

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author



Departament d'Enginyeria
Agroalimentària i Biotecnologia

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANÁLISIS SENSORIAL DE JUDÍAS SECAS



TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Roser Romero del Castillo Shelly

Directores:

Dra. Elvira Costell Ibáñez

Dr. Francesc Casañas Artigas

Castelldefels, 2011

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia

Escola Superior d'Agricultura de Barcelona

Programa de doctorado: "Tecnologia Agroalimentària i Biotecnologia"



**Departament d'Enginyeria
Agroalimentària i Biotecnologia**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANÁLISIS SENSORIAL DE JUDÍAS SECAS

Tesis presentada por Roser Romero del Castillo Shelly para obtener el título de Doctora por la Universitat Politècnica de Catalunya

Directores:

Elvira Costell Ibáñez
Francesc Casañas Artigas

Mayo de 2011

A les meves filles, Irene i Laura

INDICE

1. Introducción	6
1.1 El valor sensorial de los alimentos	6
1.1.1 <i>Alimentos, sentidos y ciencia</i>	6
1.1.2 <i>Los métodos del análisis sensorial</i>	12
1.1.2.1 <i>Definición de análisis sensorial</i>	12
1.1.2.2 <i>Base científica del análisis sensorial</i>	12
1.1.2.3 <i>Diseño de la prueba del análisis sensorial</i>	12
1.1.2.4 <i>La metodología experimental</i>	15
1.1.2.5 <i>El tratamiento estadístico de los datos</i>	16
1.1.2.6 <i>Validación y mantenimiento del panel de catadores</i>	18
1.2 Las judías secas (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	13
1.2.1 <i>Origen y distribución de la judía (Phaseolus vulgaris L.)</i>	19
1.2.2 <i>Producción de judías secas ((Phaseolus vulgaris L.)</i>	21
1.2.2.1 <i>Producción en España</i>	23
1.2.2.2 <i>Producción en Catalunya</i>	24
1.2.3 <i>Importancia nutricional de las judías</i>	19
1.2.3.1 <i>Composición nutricional</i>	25
1.2.3.2 <i>Composición en antinutrientes y efectos beneficiosos de las judías sobre la salud</i>	26
1.2.4 <i>Importancia sensorial de las judías</i>	31
1.2.4.1 <i>La preparación culinaria de las judías</i>	33
1.2.4.2 <i>Producción y consumo de judías en Catalunya</i>	35
1.2.5 <i>Herramientas para la mejora genética de caracteres sensoriales en judía</i>	36
Bibliografía	38
2. Objetivos	45
2.1 <i>Objetivos generales</i>	46
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	46

3. Análisis sensorial de judías secas	49
3.1 Metodología	50
3.1.1 <i>A standardized method of preparing common beans (Phaseolus vulgaris L.)</i> (Artículo 1)	51
3.1.2 <i>Training, validation and maintenance of a panel to evaluate the texture of dry beans (Phaseolus vulgaris L.)</i> (Artículo 2)	74
3.2 Aplicaciones	92
3.2.1 <i>Variability on some texture characteristics and chemical composition of common beans (Phaseolus vulgaris L.)</i> (Artículo 3) ...	93
3.2.2 <i>Protected designation of origin in beans (Phaseolus vulgaris L.): towards an objective approach based on sensory and agromorphological properties</i> (Artículo 4)	99
3.2.3 <i>Culinary alternatives for common beans (Phaseolus vulgaris L.): sensory characteristics of immature seeds</i>	109
 4. Discusión general	 118
4.1 Sobre la metodología	119
4.2 Sobre la aplicación de la metodología	122
Bibliografía	128
 5. Conclusiones	 129
 Agradecimientos	 133

1. INTRODUCCIÓN

*“Por convención, son lo dulce
y lo amargo,
lo caliente
y lo frío,
por convención es el color;
de verdad existen los átomos y el vacío”*

Demócrito

*En “Peces Luminosos. Historias de amor
y ciencia” de Lynn Margulis (2002)*

1. Introducción

1.1 El valor sensorial de los alimentos

1.1.1 Alimentos, sentidos y ciencia

Desde siempre la humanidad ha utilizado los cinco sentidos para analizar los alimentos que necesita para vivir. Al principio se trataba de una cuestión de supervivencia ya que un error en detectar alimentos tóxicos o venenosos puede tener consecuencias letales (Bufe y Mayerhof, 2006). Más adelante probablemente se seleccionaron preferencias hacia los alimentos más valiosos nutricionalmente como los alimentos dulces que suelen contener hidratos de carbono y los alimentos ricos en grasa, que es un vehículo de aromas y gustos agradables, ya que estas son las principales sustancias suministradoras de energía. También nos gustan los alimentos que contienen proporciones elevadas de proteína, como la carne o el queso, que son el tercer elemento básico de la nutrición.

Esta evolución de las preferencias nos ha llevado hasta el punto de que actualmente, cuando tenemos las necesidades nutritivas básicas cubiertas, comemos principalmente lo que nos gusta, es decir, en los países desarrollados, la principal calidad de los alimentos es su valor sensorial. En consecuencia, parece claro que para medir este tipo de calidad y relacionarla con los precios que el mercado asigna a los alimentos ya sean materias

primeras o productos manufacturados, necesitamos métodos eficientes que nos permitan hacer comparaciones.

Según explica Martens (1999) en su artículo: “A philosophy for sensory science”, a lo largo de la historia del pensamiento y la ciencia, los pensadores y filósofos se han ocupado extensamente de la percepción sensorial y del papel de los sentidos, empezando por los griegos Demócrito, Protágoras (“el hombre es la medida de todas las cosas”), Sócrates, Platón y Aristóteles. En la edad media, debido a que la ciencia era incompatible con las creencias religiosas no se avanza mucho, pero después, en el renacimiento (1500-1700), el sujeto humano constituye el centro del universo y según Galileo cualquier cosa se puede medir y explicar matemáticamente. En esta época se estudió principalmente la visión y las propiedades de la luz. Más adelante (1600-1800), se ocuparon de la ciencia sensorial los empíricos ingleses: Hume, Locke y Berkeley y el racionalista Descartes. Hacia mediados del siglo XIX nace la psicología como disciplina científica y se incorpora a la discusión sobre el papel de los sentidos en la percepción del mundo. Weber (1795-1878) y Fechner (1801-1887) elaboran la Ley de Weber-Fechner, que relaciona matemáticamente el estímulo y la sensación (Cheffel *et al.*, 1983) y sientan las bases de la psicofísica moderna.

La necesidad de medir el valor sensorial de los alimentos de manera objetiva se puso de manifiesto en los años 40 a 50 del siglo XX cuando se produjo la expansión y tecnificación de la industria alimentaria. Al principio, la industria agroalimentaria se nutría de técnicos de control de calidad que procedían de la industria química, los cuales estaban acostumbrados a medir la calidad mediante análisis químicos o instrumentales, por lo que, al principio la calidad sensorial quedó relegada a un segundo plano hasta que se hizo evidente que había que medirla con métodos sensoriales (Duran y Costell, 1981). Por ello se puso de manifiesto la necesidad de desarrollar metodologías para evaluar de manera objetiva este aspecto de la calidad. Fue en esta época también, cuando en 1944 el “Army Quartermaster Subsistence Research and Development Laboratory” en Chicago (Illinois) estableció la “Food Acceptance Research Branch” con el propósito de obtener predicciones fidedignas y válidas sobre la aceptabilidad de los alimentos y raciones que se suministraban a los soldados, ya que estos, durante la segunda guerra mundial se quejaron de que la comida, desde el punto de vista organoléptico, era bastante deficiente. Una

aportación importante de la Food Acceptance Research Branch fue la escala hedónica de 9 puntos propuesta en 1949 (Figura 1). Esta escala se convirtió en una herramienta básica para la aceptación de alimentos en todo el mundo seguramente debido a que es fácilmente comprensible por los consumidores (Meiselman y Schutz, 2003).

- Me gusta muchísimo
 - Me gusta mucho
 - Me gusta moderadamente
 - Me gusta un poco
 - Ni me gusta ni me disgusta
 - Me disgusta un poco
 - Me disgusta moderadamente
 - Me disgusta mucho
 - Me disgusta muchísimo
- Los puntos de la escala representan intervalos psicológicos iguales

Figura 1. Escala hedónica de 9 puntos de la Quartermaster Corps (Lawless and Heyman, 1998)

Durante los años 1950 a 1970 se consideró seriamente utilizar a las personas como instrumentos de medida. Es entonces cuando se sientan las bases del análisis sensorial actual: se definen los atributos primarios que integran la calidad sensorial en relación a los sentidos que los captan: aspecto (brillo, color y forma), aroma, sabor y textura, se desarrollan los diferentes tipos de tests y pruebas, se comprueba su utilidad y se estandarizan, a la vez que se estudia el tratamiento estadístico de las respuestas obtenidas (Costell y Duran, 1981).

En 1965, se publica el libro “Principles of Sensory Evaluation of Food” (Amerine *et al.*, 1965) que fue el primer intento para hacer de la evaluación sensorial una disciplina científica (Martens, 1999). Una de sus autores, Rose Marie Pangborn (1932-1990), fue pionera en la comprensión de la naturaleza compleja y multidimensional de la ciencia sensorial y en abordar el análisis sensorial como disciplina científica (Martens, 1999; Noble *et al.*, 1990).

En la última etapa que va de 1970 hasta hoy, se revisa y modifica el concepto de calidad sensorial. En 1970, Corey define la textura como “la sensación humana originada por determinados estímulos procedentes del alimento”, Von Sydow, en 1971, señala que el sabor es una característica psico-física del alimento más que una característica química y se establece la distinción entre el aspecto físico-psicológico y físico-óptico del color (Duran, 1971). Estos investigadores representan a muchos otros que contribuyeron al avance del análisis sensorial como disciplina científica (Costell y Durán, 1981). Esta nueva manera de enfocar la calidad sensorial muestra que el análisis sensorial es una materia multidisciplinar y a partir de este momento se incorporan la psicología, la fisiología, la antropología y la sociología a su desarrollo.

En 1985 se publica el libro “Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures” de Michel O’Mahony de la University of California, Davis (O’Mahony, 1985), que ha sido un libro de referencia internacional en este tema.

Costell y Duran en 1981 exponen que el concepto de calidad sensorial “no es una característica propia del alimento, sino el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre y se puede definir como la sensación humana provocada por determinados estímulos procedentes del alimento” (Costell y Duran, 1981). Debido a que en la percepción del estímulo influyen las condiciones fisiológicas, psicológicas y sociológicas, la medida y valoración ha de hacerse mediante el análisis sensorial, es decir utilizando un panel de catadores ya que los métodos de análisis químicos e instrumentales solo miden las características del alimento.

En los últimos años la ciencia sensorial se ha desarrollado en consonancia con las disciplinas de las que se nutre. La muestra son los encuentros científicos internacionales consolidados como el “Pangborn Sensory Science Symposium” o la “European Conference on Sensory and Consumer Research” y las revistas científicas dedicadas exclusivamente a la ciencia sensorial como “Food Quality and Preference” (editada por ELSEVIER, 8 números por año, factor de impacto 2011: 1,941) que se publica desde 1988, el “Journal of Sensory Studies” (editada por Wiley-Blackwell, 6 números por año, factor de impacto

2011: 1,059) desde 1986 y la más antigua, el “Journal of Texture Studies” (editada por Wiley-Blackwell, 6 números por año, factor de impacto 2011: 1,308) desde 1969.

El “Pangborn Sensory Science Symposium” se celebró por primera vez en 1990, cuando, con motivo del fallecimiento de la investigadora Rose Marie Pangborn ocurrido ese mismo año, los científicos dedicados al análisis sensorial de Europa y Norteamérica celebraron un simposio sobre ciencia sensorial en memoria de la investigadora. El simposio tenía como objetivo ofrecer la oportunidad de compartir experiencias, intercambiar ideas y favorecer el debate entre científicos sensoriales y del consumo (en sus vertientes básica y aplicada), así como entre el ámbito académico y la industria. El primer simposio se celebró en Järvenpää (Finlandia) en 1992 y los siguientes se celebraron en Davis (USA), Ålesund (Noruega) y Dijon (Francia), en intervalos de tres años. No obstante, tras el cuarto simposio, que se celebró en el año 2001, el comité organizador decidió convocarlo cada dos años debido al aumento del número de participantes y al rápido progreso que ha experimentado esta disciplina (Aishima, 2004). El último fue el octavo y se celebró el año 2009 en Florencia (Italia), dedicándose las sesiones plenarias a los fundamentos de la ciencia sensorial, el uso efectivo de la ciencia sensorial, el comportamiento de los consumidores y el futuro. El noveno se celebrará en septiembre de este año en Toronto (Canadá).

Asimismo en la Fourth European Conference on Sensory and Consumer Research, “A sensory of Quality” celebrada en septiembre de 2010 en Vitoria, las sesiones plenarias se dedicaron a: el comportamiento del consumidor, la percepción, los métodos sensoriales y la estadística, las aplicaciones de la ciencia sensorial, la garantía de la calidad sensorial y la certificación y el futuro.

Como señala Martens (1999): “La práctica corriente del análisis sensorial se ha desarrollado durante los últimos 60 años en un contexto científico y tecnológico para favorecer la calidad sensorial en la industria alimentaria. Los métodos utilizados se basan en los 150 años de desarrollo de la psicología experimental que a la vez se nutre de los 2500 años de desarrollo de la filosofía.” Según von Sydow citado por Martens (1999) “En la investigación sobre los alimentos, muy a menudo el denominador común entre proyectos

es la ciencia sensorial. Este es también un vínculo obvio con las ciencias sociales relacionadas con los alimentos y el consumo de alimentos”.

1.1.2 Los métodos del análisis sensorial

1.1.2.1 Definición de análisis sensorial

En 1971, Tilgner (Tilgner, 1971) definía el análisis sensorial como: “*Conjunto de técnicas de medida y evaluación de determinadas propiedades de los alimentos, a través de uno o más de los sentidos humanos*”, posteriormente Lawless y Heyman (1998), toman la definición del Institute of Food Technologists (Anon, 1975): “*Método científico utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a productos que se perciben a través de los sentidos de la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído*”.

