

La investigación científica en el queso Idiazabal

(Scientific research in Idiazabal cheese)

De Renobales, Mertxe; Rodríguez-Barrón, Luis J.; Pérez-Elortondo, Francisco J.; Virto, Mailo; Albisu, Marta; Nájera, Ana I.; Ruiz de Gordo, Juan C.

Grupo de Investigación 'Calidad de Alimentos Fermentados'.
UPV/EHU. Fac. de Farmacia. Apdo. 450. 01080 Vitoria - Gasteiz
mertxe.derenobales@ehu.es; luisjavier.rbarron@ehu.es;
franciscojose.perez@ehu.es

BIBLID [0212-7016 (2008), 53: 2; 395-431]

Desde hace unos 15 años el queso Idiazabal ha sido objeto de una extensa investigación científica. Se describen algunos de los principales factores que inciden directamente en su calidad sensorial e higiénico-sanitaria, tanto durante el proceso de elaboración como durante los meses que dura la maduración. Entre estos factores destacamos el cuajo artesanal en pasta y la alimentación de las ovejas.

Palabras Clave: Queso de oveja. Idiazabal. Calidad sensorial. Cuajo artesanal. Alimentación basada en pasto. Queso ahumado. Compuestos responsables del aroma y el sabor.

Idiazabal gaztari buruzko zientzia-azterketa ugari egin izan dute azken 15 urteotan. Azterketa horiek agerian utzi dituzte gaztaren kalitatea eragiten duten eragileak, bai zentzumen-ezaugarrien aldetik baita higiearen eta osasunaren ikuspegitik ere, gazta egiteko prozesuan zein gazta heltzeko hilabeteetan zehar. Eragile horien artean, artisautza-gatzagia eta ardien elikadura azpimarratu ditzakegu.

Giltza-Hitzak: Ardi-gazta. Idiazabal. Zentzumen-kalitatea. Artisau-gatzagia. Bazkan oinarritutako elikadura. Gazta ketua. Usaina eta zaporea eragiten dituzten osagaiak.

Depuis 15 ans, le fromage Idiazabal fait l'objet d'un vaste travail de recherche scientifique. Il comprend la description des principaux facteurs qui influent directement sur sa qualité sensorielle et hygiéno-sanitaire, aussi bien durant le processus d'élaboration que pendant la période de maturation. Des facteurs tels que, notamment, la présure artisanale en pâte et l'alimentation des brebis.

Mots Clé : Fromage de brebis. Idiazabal. Qualité sensorielle. Présure artisanale. Alimentation basée sur du fourrage. Fromagé fumé. Composants responsables de l'arôme et de la saveur.

El queso es uno de los alimentos biotecnológicos¹ más antiguos que se conocen aunque no es posible determinar cuándo, o dónde, se empezó a elaborar. En algunos documentos se dice que se remonta a fechas alrededor del 2000 AC², mientras que en otros se pone su origen hacia el 6000 AC³, o antes, cuando los humanos del neolítico empezaban a domesticar los animales. Con gran probabilidad, el queso es originario de los países de la cuenca mediterránea en los que, hoy día, existe una amplísima gama de variedades elaboradas con diversos tipos de leche. Según una popular leyenda, el queso se descubrió accidentalmente cuando alguien puso leche en una bolsa hecha con el estómago de una oveja: los enzimas digestivos de las paredes del estómago coagularon la leche y el calor del día causó la separación del coágulo y del suero. Otra posibilidad es la apuntada por Corradini⁴ quien especula que el origen del queso pudo estar en la observación del estómago de un ternero ofrecido en sacrificio. Hoy día el queso es un alimento básico con excelentes propiedades nutricionales que, gracias a la gran variedad disponible en el mercado, nos permite disfrutar de una amplia gama de sabores, aromas y texturas.

