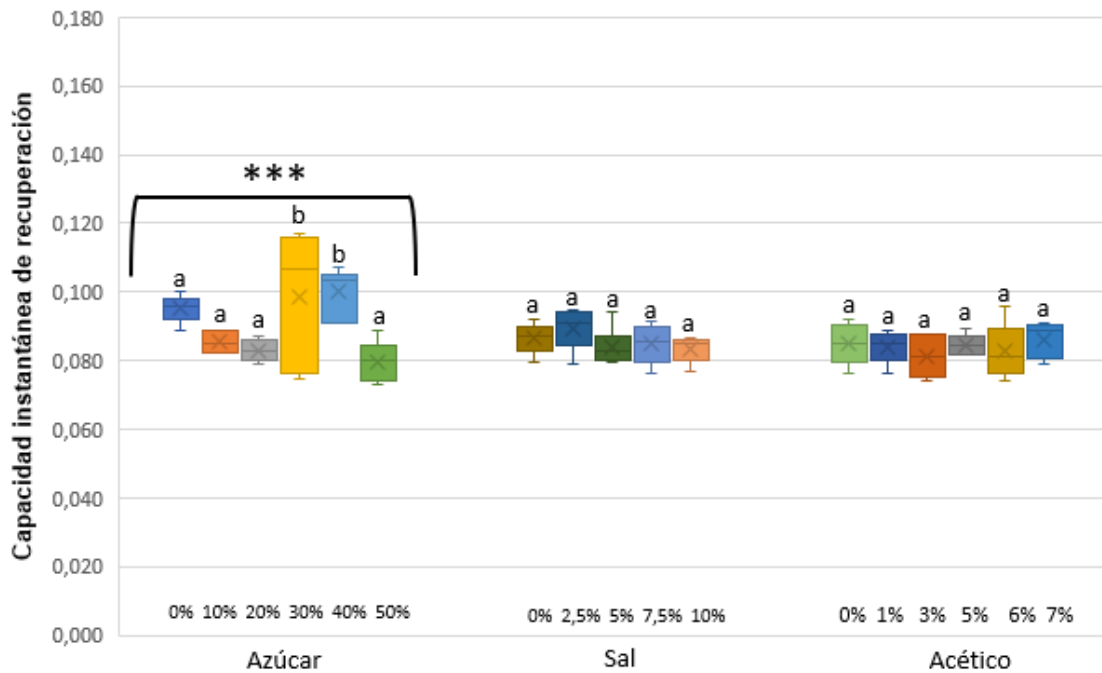


Figura 19. Diagrama de cajas para la Capacidad de recuperación instantánea en los nigiris. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes $p (<0.05)$

Por último, respecto a la cohesividad (Fig. 20) tanto el azúcar como la sal fueron estadísticamente significativos ($p < 0.05$). En el caso del azúcar la cantidad que más incrementó respecto a las demás concentraciones la cohesividad fue la concentración del 40%. En el caso de la sal la única concentración que fue distinta significativamente del resto fue 2,5% obteniendo los valores más elevados, coincidiendo esta misma concentración con la muestra que menor dureza presentaba.