Esta última definición ha sido aceptada y adoptada por varios comités y organizaciones profesionales ya que en ella se explica el proceso completo de la valoración sensorial.

1.1.2.2 Base científica del análisis sensorial

El análisis sensorial es una disciplina científica experimental basada en:

- La emisión de hipótesis y diseño de experimentos utilizando paneles de cata como instrumentos de medida.
- La planificación y la realización de ensayos detalladamente descritos y repetibles. Ello implica describir el origen y la toma de muestras, su preparación, el entrenamiento de los catadores cuando es necesario y el desarrollo de la prueba de análisis sensorial
- El tratamiento estadístico de los datos y la aceptación o el rechazo de las hipótesis al nivel de significación que se establezca.

1.1.2.3 Diseño de la prueba de análisis sensorial

La planificación minuciosa del diseño experimental en el análisis sensorial es muy importante para asegurarse un alto grado de fiabilidad de los datos obtenidos (Lea et al,

1998). El diseño experimental se refiere a la elección del tipo de prueba más idónea, a la elección de las muestras y a su distribución en las diferentes sesiones de análisis.

La elección de la prueba más idónea depende del objetivo del ensayo. Las diferentes pruebas que podemos realizar se clasifican en: discriminatorias, descriptivas y afectivas, en función de la pregunta que queramos responder (Tabla 1).

En el análisis sensorial discriminatorio los panelistas han de ser seleccionados por su agudeza sensorial y orientados en la metodología de las pruebas. En el análisis sensorial descriptivo los jueces han de ser seleccionados por agudeza sensorial y motivación y entrenados más o menos intensamente en función de la precisión que se quiera obtener en la medida. En el caso del análisis sensorial afectivo los panelistas se seleccionan por el consumo que hacen del producto y no necesitan entrenamiento.

Tabla 1. Clasificación de las diferentes pruebas de análisis sensorial
(Lea et al., 1998; Lawless y Heymann, 1998, modificados)

Métodos Analíticos			Métodos Afectivos
Pruebas discriminatorias	Pruebas descriptivas		Pruebas afectivas
<i>¿Existe alguna diferencia entre estos productos?</i>	<i>¿Se pueden ordenar estos productos por intensidad de...?</i>	<i>¿Cual es la diferencia y cómo de grande es la diferencia?</i>	<i>¿Es la diferencia importante para el consumidor?</i>
	→	→	
<ul style="list-style-type: none"> - Comparación pareada - Triangular - Dúo-trío - Dos de cinco 	<ul style="list-style-type: none"> - De ordenación 	<ul style="list-style-type: none"> - Perfil sensorial - Análisis Cuantitativo y Descriptivo (QDA) - Calificación con escalas (no estructuradas, de intervalos, estándar...) -Relaciones psico-físicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Preferencia - Aceptación

Respecto de las muestras que han de ser sometidas a análisis, los criterios a seguir son los mismos que los que se recomiendan en otros tipos de análisis como el análisis químico:

que sea representativa de la población que se quiere estudiar y que las variables que pueden influir en la percepción sensorial estén acotadas o controladas al máximo, siempre en función del objetivo del análisis.

En la distribución de las muestras en las diferentes sesiones de análisis hay que tener en cuenta que en cada sesión solo se pueden probar unas pocas muestras. Cuando se realiza el análisis sensorial descriptivo, que es el más idóneo para estudiar el valor sensorial de los vegetales, se pueden probar como máximo cinco muestras. Esto hay que tenerlo en cuenta en el diseño de la prueba.

Aunque los diseños aplicables a las pruebas sensoriales descriptivas son numerosos, los más usuales son los diseños factoriales (Lea *et al.*, 1998). Otros diseños también muy utilizados son los diseños en bloques, los diseños en bloques cruzados (“crossover design”) y los diseños de bloques anidados o jerarquizados (Guerrero, 2006). En la bibliografía de los autores citados se pueden consultar los detalles sobre los diferentes tipos de diseños estadísticos.

Otros aspectos a tener en cuenta son la manera de presentar las muestras. Se pueden presentar todas las muestras a la vez, de modo que los catadores las prueban varias veces antes de emitir su calificación o bien, siguiendo un orden de presentación determinado, en cuyo caso se deben evitar al máximo los errores derivados de la presentación. La manera clásica es elaborando un diseño de cuadrado latino, en el que los catadores reciben las muestras en todos los ordenes posibles (Guerrero, 2006). Las muestras se deben codificar con símbolos o números aleatorios de tres dígitos de manera que no sugieran una ordenación determinada (Sancho *et al.*, 1999).

Para poder realizar el análisis estadístico es necesario que todos los ensayos se realicen como mínimo por duplicado y que en cada sesión se prueben muestras diferentes en la medida de lo posible. Para obtener información sobre diferentes modelos de réplicas en análisis sensorial se puede consultar el capítulo 7 del libro “Análisis of Variance for Sensory Data” de Lea *et al.* (1998).

1.1.2.4 La metodología experimental: origen y preparación de la muestra, entrenamiento de los catadores cuando es necesario y desarrollo de la prueba de análisis sensorial

Una vez escogido el tipo de prueba más idóneo, hay que seguir estrictamente el método de desarrollo de la prueba. El entrenamiento de los jueces debe realizarse siguiendo las metodologías establecidas por las normas internacionales ISO (ISO 8585-1, 1993; ISO 8586, 2008; ISO 5496, 2006; ISO 5492, 2008; ISO 8589, 2007) para los aspectos generales. Para el entrenamiento sobre el producto concreto que queremos estudiar, si no existe una metodología de entrenamiento, que es el caso más habitual en los vegetales, hay que desarrollarla y consensuar con los catadores los atributos más representativos del valor sensorial. Una vez escogidos los atributos se elabora la ficha que se utilizará en la cata.

Para que el análisis sensorial se pueda repetir manteniendo al máximo las condiciones de la muestra, es necesario tener establecido un método de preparación de la misma. Si el vegetal se consume habitualmente crudo, la preparación de la muestra será más sencilla aunque posiblemente haya que decidir que parte de la planta se prueba, por ejemplo en el caso de los tomates para ensalada, si hay que hacer el análisis teniendo en cuenta las semillas o solo la parte de la pulpa, etc. En el caso de los vegetales que se consumen cocidos, como es el caso de las judías secas, debe establecerse un método de cocción y presentación estandarizada que se pueda reproducir en diferentes laboratorios.

Una vez diseñada la prueba, controladas las muestras, entrenado el panel, desarrollada la ficha con los atributos a evaluar y establecida la metodología de preparación del material, la prueba debe desarrollarse en el local adecuado. La norma ISO 8589 (2007) establece exactamente como debe ser el lugar donde se desarrollará la prueba. Este aspecto es muy importante porque el análisis sensorial requiere de una alta concentración por parte de los catadores ya que el entorno influye en las percepciones. En las figuras 2 y 3, se puede ver una cabina estándar preparada para el análisis sensorial de judías secas y catadores realizando el análisis sensorial



Figura 2. Cabina estándar preparada para el análisis sensorial



Figura 3. Catadores realizando el análisis sensorial de judías secas

1.1.2.5 El tratamiento estadístico de los datos

Las técnicas estadísticas que se suelen aplicar al análisis sensorial pueden ser sencillas, como el cálculo de medias, varianzas y desviaciones típicas, o complejas. Estas últimas se pueden clasificar en dos grandes grupos: técnicas univariantes y técnicas multivariantes. La técnica univariante más utilizada es el análisis de la varianza (ANOVA) de dos o más factores, con o sin interacción. Como técnicas multivariantes se utilizan el análisis cluster, el análisis de componentes principales o el análisis procrustes generalizado (APG), una de las más usadas (O'Mahoney, 1986; Guerrero, 2006; Meilgard *et al.* 2007).

De todas estas técnicas, el análisis de la varianza es la más utilizada en análisis sensorial descriptivo y también la que más se ha utilizado en los diferentes trabajos que componen esta tesis doctoral.

El análisis de la varianza, en función del diseño experimental empleado, permite estimar y/o corregir el efecto de las tres fuentes de variación principales en el análisis sensorial descriptivo: el efecto tratamiento (o producto), el efecto catador y el efecto sesión (o repetición) y además la interacción producto-catador, aspecto crucial para poder evaluar el grado de concordancia o dispersión entre los catadores (O'Mahony, 1986; Guerrero, 2006) y así poder actuar en la mejora del comportamiento del panel.

El análisis de la varianza puede ser de modelo fijo, si todos los factores se toman como fijos, de modelo mixto si algunos factores se consideran fijos y otros aleatorios y de modelo aleatorio si todos los efectos se consideran aleatorios. De los tres factores principales que suelen considerarse en el ANOVA del análisis sensorial en general, el producto suele considerarse como un efecto fijo (Naes y Langsrud, 1998; Guerrero, 2006), el catador puede considerarse como fijo o aleatorio y la sesión, como aleatorio, por tanto los modelos utilizados en el ANOVA suelen ser mixtos.

Sobre el aspecto de si los catadores se deben considerar como efecto fijo (las conclusiones del análisis solamente serán válidas para esos catadores) o como efecto aleatorio (las conclusiones del análisis pueden extrapolarse a la población de la que provienen los catadores) Naes y Langsrud (1998) en el capítulo 5 del libro "Análisis of Variance for Sensory Data" de Lea *et al.* (1998), afirman que la aplicación de un modelo u otro está muy relacionada con la hipótesis que se formula y sugieren utilizar una hipótesis alternativa para ambos modelos, además de demostrar que para un equipo de más de 10 catadores y entre 3 y 10 productos, el uso diferente de la escala por parte de los catadores, siempre que sea moderado, no merma excesivamente la información cuando se utiliza el modelo mixto.

El análisis estadístico se utiliza tanto para analizar los resultados sobre el valor sensorial de las muestras como para validar y controlar periódicamente el funcionamiento del panel.

1.1.2.6 Validación y mantenimiento del panel de catadores

Se han propuesto distintos procedimientos estadísticos para evaluar el comportamiento del panel de catadores, la mayoría basados en el ANOVA (Lawles y Herman, 1998; Carlucci y Monteleone, 2001; Latreille *et al.*, 2006; Naes y Solheim, 1991; Lea *et al.*, 1995). Por ejemplo Costell *et al.* (1989), en un estudio sobre análisis descriptivo de la textura no oral de geles de hidrocoloides, proponen el ANOVA de dos factores para evaluar la capacidad discriminativa y la reproductibilidad de juicios de los catadores pero para analizar la concordancia entre ellos recomiendan el análisis de la varianza multivariante (MANOVA). Según Barcenas (2001), en los equipos de análisis sensorial que trabajan en la Universidad del País Vasco, una de las pruebas más frecuentemente utilizadas para comprobar el modo de actuación de los catadores es la representación de los datos mediante gráficos de cajas y bigotes. Lespinasse *et al.* (2002) proponen el coeficiente de correlación de Spearman (Cardinal, 1994) basado en el cálculo de la diferencia entre el rango atribuido por el catador y el rango de referencia de la muestra para estudiar la aptitud discriminativa de un sujeto o de un grupo, la desviación típica para evaluar la dispersión de las medidas de los atributos y el análisis de componentes principales para representar gráficamente a los catadores y poner en evidencia a aquellos que evalúan diferente que el resto del panel.

1.2 Las judías secas (*Phaseolus vulgaris* L.)

1.2.1 Origen y distribución de la judía (*Phaseolus vulgaris*)

Las judías han evolucionado, durante un periodo de 7000 a 8000 años, desde las formas salvajes distribuidas en las tierras de Mesoamérica y los Andes hasta las formas actuales que constituyen el cultivo más importante de leguminosas para la alimentación humana directa (Gepts y Debouck, 1991).

El origen americano de las judías no fue aceptado por la comunidad científica hasta finales del siglo XIX a partir de los trabajos del botánico alemán Wittmack, puesto que hasta ese momento se creía que su lugar de origen era la India (Gepts y Debouck, 1991). Desde entonces se han ido acumulando las evidencias a favor del origen americano. En varios textos relacionados con el descubrimiento de América (Codice Mendocino, Viajes de Cristóbal Colón, Garcilaso de la Vega, etc) se mencionan los “frisoles, faxones, fabas o fexoes” como plantas diferentes de las conocidas en España (Gepts y Debouck, 1991) que eran del género *Vigna*.

En la actualidad no existe ninguna duda de que a partir del descubrimiento de América en el siglo XV, las judías se introdujeron en Europa y después al resto del mundo.

A partir de los trabajos de Gepts, Bliss y otros (Gepts y Debouck, 1991; Gepts *et al.*, 1986) se estableció que existieron dos centros primarios de domesticación de las judías, la región andina y la región centroamericana. Gepts *et al.* (1986) estudiaron el patrón de las faseolinas o proteínas de reserva de la judía y otras características de la semilla de 106 formas salvajes y 99 variedades procedentes de mesoamerica y los Andes. Los resultados de este trabajo constataron que en las formas salvajes de la región mesoamericana, predomina el patrón “S” similar al de las formas cultivadas de la zona, así como una amplia variedad de patrones de tipo “M” que no se encuentra en las formas cultivadas. Los patrones S y M no se encuentran en las formas salvajes andinas donde el patrón predominante es el “T”, que también se encuentra en las formas cultivadas. La conclusión fue que las variedades domesticadas en la zona de Mesoamérica se caracterizan por

semillas pequeñas y patrón “S” de las faseolinas y las domesticadas en la zona de los Andes por semillas con el patrón “T” y de tamaño grande. Posiblemente existe un tercer centro de domesticación asociado a la presencia de la faseolina B tanto en formas silvestres como cultivadas, en Colombia.

Los trabajos arriba mencionados permitieron saber que la mayoría de las variedades de judías secas cultivadas en la península ibérica tienen origen andino (Rodino *et al.* 2001, 2003; Sánchez *et al.*, 2007). Lo mismo sucede en Europa, donde las primeras semillas procedían de los Andes y fueron introducidas a través de los marineros españoles y portugueses (Sánchez *et al.*, 2007; Zeven, 1997). Hay algunas excepciones a este predominio del origen andino en las judías europeas. Por ejemplo, las variedades tradicionales catalanas más prestigiosas, Ganxet, Tavella Brisa y Castellfollit del Boix, son de origen mesoamericano, aunque otras variedades que se cultivan en Catalunya de manera residual como Bermà o Buenos Aires, Piula, Floreta, Bitxo, Sastre y Genoll de Crist, son de origen andino (Sánchez *et al.*, 2007).