Desde el punto de vista científico, el queso es uno de los alimentos más interesantes y complejos, en el que químicos orgánicos y analíticos, bioquímicos, microbiólogos, tecnólogos y nutricionistas han encontrado, y encuentran, un objeto de estudio que les obliga a dar lo mejor de sí mismos. En el desarrollo de las características sensoriales de un queso influyen factores muy diferentes, sobre todo en los quesos artesanales, entre los que destacan la especie animal productora de la leche (que, a su vez, puede ser cruda o pasterizada), el tipo de cuajo y el cultivo iniciador utilizados, el ambiente microbiológico de la quesería, la maduración, la alimentación de los animales, o el momento de la época de lactación en el que se fabrica, además de otros aspectos tecnológicos diferenciadores nada desdeñables⁵. La quesera⁶ actúa como una verdadera directora de orquesta, tratando de

1. Entendemos por “biotecnología” la utilización de seres vivos (por ejemplo, microorganismos) o algunos de sus componentes (como los enzimas) para la obtención de alimentos u otros compuestos.

2. Página web de la International Dairy Foods Association visitada el 5 de febrero de 2008, (<http://www.idfa.org/facts/cheese/cf34.pdf>).

3. P.F. FOX y P.L.H. MCSWEENEY. Rennets: their role in milk coagulation and cheese ripening. En: *Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk* (2ª ed; B.A. Law, ed). Chapman and Hall, pp. 1-49, 1997.

4. Citado por V. BOZZETTI en: “L'evoluzione storica dei cagli vegetali e animali”. *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia* 52(3): 227-245, 2001.

5. M. JOHNSON y B.A. LAW. “The origins, development and basic operations of cheesemaking technology”. En: *Technology of Cheesemaking*. (B.A. Law, ed). Sheffield Academic Press, pgs. 1-32, 1999.

6. Al menos en el entorno del País Vasco, el cuidado del rebaño recae, casi exclusivamente, en el varón, mientras que es la mujer la que elabora el queso, también casi exclusivamente, por lo que con frecuencia nos referiremos a “la quesera”, en femenino, reconociendo esta realidad sociológica.

armonizar, con frecuencia 'de oído', todos estos instrumentos. La función de la investigación científica es proporcionar la partitura para que el trabajo realizado por la quesera de al final el mejor resultado posible. Considerando que ya en 1981 Burkhalter⁷ catalogó más de 500 variedades de quesos de vaca y unos años más tarde Kalantzopoulos⁸, en 1993, recogió otras 500 variedades elaboradas con leche de oveja, cabra o mezclas, se puede comprender que la literatura científica dedicada al queso en general sea muy voluminosa. En este trabajo nos vamos a centrar en el Queso Idiazabal ya que es, quizá, el producto alimenticio tradicional que más se identifica con el País Vasco fuera de sus límites geográficos.

El queso Idiazabal está hecho con leche cruda de oveja latxa o carranzana, según se recoge en el reglamento de la Denominación de Origen⁹ aprobado en 1987. Las Denominaciones de Origen (DO) se establecieron para mantener la producción de un alimento típico de una zona geográfica concreta según los procedimientos tradicionales y evitar así que, al introducir cambios en la tecnología de producción o de obtención de la materia prima, se pierda el carácter tradicional de dicho alimento. Con frecuencia, como es el caso de la D.O. Idiazabal, esto conlleva el mantenimiento de determinados aspectos culturales, la gestión de los terrenos de pastos y su mantenimiento y el desarrollo socio-económico de las zonas rurales. Desde las DO se programan los controles oportunos, tanto sanitarios como sensoriales, para garantizar al consumidor la calidad del alimento. En el caso del Queso Idiazabal se optó por las razas latxa y carranzana por ser razas autóctonas adaptadas a las condiciones de pastoreo del País Vasco, frente a otras razas de ovino que se crían bajo regímenes de estabulación permanente. Este queso se produce en Álava, Bizkaia, Gipuzkoa y la zona noroccidental de Navarra, por lo que su nombre correcto es *Queso Idiazabal*, en vez de Queso de Idiazabal.

