



Universidad de Valladolid

E.T.S DE INGENIERÍAS AGRARIAS

Máster en calidad, desarrollo e innovación de alimentos

TRABAJO FIN DE MÁSTER

**“ENTRENAMIENTO Y VALIDACIÓN DE UN PANEL DE
CATADORES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE
PANES SIN GLUTEN ENRIQUECIDOS”**

DIRECTORAS

ENCARNACIÓN FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ

M^a FELICIDAD RONDA BALBÁS

Área de Tecnología de alimentos

Departamento de Ingeniería agrícola y forestal

Universidad de Valladolid (Campus de Palencia)

ALBA IRISARRI LÓPEZ

PALENCIA, SEPTIEMBRE 2013

RESUMEN

El uso del análisis sensorial permite ayudar a la industria alimentaria a elegir aquellos productos que resulten más atractivos para los consumidores, logrando una mayor aceptación. En el presente trabajo un total de 12 panes sin gluten enriquecidos en proteínas (albúmina, caseína, soja y guisante) se evaluaron sensorialmente. Para tal fin se entrenó un panel de catadores capaces de detectar los descriptores más habituales en pan, que previamente mediante discusión en grupo quedaron establecidos. Se comprobó que los catadores eran eficaces mediante una evaluación de la misma. Se les presentaron 6 muestras por triplicado y a continuación con los datos obtenidos se llevó a cabo un ANOVA para conocer aquellos catadores más adecuados. Con los catadores restantes se procedió a realizar las catas definitivas de los 12 panes por duplicado y se analizaron los datos mediante un análisis de componentes principales (ACP), con la que se pudieron caracterizar todos los panes en función de sus descriptores más destacados y las correlaciones entre las muestras.

Palabras clave: análisis sensorial, pan sin gluten, muestras, catadores.

ABSTRACT

The use of sensory analysis can help the food industry to choose those products more attractive to consumers, achieving greater acceptance. In this study a total of 12 enriched breads gluten proteins (albumin, casein, soy and pea) were evaluated sensorially. For this purpose he trained a panel of tasters can detect the most common descriptors in bread, that previously through group discussion were established. It was found that the tasters were effective by assessing the same. 6 samples were presented them in triplicate and then with the data obtained, an ANOVA was conducted to know those best suited tasters. With the remaining tasters proceeded to make the final tasting of the 12 breads in duplicate and data were analyzed using principal component analysis (PCA), which could characterize all the loaves depending on their more prominent descriptors and correlations between samples.

Key words: sensorial analysis, gluten-free bread, samples, tasters.

1. ANTECEDENTES

El consumo de pan se conoce desde hace más de 4000 años (Dewenttick, et al., 2008) Es uno de los alimentos mayor consumo mundial, con una producción anual aproximada de 9 billones de kilos (Heenan, et al., 2008). Aunque en la actualidad su consumo ha decaído, sigue siendo un bien esencial, formando parte de la dieta diaria.

En su composición nutricional se encuentran carbohidratos como integrante mayoritario, siendo el almidón el que ocupa el mayor porcentaje. También es importante el contenido en fibra dietética (almidón resistente, celulosa, y polisacáridos complejos). En cuanto a su contenido en proteínas están divididas en proteínas de reserva, albúminas y globulinas. Las primeras constituyen la fracción más importante en el pan, se dividen en gliadinas y gluteninas (Ahlborn, et al., 2005). La calidad nutricional de sus proteínas es menor que en otros alimentos como leche, soja o guisante, debido a su déficit en ciertos aminoácidos esenciales, como lisina y triptófano. El contenido en lípidos es reducido, pero incluyen ácidos grasos esenciales, vitaminas liposolubles y fitoesteroles. También es rico en vitaminas, sobretudo del grupo B (tiamina, riboflavina, niacina y piridoxina) y en minerales como fósforo, calcio y magnesio. (Dewenttick, et al., 2008; Gallagher, et al., 2004).

El trigo y otros cereales como centeno, cebada y avena, así como sus variedades híbridas y derivados, contienen gluten que es una fracción proteínica insoluble en agua y en solución de cloruro sódico 0,5M, formada por la interacción de dos de las principales clases de proteínas que son las gliadinas y las gluteninas antes mencionadas (Matos, 2013). Estas proteínas, en concreto las presentes en el trigo, poseen unas características funcionales y tecnológicas únicas, las gliadinas contribuyen a la extensibilidad y viscosidad de la masa de harina y agua y las gluteninas son responsables de la fuerza y elasticidad de la masa. La red viscoelástica formada en la masa de pan gracias al gluten es responsable de su capacidad de retención del CO₂ durante la fermentación y el horneado, otorgando al pan sus propiedades de textura más notables al final del procesado. (Gallager, et al., 2004).

El problema del uso del trigo en productos de panadería es que existen ciertas personas afectadas por la enfermedad celiaca, que produce una enteropatía sensitiva al gluten, generando daños en las vellosidades del intestino delgado e interfiriendo en la normal absorción de nutrientes como hierro, ácido fólico y calcio, llegando incluso a provocar carencias nutricionales, además de la posible presencia de otros síntomas tales como diarrea, esteatorrea, erupciones cutáneas, flatulencia, intolerancia a la lactosa secundaria, fatiga, osteomalcia, etc. (Murray.1999). Son síntomas no

específicos, por lo que puede confundirse con otras entidades (intolerancia a la lactosa, anemia ferropénica, osteopenia etc.) y no ser correctamente diagnosticada. (Gallagher, et al., 2004). Esto es debido a que esta enfermedad es el resultado de tres procesos: predisposición genética, factores ambientales y una inflamación con base inmunológica, que pueden provocar muchos síntomas inespecíficos. (Murray, 1999).

La enfermedad celiaca afecta al 1% de la población, afectando en su mayoría a los países desarrollados, aunque según estudios epidemiológicos recientes es posible que su prevalencia sea mucho mayor de lo especulado (Wronkoswska, et al., 2012).

Debido a este problema, las personas con enfermedad celiaca no pueden ingerir ningún alimento que contenga gluten en su formulación, ya que hasta la ingesta de una mínima cantidad de gluten les provoca malestar. El único tratamiento posible para la enfermedad celiaca es la adherencia a una dieta libre de gluten para toda la vida (Gallagher, et al., 2003), lo cual resulta muy difícil de seguir, ya que gran parte de los alimentos con mayor consumo en el mundo son a base de cereales que contienen gluten (trigo, centeno, cebada y avena) y otros alimentos que no llevan cereales, sí llevan gluten, ya que este puede usarse como aditivo aprovechando sus propiedades de agente ligante, espesante, etc.(Gallagher, et al., 2004).Debido al aumento de la prevalencia de la enfermedad celiaca y al aumento de la demanda de alimentos aptos para personas con celiaquía, la industria alimentaria investiga y desarrolla formulaciones de productos libre de gluten, que sean asequibles y que además tengan un perfil nutricional y sensorial altamente favorable.

Según el Reglamento (CE) N° 41/2009 de la Comisión de las Comunidades Europeas sobre la composición y etiquetado de productos alimenticios apropiados para personas con intolerancia al gluten, se indica que los “Productos alimenticios para personas intolerantes al gluten” son los productos alimenticios destinados a una alimentación particular elaborados, tratados o preparados especialmente para responder a las necesidades nutricionales particulares de las personas intolerantes al gluten. Los productos antes definidos que se comercializan como tales, deben llevar la indicación “contenido muy reducido de gluten o exentos de gluten” de conformidad con las disposiciones establecidas en el referido reglamento. Estas disposiciones pueden ser logradas mediante el uso de productos alimenticios tratados especialmente para reducir el contenido de gluten de uno o varios ingredientes que contienen gluten o productos alimenticios cuyos ingredientes con gluten han sido sustituidos por otros ingredientes exentos de forma natural.

Aun así, todavía existen gran cantidad de productos “gluten free” que no tienen una buena calidad tanto tecnológica como nutricional, así como factores de apariencia como color poco intenso, mala textura o inferior a su homólogo con gluten, desmoronamiento de la miga, pobre sensación en boca y flavor (Gallagher, et al., 2003; Ahlborn, et al., 2005). Es por ello que la industria está obligada a mejorar la formulación de estos productos, investigando más y haciendo más análisis sensorial sobre ellos.