Probablemente la explicación es que por diversos motivos políticos el comercio entre Catalunya y América fue prácticamente inexistente hasta el siglo XVIII. En el siglo XIX, Catalunya empezó a comerciar con los países del Caribe como México, Cuba o Puerto Rico. Muchos catalanes se asentaron y establecieron negocios en estos países, adquirieron nuevas costumbres y preferencias gastronómicas. De regreso, trajeron las nuevas costumbres y también semillas de la zona. La buena adaptación de estos materiales al ambiente y las preferencias locales explican la alta proporción de germoplasma mesoamericano en las variedades de judías cultivadas en Catalunya y también, la preferencia de la población catalana por este tipo de judías: pequeñas, blancas y de gusto suave, a diferencia del resto de España que prefiere las variedades de origen andino. Las variedades que se cultivan en Catalunya de origen andino probablemente provienen de la península ibérica considerada por algunos autores como un centro secundario de diversidad (Santalla *et al.*, 2002).

A partir de su distribución desde América al resto del mundo a través de Europa, las judías han adquirido una enorme variabilidad que afecta por ejemplo a la morfología de la

planta, la tolerancia a ambientes diversos o la longitud del ciclo (puede ir desde 70 a 200 días). Esta amplia adaptación ha hecho que las judías formen parte de los más diversos sistemas de producción en todo el mundo. Las judías se pueden cultivar desde la latitud 52° norte hasta los 32° sur, al nivel del mar y hasta los 3000 m de altitud (Schoonhoven y Voysest, 1991). Toda esta diversidad se manifiesta también en las características sensoriales afectando al tamaño, forma, color, aspecto, textura y gusto de las judías.

Además de esta alta adaptación a los más variados ambientes, es un alimento de alto valor nutritivo, pero según Schoonhoven y Voysest (1991) no es un cultivo que prefieran los agricultores debido a su susceptibilidad a gran cantidad de enfermedades, a la inestabilidad de sus producciones y a la fluctuación de los precios en un mercado afectado también por las preferencias locales de los consumidores de judías secas.

La gran variabilidad genética que presentan las judías y la gran cantidad de ambientes donde pueden cultivarse, junto con su elevado valor nutritivo que les da su proyección social a nivel mundial, confieren al cultivo de las judías secas un gran interés para la investigación y la mejora genética.

1.2.2 Producción de judías secas (Phaseolus vulgaris L.)

Las judías secas (*Phaseolus vulgaris L.*), como se ha visto en el apartado anterior, son uno de los cultivos más importantes en el mundo y la base proteínica de la alimentación de una gran parte de la humanidad. Es el tercer cultivo de legumbres más importante después de la soja (*Glycine max (L.) Merr*) y el cacahuete (*Arachis hypogea L.*), siendo el aprovechamiento de estos dos cultivos en gran parte la producción de aceite y, en el caso de la soja, también la alimentación animal. Es decir, la judía seca es la legumbre de grano para consumo humano directo más importante (Salunkhe y Kadam, 1989; Singh 1999).

Según datos de la FAO (FAOSTAT, 2010) las judías secas se cultivan en todo el mundo, siendo los continentes donde se producen más judías Asia, América y África por este orden, en menor cantidad Europa y en mucha menor cantidad Oceanía. Sin embargo,

según Singh (1999), las estadísticas de la FAO no tienen en cuenta las diferencias taxonómicas y bajo el nombre de “judías secas” se consignan hasta seis especies diferentes, perteneciendo una de ellas incluso a un género diferente: *P. vulgaris* L., *P. coccineus* L., *P. lunatus* L., *P. acutifolius* L. *P. polyanthus* L. y *Vigna unguiculata* L. En la Tabla 2 se pueden ver las producciones en Tm de las judías secas en 2008, en todo el mundo y en los principales países de cada continente.

Según las estadísticas de la FAO el país más productor es India pero Singh en 1999 (Singh, 1999) decía que según su conocimiento solamente un 5% de la producción correspondía a *Phaseolus vulgaris* L y que lo mismo sucedía en otros países de Asia, África, América y Europa.

En la Tabla 2 se pueden ver las cantidades de “judía seca” según la FAO en 2008 pero hay que tener en cuenta las consideraciones anteriores, es decir que en estas cifras están contempladas las seis especies descritas anteriormente y es casi imposible saber las cantidades exactas que corresponden a *Phaseolus vulgaris* L.

Tabla 2. Producción (TM) de judías secas en el mundo en 2008, según la FAO (FAOSTAT, 2010)

Continente	Asia	9.373.815	América	7.477.262	África	3.118.896	Europa	394.920	Oceanía	30.000
Principales países de cada continente	India	3.930.000	Brasil	3.460.867	Tanzania	480.000	Bielorrusia	132.545	Australia	30.000
	Myanmar	2.500.000	USA	1.159.290	Uganda	440.000	Serbia	39.224		
	Vietnam	1.580.000	México	1.122.720	Rwanda	280.000	Polonia	29.841		
	China	1.121.151	Argentina	336.779	Kenya	265.006	Rumania	25.157		
	Irán	240.000	Canadá	266.200	Etiopia	241.418	Moldavia	16.348		
	Turquía	154.630	Caribe	183.968	Burundi	205.196	Bosnia i Herzegovina	12.922		
	Japón	87.500	Colombia	160.883	Camerún	200.000	Grecia	12.800		
					Sudan	170.000	Italia	12.114		
					Malawi	124.702	España	7.000		
				Egipto	96.413	Francia	5.909			

Si continuamos repasando los datos de producción de judías secas que proporciona la FAO (FAOSTAT 2010) a partir del año 1961¹, vemos que la producción mundial de judías secas casi se ha duplicado (Tabla 3), pero si repasamos la producción europea y española

¹ Las estadísticas de la FAO empiezan en el año 1961 aunque se fundó en 1945.

de los mismos años veremos que la producción de judías ha bajado considerablemente (Tabla 4). En el caso de Europa se ha reducido a un tercio aproximadamente y en el caso de España, actualmente, se produce unas veinte veces menos que hace cincuenta años.

Tabla 3. Producción (TM) de judías secas en el mundo desde 1961 a 2008 (FAOSTAT, 2010)

1961	1970	1980	1990	2000	2005	2006	2007	2008
11.228.313	12.629.727	13.711.771	17.451.341	17.450.803	18.549.101	20.476.408	20.092.017	20.394.893

Tabla 4. Producción (TM) de judías secas en Europa y España desde 1961 a 2008 (FAOSTAT, 2010)

	1961	1970	1980	1990	2000	2005	2006	2007	2008
Europa	1.113.290	924.641	678.137	472.348	471.400	415.733	403.647	349.283	394.920
España	143.000	116.200	80.900	52.800	13.279	14.815	13.983	11.600	7.000

Probablemente, esta reducción de la producción se deba a que la prosperidad europea de los últimos años ha conducido a que los europeos puedan disponer de una variedad de alimentos mucho más amplia que hace treinta o cuarenta años y a que la proteína se obtenga, a precios asequibles para una gran parte de la población, sobre todo de productos de origen animal (carne, huevos, pescado).

1.2.2.1 Producción en España

Los datos de producción de judías secas en España desglosados por provincias y comunidades autónomas se pueden encontrar en la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRE) publicada por el Ministerio de Medio Ambiente Rural y Marino (MARM, 2010). Si se consultan las cifras de 2008 i 2009 se obtienen datos sobre la superficie total cultivada, desglosada en secano y regadío y los rendimientos correspondientes de judías secas (Tabla 5).

Tabla 5. Superficie, producción y rendimientos de judías secas en España en 2008 y 2009, a partir de datos del MARM (MARM, 2010)

Año	Ha totales	Ha regadío	Ha secano	Rto. kg/Ha regadío	Rto. Kg/Ha secano	Prod. TM. regadío	Prod. TM secano	Prod TM total
2008	3.921	2.260	1.661	2.218	1.746	5.012,68	2.900,10	7.912,78
2009	4.186	2.988	1.198	2.820	1.490	8.426,16	1.785,02	10.211,18
% dif.	+ 6,8	+ 32,21	- 27,87	+ 27,14	- 14,66	+ 68,10	- 38,45	+ 29,04

En los Comentarios de la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRE) de 2009 (MARM, 2010) se dice que entre los años 2008 a 2009 hay un ligero aumento del 3% de la superficie destinada a judías secas y garbanzos. Si se hacen los cálculos pertinentes, este aumento de superficie corresponde a un 2,2 % de aumento en la

superficie de garbanzos y a un 6,8 en la de judías secas. Si se comparan los datos de producción con los de la FAO, hay una diferencia de casi mil TM para el año 2008. Por otro lado el aumento de casi un 30 % en la producción para el año 2009 es alto y se acerca a la producción del año 2007.

Las comunidades autónomas más productoras de judías son Castilla y León, Galicia y Asturias por este orden, la siguiente es Catalunya aunque en la encuesta ESYRE de 2009 ni siquiera tiene datos consignados.

La conclusión de toda esta información es que las cantidades consignadas son estimaciones y que seguramente la cantidad de judías producida realmente en España sea mayor.

1.2.2.2 Producción en Catalunya

Catalunya es una zona tradicional de cultivo de judía seca. En el Instituto de Estadística de Catalunya (IDESCAT, 2010) pueden consultarse los datos de producción de judías secas por provincias observándose que la zona de mayor importancia en la actualidad es la de la provincia de Barcelona (Tabla 6).

Tabla 6. Producción de judías secas por provincias en Catalunya en TM de 2000 a 2008 (IDESCAT, 2010)

Año	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Total
2000	402	89	9	57	557
2001	377	173	11	57	618
2002	405	331	14	41	791
2003	334	119	11	41	505
2004	456	105	14	45	620
2005	411	144	12	50	617
2006	186	92	12	94	384
2007	226	169	13	61	469
2008	251	83	0	55	389

La variedad de judía que más se cultiva es la Ganxet aunque no existen datos fiables sobre la mayoría de las variedades. En un estudio realizado por Casals (2005) encuestando a 148 productores de Ganxet de las zonas de la DOP “Mongetes del Ganxet” (Vallès Occidental, Vallès Oriental, Maresme y algunos municipios de la Selva), se contabilizó que la producción de aquel año fue de 246.630 Kg, lo que significa que aproximadamente un 40 % de las judías producidas en Catalunya son Ganxet. La variedad

que le sigue en importancia es la judía de Santa Pau (Garrotxa) que recoge variedades del tipo Navy, algunas de semillas mejoradas de origen americano y otras del tipo Tavella Brisa autóctona que también es del tipo Navy (Santalla *et al.* 2001). La tercera variedad de interés se produce en mucha menos cantidad en la zona de Castellfollit del Boix (Anoia) y toma el nombre de la localidad, seguidas por la Sastre y la Genoll de Crist, variedades con semillas de color y más harinosas que las anteriores. El resto de variedades: Floreta, Bitxo, Piula, Confit, Santa Joana, etc, se producen de manera residual.

1.2.3 Importancia nutricional de las judías

Las propiedades nutricionales, especialmente la riqueza en proteína, de las judías secas hace que formen parte de la dieta diaria de muchas personas de América Central, de Sudamérica y del centro y este de África. También son apreciadas en los países en desarrollo por la larga conservación y el fácil almacenamiento y preparación de las semillas (Shellie-Dessert y Bliss, 1991). Hasta hace pocos años en América del Norte y Europa, las legumbres y entre ellas las judías, también formaban parte de la dieta habitual de las personas. No hay más que recordar que en los “Westerns” de los años 50 y 60 aparecen a menudo vaqueros comiendo judías y que muchos pucheros, potajes o platos de olla consumidos a diario en el mundo rural europeo hasta hace bien poco, tenían como base a las judías.

1.2.3.1 Composición nutricional

El alto valor nutricional de las judías se debe a (Tablas 7, 8 y 9):

- El almidón, que proporciona energía con un bajo índice glucémico.
- La alta proporción de proteína, que aunque contiene una baja proporción de aminoácidos azufrados, como la metionina y la cisteína, es rica en lisina, aminoácido del que son deficitarios los cereales. A este respecto es interesante señalar que tradicionalmente las judías se han consumido en combinación con los cereales, mucho antes de que la complementación proteínica fuera reconocida y documentada (Shellie-Dessert y Bliss, 1991).

- Las vitaminas tiamina y niacina y los minerales calcio y hierro. Según Shellie-Dessert y Bliss (1991), dietas a base de 60 g diarios de judías secas pueden suplementar el 14 % de la tiamina, el 8 % de la niacina, el 10 % del calcio y el 60 % del hierro de la dosis diaria recomendada (RDA)² para varones adultos.

- La baja proporción de lípidos, de los cuales aproximadamente el 15% son ácidos grasos saturados (14 % palmítico y 1% esteárico) y el 85 % insaturados (50% linolénico³, 27 % linoleico y 13 % oleico) (Salunkhe *et al.*, 1989).

- La composición en fibra, que contribuye al buen funcionamiento del tracto intestinal.

Tabla 7. Composición en porcentaje de los principales nutrientes de la judía (*Phaseolus vulgaris* L.)

Almidón	Amilosa	Sacarosa	Proteína	Lípidos	Fibra
27,0 – 59,1	10,7 – 37,2	1,6 – 3,5	18,8 - 32	1,0 – 4,3	3,1 – 7,0

Salunkhe y Kadam (1989) ; Pujolà *et al.* (2006); Khattab *et al.* (2009)

Tabla 8. Composición en vitaminas de las judías

Caroteno (µg/100 g)	Tiamina (mg/100 g)	Riboflavina (mg/100 g)	Niacina (mg/100 g)
30	0.37 – 0,88	0.14	2.2 – 2.7

Salunkhe y Kadam (1989) ; Shellie-Dessert y Bliss (1991)

Tabla 9. Composición en minerales de las judías en mg/100 g

Calcio	Fósforo	Hierro	Magnesio	Cobre	Sodio	Potasio	Cinc	Manganeso
70 - 260	380 - 656	3.4 – 8,2	163 - 200	0 – 1,2	4 -121	132 - 1946	1.8 – 6,5	1.0 – 2,0

Salunkhe *et al.* (1989); Shellie-Dessert y Bliss (1991); Oomah *et al.*, (2008)

1.2.3.2 Composición en antinutrientes y efectos beneficiosos de las judías sobre la salud

Aunque las legumbres están reconocidas por sus beneficios nutricionales, especialmente por su riqueza en proteína de bajo coste, la presencia de determinados antinutrientes hace, que a veces, estén infrutilizadas (Muzquiz *et al.* 1999; Khattab y Arntfield 2009). En el caso de las judías, las sustancias consideradas antinutrientes que contienen son: inhibidores de los enzimas como la tripsina, quimotripsina y α -amilasa de mamíferos (salivaria y pancreática), ácido fítico, los azúcares rafinosa, verbascosa y estaquiosa considerados factores de flatulencia, saponinas, lectinas, taninos y polifenoles (Salunkhe *et al.* 1989; Muzquiz *et al.*, 1999; Khattab y Arntfield, 2009).