A la hora de decidir qué nombre dar al queso y a la Denominación de Origen, se investigó cómo se conocía este queso fuera de la Comunidad Autónoma Vasca, principalmente en la zona de Madrid, como narran X. Urteaga y M. Urteaga en su interesante libro "Idiazabalgo Gazta: izena eta izana"¹⁰. Más del 20% de los encuestados reconocían el "queso de Idiazabal". Parece ser que la situación geográfica de Idiazabal, como lugar de paso en la carretera nacional N-1, ha sido muy importante en la difusión de este producto

7. G. BURKHALTER. IDF Catalogue of Cheeses. Document 141. International Dairy Federation, Brussels, 1981.

8. G. C. KALANTZOPOULOS. "Cheeses from ewes' and goats' milk". En: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol. 2, 2ª ed., (P.F. Fox, ed.). Chapman and Hall, Londres, pp. 507-553, 1993.

9. "Reglamento de la Denominación de Origen Idiazabal y su Consejo Regulador". *Boletín Oficial del Estado* 289: 34591-34596, 1993.

10. X. URTEAGA y M. URTEAGA. *Idiazabalgo Gazta: izena eta izana*. Idiazabalgo Udala. 2001.

desde comienzos del siglo XX, según testimonios recogidos por los autores del libro citado entre las personas de más edad de la localidad.

En la Unión Europea es uno de los productos tradicionales que ha sido declarado 'patrimonio gastronómico'¹¹, y empieza a ser ya muy conocido, particularmente desde que en Octubre de 2007 el queso Idiazabal ganó 3 medallas de oro, 4 de plata y 5 de bronce en el Concurso Mundial de Quesos celebrado en Londres¹², en varias categorías, consolidando su puesto destacado entre los productos tradicionales europeos. El proceso de fabricación tradicional del Queso Idiazabal en una quesería artesanal moderna se puede ver esquemáticamente en la Figura 1.

En España hay registradas un total de 24 Denominaciones de Origen de quesos de cabra, oveja y vaca (Tabla 1), de las cuales 6 son exclusivamente de quesos de oveja, pudiendo utilizarse la leche de oveja también en otras 5. Desde el punto de vista de la producción quesera, la Denominación Queso Idiazabal ocupa el segundo lugar después de la D.O. Queso Manchego, con más de 1.400 toneladas de queso (casi 8 millones de litros de leche) en 2007¹³.

El queso Idiazabal se incluye en la categoría de 'quesos semi-duros', o 'quesos duros' según el tiempo de maduración, y 'de pasta prensada, no cocida' debido a que la temperatura de cocción después de cortar la cuajada es 37°C. Sus características sensoriales se describen en la Tabla 2. El queso Idiazabal es uno de los pocos quesos que también se comercializa ahumado.

LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA SOBRE EL QUESO IDIAZABAL

Las primeras referencias en la literatura científica sobre el Queso Idiazabal datan de los años 70 y 80 y aparecen en artículos que estudian la composición de diferentes quesos producidos en la Península Ibérica. Sin embargo, su caracterización científica y sistemática no comenzó hasta 1989 cuando en la recién creada Facultad de Farmacia de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU) se formó el embrión del llamado 'grupo del queso', en respuesta a una propuesta del sector productivo. En la Facultad de Farmacia, desde sus comienzos, además de la licenciatura en Farmacia, se ofertan la licenciatura en Ciencia y Tecnología de Alimentos y la diplomatura en Nutrición Humana y Dietética, lo que implica la presencia de varios profesores cuya investigación se ha centrado en campos relacionados con alimentos. El Consejo Regulador propuso en aquel momento a un grupo de 3 profesores iniciar una investigación científica sobre el

11. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Reglamento nº 1107/96 de la Comisión de 12 de junio de 1996. DOCE 148: 1-10. 1996.