Muchos de estos productos sin gluten tienen ingredientes como harinas de arroz o de maíz o de otros cereales sin gluten, poco conocidos como mijo, sorgo o teff, que cada vez adquieren una mayor importancia en el mercado. También es frecuente el uso de almidones de cualquier cereal, unidos a una serie de aditivos o compuestos mejorantes, como los hidrocoloides, que tienen un efecto mimetizador de las propiedades viscoelásticas del gluten sobre las masas (Wrokowska, et al., 2012). Poco a poco se han ido incluyendo además otros ingredientes tales como proteínas, fibras y enzimas para lograr una mejora en las características organolépticas y nutricionales de los panes, debido a las posibles carencias nutricionales que se pueden derivar de una dieta sin gluten (Wrokowska, et al., 2012). Los consumidores demandan panes con un contenido bajo en calorías, alto en fibra, poca sal y aditivos, bajo índice glicémico, vitaminas y minerales con función antioxidante (Dewenttick, et al., 2008). A la vista de ello cada vez se generan mayores cantidades de publicaciones que investigan formulaciones de productos sin gluten con alguna función añadida. Así puede comprobarse la obtención de panes de arroz, maíz, teff y trigo sarraceno con HPMC (Hidroxipropil metil celulosa), goma xantana que mejoran el volumen del pan, la dureza de la miga, y su estructura alveolar (Hager, et al., 2013; Brites, et al., 2010). También de una forma reciente, se ha estudiado la elaboración de panes con mezclas de almidones de maíz, patata o arroz (Onyango, et al., 2011), gomas e hidrocoloides, prebióticos, proteínas que no sean gluten, etc., que mejoran la vida media, estructura, aceptabilidad y sensación en boca (Gallagher, et al., 2004; Wronkoska, et al., 2012), igualmente panes suplementados en enzimas, que como en los anteriores casos mejoran características sensoriales de los panes sin gluten como, cohesividad, volumen, aroma, etc. (Bollaín, et al., 2005; Collar, et al., 2005). Siguiendo con el hilo de la suplementación, otro de los campos de estudio más interesantes de los panes sin gluten es su mejora nutricional, ya sea fortificando en hierro para paliar la prevalencia de anemia asociada a las dietas sin gluten (Kiskini, et al., 2007), añadiendo sales de calcio en panes sin gluten y logrando una mejora en la dieta de los enfermos celíacos (Krupa-Kozak, et al., 2011), también panes sin gluten de sorgo suplementados

con legumbres que son altas en proteínas, destinados a países de África con una mayor tendencia al déficit proteico (Anyango, et al., 2011), también se ha estudiado añadir otros tipos de proteína como guisante, soja, caseína y albúmina, que además de cumplir una función nutricional, cumple un papel tecnológico, en la reología de las masas ,mimetizando el papel del gluten (Matos, 2013). Por otro lado se pueden encontrar en la literatura trabajos que estudian el efecto de los panes sin gluten cuando se les reduce el contenido en algún nutriente, como carbohidratos ya sea por razones de salud (Diabetes Mellitus), control de peso, etc., (Mohamed, et al., 2006) también reducción de contenido proteico debido a entidades como la fenilcetonuria en la que el contenido proteico y concretamente del aminoácido fenilalanina debe estar restringido (Ahlborn, et al., 2005).

La necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor, obliga a intentar conocer cuál será su juicio crítico en la valoración sensorial que hará del producto alimentario, en este caso pan, y la posible repercusión que los cambios en la producción de cereal, elaboración o en el envasado puedan tener en las cualidades finales (Kihlberg, et al., 2006).

Debido a ello, cada vez es más necesario conocer la evaluación sensorial de los alimentos libres de gluten aludidos anteriormente, para poder estudiar el impacto que podrían tener en el mercado y si poseen una buena composición final que provoque que su perfil organoléptico sea aceptado, ya que son criterios de aceptación o rechazo tan importantes como pueden ser los análisis instrumentales (Anyango, et al., 2011). Por tanto, la evaluación sensorial es una técnica que juega un papel muy importante en el desarrollo de nuevos productos (Tomic, et al., 2013), como son los panes sin gluten enriquecidos en los que se centra este trabajo, ya que es probable que sin un análisis sensorial adecuado haya un alto riesgo de fracaso en el mercado (Sighn, et al., 2012). Queda definido entonces el análisis sensorial como la ciencia relacionada con la evaluación de los atributos organolépticos de un producto mediante los sentidos (UNE-EN ISO 5492:2010).

La valoración sensorial es una función que lleva a las personas inconsciente o conscientemente a rechazar o aceptar los alimentos de acuerdo con las sensaciones percibidas al observarlo o al ingerirlo, pero estas sensaciones dependen mucho del tiempo y del momento en que son percibidas y pueden ir variando a lo largo de la vida. Por eso es tan difícil obtener datos objetivos y fiables para evaluar la aceptación o rechazo de un producto alimentario (Murray, et al., 2001).

El proceso sensorial se inicia con la presencia de un estímulo físico o químico que actúa sobre los receptores sensoriales provocando una respuesta sobre ellos. Hay varios métodos de análisis sensorial como: método de perfil de flavor, método de perfil de textura, análisis descriptivo cuantitativo, análisis descriptivo general etc. (Murray, et al., 2001).

Este trabajo se centrará sobre el análisis sensorial descriptivo del pan sin gluten enriquecido, la cual es una de las herramientas más sofisticadas dentro de las ciencias sensoriales y más aceptadas y establecidas a nivel mundial (De Cássia, et al., 2012) Se basa en la comparación, valoración, discriminación y descripción cualitativa y cuantitativa de productos de consumo, llevado a cabo por un panel entrenado en función de unos descriptores previamente definidos, para obtener datos objetivos. Se hace necesario evitar que los catadores den sus opiniones de preferencia o aversión, sino que lo que se busca es conocer la magnitud o intensidad de los atributos de los alimentos. (Anzaldúa-Morales, 1994). Gracias al análisis sensorial se puede ofrecer un producto con calidad garantizada, en este caso pan, definido por una serie de descriptores comprensibles para los consumidores (Elía, 2011).

Estas pruebas de carácter descriptivo proporcionan mayor información sobre el alimento analizado, son más útiles y flexibles, pero son más difíciles de llevar a cabo, ya que los catadores necesitan un entrenamiento previo y una continuidad en el proyecto (Anzaldúa-Morales, 1994). Además, con el análisis descriptivo se pueden correlacionar los resultados sensoriales con resultados instrumentales (De Cássia, et al., 2012) y también son realmente útiles a la hora de realizar controles de calidad comparando muestras con prototipos y rastrear cambios en el producto debido a los procesos de producción (De Cássia, et al., 2012; Kihlberg, et al., 2006).

Aunque en algunos estudios se habla de análisis sensorial descriptivo realizado por consumidores (Veinand, et al., 2011), no tiene la misma validez ni utilidad que si fuera llevado a cabo por catadores entrenados los cuales han sido preparados para mejorar su agudeza y habilidades de detección de descriptores en muestras de alimentos.

Dentro de los aspectos cualitativos se engloban los descriptores que definen las características del producto a analizar (aspecto externo, sabor, olor, color, etc.), para después distinguirlo de otras muestras parecidas o incluso iguales.

Para conseguir un alto grado de objetividad y fiabilidad es necesario normalizar todos los términos y parámetros que puedan influir en las determinaciones, teniendo como objetivo que las conclusiones sean cuantificables y reproducibles con la mayor precisión posible. En la actualidad no existe una convergencia en los atributos más

destacados en el caso del pan, ni para su metodología de análisis sensorial más adecuada. Conseguir un método estándar de evaluación de pan, supondría grandes ventajas, como ocurre en otros alimentos como vino, aceite y queso (Elía, 2011).

Otro método para que los resultados sean objetivos es contar con catadores entrenados que a su vez sean celíacos, pero es algo muy difícil de conseguir, por lo que la mayor parte de las catas de pan sin gluten se llevan a cabo con catadores no celíacos, o con mezcla entre celíacos y no celíacos. (Pagliarini et al, 2011).

Para la formación de un panel de catadores entrenado se debe realizar una entrevista previa de los candidatos y conocer así su interés acerca del programa que se va a realizar y analizar sus posibilidades, sólo se requerirá que cuenten con un mínimo nivel de agudeza (Murray, et al., 2001) y su disponibilidad para llevar a cabo todas las fases del proyecto. Una vez hecho esto los catadores que hayan sido elegidos empezarán con la fase de aprendizaje, en la que se familiarizarán con los procedimientos de las pruebas, se mejorarán sus habilidades de reconocer las diferencias entre muestras y se aumentará la capacidad para distinguir los atributos más notables o característicos de cada alimento. Se debe dar la misma muestra a cada catador y discutir conjuntamente las razones de la puntuación que ha otorgado a cada muestra. (Anzaldúa-Morales, 1994).

Cada muestra debe quedar concretada por una serie de descriptores que definan específicamente su perfil sensorial, estos descriptores deben tener un lenguaje adecuado y comprensivo para los catadores, lo más habitual y recomendado es usar las definiciones de la Norma UNE-EN ISO 5492:2010, ya que pueden mejorar el rendimiento descriptivo del panel, aunque es probable que no todas las definiciones se encuentren disponibles (Murray, et al., 2001). Es posible que los propios catadores sean los que definan los descriptores para cada alimento, pero en otros casos para no perder tanto tiempo se facilitan los descriptores y se discute sobre ellos, ante la presencia del director del entrenamiento (Murray, et al., 2001). La etapa de generación de vocabulario debe ser de consenso, aunque existe la posibilidad de que se generen sesgos debido a que los catadores pueden no estar de acuerdo entre ellos.

Las escalas usadas para calificar cada muestra pueden ser de varios tipos en función de las necesidades que se tengan para cada alimento: no estructuradas, escalas de intervalo, escalas estándar, proporcionales, con relación al tiempo o perfiles sensoriales (Anzaldúa-Morales, 1994).

En el alimento que ocupa este trabajo, el pan, los descriptores más usados se dividen en varios apartados, ya sea aspecto de la corteza, miga, olor y sabor, siendo

los descriptores más usuales: color de corteza y miga, intensidad de olor, intensidad de sabor, crujiente de la corteza, suavidad de la miga, etc.

Una vez llevada a cabo la fase de entrenamiento, se realizó una evaluación del panel, es decir, una evaluación de la eficacia que tiene ese panel a la hora de valorar sensorialmente muestras distintas.

2- OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es evaluar mediante análisis sensorial descriptivo cuantitativo pan de molde sin gluten enriquecido. Para ello se pretende, en primer lugar, seleccionar un panel de catadores, generar una serie de descriptores y sus definiciones para establecer un protocolo general para la evaluación de pan; a continuación controlar la eficacia del panel de catadores y, finalmente, caracterizar cualitativa y cuantitativamente diferentes tipos pan de molde sin gluten enriquecido.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. Ingredientes

Se utilizaron los siguientes ingredientes para la elaboración de las muestras de pan:

Almidón de arroz de Beneo Remy (Belgium), azúcar blanco y sal, adquirido en mercado local, agua de la red de abastecimiento local, levadura de European (Estambul, Turquía), aceite "Coosol Premium", ácido láctico y acético de Panreac (Castellar del Vallés, Barcelona), HPMC Methocel K4M Food Grade (Dow Wolf Celullosics, Bitterfeld, Alemania), Caseína de Armar proteins (Saint Brice en Cogle, France), Soja Supro 500-EIP de Hispano Holandesa SA (Mallorca, España), Guisante Pisona P9 de Cosucra Group Warcoing SA (Warcoing, Belgium) y Albúmina de huevo el polvo tipo montante de Eurovaco (Lugo (RA), Italia).

3.2. Muestras

Con los ingredientes anteriores se elaboraron 12 tipos diferentes de pan. En la Tabla 1 se muestra la composición de cada muestra, y la numeración de cada una de ellas, que no es correlativa, puesto que simultáneamente se ha realizado otro proyecto con 18 muestras y para esta trabajo se eligieron 12 de esas muestras que fueran variadas tanto en proteínas como en su concentración, así como con contenido o no de ácido y los dos controles.

Tabla 1. Muestras sometidas al ensayo sensorial

Muestra	2	3	4	5	7	8	10	11	13	14	15	18
Proteína añadida	AL	SO	SO	AL	-	SO	GUI	-	CA	CA	GUI	CA
Porcentaje de adición (%)	5	10	5	10	-	5	10	-	5	5	5	10
Ácido	-	-	-	-	-	SI	SI	SI	-	SI	SI	-

-CA: caseína

-AL: albúmina

-GUI: guisante

-SO: soja

El procedimiento para la elaboración de pan sin gluten había sido previamente establecido por otros investigadores del equipo de Tecnología de alimentos de la Universidad de Valladolid, ya que este trabajo forma parte de otro más amplio centrado en el desarrollo de panes enriquecidos destinados a enfermos celíacos.

El proceso de elaboración de la masa se realizó utilizando la siguiente fórmula en base a 500 g de almidón de arroz: 6 % de aceite de girasol, 5 % de azúcar, 2 % de HPMC, 1,5 % de sal, 3% de levadura y 80 % de agua. Las distintas proteínas fueron añadidas en un porcentaje de 0, 5 ó 10 % sobre base de almidón. En el caso de las masas acidificadas se añadió una mezcla acético y láctico en dosis 0,1 % y 0,4 % (p/p en base almidón), respectivamente.

Para la realización de los muestras de pan se pesaron 500 g de la mezcla almidón-proteína correspondiente, 7,5 g de sal, 25 g de azúcar, 10 g de HPMC y 30 g de aceite en una cubeta de amasado y se mezclaron suavemente con una cuchara. Se añadieron 400 g de agua, a una Tª de entre 20-22°C, mezclados con 15 g de levadura. Para la dosificación de los ácidos se añadieron 5 ml de una disolución mezcla de ambos ácidos en agua con una concentración del 10 % y 40 % peso/volumen de acético y láctico respectivamente. Se pesaron en dos básculas disponibles en el obrador, siendo una de ellas Sartorius AG (Germany) y otra Precisa 3000 D Swis Quality (Suiza).

A continuación se mezclaron los ingredientes en la batidora Kitchen Aid modelo "Heavy Duty" (St. Joseph, Michigan, USA), utilizando el gancho como accesorio. Este proceso duró 8 minutos, divididos en 2 tiempos. En la primera parte se mezclaron los ingredientes durante 2 minutos a velocidad 4 y se paró para separar con ayuda de una

lengua o paleta los restos de harina, y masa que pudieran quedar adheridas a la pared del vaso de mezcla impidiendo que se incorporasen a la mezcla, en el caso de necesitar ácido se añadió en ese momento. En la segunda fase se procedió a velocidad 6 hasta completar los 8 minutos.

Una vez batida la masa se dividieron en 4 en porciones de 200 g cada una y se dispusieron en moldes de aluminio de 109 x 159 x 38 mm. Después se colocaron sobre bandejas de horno y se llevaron a fermentar a una temperatura de 35°C, con una humedad relativa de 85% durante 40 minutos, en una fermentadora FC-K (Salva, Lezo, España).

Por último tras la fermentación, los panes se hornearon durante 40 minutos a una Tª de 180 °C en un horno modular eléctrico de la marca Salva (Lezo, España), modelo PANEL ST-99, serie 7851-8K (Dicoel SL). Para que los panes adquirieran el color tostado se les sometió a la acción del vapor.

Después de esto se dejaron enfriar los panes por un tiempo de una hora, antes de desmoldar y someterlo al análisis sensorial.

3.3. Análisis sensorial

3.3.1. Sujetos

Se contó con un panel de 7 catadores, estudiantes y doctorandos de la Universidad de Valladolid (2 hombres y 5 mujeres con una edad comprendida entre 23 y 50 años), según lo dispuesto en la Norma UNE-ISO 6658:2008 UNE 87024-1:1995.

3.3.2. Sala de cata

La sala donde se llevaron a cabo las catas fue la exigida por la Norma UNE-EN ISO 8589:2010, adecuada para crear un clima confortable y así obtener los mejores resultados de los ensayos.

3.3.3. Entrenamiento y generación de descriptores

El grupo de 7 catadores se entrenó durante un mes, en 3 sesiones semanales de aproximadamente una hora y media, a mitad de mañana para no condicionar los resultados y aprovechando que la capacidad sensitiva es mayor. En esta fase lo que se pretendía era familiarizar los sujetos con los procedimientos de análisis que se llevarían a cabo, mejorar su capacidad de reconocer diferencias entre muestras e identificar los diferentes atributos específicos del pan.

A continuación se realizó la etapa de entrenamiento, durante esta etapa se presentaron productos de referencia para cada descriptor elegidos según la Norma UNE 87007:1994. Se preparan por igual a cada catador presentadas en platos blancos de plástico y con los utensilios necesarios como cucharas, además de agua y servilleta. En esta etapa se realizaron catas comentadas guiadas por el director del panel.

Se evitó que el número de descriptores fuera muy elevado (menos de 15 es adecuado) para evitar que los catadores se saturen.

3.3.4. Preparación de muestras

Para evitar que los catadores emitieran juicios precipitados debido a la presentación de las muestras, era muy importante homogenizar las muestras y que se les presentase de igual forma a todos los catadores. Las muestras de pan se cortaron en rebanadas de 2 cm de ancho, con un cuchillo de sierra de la marca Quttin profesional (Albacete, España). Una vez cortadas las rebanadas se separó la miga de la corteza. y se envolvieron con papel de aluminio para impedir que estas perdieran sus características iniciales.

En cada cabina se colocaron las muestras numeradas con códigos de tres cifras elegidas al azar y aleatorizadas para cada catador. Para la evaluación se colocaron a cada catador una rebanada entera así como miga y corteza separadas.

Por último, para caracterizar el aspecto externo y que todos los catadores tengan exactamente la misma referencia, se colocaron en platos de plástico numerados trozos de pan a la mitad.

3.3.5. Validación del panel

Después de la etapa de entrenamiento, y una vez que la ficha de cata estaba bien definida, se realizó un estudio para ver si cada catador era capaz de discriminar entre muestras y era reproducible, además de ver la consistencia de todo el panel. A cada catador se presentaron 6 muestras diferentes por triplicado durante dos sesiones utilizando un diseño de bloques completamente aleatorizado.

3.3.6. Catas definitivas o Evaluación de las muestras

Durante esta etapa se evaluaron 12 muestras de pan sin gluten enriquecido por duplicado, utilizando la ficha de cata generada, la duración de las catas fue de 4 días.

3.4. Análisis estadístico

3.4.1. Análisis de la validación del panel

Los datos obtenidos durante la validación del panel se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) de tres factores con interacciones dobles.

3.4.2. Análisis de componentes principales (ACP)

Con los datos obtenidos en las catas definitivas se realizó un ACP para estudiar las relaciones entre los diferentes atributos sensoriales del pan y así poder describir los perfiles sensoriales de las 12 muestras de pan analizadas.

En ambos casos se utilizó el programa estadístico IBM SPSS Statistics (21.0.0 SPSS Inc., Chicago, USA).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Generación de la ficha de cata

El objetivo de esta parte fue establecer descriptores que pudiesen describir el perfil sensorial de panes sin gluten de una forma característica.

Para poder generar descriptores de una manera adecuada se llevaron a cabo las siguientes estrategias (Damasio, et al., 1991):

- Discusión abierta con el moderador, en la cual los catadores evalúan una serie de muestras, buscan los términos más adecuados para describirlas para posteriormente junto con el moderador elegir los más convenientes.
- Descripción entrecruzada o Kelly's Repertory Grid, método por el cual se presentan a los catadores las muestras de dos en dos a partir de las cuales tienen que elaborar dos listas, una con características comunes a las dos muestras y otra con características que las diferencien.
- Método de asociación controlada, en el cual se le pide al catador que confeccione una lista de palabras que él asocie a las características de un producto determinado.
- Lista previa. Se facilita una lista de descriptores ya elaborada y los catadores identifican unos términos como críticos y otros como no críticos. Solamente los términos clasificados como críticos por un cierto porcentaje de catadores pasan a formar parte de la lista definitiva.