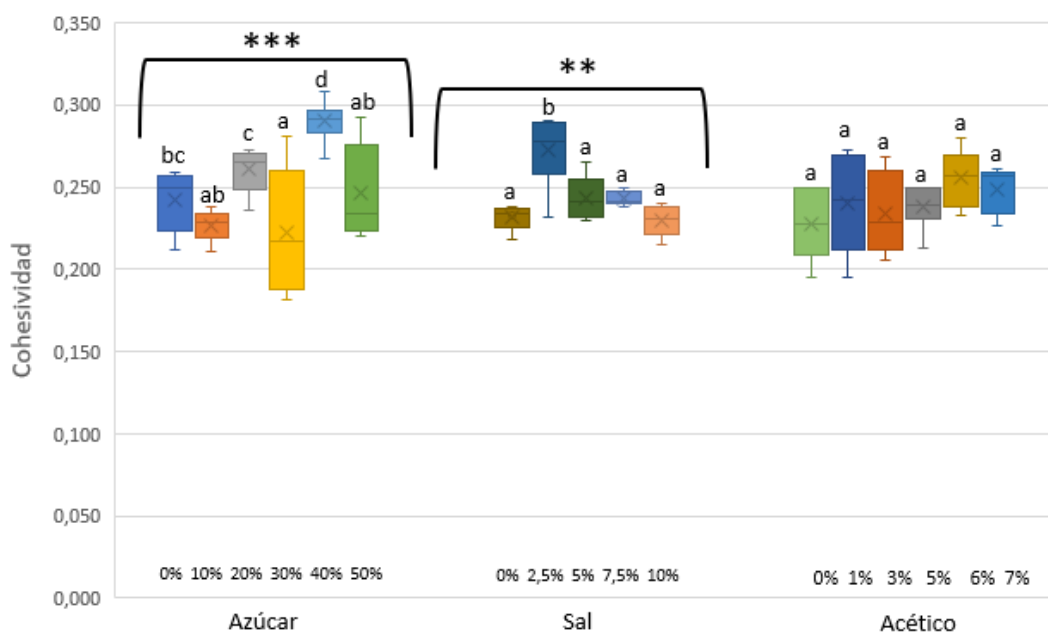


Figura 20. Diagrama de cajas para la Cohesividad en los nigiris. Se indica el nivel de significancia para los factores azúcar, sal y acético. Muestras con diferentes letras son significativamente diferentes $p (<0.05)$

3.7 Influencia del tiempo en las propiedades texturales de los nigiris.

Para ver como interaccionaba el tiempo con los distintos ingredientes y su influencia en el arroz cocido formado (nigiri) se realizaron las mismas pruebas que en el caso del arroz individual. Se midió por separado la evolución durante 2 horas a intervalos de 30 minutos al aplicar disoluciones de agua destilada con concentraciones de 4,7% de ácido acético 8,5% de sal o 32% de azúcar que equivalen a las proporciones individuales del preparado de sushi en el laboratorio, pero en disolución acuosa, además se llevó a cabo un control al 0% de cualquier ingrediente, todos se aplicaron al arroz previamente a la formación de los nigiris en proporción 1:0,3 (p/p).

En la **Tabla 6** se representan los resultados de los parámetros texturales que se vieron afectados por el paso del tiempo, se observa que el control 0% fue el que se vio afectado por el paso del tiempo en todos los parámetros estudiados a excepción de la elasticidad ($p > 0.05$). Por otro lado, resulta llamativo que para todos los parámetros texturales la aplicación de cualquiera de los

ingredientes resultó en una menor alteración con el paso del tiempo de dichos parámetros fuera cual fuera el ingrediente adicionado. En el caso de la adhesividad, que es uno de los principales parámetros que afectan a la aceptabilidad, no varió significativamente con ninguno de ellos. En el caso de la dureza la utilización de ácido acético evitó los cambios de dureza durante el tiempo estudiado, esto es importante dado que junto a la adhesividad constituyen los parámetros que más afectan a la palatabilidad y aceptabilidad del arroz. Esto confirma la hipótesis de Mitsuda & Nakajima, (1977) donde el ácido acético mejoraba la estabilidad del arroz retardando o impidiendo la retrogradación del almidón y coincide con los datos obtenidos en la evolución de los granos de arroz individuales con el tiempo (**Tabla 6**) por lo que queda clara la relación entre ácido acético y el mantenimiento de la dureza con el paso tiempo.

Tabla 6 Niveles de significancia en los cambios respecto a los parámetros texturales para control (0%) sal, acético y azúcar en nigiris.*

Parámetro	0%	Sal 8,5%	Acético 4,7%	Azúcar 32%
Dureza	**	*	-	*
Recuperación	***	-	***	**
Adhesividad	**	-	-	-
Elasticidad	-	-	-	-
Cohesividad	***	***	**	*
Masticabilidad	*	*	-	-

ANOVA Simple con el tiempo como factor para las pruebas con cada componente. Niveles de Significancia: *= $p < 0.05$; **= $p < 0.01$; *= $p < 0.001$)*

3.8 Comparación de la textura de los nigiris con arroz avinagrado comercial con el de laboratorio.

Finalmente, se compararon los resultados de nigiris formados con arroz con el preparado de laboratorio y arroz avinagrado comercial con el fin de comprobar que los resultados que obteníamos eran más o menos semejantes a los del arroz que se vende en supermercados, siendo conscientes de que las variedades de arroz eran distintas. La proporción de preparado en los nigiris con preparado de laboratorio fue 1:0,3 (p/p) mientras que la proporción utilizada en el arroz avinagrado comercial fue de 1:0,25 (p/p), información facilitada por el dependiente.