12. World Cheese Awards: <http://www.finefoodworld.co.uk/default.asp?parentID=15&id=30>

13. Datos de la Diputación Foral de Gipuzkoa citados en *Diario Vasco* del 12 de diciembre de 2007.

Figura 1. Esquema de las etapas de elaboración del Queso Idiazabal

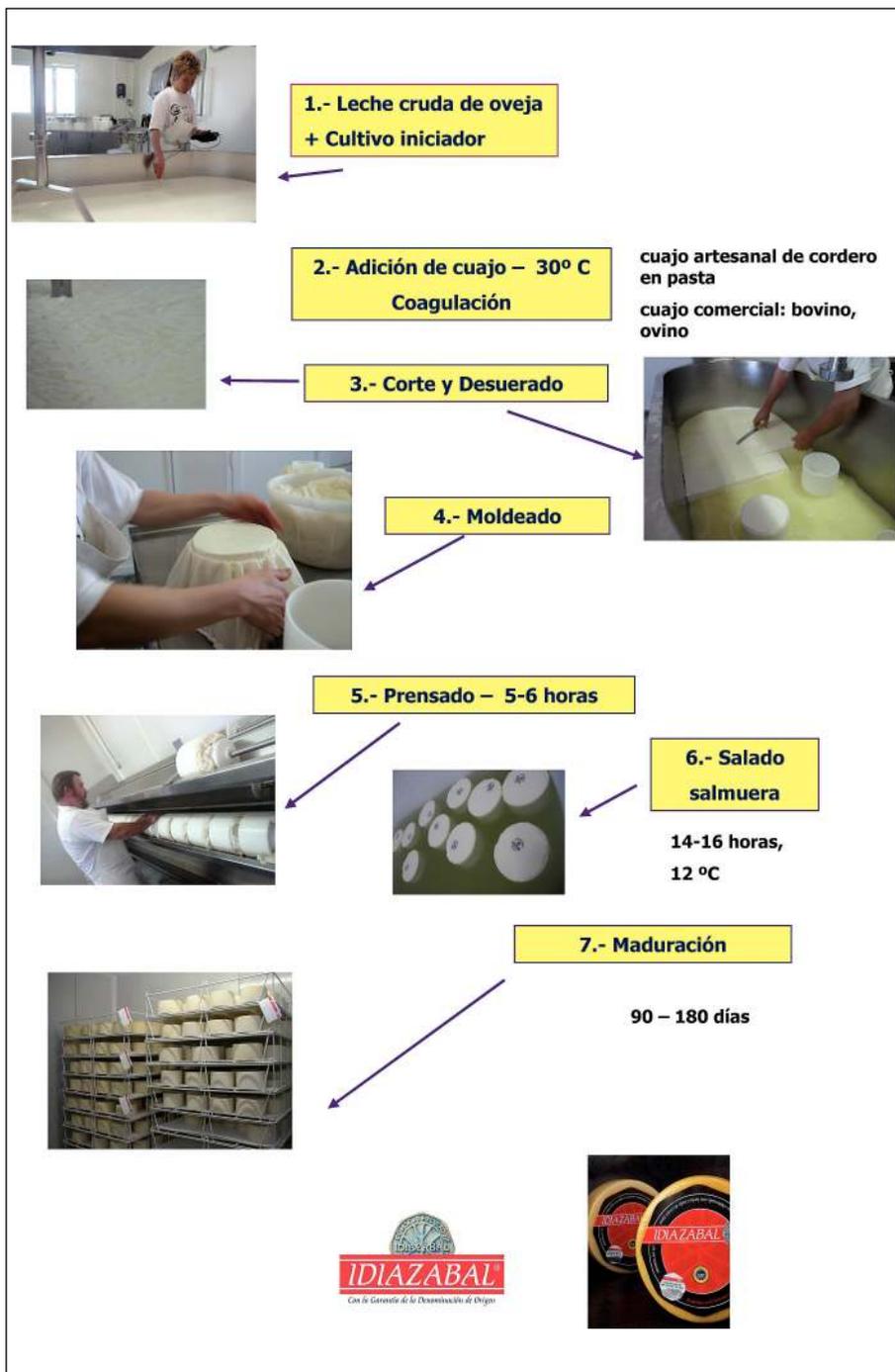


Tabla 1. Denominaciones de Origen de quesos de España

Denominación de Origen	Localización geográfica	Tipo de leche
Afuega'l Pitu	Asturias	pasterizada de vaca
Arzúa - Ulloa	Galicia	cruda o pasterizada de vaca
Cabrales*	Asturias	cruda de vaca, oveja, cabra, o mezcla
Cebreiro	Galicia	vaca
Gamonedo*	Asturias	vaca, oveja, cruda o mezcla
Idiazabal**	País Vasco y Navarra	cruda de oveja
Mahón-Menorca	Isla de Menorca	cruda o pasterizada de vaca
Picón-Bejes-Treviso*	Cantabria	vaca, oveja, cabra o mezcla
Queso de Cantabria	Cantabria	pasterizada de vaca
Queso de La Serena	Badajoz	pasterizada de oveja
Queso de L'Alt Urgell y La Cerdanya	Lleida y Girona	pasterizada de vaca
Queso de Murcia	Murcia	pasterizada de cabra
Queso de Murcia Al Vino	Murcia	pasterizada de cabra
Queso de Valdeón*	León	cruda o pasterizada de vaca, oveja, cabra o mezcla
Queso Ibores	Cáceres	cruda de cabra
Queso Majorero	Isla de Fuerteventura	pasterizada de cabra u oveja
Queso Manchego	La Mancha (Toledo, Ciudad Real, Cuenca y Albacete)	cruda o pasterizada de oveja
Queso Palmero	Isla de La Palma	cruda de cabra
Queso Tetilla	Galicia	pasterizada de vaca
Queso Zamorano	Zamora	cruda de oveja
Quesucos de Liébana	Cantabria	cruda o pasterizada de vaca, oveja o cabra
Roncal	Navarra	cruda de oveja
San Simón da Costa**	Lugo	pasterizada de vaca
Torta del Casar	Cáceres	cruda de oveja

* Quesos azules; **los quesos pueden ser ahumados o sin ahumar.

Tabla elaborada a partir de los datos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (www.mapa.es/es/alimentacion/pags/Denominacion/resultado1.asp#inicio)