En este trabajo se facilitó una lista previa de descriptores elaborada para el pan. Los descriptores fueron seleccionados siguiendo la Norma UNE 5492:2010 y la revisión de numerosos artículos que estudiaron el análisis sensorial de pan normal y pan sin gluten. (Elía, 2011; Heenan, et al., 2008; De Cássia, et al., 2012; Anyango, et al., 2011; Krupa-Kozak, et al., 2011; Kihlberg, et al., 2006).

Tras las primeras sesiones de entrenamiento comentado se modificaron o eliminaron algunos de los descriptores por ser considerados hedónicos, cuantitativos o no adecuados. También se atendió que la cantidad de descriptores no fuera excesiva.

Se eliminaron los descriptores: descortezado, cohesividad, rancio, tostado y amargo, ya que no se pudo encontrar ninguno de ellos en los panes presentados.

Finalmente los descriptores seleccionados se dividieron en 7 apartados. Sus definiciones y referencias quedan reflejadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Vocabulario desarrollado para la determinación de las características sensoriales del pan de molde sin gluten

Grupo sensorial	Descriptor	Definición	Referencia
<i>Aspecto externo de la corteza</i>	Intensidad del color	Magnitud de la sensación resultante de estimular la retina por las ondas luminosas comprendidas en la región visible del espectro	0: pan sin cocer 10: pan quemado
<i>Aspecto externo de la miga</i>	Intensidad de color	Magnitud de la sensación resultante de estimular la retina por las ondas luminosas comprendidas en la región visible del espectro.	0: pan sin cocer 10: pan quemado
	Regularidad del alveolo	Se dice de que aquella miga que es uniforme y sin cambios bruscos en su alveolado	0: pan tipo chapata 10: pan de molde
<i>Fase olfativa</i>	Intensidad de olor (miga)	Magnitud de la sensación percibida por el órgano olfativo cuando se inspiran determinadas sustancias volátiles por vía directa	
	Olor ácido (miga)	Sensación de olor fundamental evocada por ácidos, por ejemplo ácido acético, láctico	0: pan sin ácido 10: pan con ácido
<i>Sensaciones olfato-gustativas (corteza y miga)</i>	Intensidad del sabor	Magnitud de la sensación percibida por el órgano gustativo cuando es estimulado por ciertas sustancias solubles	
<i>Sensaciones olfato-gustativas (corteza y miga)</i>	Intensidad del sabor	Magnitud de la sensación percibida por el órgano gustativo cuando es estimulado por ciertas sustancias solubles	
<i>Sensaciones olfato-gustativas (corteza y miga)</i>	Intensidad del sabor	Magnitud de la sensación percibida por el órgano gustativo cuando es estimulado por ciertas sustancias solubles	

Tabla 2. Continuación

Grupo sensorial	Descriptor	Definición	Referencia
<i>Sensaciones olfato-gustativas (corteza y miga)</i>	Ácido	Sensación de sabor fundamental evocada por ácido, por ejemplo ácido acético	0: pan sin ácido 10: pan con ácido
	Persistencia o dejo	Sensación olfato gustativa raramente similar o muy próxima a la sensación percibida cuando el alimento estaba en la boca, que permanece localizada durante un cierto tiempo, y cuya duración se puede medir	
<i>Textura en mano de la miga</i>	Elasticidad	Propiedad mecánica de la textura relativa a la rapidez y grado de recuperación de la deformación después de la aplicación de una fuerza con el dedo índice	0: crema de queso para untar 10: gelatina
	Masticabilidad	Propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en las condiciones necesarias para su deglución	0: salchichas 10: caramelos tofe
	Adhesividad	Propiedad mecánica de textura relativa al esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie (lengua, dientes)	0: agua 10: crema de avellanas
	Dureza	Propiedad mecánica de textura relativa al esfuerzo requerido para deformar el alimento al masticar	0: crema de queso para untar 10: miga de pan duro
<i>Textura en boca de la corteza</i>	Crujiente	Propiedad de aquellos alimentos que se fracturan fácilmente y con poco esfuerzo y producen sonido durante la masticación	0: pan de molde 10: patatas fritas

Una vez definidos y establecidos los descriptores del pan sin gluten se procedió a la elaboración de la ficha de cata definitiva compuesta por 14 descriptores que queda recogida en la Figura 1 (ANEXO 1).

Durante los entrenamientos el valor de cada descriptor fue definido de manera verbal sobre una escala no estructurada, cuyo valor mínimo era de 0 y el máximo de 10. Cada catador debía valorar la intensidad de cada atributo marcando una línea o aspa sobre la escala (Anzaldúa-Morales, 1994).

4.2. Entrenamiento con ficha de cata

Una vez quedó establecida la ficha de cata definitiva se realizaron 2 sesiones de entrenamiento con ella y poniendo en común la definición de los descriptores. Se decidió eliminar al catador 7 puesto que no asistió a varias sesiones del entrenamiento.

4.3. Eficacia del panel

Una vez que el panel fue entrenado en el uso de la ficha de cata, se llevó a cabo el control de la eficacia de los catadores. Para ello los catadores evaluaron un total de 6 muestras de pan diferentes por triplicado, es decir, 18 muestras, utilizando un diseño de experimentos de bloques completos aleatorizado. Se evaluó la eficacia del panel de 7 catadores comprobando su capacidad discriminadora y la reproducibilidad individual, así como la consistencia entre los catadores (Damasio, et al., 1991).

Los resultados obtenidos tras evaluar la intensidad de los 14 descriptores finales en 6 muestras de pan por triplicado se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) de tres factores (muestras, catadores y repetición) con interacciones dobles (catador x muestra, catador x repetición y muestra x repetición), como se suele llevar a cabo en la mayoría de los trabajos que se encontraron en la literatura relacionada con este tema (Pagliarini, et al., 2012; Laureati, et al., 2012).

A los diferentes descriptores se les asignó una codificación, tal como se recoge en la Tabla 3.

En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos para cada atributo después de realizar el ANOVA con los 7 catadores.

Tabla 3: Numeración de los descriptores.

NOMBRE DESCRIPTOR	REPRESENTACIÓN
Intensidad color corteza	D1
Intensidad de color de la miga	D2
Regularidad del alveolo	D3
Intensidad de olor	D4
Olor ácido	D5
Intensidad de sabor (miga y corteza)	D6
Sabor ácido	D7
Persistencia o dejo	D8
Elasticidad	D9
Suavidad de la miga	D10
Masticabilidad	D11
Adhesividad	D12
Dureza	D13
Crujiente	D14

Tabla 4. Valores de F del ANOVA de tres factores (catadores, muestras y repeticiones) con interacciones dobles (catadores x muestras, catadores x repeticiones y muestras x repeticiones) teniendo en cuenta a todos los catadores (7).

ENTRENAMIENTO Y VALIDACIÓN DE UN PANEL DE CATADORES PARA LA EVALUACIÓN
SENSORIAL DE PANES SIN GLUTEN ENRIQUECIDOS

	CATADORES (C)	MUESTRAS (M)	REPETICIONES (R)	CxM	CxR	MxR
D1	5,85 ***	99,816***	0,891ns	2,140**	1,057 ns	1,536 ns
D2	10,358***	182,239***	0,841ns	3,086***	0,704 ns	0,919 ns
D3	6,095***	34,671***	0,871ns	1,545 *	1,586ns	0,456 ns
D4	19,403***	2,345*	2,828*	2,361**	0,526ns	0,933 ns
D5	13,418 ***	2,494*	2,781*	1,463*	1,026ns	1,091 ns
D6	8,669 ***	3,402***	1,305ns	2,134 **	0,713ns	0,669ns
D7	7,941 ***	4,551**	0,955 ns	1,674 *	1,166ns	0,986ns
D8	7,968 ***	2,280 *	5,338**	1,311 ns	0,471 ns	1,591 ns
D9	3,032 **	6,465 ***	1,979ns	1,355 ns	0,788 ns	0,988 ns
D10	27,130 ***	5,083***	1,124 ns	2,194**	0,964ns	1,857 ns
D11	8,666 ***	0,702 ns	5,502 **	1,452*	2,268 *	1,136 ns
D12	8,163 ***	2,315*	1,600 ns	2,163 **	0,920 ns	1,853 *
D13	11,934 ***	2,224 *	0,910 ns	1,811 *	2,528**	0,864 ns
D14	1,903 *	5,566***	0,310 ns	0,758 ns	0,605 ns	1,186 ns

* Significativo ($p < 0,05$) *** Significativo ($p < 0,001$)

** Significativo ($p < 0,01$) ns No significativo ($\geq 0,05$)

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los valores F de las muestras, se pudo afirmar que la capacidad discriminativa de los catadores era muy buena, siendo significativa en su mayoría con un 99,9 % de confianza ($p < 0.001$) excepto en el descriptor D11 en la que el resultado fue no significativo.