En la **Tabla 7** se muestran los resultados obtenido para los nigiris a partir de arroz y preparado de laboratorio (NL) y los del arroz avinagrado comercial (NC). En primer lugar, observamos que la dureza fue mayor para los nigiris a partir de arroz avinagrado comercial. Esto pudo ser debido bien a las características intrínsecas propias de la variedad japónica o a que esta variedad al ser más alargada y estrecha provocó mayor compactación durante el formado (**Fig. 9 y 21**) aumentando así la fuerza ejercida durante el ensayo. Sin embargo, la adhesividad fue similar para las dos muestras, siendo de nuevo la muestra a partir del arroz comercial la que obtuvo

mayor capacidad de recuperación instantánea. Respecto a la masticabilidad, fue mucho mayor en los nigiris a partir de arroz comercial probablemente por lo comentado anteriormente respecto a las diferencias entre las variedades de arroz y debido a la influencia al realizar el cálculo de este parámetro por la dureza.

*Tabla 7 Tabla comparativa de los parámetros texturales para NL y NC**

Parámetro	NL	NC
Dureza (g)	1136 ± 99	1589 ± 243
Recuperación	0,09 ± 0,01	0,19 ± 0,01
Adhesividad(g·s)	1320 ± 338	1249 ± 169
Elasticidad	0,46 ± 0,13	0,66 ± 0,04
Cohesividad	0,28 ± 0,02	0,42 ± 0,02
Masticabilidad	145 ± 38	443 ± 88

**Media ± desviación estándar. NL = Nigiris a partir de arroz con preparado de laboratorio NC= nigiris a partir de arroz avinagrado comercial*

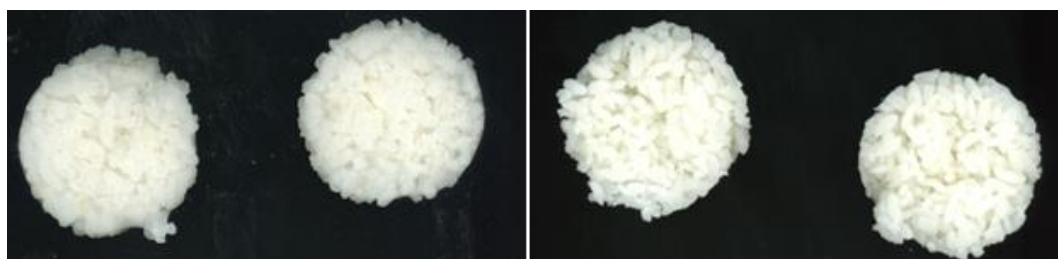


Figura 21. del escáner de los nigiris a partir de arroz con preparado de laboratorio(izquierda) y arroz avinagrado comercial (derecha)

3.9 Conclusión.

- El perfil de textura tanto del arroz cocido como del arroz formado (nigiri), se modificó dependiendo tanto de la cantidad de preparado utilizado, como del ingrediente y su concentración.
- La cantidad de preparado de sushi (vinagre, azúcar y sal) añadido al arroz cocido afectó tanto a la dureza como a la capacidad de recuperación de los nigiris. El aumento de la proporción añadida disminuyó la dureza hasta la relación 1:0,2 (p/p) donde ya no se encontraron cambios significativos.
- Los análisis de textura realizados en el arroz formado, han permitido identificar la proporción adecuada de preparado de sushi, seleccionando la proporción 1:0,3 (p/p) como la adecuada para estudiar el efecto de los ingredientes individualmente.
- Las distintas concentraciones de sal afectaron tanto a la dureza como a la adhesividad de los granos de arroz cocidos. Por otra parte, el azúcar afectó tanto a la adhesividad como a la capacidad de recuperación, la cual solo fue afectada por este ingrediente. Sin embargo, el ácido acético solo tuvo un efecto estadísticamente significativo en la dureza del grano de arroz cocido, pero mantuvo el perfil de textura del grano estable durante los tiempos estudiados.

- En el estudio del nigiri, la sal tuvo un efecto estadísticamente significativo en la dureza, la adhesividad y la cohesividad. El ácido acético solo afectó a la adhesividad y la adición de azúcar influyó tanto en la capacidad de recuperación como en la cohesividad. Al igual que en los granos de arroz, el ácido acético demostró mejorar la estabilidad del arroz en el nigiri manteniendo el perfil de textura durante el tiempo estudiado.