Queso Idiazabal. Este fue el origen del grupo de investigación “Calidad de Alimentos Fermentados” de dicha Facultad de Farmacia que en la actualidad agrupa a 7 profesores de 3 áreas de conocimiento diferentes (Nutrición y Bromatología, Tecnología de Alimentos y Bioquímica y Biología Molecular). Cuando unos años más tarde una de estas profesoras se trasladó a la Universidad Pública de Navarra (UPNA), continuó con la investigación en quesos de oveja en esa universidad, incluyendo en sus estudios el Queso Roncal junto al Idiazabal.

En este grupo multidisciplinar, además del Consejo Regulador de la Denominación de Origen con el que la UPV/EHU firmó un Convenio de colaboración en 2001, ocupan un lugar señalado los elaboradores adscritos a la Denominación quienes llevan a cabo las pruebas de fabricación de queso ‘a escala comercial’ según los protocolos experimentales que estamos estudiando, nos facilitan muestras de leche obtenidas con diferente alimentación, y en todo momento nos participan sus observaciones que no podríamos conocer de otra manera. En la actualidad mantenemos una estrecha colaboración con Neiker Tecnalia, aunque a lo largo de los años hemos colaborado con otras universidades estatales y extranjeras, centros tecnológicos y empresas. La Figura 2 describe esquemáticamente la estructura actual de nuestro grupo de investigación multidisciplinar.

El estudio científico sistemático del queso Idiazabal lo realizan, casi exclusivamente, los grupos de investigación de la UPV/EHU y de la UPNA, mientras que Neiker investiga los aspectos relacionados con la producción ovina, en colaboración con distintos grupos de la UPV/EHU. En el presente trabajo abordaremos los estudios directamente relacionados con la calidad sensorial del queso por ser, quizá, los menos conocidos por el público en general que no está muy habituado a relacionar la calidad sensorial de un alimento tradicional con aspectos tecnológicos.