La reproducibilidad individual se evaluó considerando los resultados obtenidos en la interacción catador x repetición y por el valor del factor repetición. Se observó que los catadores eran capaces de dar respuestas reproducibles en la mayoría de los descriptores, al ser sus valores de F no significativos ($p \geq 0.05$) (Tabla 3). Únicamente en los descriptores D4, D5, D8, D11 y D13 sus valores fueron significativos.

En la valoración de la consistencia del grupo se analizaron los resultados de la interacción catador x muestra. Se comprobó que la consistencia del grupo no fue muy buena, ya que 11 de 14 descriptores proporcionaron un valor significativo. Este problema ocurre con frecuencia y es difícil de controlar, incluso en catadores altamente entrenados (De Cássia, et al., 2012). Los posibles errores se asociaron a que cada catador pudo hacer un uso diferente de la escala y no tanto a que los catadores hayan recibido una mala formación (Stone, et al., 2004; Laureati, et al., 2012). De hecho en otros trabajos se ha estudiado este problema (Cardello, et al., 2000; Rocha, et al., 2003) y se puso de manifiesto que aunque la formación sea escasa, no se observaron errores debido a ello. Además ocurre que en el caso de que hayan podido tener un contacto anterior con otro tipo de panes sin gluten, se pudo

haber creado en ellos una memoria sensorial con la posible influencia en su valoración (Pagliarini, et al., 2010).

Para poder estudiar si hubo algún catador en concreto que discrepase del grupo o si por el contrario fueron todos en general los que como grupo no realizaron un buen trabajo, se realizó un estudio gráfico de la interacción catador x muestra, recogido en las Figuras 1 a 9. En ellas se recogen las respuestas de los siete catadores para las tres réplicas realizadas, para aquellos atributos en cuya interacción catador x muestra resultó significativa (todos salvo D8, D9 y D14) y la intensidad del mismo frente a la medida más alta, más baja e intermedia que han valorado lo siete catadores.

Analizando los gráficos, se pudo saber si algún juez fue perjudicial para el grupo o no.

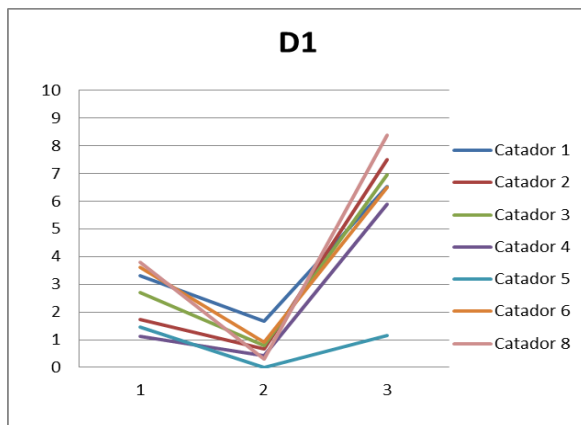


Fig. 1 .Representación gráfica, medidas D1

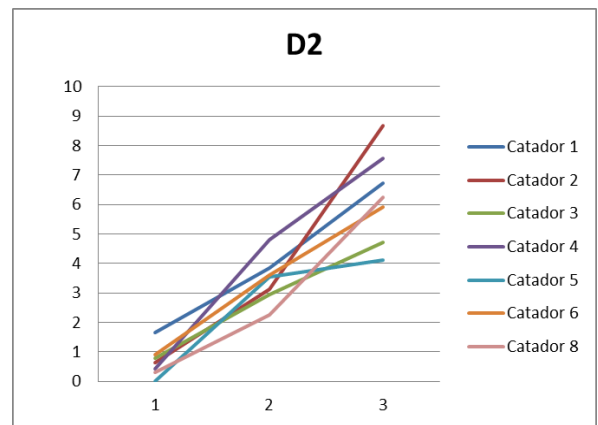


Fig. 2 .Representación gráfica, medidas D2

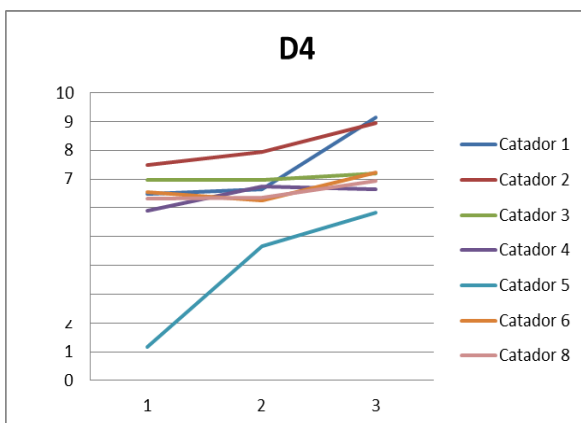


Fig. 3: Representación gráfica, medidas D4

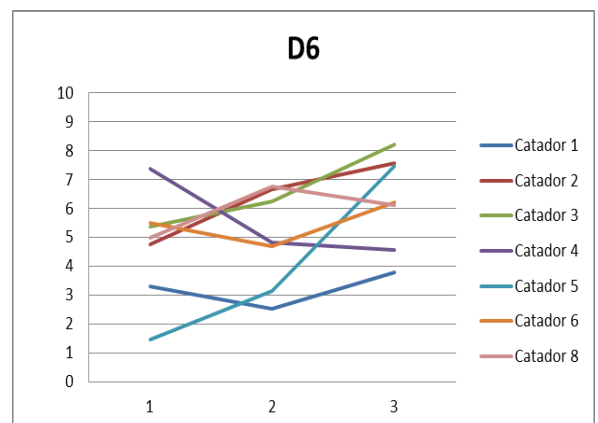


Fig. 4 .Representación gráfica, medidas D6

ENTRENAMIENTO Y VALIDACIÓN DE UN PANEL DE CATADORES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE PANES SIN GLUTEN ENRIQUECIDOS

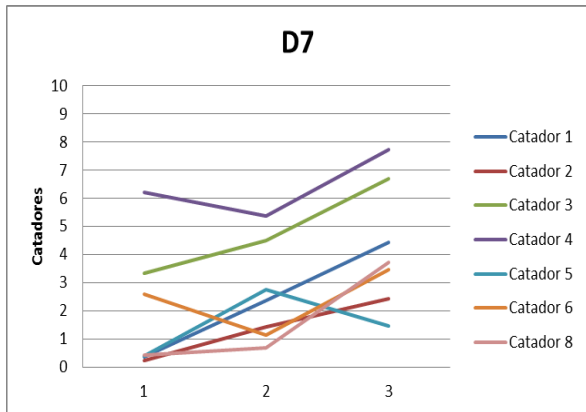


Fig. 5 .Representación gráfica, medidas D7

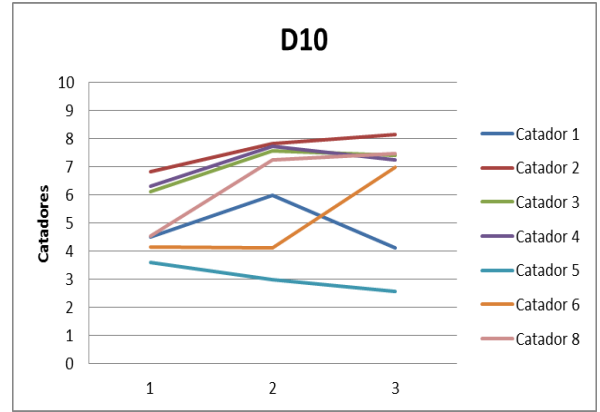


Fig. 6 .Representación gráfica, medidas D8

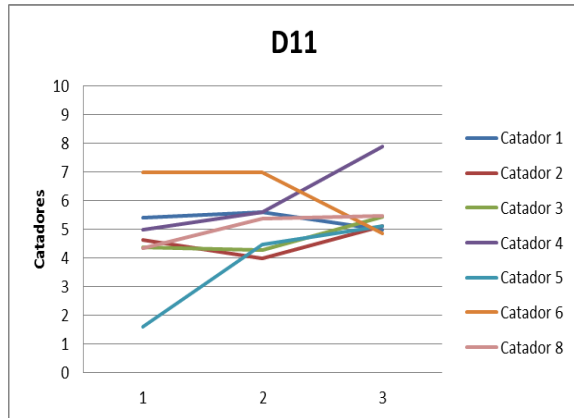


Fig. 7 .Representación gráfica, medidas D11

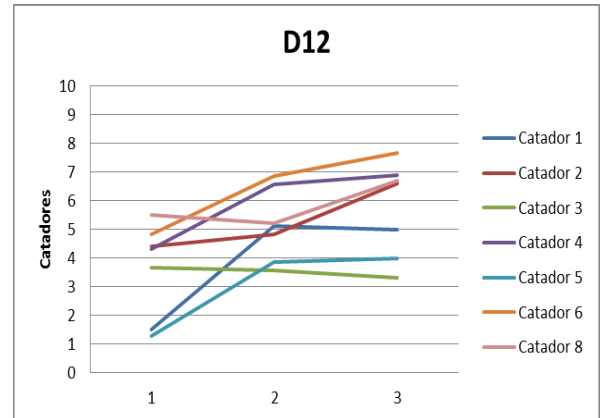


Fig. 8 .Representación gráfica, medidas D12

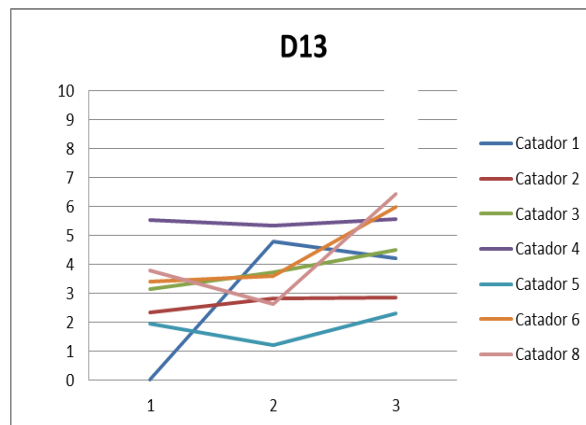


Fig. 9 .Representación gráfica, medidas D13

Observando y analizando los datos, se decidió eliminar a los catadores 1 y 5 ya que sus resultados fueron los más dispersos en la mayoría de los descriptores. Por tanto del total de 8 catadores, el grupo se redujo a 5 catadores.