El estudio reveló la importancia tanto de la cantidad de preparado a utilizar, como de cada uno de los componentes y sus concentraciones en el perfil de textura. Sin embargo, se requieren estudios adicionales que permitan profundizar en el efecto originado en el arroz cocido.

4 Bibliografía.

- Aibinu, I. E., Smooker, P. M., & Lopata, A. L. (2019). Anisakis Nematodes in Fish and Shellfish—from infection to allergies. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*. doi:10.1016/j.ijppaw.2019.04.007
- Bett-Garber, K. L., Champagne, E. T., Ingram, D. A., & McClung, A. M. (2007). Influence of water-to-rice ratio on cooked rice flavor and texture. *Cereal Chemistry*, 84(6), 614-619.
- Bodart, M., de Peñaranda, R., Deneyer, A., & Flamant, G. (2008). Photometry and colorimetry characterisation of materials in daylighting evaluation tools. *Building and Environment*, 43(12), 2046–2058. doi:10.1016/j.buildenv.2007.12.006
- Burger, J., Gochfeld, M., Jeitner, C., Donio, M., & Pittfield, T. (2013). Sushi consumption rates and mercury levels in sushi: ethnic and demographic differences in exposure. *Journal of Risk Research*, 17(8), 981–997. doi:10.1080/13669877.2013.822925
- Champagne, E. T., Lyon, B. G., Min, B. K., Vinyard, B. T., Bett, K. L., Barton, F. E., Webb, B. D., McClung, A. M., Moldenhauer, K. A., & Linscombe, S. (1998). Effects of postharvest processing on texture profile analysis of cooked rice. *Cereal chemistry*, 75(2), 181-186.
- Chen, J. (2009). Food oral processing—A review. *Food Hydrocolloids*, 23(1), 1-25
- Deshpande, S. S., & Bhattacharya, K. R. (1982). Research note the texture of cooked rice. *Journal of Texture Studies*, 13(1), 31–42. doi:10.1111/j.1745-4603.1982.tb00875.x
- Do, H. T. V., & Yagi, T. (2011). Individual vitamin B6 contents in selected Japanese sushi toppings. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(2), 246–249. doi:10.3109/09637486.2011.639350
- Đorđević, Đ. and H. Buchtová (2017). "Factors influencing sushi meal as representative of non-traditional meal: Consumption among Czech consumers." *Acta Alimentaria* 2017 46(1): 76-83.
- Halick, J. V. and K. K. Keneaster (1956). "The use of a starch iodine-blue test as a quality indicator of white milled rice." *Cereal Chemistry* 33: 315-319.
- Ho, C. W., Lazim, A. M., Fazry, S., Zaki, U. K. H. H., & Lim, S. J. (2017). Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: A review. *Food Chemistry*, 221, 1621–1630. doi:10.1016/j.foodchem.2016.10.128
- Hsin-I Feng, C. (2012). The Tale of Sushi: History and Regulations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(2), 205–220. doi:10.1111/j.1541-4337.2011.00180.x
- INDUSTRIAS PESQUERAS El consumo de sushi crece en España a un ritmo del 49,5 % interanual, 2018, visto el 1 de Julio de 2019; http://www.industriaspesqueras.com/noticias/en_portada/61580/el_consumo_de_sushi_crece_en_espana_a_un_ritmo_del_495_interanual.html
- Kasai, M., Tanihata, S., Ohishi, K., Shimada, A., & Hatae, K. (2001). Effect of acetic acid on the palatability and physicochemical properties of cooked rice. *Journal of Home Economics of Japan*, 52, 1091–1097.
- Kulawik, P., Dordevic, D., Gambuś, F., Szczurowska, K., & Zajac, M. (2017). Heavy metal contamination, microbiological spoilage and biogenic amine content in sushi available on the Polish market. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(7), 2809–2815. doi:10.1002/jsfa.8778
- Leelayuthsoontorn, P., & Thipayarat, A. (2006). Textural and morphological changes of Jasmine rice under various elevated cooking conditions. *Food Chemistry*, 96(4), 606-613.