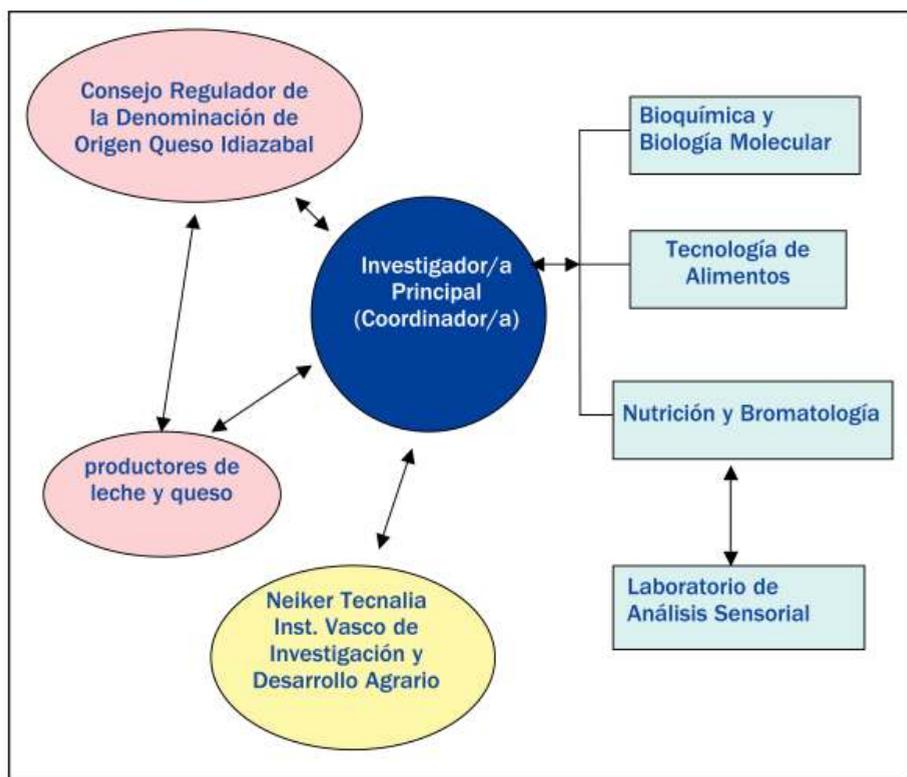
Desde el comienzo, el grupo de la UPV/EHU tomó la decisión de llevar a cabo una investigación estratégica y básica a la vez, orientada a caracterizar desde un punto de vista científico e interdisciplinar el Queso Idiazabal, como modelo de quesos de oveja con Denominación de Origen. El objetivo final es la caracterización de los procesos bioquímicos, microbiológicos, y tecnológicos implicados en la fabricación del queso que influyen directamente en su calidad sensorial, funcional e higiénico-sanitaria, con el fin de poder facilitar a los productores la información necesaria para potenciar aquellas etapas de su fabricación que contribuyan a mejorar el producto final y modificar las que pudieran influir negativamente en su calidad, de manera que se consiga un producto diferenciado de alta calidad en todas las condiciones tecnológicas de producción.

Para lograr este objetivo general, a lo largo del tiempo se han desarrollado los siguientes aspectos principales:

- Definición sensorial del queso Idiazabal y elaboración de un catálogo de defectos.

- Estudio del cuajo en pasta artesanal preparado por los propios queseros y su influencia en las propiedades sensoriales del queso.
- Caracterización de quesos elaborados en diferentes épocas del año y en diferentes condiciones tecnológicas: ácidos grasos libres, compuestos volátiles de importancia sensorial, proteínas, utilización de diversos cultivos iniciadores.
- Relación cualitativa y cuantitativa entre atributos sensoriales y la presencia o ausencia de determinados compuestos químicos.
- Calidad higiénico-sanitaria del queso: microbiología, presencia de compuestos no deseados como las aminas biógenas.
- Influencia de la alimentación en la calidad de la leche y del queso.