Una vez eliminados los datos de los catadores que no siguieron en el panel de cata, se volvieron a estudiar los datos mediante otro ANOVA de tres factores y sus interacciones dobles (Tabla 5), para ver si los resultados mejoraron o al menos no empeoraron.

Tabla 5. Valores de F del ANOVA de tres factores (catadores, muestras y repeticiones) con interacciones dobles (catadores x muestras, catadores x repeticiones y muestras x repeticiones) teniendo en cuenta a los catadores finales (5).

	CATADORES (C)	MUESTRAS (M)	REPETICIONES (R)	CxM	CxR	MxR
D1	9,027***	68,480***	0,312 ns	3,698 **	0,509 ns	1,383 ns
D2	10,632 ***	145,131 ***	0,334 ns	4,748 ***	0,635 ns	1,053 ns
D3	4,582 **	32,935 ***	1,501 ns	0,642 ns	0,821 ns	0,599 ns
D4	10,198***	1,083 ns	0,365 ns	0,417 ns	0,397 ns	0,867 ns
D5	25,580 ***	4,070 **	0,953 ns	2,642 **	1,507 ns	0,775 ns
D6	2,714 *	1,044 ns	0,361 ns	1,491 ns	0,472 ns	0,532 ns
D7	7,107 ***	3,319 *	0,814 ns	1,749 *	1,122 ns	1,088 ns
D8	6,936 ***	1,941 ns	3,076 *	1,089 ns	0,300 ns	0,775 ns
D9	4,503 **	9,837 ***	2,872 *	1,532 ns	1,276 ns	2,299 *
D10	10,535 ***	11,844 ***	1,128 ns	1,498 ns	1,987 *	2,433 *
D11	7,445***	0,725 ns	0,825 ns	1,132 ns	1,813 ns	1,153 ns
D12	6,675 ***	2,783 *	1,944 ns	1,196 ns	1,513 ns	1,614 ns
D13	7,130 ***	4,169 **	0,530 ns	1,128 ns	1,620 ns	0,992 ns
D14	3,990 **	5,238 **	0,015 ns	1,186 ns	0,311 ns	1,334 ns

* Significativo ($p < 0,05$) *** Significativo ($p < 0,001$)

** Significativo ($p < 0,01$) ns No significativo ($\geq 0,05$)

Evaluando los datos una vez que los catadores menos cualificados fueron eliminados se pudo concluir que la capacidad discriminativa siguió siendo muy buena.

Sin embargo en la reproducibilidad individual sí que hubo diferencias, y se produjo una mejora considerable de los descriptores en los que los catadores fueron capaces de dar respuestas reproducibles. Por lo cual se concluyó que los catadores mantuvieron e incluso mejoraron su reproducibilidad.

Respecto a la consistencia del grupo que estaba marcada por la interacción catador x muestra, claramente hubo una mejora en cuanto a la cantidad de descriptores que aportaban valores de no significativo, pasando de 4 a 11 descriptores la consistencia del grupo mejoró notablemente. Por lo tanto quedó ratificado que posiblemente los errores se debieron a una mala interpretación de la escala o una memoria sensorial con otros panes sin gluten, como se ha explicado antes.

Globalmente se pudo afirmar que después de eliminar a los catadores que peores resultados tuvieron, el grupo mejoró tanto a nivel individual como en conjunto, destacando ante todo la reproducibilidad individual donde los resultados fueron muy satisfactorios. Se puede asegurar que eran buenos catadores individualmente y a nivel de grupo, aunque en este último caso de manera menos intensa.

4.4. Análisis de Componentes Principales (ACP)

Para comprobar que los 14 descriptores de la ficha de cata son los adecuados para diferenciar los panes entre ellos, se realizó una representación gráfica. Cada muestra de pan sin gluten corresponde a un punto en un espacio de catorce dimensiones, es decir, su representación requiere catorce ejes, lo cual es imposible de concebir.

Para ello se necesita comprimir lo máximo las catorce variables a menos variables, pero manteniendo al máximo posible la información, permitiendo que las muestras de pan puedan ser representadas de una manera más fácil. Para ello realizamos un Análisis de Componentes Principales, (ACP). Dicho análisis permite reducir la dimensionalidad de los datos transformando el conjunto de p variables, en un conjunto de q variables que están intercorrelacionadas, que se llaman componentes principales. Estos componentes se ordenan en función del porcentaje de varianza explicado. Con el ACP conseguimos extraer información relevante de datos confusos, al reducir la dimensión y por lo tanto el número de variables (Westad, et al., 2003).

Las dos primeras componentes principales contemplan la mayor parte de la información, en nuestro caso 55%, para representar las muestras de un modo satisfactorio. Entonces se pueden rechazar los componentes principales restantes. Con ello, cada muestra pasa a estar caracterizada por un menor número de variables y se ha conseguido comprimir los datos. La compresión aprovecha la correlación entre las variables.

La Figura 10, muestra una gráfica con la representación de los 14 descriptores que componen la ficha de cata, junto con las 12 muestras de pan sin gluten que han sido utilizados en este trabajo. El gráfico viene definido por dos componentes, pues es una representación en dos dimensiones, que constituyen el 55% de la varianza total. La primera de ellas, CP1, explica un 34% mientras que la segunda, CP2, un 21%.

La Tabla 6 muestra los valores de las correlaciones para cada descriptor, así como su valor o no de significación.

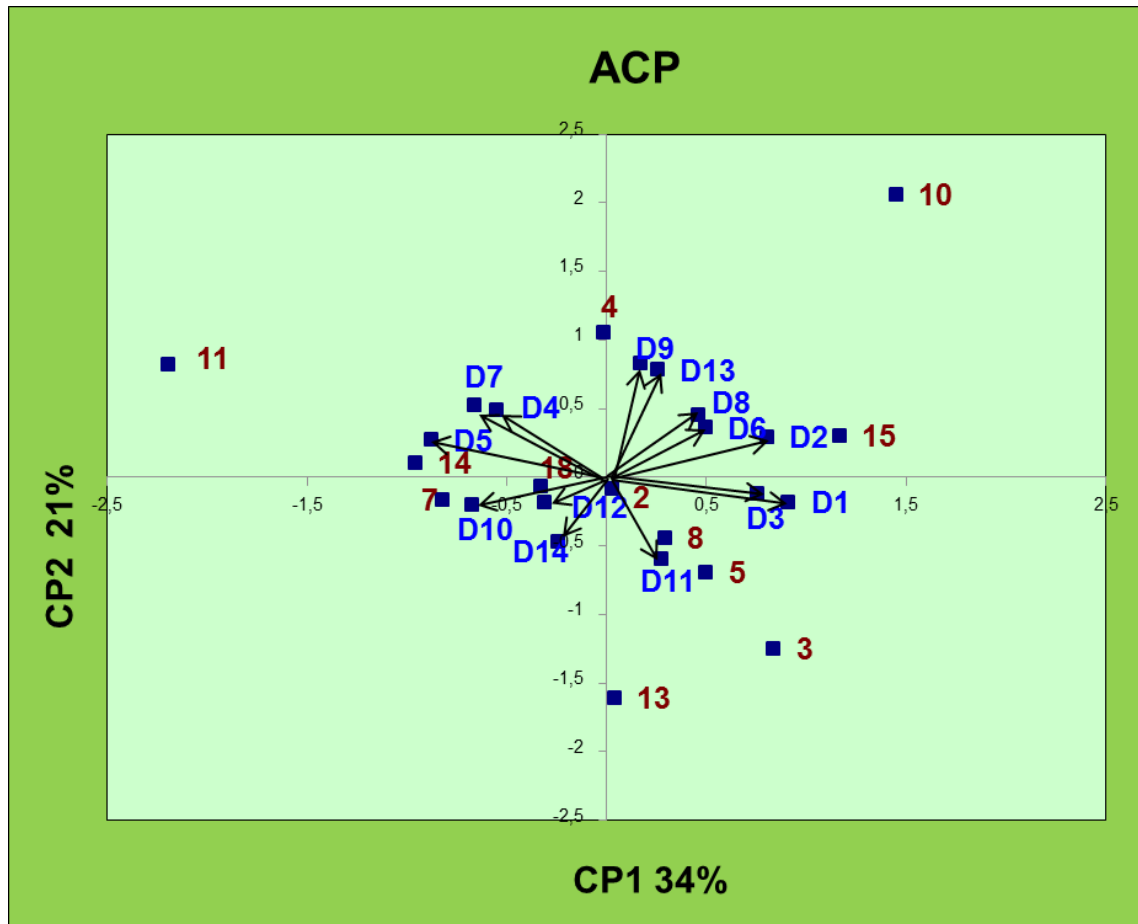


Figura 10. Gráfico representativo: muestras (12) y descriptores (14)