² Recommended Dietary Allowance

³ El linolénico, es un ácido graso esencial de la familia $\omega 6$

Los inhibidores de enzimas, por su naturaleza proteica, se destruyen mayoritariamente durante la cocción (Salunkhe *et al.*, 1989). Wang (2010) en un trabajo realizado sobre judías y garbanzos encuentra que los inhibidores de la tripsina se reducen un 87% después de la cocción, Khattab y Arntfield (2009) ensayan el efecto del remojo y la cocción sobre la actividad inhibidora de la tripsina y obtienen que el remojo la inhibe entre un 10 y un 20 por ciento y la cocción totalmente.

El ácido fítico se considera un antinutriente porque liga en el tracto intestinal elementos traza y macro elementos como cinc, calcio, magnesio y hierro, impidiendo que sean absorbidos y utilizados como nutrientes (Muzquiz *et al.*, 1999). Pero el ácido fítico, además de estar involucrado en el fenómeno “Hard-to-cook” ampliamente estudiado ((Medeiros, *et al.*, 2007; Aguilera and Rivera 1992; El-Tabey, 1992; Paredes-Lopez *et al.*, 1989), juega varios roles, alguno de los cuales podría estar relacionado con las características sensoriales de las judías. Es pues una molécula cuya presencia puede ser deseable o indeseable según la perspectiva con la que examinemos su contenido.

Varias teorías han sido propuestas para explicar el fenómeno “Hard-to-cook” (Galiotou-Panayotou *et al.*, 2008): 1) la insolubilización de las sustancias pécticas dependiendo de la concentración de fitatos en las células de la semilla, 2) la lignificación y otros cambios en la lamela media y la pared celular, 3) múltiples mecanismos debidos a la actividad de pectinestearasas, polifenolasas y lipoxigenasas y 4) cambios en las proteínas de reserva. La mayoría de los trabajos presentados en la literatura científica apuntan a que el principal mecanismo es el propuesto por la primera teoría. Esta teoría se basa especialmente en la hipótesis fitasa-fitato-pectina, según la cual las pectinas que cementan las células vegetales entre ellas se presentan en la forma soluble permitiendo la absorción de agua por la semilla. Los iones de calcio y magnesio pueden ligar los grupos carboxilo de la pectina soluble y formar pectatos insolubles pero el fitato, que posee seis grupos fosfato, prevalece sobre los grupos carboxilo de las pectinas, más débiles, y quela preferentemente a los cationes divalentes. Esta sería la forma habitual que facilita la cocción de las legumbres. Cuando el fitato es hidrolizado por la fitasa, pierde la capacidad

de quelar al calcio y al magnesio y estos se ligan a las pectinas. Las fitasas se activan en determinadas condiciones de humedad y temperatura.

Por otro lado, la presencia de fitatos en las semillas está influenciada por la composición del suelo, especialmente los niveles de fósforo, y las condiciones climáticas (Muzquiz *et al.*, 1999; Kiegel, 1999), existiendo un amplio rango de variación, Muzquiz *et al.* (1999) estudian 19 variedades españolas de judías secas, 8 de ellas en dos localidades diferentes, y encuentran valores que van desde los 2,89 g/kg a los 5,01 g/kg. Oomagh *et al.* (2008), en 10 variedades canadienses encuentra valores desde 16,7 g/kg a 25,1 g/kg y también valores muy variables de fitasa sin relación con el contenido en fitatos. Wang (2010) que estudia el efecto de la cocción sobre los antinutrientes encuentra valores que van desde 9,9 g/kg a 13,9 g/kg en 6 variedades de judías y que la cocción no tiene efecto sobre los fitatos, en cambio Khattab y Arntfield (2009) ensayan el efecto del remojo y la cocción y encuentran que el remojo reduce la cantidad de fitatos en un 42-48 % y la cocción reduce a su vez en un 20 % los fitatos restantes después del remojo, coincidiendo con Salunkhe *et al.* (1989) según el cual la reducción de los fitatos por efecto del remojo y la cocción es del 56,8 al 74,1 %. El método de determinación de los fitatos utilizado por Muzquiz *et al.* (1999) es diferente del utilizado por Oomagh *et al.* (2008) y Wang (2010), lo cual puede explicar las diferencias en cuanto a contenido referenciadas por dichos autores.

Estas complejas relaciones entre fitatos, cationes divalentes, pectinas y fitasas, cuyos contenidos variables dependen de la variedad, de las condiciones edáficas y climáticas durante el cultivo y de las condiciones ambientales durante el manejo de la semilla, parece ser que también están relacionadas con características sensoriales como la percepción de la piel y la dureza (Casañas *et al.*, 2002; Galiotou-Panayotou *et al.*, 2008).

Aunque el ácido fítico y los fitatos están considerados como antinutrientes, Oomagh *et al.* (2008) señalan que varios estudios han mostrado efectos beneficiosos potenciales sobre la salud basados en propiedades antioxidantes y anticancerígenas debidas a la fuerte quelación del hierro, así como la mitigación de enfermedades cardiovasculares y la formación de cálculos renales.

Los oligosacáridos productores de flatulencias encontrados en *Phaseolus vulgaris* L, rafinosa, estaquiosa y verbascosa, no pueden ser hidrolizados por los seres humanos debido a la falta del enzima α -galactosidasa y son fermentados en el intestino por microorganismos anaerobios produciendo dióxido de carbono, hidrogeno y metano (Muzquiz *et al.*, 1999) causando molestias. La estaquiosa es el azúcar que se encuentra en mayor cantidad con valores de 18,3 a 29,3 g/kg, seguido por la rafinosa con valores de 0,9 a 17,9 g/kg y la verbascosa con valores de 0,4 a 20,8 g/kg (Muzquiz *et al.*, 1999; Khattab y Arntfield, 2009). Las prácticas de preparación como el remojo y la cocción los reducen un 40 % y un 60 % respectivamente según Khattab y Arntfield (2009) y un 70 a un 80% cuando se valoran las dos prácticas conjuntamente según Salunkhe *et al.* (1989).

En cuanto a posibles beneficios para la salud, la rafinosa se postula como una sustancia candidata a ser considerada prebiótica pero todavía no hay estudios concluyentes al respecto (Martínez-Villaluenga *et al.*, 2004)

Otros compuestos considerados tóxicos son las saponinas que entre otros efectos causan lisis de los eritrocitos y hacen permeable la membrana de la mucosa intestinal (Muzquiz *et al.*, 1999) y las lectinas o hemaglutininas, consideradas el mayor factor antinutricional de *Phaseolus vulgaris* (Muzquiz *et al.*, 1999; Campion *et al.*, 2009), que son glicoproteínas que se adhieren a los eritrocitos precipitándolos, perjudican la integridad de la membrana del epitelio intestinal y la absorción y utilización de nutrientes. Como consecuencia provocan en las personas diarrea, náuseas, hinchazón y vómitos (Belitz y Grosch, 1997; Gonzalez de Mejia *et al.*, 2005).

Muzquiz *et al.* (1999), encuentran varios compuestos relacionados con las saponinas que estiman como soyasapogenol B en cantidades que van de 0,44 a 2,05 g/kg, en su estudio sobre 19 variedades de judías españolas y cantidades de lectinas de 1,89 g/kg en judías de la variedad Planchada y hasta 9,99 g/kg en la variedad Andecha.

Según Salunkhe *et al.* (1989), las lectinas se inactivan completamente con la cocción, ya que la hemaglutinina purificada calentada a 90°C durante 5 minutos se inactiva totalmente.

Campion *et al.* (2009), han obtenido líneas puras libres de lectinas utilizando accesiones silvestres, por otro lado Kiegel (1999) dice que las arcelinas (proteínas de la familia de las lectinas) se consideran proteínas de reserva con efectos insecticidas contra el coleóptero *Burchidius arabicus* y que los genes que codifican estas proteínas son candidatos a producir legumbres por ingeniería genética libres de las infestaciones de dicho coleóptero.

Finalmente, los compuestos fenólicos van disminuyendo paralelamente a la condensación de los taninos durante el desarrollo de la semilla (Kiegel, 1999), los cuales se considera que inhiben los enzimas digestivos (Khattab y Arntfield, 2009). El contenido alto de taninos está relacionado con las variedades coloreadas y también con la actividad antioxidante y antimutagénica (Gonzalez de Mejia *et al.*, 2005; Oomagh *et al.*, 2008). Las prácticas del remojo y la cocción los reducen considerablemente debido a que son solubles, termolábiles y se encuentran preferentemente en la piel de las judías (Khattab y Arntfield, 2009).

Vemos pues que muchas sustancias presentes en las judías tienen efectos múltiples, cuando hace pocos años se consideraba solo su vertiente negativa. Según Oomagh *et al.* (2008): “Consumir judías secas se ha relacionado con la reducción del riesgo de padecer diabetes y obesidad, enfermedades coronarias, cáncer de colón y desordenes gastrointestinales. Estudios epidemiológicos confirman la significativamente alta correlación inversa entre el consumo de judías y la mortalidad por cáncer de colón, pecho y próstata”. Otros autores como García de Diego *et al.* (2008) y Bennink (2005), explican ampliamente los efectos beneficiosos de las legumbres, y entre ellas las judías, sobre la obesidad, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares y la prevención de la malnutrición en la infancia.

Por último, según Kiegel (1999) “Hacer mejora para bajar el contenido en antinutrientes parece posible en *Phaseolus sp.* debido a la amplia variación que presenta el pool genético, no obstante, el rol protector de estos factores necesita ser estudiado para evitar efectos adversos como resultado de obtener variedades con bajos contenidos en los factores antinutricionales” y según Khattab y Arntfield (2009) “Desde que se ha visto que

los compuestos antinutricionales tienen roles beneficiosos alternativos en la planta, modificar su tipo y cantidades por vía genética podría ser potencialmente catastrófico”. Además, y desde el punto de vista de esta tesis, muchas moléculas implicadas en el valor nutricional/antinutricional de la semilla de judía son también responsables de sus características sensoriales. Por ello la mejora integral de la judía requiere de un conocimiento exhaustivo de todas estas relaciones.

1.2.4 Importancia sensorial de las judías

Las judías secas en Europa, se cultivan en mucha menor cantidad que en el resto del mundo pero están muy integradas en la gastronomía tradicional como por ejemplo, el “cassoulet” o les “mouquettes” en Francia, la “pasta e fagioli” o “il fagioli a l’ucelleto” en Italia, la fabada asturiana o las “mongetes amb butifarra” catalanas en España, la “fassolada” o sopa de alubias griega o la “bohnen soupe” alemana.

En España, sobre todo en la mitad norte, existen muchas variedades de prestigio, algunas de las cuales poseen marcas de calidad como la Indicación Geográfica Protegida que tienen la “Faba Asturiana” del Principado de Asturias, la “Faba de Lourenza” de Galicia, la “Alubia de la Bañeza-León” y las “Judías del Barco de Ávila” de Castilla y León. Las alubias de Tolosa, poseen la marca de calidad que otorga el gobierno del País Vasco. En Catalunya, la “Mongeta del Ganxet” está a punto de obtener la Denominación de Origen Protegida (DOP) y los “Fesols de Santa Pau” han iniciado los trámites para su obtención. En Aragón, en la localidad de Luesia, desde el año 2002, se celebra cada año el “día de la judía” con degustaciones y otras actividades alrededor de la variedad Boliche con la intención de recuperar una legumbre muy apreciada en esa zona y que estaba a punto de perderse (El Periódico, 2006). Todos estos ejemplos son una muestra de la riqueza y la variedad de *Phaseolus vulgaris* L. cultivado en España.

De todas las judías amparadas con estas marcas de calidad hay que destacar que la mayoría se refieren a una sola variedad de judías pero algunas como la “Alubia de la Bañeza-León” y las “Judías del Barco de Ávila” acogen a hasta 7 variedades distintas, muy diferentes entre ellas.

Fijándonos solo en las variedades cultivadas en España se puede apreciar la gran variabilidad sensorial de *Phaseolus vulgaris* L. En cuanto al aspecto (Figura 4) podemos encontrar desde la judía grande, blanca y alargada que es la Faba Asturiana hasta la pequeña, negra y redondeada que es la de Tolosa, pasando por otras formas como la arriñonada de la Blanca Riñón, la aplanada de la Planchada o Planxeta o la aplanada y ganchuda de Ganxet, presentando también tamaños muy variados. En relación al color, las hay de color marrón como la Canela, con motas de otro color como las judías Pintas o con dos colores como La Pilarica o la Genoll de Crist. Respecto de la textura, pueden ir desde la finura y cremosidad de Ganxet hasta la harinosidad y contundencia de las judías de Tolosa o las de la Pilarica. Por último el sabor, también presenta mucha variedad, desde las de sabor suave como el de las judías de Santa Pau, el de intensidad media como el de la Faba Asturiana o el intenso de las alubias de Tolosa.

Aunque no hay muchos estudios sobre la calidad sensorial de las judías, excepto sobre la dureza en las conservas ampliamente documentada, algunos autores manifiestan que la contribución de la textura a la aceptabilidad es muy importante (Aguirre-Terrazas *et al.*, 1992). Otros en cambio señalan que el mayor criterio de preferencia es el color de la superficie de la judía (Hosfield *et al.*, 1984). Seguramente los dos aspectos sean igualmente importantes ya que el color es la carta de presentación de las judías y tanto el color como la textura son características fuertemente ligadas a la variedad.