Figura 2. Estructura del grupo de investigación "Calidad de Alimentos Fermentados". Rectángulos: áreas de conocimiento de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea. Elipses: colaboradores externos habituales



Antes de describir algunos aspectos científicos del queso Idiazabal, es conveniente señalar las peculiaridades de la investigación en un producto fuertemente estacional, ya que cada rebaño produce leche únicamente durante unos 5 meses al año, a lo largo de los cuales la composición de la leche va cambiando, por lo que el queso del comienzo es muy diferente al queso del final de la campaña. Además, el queso es un producto 'vivo', es decir, va evolucionando desde la primera etapa del proceso de fabricación hasta el momento en que se consume, lo cual puede ocurrir, en el caso del Idiazabal, entre 2 y 6 meses después. Como consecuencia de la estacionalidad y la larga maduración, el número de experimentos de fabricación –sobre todo a escala comercial– que se pueden realizar al año es muy limitado, y no existe la posibilidad de volver a repetirlo hasta el año siguiente si ha habido algún problema durante estos meses. En estas circunstancias, los avances son, necesariamente, lentos.

1. LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL QUESO IDIAZABAL: ANÁLISIS SENSORIAL

Como acabamos de decir, la calidad de un alimento abarca principalmente tres aspectos, el higiénico-sanitario, el nutricional y el sensorial con el fin de que su ingesta, no sólo nutra a la persona, sino que no le haga daño y, además, le resulte agradable. Por ello, uno de los primeros trabajos que se planteó fue establecer la definición sensorial del Queso Idiazabal, en estrecha colaboración con el Consejo Regulador y el Departamento de Tecnología de Alimentos del Centro Tecnológico AZTI. La Tabla 2 recoge la definición sensorial actualmente utilizada por el Comité de cata del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Queso Idiazabal en sus controles periódicos de los quesos producidos.

Los parámetros organolépticos que se tienen en cuenta en la valoración sensorial de un queso son: forma, corteza, color de la pasta, ojos, textura, olor, sabor y regusto. El aspecto definido por la forma, la corteza, el color de la pasta, y la presencia de ojos son los que principalmente influyen en la decisión de compra del consumidor, que la mayoría de las veces es visual. De todos estos parámetros, la forma y la corteza son los más fáciles de controlar durante el proceso de elaboración, mientras que el control del resto de los parámetros, que constituyen las características más valoradas por los consumidores, es mucho más complejo y difícil de conseguir.

La definición sensorial del queso Idiazabal, que se estableció hacia 1991-1992, ha sido, quizá, el factor principal que ha permitido alcanzar el alto nivel de calidad que se ha conseguido en estos últimos 15 años, puesto que proporciona una 'vara de medida' de la bondad de cualquier innovación tecnológica que se ensaye. Para llegar a definir cuáles son sus atributos sensoriales característicos se partió, inicialmente, de un estudio de mercado en el que una amplia mayoría de consumidores describieron el queso Idiazabal tradicional como un producto 'muy fuerte', 'excesivamente seco', 'muy picante', 'con gran

Tabla 2. Definición de las características sensoriales del Queso Idiazabal*

Criterio (puntuación)	Situación óptima (referencia)
Forma (10/130)	cilíndrica, bien proporcionada; altura: 8-12 cm; diámetro: 10-30 cm; peso: 0.9-3 kg; caras sensiblemente planas; talones ligeramente convexos; bordes redondeados en quesos pequeños y con aristas vivas en los grandes.
Corteza (10/130)	dura; lisa, sin marcas de agentes extraños; con ligeras señales de los paños utilizados; color homogéneo, desde amarillo pálido o gris blanquecino hasta pardo oscuro en los quesos ahumados; ausencia o ligeras marcas de la bandeja en una de las caras.
Color de la pasta (10/130)	homogéneo; variable, desde el marfil al amarillo pajizo; mate; cerco estrecho y ligeramente oscuro.
Ojos (10/130)	Repartidos al azar; no muy numerosos; forma irregular en su mayoría; menores que un grano de arroz (< 1mm); ausencia de grietas.
Olor (20/130)	Olor característico intenso a leche de oveja, penetrante y limpio; picante débil; ácido variable (intensidad nula a media); dulce variable (intensidad nula a media); a humo (intensidad media, en quesos ahumados); ausencia de olores extraños.
Textura (20/130)	ligeramente elástico; cremosidad y firmeza medias; granulosidades muy débiles
Sabor (30/130)	sabor característico, equilibrado e intenso, a leche de oveja madurada, con algo de sabor a cuajo natural, limpio y consistente; picante débil; dulce y ácido de intensidad muy débil a media; ausencia de amargor; salado de intensidad media; a humo de intensidad media-débil en quesos ahumados.
Regusto (20/130)	continuidad del sabor característico; persistente; pronunciado.
puntuación mínima en gusto: 18	
puntuación mínima total: 78	