Mediante la observación de los resultados obtenidos en la gráfica PCA (Figura 4) y con los valores de las correlaciones entre los diferentes descriptores (Tabla 6) se pudo concluir:

En el primer cuadrante tanto la muestra 10 como la 15 se caracterizaban por los descriptores elasticidad (D9), dureza (D13), deajo (D8), intensidad de sabor (D6) e intensidad de color de la miga (D2). Teniendo en cuenta las correlaciones (Tabla 6) entre los descriptores se pudo observar como los descriptores intensidad de sabor, intensidad de color de la miga y el deajo, tenían una alta correlación positiva, es decir, estaban relacionados de una manera directa. Sin embargo estaban relacionados de una forma opuesta con los descriptores suavidad, sabor ácido, intensidad de olor, masticabilidad, crujiente y adhesividad. Ya que como dice la literatura en relación al análisis de componentes principales, la correlación de dos o más parámetros con el mismo componente principal indica que estos parámetros se correlacionan entre sí (Salvador, et al., 2009). Por lo tanto, el mismo sentido de correlación para los parámetros con el componente representa una relación directa entre estas variables y la correlación en un sentido opuesto, lo que indica una relación inversa (De Cássia et

al., 2012). Teniendo en cuenta la composición de ambos panes queda claro que los panes que tenían proteína de guisante proporcionaban a las características finales de los panes, un color de miga y sabor más intenso, una sensación de dejo mayor que otros panes, además de mayor dureza y elasticidad.

Atendiendo a las muestras situadas en el segundo cuadrante que eran , las muestras 4, 11 y 14 y observando las correlaciones (tabla 6) con los descriptores, se concluye que eran muestras caracterizadas por tener sabor ácido (D7), intensidad de olor (D4), marcado olor ácido (D5), ya que estaban correlacionadas de manera directa. Los descriptores que presentaban una correlación opuesta fueron: intensidad de sabor (D1), intensidad de color de la miga (D2), regularidad del alveolo (D3), persistencia o dejo (D8) y masticabilidad (D11). Por tanto se pudo verificar que aquellos panes que presentaban un mayor sabor y olor ácido, tenían una menor intensidad de sabor global, que además eran de un color menos intenso en la miga lo cual condicionaba a su vez que no presentasen dejo. Estos panes en su composición tenían incorporado el ácido, independientemente de la proteína añadida (salvo del guisante) . En el caso de la muestra 4, su composición no se correspondía con las características de su cuadrante. Esto fue debido a que era la muestra que más alejada se encontraba de todas y a la que ningún descriptor definió de forma adecuada, y por tanto fue considerada una excepción.

Para el tercer cuadrante las muestras situadas en él, eran la 7 y 18. Los descriptores que las definían eran suavidad de la miga (D10), adhesividad de la miga (D12) y crujiente para la corteza (D14). Observando las correlaciones (tabla 6) con los descriptores, se pudo comprobar que se relacionaban de una manera alta y positiva con el olor y sabor ácido y que al contrario estaban correlacionados de manera negativa con intensidad de sabor, elasticidad, dureza y en menor medida con intensidad de color de la miga, regularidad del alveolo y la intensidad de sabor. Es decir eran panes con poco sabor, poco color de la miga, poco regulares en la miga y poco elásticos, pero a su vez eran suaves y adhesivos en miga y crujientes en corteza, que coincidió a la perfección con las muestras localizadas en el tercer cuadrante, que fueron el control sin ácido (muestra 7) y caseína 10% sin ácido (muestra 13).

En el cuarto cuadrante se localizaban las muestras 2 (albúmina 5% sin ácido) ,3 (soja 10% sin ácido), 5 (albúmina 10% sin ácido), 8 (soja 5% con ácido) y 13 (caseína 5% sin ácido) y se caracterizaban porque tenían una buena intensidad de sabor (D1), correcta regularidad del alveolo (D3) y una miga con alta masticabilidad (D11). Estaban directamente relacionados con la intensidad de color de la miga y la

intensidad de sabor, es decir era el mismo caso que el cuadrante primero, ya que los panes en su composición tenían proteínas añadidas, lo cual aumenta la intensidad de sabor, según lo observado en la gráfica ACP. Teniendo en cuenta las relaciones opuestas (tabla 6) con otros descriptores, eran panes que no tenían una intensidad de olor alta, ni olor ni sabor ácido y la miga no era suave, ya que eso venía siendo definido por panes con ácido en su composición. Por lo tanto estos eran panes sin ácido en su que aumentaban la intensidad de sabor, ninguno de ellos era control lo que también aumentaba el sabor. Sin embargo la muestra 8, si presentaba ácido en su composición, por lo que se pudo suponer que las muestras en las que la soja es la proteína tienen mucha intensidad sabor global, independientemente de si llevaba añadido ácido o no. Cabe destacar que como en el cuadrante 2 también hubo una muestra que estaba alejada de las demás (13), pero en este caso si quedaba caracterizada por los descriptores de su cuadrante, es decir, era con una alta intensidad de sabor, regularidad en su alveolo y masticabilidad elevada.

Resaltar que de las 12 muestras analizadas en el trabajo, se pudo destacar la muestra 10 (guisante 10% con ácido), ya que aparece en 4 descriptores de los 14 utilizados. Por lo tanto se puede decir que es la muestra de pan más diferente sensorialmente para los catadores.

En resumen, el PCA mostró claramente las diferencias en el perfil sensorial entre los tipos de pan y las relaciones ilustradas entre los atributos sensoriales al igual que han comprobado otros autores (Heenan, et al., 2009).

Se comprobó lo que otros estudios sugirieron, que para diferentes tipos de pan, las características sensoriales descritas y medidas por un panel entrenado podrían estar directamente relacionadas con los ingredientes de las muestras. Y que a menudo los cambios de composición de los ingredientes, procesamiento, fermentación y condiciones de horneado pudieran influir en las características sensoriales percibidas (Kihberg, et al., 2004; Lotong, et al., 2005; Heenan, et al., 2008). Esta observación pone de relieve la complejidad de las diferencias encontradas entre los panelistas.

Tabla 6. Matriz de correlación (Correlación de Pearson y significación) entre los 14 descriptores

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14
D1		,592*	,876**	-,722**	-,808**	,408 ^{ns}	-,513	,175 ^{ns}	,028	-,524	,250 ^{ns}	-,176	,100 ^{ns}	-,225
D2			,602*	-,311	-,554	,594*	-,162	,600 ^{ns}	,284 ^{ns}	-,604*	,217 ^{ns}	-,035	,344 ^{ns}	-,330
D3				-,526	-,633*	,288 ^{ns}	-,224	,023	,007	-,413	,085 ^{ns}	-,081	,037	-,213
D4					,677*	-,063	,568 ^{ns}	,137 ^{ns}	,266 ^{ns}	,251 ^{ns}	-,526	,095 ^{ns}	,089 ^{ns}	,186 ^{ns}
D5						-,257	,754**	-,405	,007	,415 ^{ns}	-,307	,410 ^{ns}	-,031	-,043
D6							,132 ^{ns}	,576*	,194 ^{ns}	-,319	,204 ^{ns}	,281 ^{ns}	,475 ^{ns}	-,019
D7								-,128	,205 ^{ns}	,376 ^{ns}	-,217	,362 ^{ns}	,211 ^{ns}	-,191
D8									,537 ^{ns}	-,255	,202 ^{ns}	-,193	,253 ^{ns}	-,090
D9										-,156	-,426	-,289	,531 ^{ns}	-,547
D10											,055 ^{ns}	,419 ^{ns}	-,368	,102 ^{ns}
D11												,274 ^{ns}	-,521	,135 ^{ns}
D12													-,277	,115 ^{ns}
D13														-,371
D14														

Significativo ($p < 0,05$)

*** Significativo ($p < 0,001$)

** Significativo ($p < 0,01$)

ns No significativo ($\geq 0,05$)

5. CONCLUSIONES

El uso del análisis sensorial en la industria alimentaria constituye una buena herramienta con la que poder evaluar la aceptación de los productos alimenticios especiales, como el pan sin gluten y así ofrecer a este sector de la población unos alimentos con buena aceptación y con un perfil nutricional adecuado, añadiendo proteínas en su composición.

Se demuestra que el panel de catadores final presentado, consigue discriminar las diferencias entre las muestras, siendo aquellos panes con proteína de guisante aquellos en los que los catadores encontraron mayores diferencias. Se observó que había descriptores relacionados entre ellos de manera positiva como: intensidad de sabor, color de la miga y deajo; olor ácido e intensidad de olor; masticabilidad, crujiente y adhesividad. Y quedó comprobado que los panes con proteínas añadidas eran por lo general aquellos panes con mayor intensidad de sabor y los de guisante concretamente.

Sin embargo, se debe seguir investigando sobre la mejora de productos sin gluten, usando para tal fin un panel de catadores entrenado, con descriptores específicos, para que los resultados puedan ser extrapolables.