Figura 4: Variedades tradicionales y comerciales de judías secas

Esta variabilidad organoléptica que presentan las judías se ve reforzada y ampliada en el gran número de preparaciones culinarias que admiten, fruto de la imaginación, los recursos y la cultura gastronómica de cada lugar.

1.2.4.1 La preparación culinaria de las judías

Cuando nos referimos a la gastronomía tradicional o popular entendemos que son preparaciones culinarias elaboradas con un producto básico, las judías, pero aderezadas, condimentadas o complementadas con productos asequibles en el propio territorio y preparadas según el gusto culinario local.

Las legumbres secas, en este caso las judías, necesitan de una larga preparación para poderse consumir siendo las fases básicas de este proceso el remojo y la cocción.

El remojo consiste en sumergir la legumbre en agua durante un periodo de tiempo determinado con la finalidad de hidratarla y facilitar el ablandamiento en la fase posterior. El remojo además, acorta el tiempo de cocción (Jackson y Varriano-Marston, 1982) y elimina parte de algunas de las sustancias consideradas antinutrientes como se ha señalado en el apartado 1.2.3.2.

La cocción, que consiste en hervir las judías cubiertas de agua hasta que estén suficientemente blandas, acostumbra a ser prolongada. Aunque hay judías que se cuecen en menos de una hora, la mayoría requieren por lo menos ese tiempo.

Uno de los aspectos conocidos que influyen en el remojo, la cocción y la calidad de las judías es el tipo de agua empleado. Si se consultan los libros de cocina o apelamos al saber popular, se constata que en general se recomienda utilizar agua de baja mineralización, baja en calcio o agua de lluvia, porque es sabido que la composición mineral del agua influye en la textura de la judía cocida. Se sabe que el calcio da textura dura y prolonga el tiempo de cocción y que el bicarbonato sódico facilita la cocción o palia el efecto de las aguas duras (de León *et al.*, 1992).

Una de las ventajas de las judías secas como alimento es que se conservan durante largos periodos de tiempo sin perder sus propiedades nutritivas, pero si no se almacenan en las condiciones adecuadas se produce el denominado “Hard-to-cook”, que consiste en que la cocción se hace muy larga debido a que las semillas se han endurecido. El fenómeno “Hard-to-cook” puede conllevar los siguientes tres efectos o alguno de ellos: piel impermeable cuando la judía no absorbe o le cuesta mucho absorber agua a través de la piel, “sclerema” cuando es el cotiledón el que no absorbe agua, y textura dura del conjunto de la semilla (El-Tabey, 1992).

Además del aumento del tiempo necesario para su preparación, el fenómeno comporta el aumento de la cantidad de combustible necesaria para llevar a cabo la cocción. En el apartado 1.2.3.2, en el párrafo dedicado al ácido fítico ya se han expuesto las teorías propuestas para explicar el fenómeno y citado a algunos de los muchos autores que lo han estudiado.

De los estudios realizados se sabe que las condiciones de almacenamiento que favorecen el desarrollo del fenómeno son, la alta humedad de la semilla, la humedad relativa ambiental (por encima del 80%) y la temperatura de almacenamiento (por encima de los 25°C). Estas condiciones son propias del ambiente de muchos países donde el consumo de judías forma parte de la dieta habitual. Para preservar al máximo la calidad de las judías deben guardarse a temperaturas preferiblemente por debajo de los 12°C y con humedad relativa por debajo del 70%, aunque la humedad del grano es determinante. El-Tabey (1992) señala que semillas con menos de un 10 % de contenido de humedad se mantuvieron bien durante 2 años a 25°C; en cambio las mismas judías con un 13 % de humedad a la misma temperatura se endurecieron rápidamente.

Estas condiciones las deberían tener en cuenta los mayoristas y detallistas de judías secas, especialmente estos últimos que a menudo tienen sacos de 50 o 100 kg de la legumbre en locales donde la temperatura y la humedad relativa son altas, con la consiguiente pérdida de calidad del producto.

Si se consultan los libros de cocina y la información que proporcionan las diferentes marcas de calidad se puede constatar la gran variedad de preparaciones culinarias, algunas tradicionales y otras de nueva creación, que se pueden elaborar a partir de las judías. En España la preparación más famosa es la Fabada Asturiana, pero también las alubias de Tolosa con berza, las “seques amb butifarra”, el “empedrat” o las judías del Barco guisadas. En el libro de cocina de referencia “1080 Recetas de Cocina” (Ortega, 1972) se recogen siete recetas diferentes a base de judías secas: “judías blancas con costra”, “judías blancas con salchicha y tocino”, “judías blancas de adorno”, “judías blancas en ensalada”, “judías blancas guisadas”, “judías encarnadas” y “judías pintas con arroz (moros y cristianos)”.

En función del sabor y de la textura, las judías se consumen básicamente de dos maneras: con el caldo de cocción: judías de Tolosa, Faba, Pinta, Canela, etc., que puede contener también cebolla, berza, tocino, chorizo u otros aditamento o secas: solas aliñadas con aceite, en ensalada o acompañando a platos de carne o pescado.

1.2.4.2 Producción y consumo de judías secas en Catalunya

En los apartados 1.2.1 y en el 1.2.2.2 se dice que Catalunya es una zona tradicional de cultivo y consumo de judías y se nombran las principales variedades cultivadas, muchas de ellas de origen mesoamericano (Sánchez *et al.*, 2007).

En el siglo XIX, la revolución industrial, con el desarrollo de la industria textil y la creación de las colonias industriales, reorganizó profundamente la estructura social en Catalunya (Giner 1984). Uno de los cambios importantes fue la incorporación masiva de las mujeres al trabajo con jornadas de hasta 12 horas. Al poder dedicar poco tiempo a la cocina surgieron, cerca de las fábricas, tiendas que vendían las legumbres, que eran básicas en la dieta de entonces, ya cocidas, lo que facilitaba enormemente las tareas domésticas de las mujeres trabajadoras (Domínguez, 2005; Parellada, 2008; Peix, 2009)

Estos establecimientos, que fueron los primeros en preparar alimentos precocinados, continúan preparando y vendiendo legumbres cocidas a diario y, aún hoy, gozan de gran

popularidad. Entre las legumbres más consumidas están las judías y las variedades que más se acostumbran a preparar son la Plancheta y las de tipo Navy, que son bastante económicas, aunque en muchos establecimientos también se venden del tipo Ganxet, más caras y apreciadas.

Las judías preferidas son las de gusto suave y poco harinosas, consumiéndose bien como plato principal, solas o mezcladas con verduras (coliflor, espinacas, acelgas), bien como acompañamiento de butifarra, carne a la plancha o bacalao, o frías en ensalada (empedrat, xató, etc.) pero siempre escurridas.

1.2.5 Herramientas para la mejora genética de caracteres sensoriales en judía

Hasta aquí se ha intentado poner de relieve que las judías son un importante alimento debido principalmente a su composición nutricional, a su relativa fácil conservación y a su gran adaptación agronómica a todo tipo de ambientes. Este último aspecto ha propiciado su amplia distribución en el mundo y el mantenimiento estable de una gran variabilidad tanto en la composición química como en la estructura física, lo que se traduce en una gran variabilidad sensorial. A la variabilidad genética debemos suponer que se suma la variabilidad ambiental puesto que la composición de las semillas se sabe que está fuertemente influenciada por las condiciones de cultivo, como también ocurre con otras estructuras de las plantas (Morel *et al.*, 1999; Bhattacharjee *et al.*, 2002; Radovich *et al.*, 2003; Labuschagne *et al.*, 2004; Casañas y Costell, 2006).

También se ha puesto de relieve que los requerimientos nutritivos de proteínas deberán satisfacerse en el futuro con un aporte vegetal importante, puesto que si se quiere alimentar a toda la población humana en constante crecimiento, es impensable que sea sostenible basándose fundamentalmente en la proteína animal. Las legumbres, y las judías en particular, admiten multitud de preparaciones culinarias, si además presumimos que existe una gran variabilidad sensorial entre ellas, la diversidad de preparaciones posibles puede ser considerable y contribuir al aporte de proteínas vegetales.

A pesar de ello la mejora sensorial o simplemente la descripción objetiva de la variabilidad ha quedado de momento fuera de los programas de mejora genética en beneficio de la producción, de la resistencia a enfermedades, de algunos caracteres culinarios y del contenido en algunos nutrientes (Conti, 1982; Elia *et al.*, 1997; Baudoin y Maquet, 1999; Ferreira *et al.*, 2003; Ferreira *et al.*, 2008). Todos ellos son objetivos lógicos para satisfacer las necesidades nutritivas básicas de la población, pero pensando en el futuro y en la recuperación del aprecio por las fuentes vegetales de proteína, no se puede olvidar la vertiente organoléptica.

Sabemos que introducir mejoras sensoriales en germoplasma de baja calidad es muy difícil por la dificultad de la medida de los atributos sensoriales y la naturaleza cualitativa de los caracteres implicados. Por ello debemos empeñarnos en desarrollar herramientas que nos permitan el manejo estandarizado de las muestras y su evaluación. De este modo podremos explorar la variabilidad y estudiar como se transmiten los caracteres sensoriales para aplicar estos conocimientos en programas de selección, mejora y protección de germoplasma.

Este es el propósito general de esta tesis, desarrollar herramientas rigurosas de medida para evaluar caracteres sensoriales de la judía, y aplicarlas al conocimiento de la variabilidad tanto fenotípica como genética. Dado que las variedades tradicionales tienen en su historia una componente de selección referente al valor sensorial (los agricultores consideran, entre otros muchos caracteres a la hora de seleccionar, si el producto les gusta) las aplicaciones de la metodología desarrollada se han efectuado fundamentalmente en variedades tradicionales, con el convencimiento de que algunas de ellas son el material de partida más adecuado para la mejora de la calidad sensorial. Ello no es una declaración de intenciones sino el inicio del camino por el cual parece más sencillo avanzar rápidamente. La consecución de variedades productivas, nutritivas y con elevado valor sensorial que se ajuste a diversas tipologías culinarias y demandas de los consumidores sigue siendo el objetivo final.

Bibliografía

Aguilera J. M. and Rivera R. 1992. Hard-to-cook defect in black beans: hardening rates, water imbibition and multiple mechanism hypothesis. *Food Research International*, 25 (2):101-108

Aguirre-Terrazas M.G., Anzaldúa-Morales A., Quintero A., Gastélum G., y Torres J.V. 1992. Influencia del remojo y de la cocción en la textura de alubias (*Phaseolus vulgaris*). *Revista Española de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*. 32 (4), 401-416

Aishima T. 2004. Sensory science: how can we catch up?. [en línea] 2da. edición de Percepnet. Junio 2004. Barcelona. [consulta 20 enero 2011] Disponible en: <http://www.percepnet.com/perc01_04.htm>

Anónimo. 1975.[en línea] Institute of Food Technologists - sensory evaluation division. Chicago, Illinois, IFT [consulta 31 enero 2011]. Disponible en <<http://www.ift.org/divisions/sensory/combined.PDF>>

Bárcenas P. 2001. “El panel de catadores”. Capítulo 5 en *Análisis Sensorial de Alimentos. Métodos y Aplicaciones*. Coordinado por Ibáñez F.C. y Barcina Y. Springer-Verlag Ibérica. Barcelona. Pág. 73-89

Baudoin J.P. and Maquet A. 1999. Improvement of protein and aminoacid contents in seeds of food legumes. A case study in *Phaseolus*. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 3, 220-224

Belitz H.D. and Grosh W. 1997. *Química de los Alimentos*. 2ª edición. Ed. Acribia. Zaragoza. 1087 pág.

Bennink M. 2005. Eat beans for good helath. Annual report of the bean Improvement Cooperative. Vol 48, 1-5

Bhattacharjee P., Signal R.S. and Kulkarni P.R. 2002. Basmati rice: a review. *Interntional Journal of Food Science and Technology* 37, 1-12

Bufe B and Mayerhof W. 2006. The human perception of taste compounds in Flavor in Food. Ed. Viley A. and Etiérant P. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK. pp 3-35.

Campion B., Perrone D., Galasso I. and Bollini R. 2009. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines devoid of major lectin proteins. *Plant breeding*, 128, 199-204

Cardinal M., Cornet J., Qannari A. and Qannari E. M. 1994. Performances d'un groupe d'évaluation sensorielle: exemples de traitements statistiques des données. *Sciences des Aliments*, 14, 251-263.

Carlucci A. and Monteleone E. 2001. Statistical validation of sensory data: a study on wine. *Journal of Science of Food and Agriculture* 81, 751-758

Casals J. 2004. La realitat socio-econòmica del cultiu de mongeta del Ganxet (*Phaseolus vulgaris* L.) en l'àmbit de la futura denominació d'origen protegida : caracterització dels productors i del germoplasma cultivat. Trabajo Final de Carrera. Tutor: Casañas F. Escola Superior d'Agricultura de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya

Casañas F., Pujolà M., Bosch L., Sánchez E., and Nuez F. 2006. Chemical basis for low sensory perception of Ganxet bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coat. *Journal of Science of Food and Agriculture* 82, 1282-1286

Casañas F. and Costell E. 2006. Calidad organoléptica. En *Mejora Genética de la Calidad de Plantas*. G. Llàcer, M.J. Díez, J.M. Carrillo and M.L. Badenes (eds.) Sociedad Española de Ciencias Hortícolas. Sociedad Española de Genética. Universidad Politécnica de Valencia. Pág. 19-41

Conti L. 1982. Bean germplasm evaluation from the collection at Minoprio (Como, Italy) in view of a breeding program for the improvement of the proteic content of the seed. *Genetica Agraria* 36, 375-392.

Costell E., Damasio M.H., Izquierdo L. and Duran, L. 1989. Selección de un equipo de catadores para el análisis descriptivo de la textura no oral de geles de hidrocoloides. *Revista Española de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*, 29(3), 375-383

Costell E. and Durán L. 1981. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. I. Introducción. *Revista Española de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*. 21(1): 1-10

Duran L. 1971. Medida del color de los alimentos. I Introducción. *Revista Española de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos*. 11(2): 168-171

Cheftel J.C., Cheftel H. and Besançon P. 1983. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Volumen II. Ed. Acribia. Zaragoza, 404 pág.