- Li, H., Prakash, S., Nicholson, T. M., Fitzgerald, M. A., & Gilbert, R. G. (2016b). Instrumental measurement of cooked rice texture by dynamic rheological testing and its relation to the fine structure of rice starch. *Carbohydrate Polymers*, 146, 253-263.
- Li, H., Prakash, S., Nicholson, T. M., Fitzgerald, M. A., & Gilbert, R. G. (2016a). The importance of amylose and amylopectin fine structure for textural properties of cooked rice grains. *Food Chemistry*, 196, 702-711.
- Li, Hongyan (2017). Understanding the texture of cooked rice from the molecular, instrumental and sensory levels. PhD Thesis, Queensland Alliance for Agriculture and Food Innovation, The University of Queensland. <https://doi.org/10.14264/uql.2017.868>
- Lynch, K. M., Zannini, E., Wilkinson, S., Daenen, L., & Arendt, E. K. (2019). Physiology of Acetic Acid Bacteria and Their Role in Vinegar and Fermented Beverages. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. doi:10.1111/1541-4337.12440
- Mabeau, S., & Fleurence, J. (1993). Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 4(4), 103–107. doi:10.1016/0924-2244(93)90091-n
- Meullenet, J.-F. C., Gross, J., Marks, B. P., & Daniels, M. (1998). Sensory Descriptive Texture Analyses of Cooked Rice and Its Correlation to Instrumental Parameters Using an Extrusion Cell. *Cereal Chemistry Journal*, 75(5), 714–720. doi:10.1094/cchem.1998.75.5.714
- Mitsuda, H., & Nakajima, K. (1977). Storage of cooked rice. *Journal of Food Science*, 42(6), 1439–1443. doi:10.1111/j.1365-2621.1977.tb08394.x
- Mohapatra, D., & Bal, S. (2006). Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions. *Journal of Food Engineering*, 73(3), 253–259. doi:10.1016/j.jfoodeng.2005.01.028
- Odahara, M., Sokooshi, H., Takahashi, T., Okadome, H., & Ohtsubo, K. (2004). The Effect of Sushi Vinegar on Texture of Sushi Rice before and after Storage under Low Temperature. *NIPPON SHOKUHIN KAGAKU KOGAKU KAISHI*, 51(11), 620–625. doi:10.3136/nskkk.51.620
- Ohishi, K., Kasai, M., Shimada, A., & Hatae, K. (2006). Effect of acetic acid on the elution of components during the rice cooking process. *Journal of Cookery Science of Japan*, 39, 132–139)
- Pardo, M. Á., Jiménez, E., Viðarsson, J. R., Ólafsson, K., Ólafsdóttir, G., Daniëlsdóttir, A. K., & Pérez-Villareal, B. (2018). DNA barcoding revealing mislabeling of seafood in European mass caterings. *Food Control*, 92, 7–16. doi:10.1016/j.foodcont.2018.04.044
- Rachtanapun, C., Aroonsakul, K., Rattanamanee, N., Augkarawat, C., & Ratanasumawong, S. (2018). Effect of chitosan on physical properties, texture and shelf life of sushi rice. *Italian Journal of Food Science*, 82–87.
- Sinki, G. (1994). Rice on the rise. *Perfumer & flavorist*, 19(4), 1-9.
- Sözer, N., & Kaya, A. (2003). Changes in cooking and textural properties of spaghetti cooked with different levels of salt in the cooking water. *Journal of Texture Studies*, 34(4), 381–390. doi:10.1111/j.1745-4603.2003.tb01070.x
- Spinosa, W. A., Santos Júnior, V. dos, Galvan, D., Fiorio, J. L., & Gomez, R. J. H. C. (2015). Vinegar rice (*Oryza sativa* L.) produced by a submerged fermentation process from alcoholic fermented rice. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(1), 196–201. doi:10.1590/1678-457x.6605
- Stokes, J. R., Boehm, M. W., & Baier, S. K. (2013). Oral processing, texture and mouthfeel: From rheology to tribology and beyond. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 18(4), 349-359.

- Watanabe, Y., & Tatsuno, I. (2017). Omega-3 polyunsaturated fatty acids for cardiovascular diseases: present, past and future. *Expert Review of Clinical Pharmacology*, 10(8), 865–873. doi:10.1080/17512433.2017.1333902
- Yu, S., Ma, Y., & Sun, D.-W. (2009). Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *Journal of Cereal Science*, 50(2), 139–144. doi:10.1016/j.jcs.2009.04.003
- Zakaria, F., Mokthar, S. I. (2014) Comparisons of the proximate values, mineral elements and heavy metals contents in three local fruits vinegars with the apple cider vinegar. *International Conference on Innovation 2014*.