AGRADECIMIENTOS

Este Trabajo Fin de Master ha sido financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (Proyecto AGL2012-35088) y por la Comunidad de Castilla y León (Proyecto VA252A12-2)

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR, (2010). Análisis Sensorial, Tomo 1- Alimentación. Recopilación de Normas UNE (2ª ed.) UNE-EN ISO 8589:2010, UNE-EN ISO 5492:2010, UNE-ISO 6658:2008 UNE 87024-1:1995.AENOR
- Ahlborn, G.J., Pike, O.A., Hendrix, S.B., Hess, W.M. & Huber, C.S. (2005) Sensory, mechanical, and microscopic evaluation of staling in low-protein and gluten-free breads. *Cereal Chemistry*, 82, 328-335.

- Anyango, J.O., de Kock, H.L. & Taylor, J.R.N. (2011) Evaluation of the functional quality of cowpea-fortified traditional African sorghum foods using instrumental and descriptive sensory analysis. *Food Science and Technology*, 44, 2126-2133.
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Ed. Acibria.
- Bollaín, C., Angioioni, A. & Collar, C. (2005). Bread staling assessment of enzyme-supplemented pan breads by dynamic and static deformation measurements. *European Food Research and Technologies*, 220, 83-89.
- Brites, C., Trigo, M. J., Santos, C., Collar, C. & Rosell, C.M. (2010) Maize-Based Gluten-Free Bread: Influence of Processing Parameters on Sensory and Instrumental Quality. *Food Bioprocess Technology*, 3, 707-715.
- Cardello, H., & Faria, J. B. (2000). *Sensory Profile and Physicochemical Characteristics of Commercial Brazilian Sugar Cane Spirit*.
- Collar, C., Bollaín, C. & Angioloni, A. (2005). Significance of microbial transglutaminase on the sensory, mechanical and crumb grain pattern of enzyme supplemented fresh pan breads. *Journal of Food Engineering*, 70, 479-488.
- Damáso, M. H., & Costell, E. (1991). *Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores*. *Revista Agroquímica de Tecnología Alimentaria*, 31, 165-178.
- De Cássia, R., Rodrigues, V. P., Alves, A., Da Silva, L.E., Iamin, A. & Minim, L.A. (2012). Optimized Descriptive Profile: A rapid methodology for sensory description. *Food Quality and Preference*, 24, 190-200.
- Dewettick, K., Van Bockstaele, F., Kühne, B., Van de Walle, D., Courtens, T.M. & Gellynck, X. (2008). Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48, 243-257.
- Elía, M. (2011). A Procedure for Sensory Evaluation of Bread: Protocol Developed By a Trained Panel. *Journal of Sensory Studies*, 26, 269-277.
- Westad, F., Hersleth, M., Lea, P. & Martens, H. (2003). Variable selection in PCA in sensory descriptive and consumer data. *Food Quality and Preference*, 14, 463-472.

- Gallagher, E., Gormley, T. R., & Arendt, E. K. (2004). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal of Food Engineering*, 56, 153-161.
- Gallagher, E., Gormley, T.R. & Arendt, E. K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-bases products. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 143-152.
- Hager, A. S. & Arendt, E.K. (2013). Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. *Food Hydrocolloids*, 32, 195-203.
- Heenan, P.S., Dufour, J.P., Hamid, N., Harvey, W., & Delahunty, M.C. (2008). The sensory quality of fresh bread: Descriptive attributes and consumer perceptions. *Food research international*, 41, 989-997.
- Heenan, P.S., Dufour, J.P., Hamid, N., Harvey, W., & Delahunty, M.C. (2009). Characterisation of fresh bread flavour: Relationships between sensory characteristics and volatile composition. *Food Chemistry*, 116, 249-257.
- Kihlberg, I., Ostrom, A., Johansson, L. & Risvika, E. (2006). Sensory qualities of plain white pan bread: Influence of farming system, year of harvest and baking technique. *Journal of cereal science*, 43, 15-30.
- Kiskini, A., Argiri, K., Kalogeropoulos, M., Komaitis, M., Kostaropoulos, A., Mandala, I. & Kapsokefalou, M. (2007). Sensory characteristics and iron dialyzability of gluten-free bread fortified with iron. *Food Chemistry*, 102, 309-316.
- Krupa-Kozak, U., Troszynska, A., Baczek, N. & Soral-Smietana, M. (2011). Effect of organic calcium supplements on the technological characteristic and sensory properties of gluten-free bread. *European Food Research and Technology*, 232, 497-508.
- Krupa-Kozak, U., Rosell, C. M., Sadowska, J., & Soral-Śmietana, M. (2010). Bean starch as ingredient for gluten-free bread. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34, 501-518.

- Laureati, M., Guissani, B. & Plagiarini, E. (2012). Sensory and hedonic perception of gluten-free bread: Comparison between celiac and non-celiac subjects. *Food Research International*, 46, 326-333.
- Lotong, V., Chambers, E. & Chambers, D.H. (2000). Determination of the sensory attributes of wheat sourdough bread. *Journal of Sensory Studies*, 15, 309-326.
- Matos, M. E. & Rosell, M.C. (2012). Relationship between instrumental parameters and sensory characteristics in gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 235, 107-117.
- Mohamed, A.A., Rayas-Duarte, P., Shorgren, S.L. & Sessa D.J. (2006). Low carbohydrates bread: Formulation, processing and sensory quality. *Food Chemistry*, 99, 686-692.
- Murray, J.A. (1999). The widening spectrum of celiac disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 69, 354-365.
- Murray, J.M., Delahunty, C. M. & Baxter, I.A. (2001). Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 34, 461-471.
- Onyango, C., Mutungi, C., Unbehend, G. & Lindhauer, M.G. (2011). Modification of gluten-free sorghum batter and bread using maize, potato, cassava or rice starch. *LWT- Food Science and Technology*, 44, 681-686.
- Plagiarini, E., Laureati, M. & Lavelli, V. (2010). Sensory evaluation of gluten-free breads assessed by a trained panel of celiac assessors. *European Food Research and Technology*, 231, 37-46.
- Singh, K. P., Mishra, A. & Mishra, H. N. (2012). Fuzzy analysis of sensory attributes of bread prepared from millet-based composite flours. *Food Science and Technology*, 48, 276-282.
- Tomic, O., Forde, C., Delahunty, C. & Næs, T. (2013). Performance indices in descriptive sensory analysis- A complementary screening tool for assessor and panel performance. *Food Quality and Preference*, 28, 122-133.

Veinand, B., Godefroy, C., Adam. & Delarue, J. (2011). Highlight of important product characteristics for consumers. Comparison of three sensory descriptive methods performed by consumers. *Food Quality and Preferences*, 22, 474-485.

Wronkoswska, M., Haros, M. & Soral-Smietana, M. (2012). Effect of starch substitution by buckwheat flour on gluten free bread quality. *Food and Bioprocess technology*, 6, 1820-1827.

ANEXO 1.Ficha de cata de pan

FICHA DE CATA DE PAN

Nombre y apellidos del catador:
Número del catador:

Código de muestra:
Fecha:

ASPECTO EXTERNO DE LA CORTEZA

-INTENSIDAD DEL COLOR

Magnitud de la sensación resultante de estimular la retina por las ondas luminosas comprendidas en la región visible de espectro

(Pan sin cocer)

(Pan quemado)

0 10
|-----|

ASPECTO EXTERNO DE LA MIGA

-INTENSIDAD DE COLOR DE LA MIGA

0 10
|-----|

-REGULARIDAD DEL ALVEOLO

0 10
|-----|

FASE OLFATIVA

-INTENSIDAD DE OLOR

Magnitud de la sensación percibida por el órgano olfativo cuando se inspiran determinadas sustancias volátiles por vía directa

0 10
|-----|

-OLOR ÁCIDO

Sensación de olor fundamental evocada por ácidos, por ejemplo ácido acético, láctico

0 10
|-----|

SENSACIONES OLFATO-GUSTATIVAS (Tanto de corteza como de miga)

-INTENSIDAD DEL SABOR

Magnitud de la sensación percibida por el órgano gustativo cuando es estimulado por ciertas sustancias solubles

0 10
|-----|

-ÁCIDO

Sensación de sabor fundamental evocada por ácidos, por ejemplo ácido acético

0 10
|-----|

ENTRENAMIENTO Y VALIDACIÓN DE UN PANEL DE CATADORES PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE PANES SIN GLUTEN ENRIQUECIDOS

-PERSISTENCIA O DEJO

Sensación olfato-gustativa raramente similar o muy próxima a la sensación percibida cuando el alimento estaba en la boca, que permanece localizada durante un cierto tiempo, y cuya duración se puede medir



TEXTURA EN MANO DE LA MIGA

-ELASTICIDAD

Propiedad mecánica de la textura relativa a la rapidez y grado de recuperación de la deformación después de la aplicación de una fuerza con el dedo índice



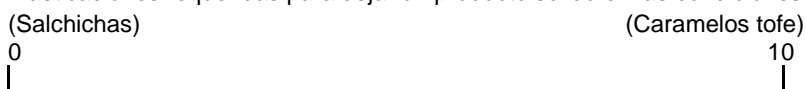
TEXTURA EN BOCA DE LA MIGA

-SUAVIDAD DE LA MIGA



-MASTICABILIDAD

Propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en las condiciones necesarias para su deglución



-ADHESIVIDAD

Propiedad mecánica de textura relativa al esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento de otra superficie (lengua, dientes)



- DUREZA

Propiedad mecánica de la textura relativa a la fuerza requerida para deformar el alimento al masticar



TEXTURA EN BOCA DE LA CORTEZA

-CRUJIENTE

Propiedad de aquellos alimentos que se fracturan fácilmente y con poco esfuerzo y producen sonido durante la masticación