De León L. F., Elías L.G. and Bressani R. 1992. Effect of SALT solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristics of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *Food Research International* 25, 131-136

Domínguez V. 2005. Treball femení a la indústria tèxtil llanera de Sabadell durant el segle XX. Tesis doctoral. Departament d'Antropologia Social i Cultural. Universitat Autònoma de Barcelona. Pàg. 313

El Periódico. 2006. Una joya culinaria. El Periódico, edición de Aragón, miércoles 23 de agosto.

El-Tabey A. M. 1992. Hard-to-cook phenomenon in legumes. *Food Reviews International*, 8(2), 191-221.

Elia F.M., Hosfield G.L. and Uebersax M.A. 1997. Genetic analysis and interrelationships between traits for cooking time, water absorption and, protein and tannin content of Andean dry beans. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122, 512-518

FAO [en línea] [consulta 20 diciembre 2010]. Disponible en:
<<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>

Ferreira JJ, Rodríguez C, Pañeda A, Giraldez R. 2003. Evaluation of *Phaseolus vulgaris* germoplasm for resistance to five anthracnose races isolated in Northern Spain. *Annual Report of the Bean Improvement Cooperative* 46, 171-172

Ferreira JJ, Campa A, Pérez-Vega E, Giraldez R. 2008. Reaction of a bean germplasm collection against five races of *Colletotrichum lindemuthianum* identified in Northern Spain and implications for breeding. *Plant Diseases* 92, 705-708

Galiotou-Panayotou M., Kyriakidis N.B. and Margaris I. 2008. Phytase-phytate-pectin hipótesis and quality of legumes cooked in calcium solutions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88, 355-361

García de diego L., Guillamón E., García-Lafuente A., Villares A., Rostagno MA. and Martínez J.A. 2008. Papel de las leguminosas en una dieta saludable. III Jornadas de la Asociación Española de Leguminosas y IV Seminario de Judías de la Península Ibérica. 2-4 de septiembre. Valladolid. Vol 3, 31-51

Gepts P. and Debouck D. 1991. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*) in Common Beans. *Research for Crop Improvement*. Edited by Schoonhoven van A. and Voysest. CAB and CIAT. Wiltshire (UK). 980 pág

Gepts P., Osborn T. C., Rashka K. and Bliss F. A. 1986. Phaseolin-protein Variability in Wild Forms and Landraces of the Common Bean (*Phaseolus vulgaris*): Evidence for Multiple Centers of Domestication. *Economy Botany*, Volum 40, number 4, 451-486.

Giner S. 1984. The social structure of Catalonia. The Anglo-Catalan Society. Occasional Publications. University of Sheffield Printing Unit. 25-29.

Gonzalez de Mejía E., Valadez-Vega M.C., Reynoso-Camacho R. and Loarca-Pina G. 2005. Tannins, Trypsin Inhibitors and Lectin Cytotoxicity in Tepary (*Phaseolus acutifolius*) and Common (*Phaseolus vulgaris* L.) Beans. *Plant Foods for Human Nutrition* 60, 137-145

Guerrero L., 2006. Métodos y técnicas matemáticas de análisis. Capítulo 5 en “Mejora genética de la calidad de plantas” Editores: Yacer G., Díez M.J., Carrillo J.M., Badenes M.L. Universidad Politécnica de Valencia pág. 107-126

Hosfield G.L., Ghaderi A. and Uebersax M. A. 1984. A factor analysis of yield and sensory and physico-chemical data from tests used to measure culinary quality in dry edible beans. *Canadian Journal of Plant Science* 64, 285-293

IDESCAT. [en línea] [consulta 22 diciembre 2010]. Disponible en:
<<http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=446&t=2001&x=8&y=10>>

ISO 8585-1. 1993. Sensory Analysis - General guidance for the selection, training, and monitoring of assessors. Part I: Selected assessors. International Organization for Standardization (Génève, Switzerland)

ISO 8586-2. 2008. Sensory Analysis- General guidance for the selection, training, and monitoring of assessors. Part II: Expert sensory assessors. International Organization for Standardization (Génève, Switzerland)

ISO 5496. 2006. Sensory analysis. Methodology. Initiation and training of assessors in the detection and recognition of odours. International Organization for Standardization (Génève, Switzerland)

ISO 5492. 2008. Vocabulary, International Organization for Standardization (Génève, Switzerland).

ISO 8589. 2007. Sensory Analysis – General Guidance for the Design of Test Rooms. International Organization for Standardization (Génève, Switzerland).

Jackson G.M. and Varriano-Marston E. 1982. Hard-to-cook phenomenon in beans: effects of accelerated storage on water absorption and cooking time. *Journal of Food Science*, 46 (3), 799-803

Khattab R.Y., Arntfield S.D. and Nyachoti C.M. 2009. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments. Part 1: Protein quality evaluation. *Food Science and Technology* 42, 1107-1112

Khattab R.Y. and Arntfield S.D. 2009. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. *Food Science and Technology* 42, 1113-1118

Kigel J. 1999. Culinary and nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* seeds as affected by environmental factors. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 3 (4) 205-209

Labuschagne I.F., Schmidt K. and Booyse M. 2004. Fruit quality assessment in apple breeding progenies. In F. Laurens and K. Evans (eds.) *Acta Horticulturae* 663, 321-325

Latreille J., Mauger E., Ambroisine L., Tenenhaus M., Vincent M, Navarro S. and Guinot C. 2006. Measurement of the reliability of sensory panel performances. *Food Quality and Preference* 17, 369-375

Lawless HT and Heyman H. 1998. *Sensory Evaluation of Food*. Springer, New York, USA. 827 pág.

Lea P., Rodbotten M. and Næs T. 1995 Measuring validity in sensory analysis. *Food Quality and Preference* 6, pp 321-326

Lea P., Næs T. and Rodbotten M. 1998. Analysis of Variance for Sensory Data. John Wiley and Sons. New York. 102 pág.

Lespinasse N., Scandella D., Vaysse P., Navez B. 2002. Mémento évaluation sensorielle des fruits et légumes frais. Éditions Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Ctifl. Paris. 143 pág.

MARM [en línea] [consulta 20 diciembre 2010]. Disponible en:
<<http://www.mapa.es/estadistica/pags/encuestacultivos/boletin2008.pdf>>

Martens M. 1999. A philosophy for sensory science. Food Quality and Preference 10, pp 233-244

Martínez-Villaluenga C, Frías J and Vidal-Valverde C. 2004. Raffinose family oligosaccharides and sucrose contents in 13 spanish lupin cultivars. Food Chemistry. 91, 645-649.

Medeiros C. M., de Mattos C., Pires J.C., Marcos E. M. and Mui S. 2007. Effect of phytate and storage conditions on the development of the “hard-to-cook” phenomenon in common beans, Journal of the Science of Food and Agriculture 87, 1237-1243

Meilgaard, M., Civille, G. V. and Carr, B. T. 2007 Sensory evaluation techniques. 4th Edition. New York. CRC Press. 448 pág.

Meiselman H L. and Schutz H G. 2003. History of Food Acceptance Research in the US Army. Appetite 40, 199-216

Morel S., Harrison R.E., Muir D.D. and Hunter E. A. 1999. Genotype, location, and harvest date effects on sensory character of fresh and frozen red raspberries. Journal of the American Society for Horticultural Science 124, 19-23

Muzquiz M., Burbano C., Ayet G., Pedrosa M.M. and Cuadrado C. 1999. The investigation of antinutritional factors in *Phaseolus vulgaris* L. environmental and varietal differences. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 3 (4), 210-216

Næs, T. and Solheim, R. 1991. Detection and interpretation of variation within and between assessors in sensory profiling. Journal of Sensory Studies, 6, 159-177

Næs, T. and Langsrud Ø. 1998. Fixed or random assessors in sensory profiling? Food Quality and Preference, Vol 9, nº 3 pp 145-152

Noble A.C., Grivetti L.E., and whitaker J.R. [en línea]. University of California: in memoriam. 1990 [consulta 27 enero 2011]. Disponible en:
<<http://content.cdlib.org/xtf/view?docId=hb5f59n9gs&doc.view=frames&chunk.id=div00029&toc.depth=1&toc.id=>>>

O'Mahony, M. 1986. "Sensory Evaluation of Food. Statistical Methods and Procedures". Marcel Dekker, Inc. New York. 487 pág.

Oomah B.D., Blanchard C., and Balasubramanian P. 2008. Phytic Acid, Phytase, Minerals and Antioxidant Activity in –Canadian Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*) Cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 11312- 11319

Ortega S. 1972. 1080 Recetas de Cocina. Alianza Editorial. Madrid

Paredes-López O., Reyes-Moreno C., Montes-Rivera R and Carabez-Trejo (1989) Hard-to-cook phenomenon in common beans influence of growing location and hardening procedures. International Journal of Food Science and Technology 24, 535-542

Parellada A., 2008. Tiempo de Legumbres. ES Suplemento de La Vanguardia. 1/11/2008

Peix J. 2009. Comunicación personal

Pujolà M., Farreres A. and Casañas F. 2007. Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L), Food Chemistry. Vol. 102, (4) 1034-1041

Radovich T.J.K., Kleinhez M.D., Sanchez-Vela A., Scheerens J. C. and Schult B. 2003. Fresh cabbage sensory quality: components and the impact of production factors. In R.K. Prange (edt.), Acta Horticulturae 628, 787-795

Rodiño, A. P., Santalla, M., Monteiro I., Casquero, P.A. and De Ron, A.M. 2001. Diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris*) germplasm from Portugal. Genetic Resources and Crop Evolution, 48, 409-417.

Rodiño, A. P., Santalla, M., De Ron, A. M. and Singh S. P. 2003. A core collection of common bean from the Iberian peninsula. Euphytica, 131, 165-175

Salunkhe D.K. and Kadam S.S. 1989. Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization. Volume I. Ed: Salunke, D.K. and Kadam S.S CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 310 pág.

Salunkhe, D.K, Sathe K.S., and Deshpande S.S.. 1989. French bean in Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilization. Volume II. Ed: Salunke, D.K. and Kadam S.S CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 294 pág.

Sánchez E., Sifres A., Casañas F. and Nuez, F. 2007. Common bean (*Phaseolus vulgaris*) landraces in Catalonia, a Mesoamerican germplasm hotspot to be preserved. Journal of Horticultural Science & Biotechnology 82 (4) 529-534

Sancho J., Bota E. y Castro J.J. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Edicions Universitat de Barcelona, Barcelona. 336 pág.

Santalla M., De Ron A.M. and Voysest O. 2001. European market classes. In Amurrio JM., Santalla M. and De Ron A.M. (ed.) Catalogue of bean genetic resources. Fundación Pedro

Barrié de la Maza / PHASELIEU – FAIR – PL97 – 3463 / Misión Biológica de Galicia CSIC. Pontevedra. Spain. Pág. 77- 94.

Santalla M., Rodiño, A. P. and De Ron, A. M. 2002. Allozyme evidence supporting southwestern Europe as a secondary center of genetic diversity for the common bean. *Theoretical and Applied Genetics*, 104, 934-944

Schoonhoven van A. and Voysset. 1991. Introduction in Common Beans. Research for Crop Improvement. Edited by Schoonhoven van A. and Voysset. CAB and CIAT. Wiltshire (UK). 980 pág.

Shellie-Dessert, K. C. and Bliss, F. A. 1991. Genetic improvement of food quality factors in Common Beans. Research for Crop Improvement. Edited by Schoonhoven van A. and Voysset. CAB and CIAT. Wiltshire (UK). 980 pág

Singh S. P. 1999. Production and Utilization. Chapter I in Common Bean Improvement in the Twenty-First Century. Edited by Singh P.Sh. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. Netherlands. 405 pág.

Tilgner, J.D. 1971. A retrospective view of sensory analysis and some considerations for the future. *Advances of Food Research* 19, 215-277

Wang N., Hatcher D.W., Tyler R.T., Toews R. and Gawalko E.J. 2010. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International* 43, 589-594

Zeven, A. C. 1997. The introduction of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) into western Europe and the phenotypic variation of dry bean collected in The Netherlands in 1946. *Euphytica*, 94, 319-328

2. OBJETIVOS

2. Objetivos

2.1 Objetivos generales

a) Metodológicos. Se pretenden desarrollar herramientas para la medida objetiva de los atributos sensoriales en judía

b) Aplicaciones. Se pretende utilizar las herramientas desarrolladas para explorar la variabilidad en las características sensoriales de la judía, profundizar en la importancia de la componente genética y ambiental en el valor fenotípico de estos caracteres, investigar sobre la base química de algunas diferencias sensoriales y explorar nuevos usos culinarios de la judía grano. En resumen, demostrar que es posible distinguir y documentar objetivamente diferencias entre variedades y/o lugares de cultivo, y que es posible defender los mercados particulares más allá de modas mediáticas.

2.2 Objetivos específicos

La tesis consta de 5 artículos. Cuatro de ellos están publicados y el quinto esta en fase de elaboración final, añadiendo la experiencia adquirida a partir del uso continuado de la metodología propuesta. En cada uno de los artículos, ligados a los objetivos generales, se pretenden alcanzar los siguientes objetivos específicos:

2.2.1. Artículo 1. Metodológico. Titulo: “A standardized method of cooking common beans (*Phaseolus vulgaris L*) for chemical and sensory analysis”. Revista propuesta: Journal of Food Quality (en fase de revisión siguiendo indicaciones de los evaluadores)

Objetivos:

i) Recopilar las prácticas tradicionales de preparación de judías secas y seleccionar los procedimientos más comunes.

ii) Utilizar la información recopilada para proponer y contrastar un protocolo de preparación de judías secas cocidas para el análisis químico y sensorial suficientemente reproducible que, basado en los aspectos más relevantes de los métodos tradicionales, proporcione la repetibilidad adecuada para las pruebas de análisis químico y sensorial, sea

fácilmente reproducible entre laboratorios y muestre todo el potencial sensorial y nutritivo de las judías.

2.2.2. *Artículo 2. Metodológico.* Título: “Training, validation, and maintenance of a panel to evaluate the texture of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)”. Publicado en *Journal of Sensory Studies* 23, 303-319 (2008)

Objetivos:

- i) Seleccionar y entrenar un panel de catadores para evaluar la textura de judías secas
- ii) Determinar los atributos más importantes en la determinación de la textura de este producto y elaborar una hoja de cata
- iii) Validar al panel como evaluador de los atributos elegidos
- iv) Evaluar el comportamiento del panel a lo largo del tiempo

2.2.3. *Artículo 3. Aplicación de los métodos.* “Título: Variability in some texture characteristics and chemical composition of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.)”. Publicado en *Journal Science of Food and Agriculture*, 86, 2445-2449 (2006)

Objetivos:

- i) Analizar las diferencias en la textura y en la composición química de cuatro variedades de judías, ambas desde el punto de vista químico y sensorial
- ii) Aplicar la misma aproximación para investigar la variabilidad dentro de la variedad local Ganxet, una de las variedades españolas más prometedoras desde el punto de vista organoléptico.

2.2.4. *Artículo 4. Aplicación de los métodos.* Título: “Protected Designation of Origin in beans (*Phaseolus vulgaris* L.): towards an objective approach based on sensory and agromorphological properties”. Publicado en *Journal of Science of Food and Agriculture*, 88, 1954-1962 (2008)

Objetivos:

- i) Determinar diferencias agronómicas, sensoriales y comerciales entre judías provenientes de dos DOPs
- ii) Describir el rango de variación en los atributos sensoriales y comerciales dentro de cada una de las DOPs

iii) Valorar la posibilidad de documentar objetivamente, desde el punto de vista sensorial, DOPs de judía seca y las consecuencias de ello para productores y consumidores

2.2.5. *Artículo 5. Aplicación de los métodos.* Título: “Culinary alternatives for common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): sensory characteristics of immature seeds”. Publicado en *Journal Science of Food and Agriculture* 90, 1642-1649 (2010)

Objetivos:

i) Estudiar las diferencias sensoriales entre granos maduros e inmaduros de tres judías de elevado prestigio gastronómico: Ganxet (DOP), Sta. Pau (DOP en trámite) y Faba (IGP), cultivadas en sus respectivas zonas productoras para determinar si el grado de madurez en la cosecha, la variedad y el ambiente generan diferencias sensoriales o culinarias que puedan ser explotadas gastronómicamente.

3. ANÁLISIS SENSORIAL DE JUDÍAS SECAS
3.1 METODOLOGIA

El capítol 3 conté el text íntegre de 4 articles de revista que no poden ser publicats

Chapter 3 contains the full text of journal articles 4 cannot be published here

El capítulo 3 contiene el texto íntegro de 4 artículos de revista que no pueden publicarse aquí.

3.1.1 A standardized method of preparing common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) for chemical and sensory analysis. Romero del Castillo R., Costell E., Casañas F.
Journal of Food Quality (en fase de revision)

Journal of Sensory Studies **27**, 188-195, (2012)

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-459X.2012.00381.x/pdf>

3.1.2 Training, validation and maintenance of a panel to evaluate the texture of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Romero del Castillo R., Valero J., Casañas F., and Costell E.

Journal of Sensory Studies **23** 303–319 (2008)

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-459X.2008.00157.x/full>

3.2.1 Variability in some texture characteristics and chemical composition of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Francesc Casañas, Montserrat Pujolà, Roser Romero del Castillo, Antoni Almirall, Esther Sánchez and Fernando Nuez

Journal of Science of Food and Agricultura **86**: 2445 – 2449 (2006)

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.2638/full>

3.2.2 Protected Designation of Origin in beans (*Phaseolus vulgaris* L.): towards an objective approach based on sensory and agromorphological properties. Roser Romero del Castillo, Antoni Almirall, Jordi Valero, and Francesc Casañas

Journal of Food Science of Food Agricultura **88**:1954 – 1962 (2008)

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.3303/full>

3.2.3 Culinary alternatives for common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): sensory characteristics of immature seeds. Romero del Castillo R., Valero J., Ferreira J.J., Pérez-Vega E., Almirall A., and Casañas F.

Journal of Science of Food and Agricultura **90** 1642-1649 (2010)

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.3995/full>

4. DISCUSIÓN GENERAL

4. Discusión de los resultados

4.1 Sobre la metodología

Los dos trabajos metodológicos que forman parte de esta tesis son interdependientes ya que, para la determinación de los atributos más importantes que caracterizan sensorialmente a las judías y entrenar un panel para evaluarlas objetivamente, es preciso disponer de un método de preparación estandarizado que no se aleje del tratamiento que los consumidores suelen dar al producto. A su vez, para validar el método, es necesario disponer de un panel entrenado que sea capaz de evaluar la bondad y repetibilidad del protocolo propuesto. Por ello los dos artículos avanzaron en paralelo y uno de ellos está en fase de completarse con la experiencia recogida en el uso del método durante diversos años.

Para el diseño del método de cocción de judías se partió del protocolo establecido por la Norma UNE 87028 (1997) para la preparación de legumbres para el análisis sensorial y en el cual se observaron algunos problemas de uso: a) ambigüedad en la elección del tipo de agua que debe emplearse para la cocción (“de mineralización media”), lo que claramente puede influir en las características sensoriales y en la composición de las química de las judías (De León *et al*, 1992), b) necesidad de grandes volúmenes de agua tanto en el remojo como en la cocción, lo que llevaba a su vez a utilizar recipientes muy grandes, y c) exigencia de un escaldado previo a la cocción que se traducía, al trabajar con cantidades pequeñas, en que las judías quedarán muy rotas al final de la cocción.

Para diseñar un protocolo que resolviera estos aspectos se empezó encuestando a profesionales de la cocción de legumbres y a cocineros. Con la información obtenida se elaboró un protocolo básico a partir del cual se realizaron experimentos con ocho variedades distintas de judías para verificar la bondad del mismo respecto del protocolo de la Norma UNE.

El nuevo protocolo utiliza volúmenes más pequeños de agua tanto para el remojo (no hay diferencias en la extracción de sólidos en función del volumen utilizado) como para la cocción, con el consiguiente ahorro de agua y el poder utilizar recipientes de tamaño menor. El volumen de agua propuesto para el remojo en el nuevo protocolo fue

una relación 1:3 de judías *versus* cantidad de agua, que es el que también utilizan otros autores como De León *et al.* (1992) y Costa de Oliveira *et al.* (2001).

Las pruebas pareadas de análisis sensorial realizadas para comparar el uso de agua de mineralización baja del comercio con agua destilada, así como las pruebas culinarias realizadas (densidad de las judías remojadas, tiempo de cocción y porcentaje de judías enteras después de la cocción) no dieron diferencias significativas, por lo que en el nuevo protocolo se establece el uso de agua destilada por ser universal y por no causar confusión sobre su efecto en la composición de las judías, además de existir propuestas similares de otros autores (Medeiros *et al.*, 2007).

El nuevo protocolo elimina el escaldado por lo que se acorta el tiempo de preparación total al eliminar parte de la manipulación, aunque el tiempo de cocción estricto es más largo (93,1 min respecto de 77,8 min). Además la eliminación del escaldado se traduce en un porcentaje mucho más elevado de judías enteras: 67,3 respecto de 45,4 del protocolo de la norma UNE, que era uno de los problemas más importantes a resolver.

Paralelamente, se ha conseguido formar un panel de catadores para judías secas, seleccionar los atributos más representativos de la textura de las judías y elaborar la ficha de cata, así como validar el panel y controlar su eficiencia en el tiempo. .

Para la selección de los atributos se partió de la siguiente lista elaborada a partir de la bibliografía (Duran y Calvo, 1982; Sanz, 1997): *Integridad del grano, rugosidad, percepción de la piel, granulosidad, dureza, harinosidad, cremosidad y adhesividad*. Durante las sesiones de entrenamiento se discutieron todos los atributos y se descartaron la integridad *del grano*, porque se puede cuantificar fácilmente calculando el porcentaje en peso de judías enteras, la *granulosidad*, porque se puede confundir con la *harinosidad* y porque si las judías están bien cocidas no son granulosas, y la *adhesividad*, porque no es una característica relevante en judías y además, a veces, la piel impide su evaluación. Se realizó un experimento que puso de manifiesto que, en judías secas, *cremosidad* y *harinosidad* son extremos del mismo atributo, es decir una judía no puede ser cremosa y harinosa a la vez. Finalmente los atributos elegidos fueron: *rugosidad de la piel* que, aunque no es muy importante para los consumidores, es una característica varietal que puede estar influenciada por el ambiente de cultivo o el agua de preparación y que además afecta al aspecto de la judía en el plato, *percepción*

de la piel, por ser una característica relevante en la toma de decisiones por los consumidores (Casañas *et al.*,2002) y *cremosidad/harinosidad*, ya que es una característica importante de la judía y que afecta a sus usos culinarios. La *dureza* se ha considerado un atributo opcional a evaluar, ya que si las judías están bien cocidas no son duras, solamente en los casos en que se consideren circunstancias que puedan influir en la dureza como comparar tiempos de cocción (en la esterilización, por ejemplo) o estudiar la influencia de diferentes condiciones de almacenamiento debe considerarse este carácter.

La representación de los valores extremos de las escalas de los diferentes atributos se realizó procurando minimizar el número de variedades a utilizar. Con la judía Ganxet-Montcau y la Tolosa y utilizando diferentes proporciones de cloruro cálcico en el agua de cocción, se pueden preparar todos los extremos de los atributos a evaluar, simplificando de este modo en gran medida la preparación de las referencias en las sesiones de análisis sensorial.

Se efectuó una prueba para validar el panel en la que se estudiaron las interacciones entre catador y judías, resultando únicamente significativa la interacción para el atributo *cremosidad/harinosidad* de la cual era responsable un solo catador y para una sola entrada. Ello puso de manifiesto el grado de homogeneidad del panel que al mismo tiempo fue capaz de identificar, de forma estadísticamente significativa, diferencias en la textura de las cuatro judías evaluadas.

Un año después de la validación del panel se realizó un experimento para verificar su eficiencia, consistente en evaluar cuatro variedades de judías diferentes cultivadas a su vez en cuatro localidades distintas.

El estudio de las interacciones mostró significación en diferente grado para los tres atributos estudiados. *Rugosidad de la piel* y *cremosidad/harinosidad* fueron los que presentaron más interacciones significativas, lo que puso de manifiesto la necesidad de reentrenar al panel así como señaló a los catadores que más necesitaban este reentrenamiento.

El mayor número de interacciones significativas variedad x catador en comparación con las que se hallaron en el ensayo de validación del panel puede atribuirse parcialmente a la complejidad del experimento llevado a cabo. Aún así las diferentes variedades fueron claramente diferenciadas entre ellas en cuanto a los atributos

sensoriales y también las localidades donde se cultivaron, lo que mostró la capacidad del panel para discriminar no solamente entre variedades sino también entre judías de la misma variedad cultivadas en localidades diferentes.

4.2 Sobre la aplicación de la metodología

Una vez comprobada la eficiencia del método de preparación y la capacidad discriminante del panel en los dos primeros trabajos, se emplearon estas herramientas en tres casos distintos de estudio de la variación, siempre con objeto de poder evaluar las diferencias objetivas entre productos que llegan al consumidor con catalogaciones imprecisas o diseccionar la variación fenotípica para emprender procesos de mejora.

El primer trabajo de aplicación se efectuó para determinar las diferencias genéticas en caracteres sensoriales entre cuatro variedades de prestigio y dentro de una de ellas. A su vez, se realizaron análisis de algunos componentes químicos para facilitar la prospección de entradas dado que el análisis sensorial mediante panel no permite el manejo de un número grande de muestras. Las variedades elegidas presentaron un amplio rango de variación sensorial para los atributos estudiados, siendo Genoll de Crist y Castellfollit del Boix las que presentaron una superficie de la piel más lisa y Ganxet la más cremosa y la que presentó la piel menos perceptible. La variedad Canela, que se incluyó en el experimento como variedad comercial de éxito, fue la que presentó la piel más perceptible, compartiendo con Genoll de Crist el ser bastante harinosa. Dado que la elección se efectuó solo atendiendo a la popularidad de las variedades y no a criterios genéticos, la abundancia de diferencias sensoriales encontradas en la textura hace sospechar que estas son muy cuantiosas si consideramos el conjunto de las variedades de judía.

El panel no fue capaz de percibir diferencias significativas entre las líneas Ganxet que se eligieron para estudiar la variabilidad intravarietal. Ello sugiere que cuando las entradas se aproximan al ideotipo varietal el producto que llega a los consumidores tiene características texturales homogéneas.

Con respecto a la composición química, todas las variedades consideradas presentaron diferencias significativas entre ellas excepto para el contenido en Mg de la piel. La proteína y la proporción amilosa/amilopectina, relacionadas en otras especies como el arroz con la cremosidad (Ong y Blanxhard, 1995; Ramesh *et al.*, 2000)

presentaron una variabilidad significativa. La relación entre la composición química y la percepción sensorial fue consistente respecto a que las judías más cremosas fueron las de mayor contenido proteico pero los resultados no corroboraron la relación respecto a la amilosa/amilopectina. El contenido en ácidos urónicos parece ser un buen indicador de la percepción de la piel con una correlación de $-0,95$ ($P=0,05$), mejor que el contenido en Ca y Mg que no dan correlación significativa como se había hallado anteriormente (Casañas *et al.* 2002).

Las líneas Ganxet ensayadas presentaron algunas diferencias significativas respecto a la composición química. Como ya se ha indicado estas diferencias no se reflejaron en el análisis sensorial. Por ello en las aplicaciones del método que corresponde a los dos últimos trabajos de la tesis se abandonó la aproximación química en espera de mejorar nuestra comprensión de la base molecular de las diferencias sensoriales en judía y se procedió a un enfoque estrictamente sensorial mediante panel.

En el trabajo sobre la DOP “Mongetes del Ganxet” y sobre la DOP en trámite “Fesols de Santa Pau” para comprobar en que medida el análisis sensorial y agromorfológico permite diferenciar objetivamente DOPs más allá de cuestiones culturales o históricas, los resultados confirmaron la bondad de este enfoque puesto que los productos de las dos DOP se pudieron separar desde el punto de vista culinario y sensorial. Las judías de la DOP “Mongetes del Ganxet” tienden a romperse menos durante la cocción, tienen la piel más rugosa pero menos perceptible y son menos harinosas que las de la DOP “Fesols de Santa Pau”.

A pesar de que las diferencias ambientales entre las dos DOPs no son grandes y las variedades cultivadas en cada una de ellas no son muy diferentes (ambas son de semillas blancas y origen Mesoamericano), los productos resultantes (ambos apreciados por la baja percepción de la piel y la baja harinosidad) se pueden distinguir objetivamente por sus características agromorfológicas, culinarias y sensoriales. Así mismo los productos provenientes de las dos DOPs reflejaron diferencias en el rendimiento, en el porcentaje de semillas no comerciales y en el tamaño.

El análisis multivariante de las características del suelo reveló que las tres áreas de la DOP Mongetes del Ganxet quedan relativamente agrupadas y diferenciadas de las de la DOP Fesols de Santa Pau por un contenido más bajo de K y una menor Capacidad de Intercambio Catiónico. A su vez, dentro de la DOP Mongetes del Ganxet, los terrenos

de la zona del Maresme se diferenciaron de las localidades del Vallès por un menor pH y un menor contenido en Ca.

Cuando se estudió si había diferencias significativas entre localidades dentro de las dos DOPs, en los caracteres culinarios y sensoriales, se observó que en la DOP “Fesols de Santa Pau” las diferencias eran mínimas probablemente debido a que es un territorio pequeño y homogéneo. En cambio en la DOP “Vallès-Maresme se encontraron algunas diferencias significativas asociadas a las diferencias edafológicas mencionadas en el párrafo anterior. Esto quiere decir que los consumidores pueden no solo distinguir fácilmente entre las judías de las dos DOPs (con diferencias percibidas en los tres caracteres) sino que también pueden distinguir entre judías de diferentes localidades de la misma DOP respecto de la *percepción de la piel*. El panel entrenado fue incapaz de diferenciar entre judías de diferentes localidades de la misma DOP respecto a la *cremosidad/harinosidad*, cosa que seguramente los consumidores, menos entrenados, tampoco son capaces de hacer.

El panel también fue capaz de distinguir entre años de producción para los caracteres *rugosidad de la piel* y *cremosidad/harinosidad* en la DOP “Vallès-Maresme” y para la *percepción* de la piel en la DOP “Santa Pau”, aunque las diferencias fueron pequeñas.

Con este trabajo se ha puesto de manifiesto que el uso del análisis sensorial puede de manera objetiva, además de caracterizar y distinguir el producto respecto de otros, recomendar combinaciones especiales de variedad x localidad para usos especiales del producto en función del consumo que se quiera realizar, por ejemplo en fresco o en conserva. Ello debería contribuir a un reconocimiento de las marcas asociadas a un territorio con un enfoque sensorial descriptivo que acompañe a las cuestiones culturales, que han sido hasta ahora preponderantes en la concesión de estos reconocimientos.

La última aplicación de la metodología desarrollada presentada en esta tesis es la descripción sensorial de las judías consumidas con el grano inmaduro, habitualmente conocidas como pochas, intentando comprender porqué este tipo de producto se consume únicamente en algunas variedades y zonas. Entender este hecho contribuiría a fomentar su consumo cuando fuese objetivamente defendible. Se eligieron tres variedades españolas de prestigio: Faba Asturiana (IGP), Mongeta del Ganxet (DOP) y Mongeta de Santa Pau (DOP en trámite), de las cuales se cultivaron varios tipos en diferentes localidades de cada zona durante dos años consecutivos. Los resultados del

análisis sensorial pusieron de manifiesto que el tipo de cosecha (madura o inmadura) da un producto significativamente diferente respecto de la *rugosidad de la piel* y la *percepción de la piel* en las tres áreas estudiadas. También se detectaron diferencias respecto de la intensidad del *flavor* para las judías de Santa Pau y Faba. En cambio no se hallaron diferencias entre la *cremosidad/harinosidad* de las semillas maduras e inmaduras en ninguna de las tres variedades.

Además se encontraron diferencias entre las variedades de Fesols de Santa Pau para todos los atributos, solo para la percepción de la piel entre las variedades Mongetes del Ganxet y ninguna entre las variedades de Faba Asturiana. Igualmente, se encontraron diferencias entre localidades en la DOP Mongetes del Ganxet para todos los atributos y para la rugosidad de la piel entre localidades de la DOP Fesols de Santa Pau.

Es especialmente relevante que las diferencias encontradas entre judías pochadas y maduras no son siempre en el mismo sentido. Por ejemplo el atributo *percepción de la piel*, muy importante para los consumidores, es significativamente más bajo en las Fabas pochadas que en las maduras. En cambio en Santa Pau y Ganxet es al revés, lo cual explicaría la buena fama de la que popularmente gozan las Fabas pochadas.

El estudio de los parámetros culinarios además de diferencias significativas en cuanto al tiempo de cocción y en cuanto al porcentaje de semillas enteras entre pochadas y maduras y en algunos casos entre localidades, variedades y años, puso de manifiesto que las judías pochadas cultivadas en Santa Pau quedaban excesivamente rotas. Este hecho junto a que también eran las que tenían la piel más perceptible explicaría que las judías de Santa Pau no se usen tradicionalmente en su forma pochada (ni parecen buenas candidatas a este tipo de aprovechamiento). En cambio las judías Ganxet quedan en una zona intermedia donde las diferencias entre maduras e inmaduras no son tan evidentes y se puede explorar la preparación y consumo de las judías pochadas.

Al poner de manifiesto que las diferencias culinarias y gastronómicas entre las semillas maduras e inmaduras dependen del genotipo y del ambiente, se concluye que para cada área y genotipo hay que hacer pruebas para determinar su valor gastronómico potencial.

La metodología desarrollada ha demostrado ser eficiente para estudiar la variabilidad de los caracteres sensoriales de la judía, permitiendo profundizar en la

importancia de los aspectos genéticos, ambientales y de interacción. Como se decía en la introducción, el valor de las judías en los países desarrollados se corresponde, cada vez más, con el valor sensorial. La tesis demuestra que es posible un enfoque objetivo que permita detectar las preferencias de los consumidores y seleccionar la variabilidad existente para satisfacer las demandas de los mercados. En un contexto en que la proteína vegetal debe recuperar un papel preponderante en la alimentación consideramos que el conjunto de trabajos presentados abren el camino para enfocar de manera más racional y sólida la promoción del consumo de judías abriendo nuevos mercados para ellas. La medida eficiente de los atributos sensoriales debe permitir cuantificar el valor de los productos del mismo modo que el rendimiento a sido hasta hace muy poco la única calidad valorada, facilitado todo ello por la necesidad primaria de alimentos y por la sencillez y universalidad de su medida.

Bibliografía

Baudoin J.P. and Maquet A. 1999. Improvement of protein and aminoacid contents in seeds of food legumes. A case study in *Phaseolus*. Biotechnology, Agronomy. Society and Environment 3, 220-224

Casañas F., Pujolà M., Bosch L., Sánchez E. and Nuez F. 2002. Chemical basis for low sensory perception of Ganxet bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coat. Journal of Science of Food and Agriculture 82. 1282-1286

Costa de Oliveira A., da Silva K., Helbig E., Machado S.M.P. and Carraro C. 2001. The domestic processing of the common bean resulted in reduction in the antinutritional factors phytates and tannins, in the starch content and in the flatulence factors raffinose, stachyose and verbascose. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 51 (3), 276-283.

De León L. F., Elías L.G. and Bressani R. 1992. Effect of SALT solutions on the cooking time, nutritional and sensory characteristics of common beans (*Phaseolus vulgaris*). Food Research International 25, 131-136

Duran, L. and Calvo, C. 1982 Calidad de alubias blancas en conserva. I Selección de los parámetros que definen su calidad sensorial. Revista Española de Agroquímica y Tecnología de los Alimentos 22 (2), 271-281.

Ong M.H. and Blanxhard J.M.V. 1995. Texture determinants in cooked parboiled rice. I: Rice starch amylase and the fine structure of amylopectin. Journal of Cereal Science 21, 251-260

Ramesh M., Bhattacharya K.R. and Mitchell J.R. 2000. Developments in understanding the basis of cooked-rice texture. Critical Reviews of Food Science and Nutrition 40, 449-460

Sanz M. (1997). *Parámetros físico-químicos y sensoriales que evalúan la calidad de las legumbres de consumo humano*. Tesis doctoral. Ed. Universidad de León

UNE 87028-1 (1997) Directrices para la preparación de legumbres para evaluar su textura. Madrid. Ed. AENOR.

5. CONCLUSIONES

5. Conclusiones

1. A partir de las prácticas tradicionales de preparación y cocción de legumbres se ha desarrollado un método estandarizado de cocción de judías secas para el análisis químico y/o sensorial.
2. Se ha adaptado al análisis sensorial de la textura de judías secas, la metodología general de entrenamiento de paneles de cata. El panel seleccionó los atributos *rugosidad de la piel*, *percepción de la piel* y *cremosidad/harinosidad* como esenciales para caracterizar la textura de judías secas.
3. Después del entrenamiento el panel demostró ser capaz de discriminar entre diferentes variedades de judías y entre judías de la misma variedad cultivadas en diferentes localidades.
4. El análisis de las interacciones de los panelistas con el resto de factores durante las sesiones de cata demostró ser eficaz para identificar a los catadores y atributos sobre los que debe incidir el reentrenamiento para mejorar el funcionamiento del panel.
5. La alta correlación positiva entre contenido en proteína y cremosidad y la alta correlación negativa entre contenido en ácidos urónicos y baja percepción de la piel, abre la posibilidad al uso del análisis químico para la mejora sensorial de los parámetros *cremosidad/harinosidad* y *baja percepción de la piel* en la judía. Sin embargo deberían conseguirse regresiones más robustas con datos procedentes de un mayor número de variedades para que el método fuese realmente útil.
6. No todas las diferencias químicas detectadas se corresponden con diferencias sensoriales. Por ello, si se desea utilizar el análisis químico para efectuar selección sensorial, deben determinarse los límites en las diferencias de los contenidos moleculares, que realmente son perceptibles por los consumidores.

7. Los registros en las características de textura en las variedades prospectadas sugiere una gran variabilidad genética para el valor sensorial en *Phaseolus vulgaris* L. De ello se aprovecha la gastronomía con las múltiples presentaciones que utilizan las judías.

8. A pesar de que las DOP Mongetes del Ganxet y DOP (en trámite) Fesols de Santa Pau, se encuentran geográficamente próximas y cultivan, en ambos casos, judías blancas y de origen Mesoamericano, los productos que ofrecen son diferentes tanto para los caracteres agro-morfológicos como sensoriales.

9. Se observaron también diferencias en los caracteres agro-morfológicos y sensoriales (percepción de la piel) de las judías producidas en diferentes localidades dentro de cada DOP, derivadas de factores medioambientales, como la composición del suelo, que son más pronunciadas en la DOP Mongetes del Ganxet ya que abarca un territorio mucho mayor y más heterogéneo. Este hecho puede aprovecharse para recomendar determinadas combinaciones de variedad x localidad para usos especiales del producto, por ejemplo en fresco o en conserva.

10. Se encontraron diferencias significativas entre los dos años incluidos en el estudio para las características agro-morfológicas y sensoriales, aunque los productos siempre se mantuvieron en los límites especificados en las DOPs para los diferentes parámetros. La superioridad de una añada, tal como se defiende en vinos, podría pues aplicarse a la judía.

11. El uso de paneles entrenados para realizar descripciones sensoriales y la descripción agro-morfológica detallada podría ayudar a avanzar en la delimitación objetiva de las DOPs, más allá de los factores históricos y culturales.

12. En la descripción sensorial de las judías consumidas con el grano inmaduro, habitualmente conocidas como pochas, de Faba Asturiana (IGP), Mongeta del Ganxet (DOP) y Fesol de Santa Pau (DOP en trámite), se puso de manifiesto que el tipo de cosecha (madura o inmadura) da un producto significativamente diferente respecto de la

rugosidad de la piel y la *percepción de la piel* en las tres áreas estudiadas y respecto de la intensidad del *flavor* para Santa Pau y Faba.

13. Las diferencias encontradas entre judías pochadas y maduras no son siempre en el mismo sentido, por ejemplo el atributo *percepción de la piel*, es significativamente más bajo en las Fabas pochadas que en las maduras, en cambio en Santa Pau y Ganxet es al revés.

14. El estudio de los parámetros culinarios muestra diferencias significativas en cuanto al tiempo de cocción y en cuanto al porcentaje de semillas enteras entre pochadas y maduras. Además, las judías pochadas cultivadas procedentes de la DOP (en trámite) Fesols de Santa Pau, quedaban excesivamente rotas, lo que junto al hecho de que también eran las que tenían la piel más perceptible, explica que las judías de Santa Pau tradicionalmente no se consuman inmaduras. En cambio las judías Ganxet quedan en una zona intermedia donde las diferencias entre maduras e inmaduras no son tan evidentes y se puede explorar su preparación y consumo como pochadas.

15. Se hallaron también diferencias significativas entre años y localidades. Al ponerse de manifiesto que las diferencias culinarias y gastronómicas entre las semillas maduras e inmaduras dependen del genotipo y del ambiente, se concluye que para cada área y genotipo deben efectuarse pruebas para determinar su valor gastronómico potencial.

AGRADECIMIENTOS

Agraïments

Vull agrair a la Dra. Elvira Costell, capdavantera i referent científica de l'anàlisi sensorial a Espanya, la seva guia i els seus consells. Ha estat un privilegi per mi que hagi codirigit aquesta tesi.

Al Dr. Francesc Casañas, per la seva clarividència i valentia per apostar per l'anàlisi sensorial com a eina per la millora genètica, pel seu entusiasme, recolzament i per la seva guia.

A les persones que han format part del panel de tastadors, als que van constituir el primer panel i a tots els que han participat durant aquests set anys de funcionament. Sense ells aquesta tesi no s'hagués pogut realitzar.

Als companys del grup de recerca, per l'ambient de treball, l'interès per la ciència i la companyonia.

Als meus amics pel seu interès i recolzament.

A l'Albert per escoltar-me i per les lectures crítiques.

A les meves filles, Irene i Laura, per fer-me costat.