* Adaptada de F.J. Pérez-Elortondo. Origin and quality of Idiazabal cheese. En: *Basis of the quality of typical Mediterranean animal products*. J.C. Flamant, D. Gabiña y M. Espejo-Díaz (eds.). Wageningen Press, pgs. 13-16, 1998.

intensidad de aroma a cuajo natural¹⁴, o 'a humo' en los quesos ahumados¹⁵. Solamente en sectores limitados de la población, como podían ser las sociedades gastronómicas, se apreciaba el queso tradicional 'muy fuerte'. Por tanto, para poder llegar a un mercado más amplio era necesario disponer de un producto más suave y equilibrado respecto a características específicas, consideradas tradicionales, como las sensaciones 'a humo' y 'a cuajo natural'.

El trabajo se desarrolló en varias fases. Fue necesario definir un vocabulario que describiera la amplia gama de sensaciones olfato-gustativas que se pueden generar en el queso Idiazabal, y un procedimiento adecuado de cata, seleccionando los descriptores y la escala de intensidades de cada uno de ellos. Para ello se realizaron numerosas reuniones y sesiones de cata en las que participaron los miembros del comité de cata de la Denominación, expertos seleccionados de diversos colectivos relacionados con el mundo del queso, como críticos gastronómicos, consumidores, restauradores, productores de queso e investigadores universitarios. Como resultado de este trabajo, se llegó a la definición de las características sensoriales principales del queso Idiazabal que ya se han mencionado.

Como resultado de la experiencia en análisis sensorial desarrollada dentro de nuestro grupo multidisciplinar, se ha constituido el Laboratorio de Análisis Sensorial Euskal Herriko Unibertsitatea (LASEHU), como parte de los Servicios Generales de la UPV-EHU (SGIker), que comienza a desarrollar su actividad de servicio. En LASEHU, la Denominación de Origen Queso Idiazabal cuenta con un *panel de catadores expertos*, que conocen profundamente el producto, y un método de control de calidad sensorial acreditado por ENAC¹⁶ desde el año 2005. A partir de este logro obtenido con el queso Idiazabal, este Laboratorio se está consolidando como referente en la Comunidad Autónoma del País Vasco para liderar en el ámbito del análisis sensorial programas de investigación, desarrollo y normalización de métodos. Prueba de ello es la reciente acreditación de un nuevo método sensorial para vino tinto joven de Rioja Alavesa, fruto de un proyecto iniciado en el año 2003. Este hito ha permitido a los vinos de Rioja Alavesa convertirse en la primera región vitivinícola de todo el Estado Español en disponer de un método acreditado para la evaluación sensorial de la calidad sus vinos.

14. La expresión 'cuajo natural' se refiere al cuajo artesanal en pasta preparado por la quesera para su uso propio. No es una expresión rigurosa, aunque es la que se usa más frecuentemente, ya que no existen los cuajos artificiales o sintéticos obtenidos por procedimientos químicos en el laboratorio. En este trabajo utilizaremos preferentemente la expresión 'cuajo en pasta artesanal' o 'cuajo en pasta'. Estos cuajos en pasta pueden ser de cordero o de cabrito. Véase la sección *El cuajo en pasta artesanal*.

Los cuajos comerciales, que son en su inmensa mayoría de ternera por la abundancia de la materia prima, se presentan en todo el mundo en formulaciones líquidas o en polvo, estandarizadas, con actividad coagulante conocida. A muchos elaboradores de queso el cuajo en polvo les parece artificial. En Italia, y recientemente en el País Vasco, se comercializan también cuajos en pasta.

15. F.J. PÉREZ ELORTONDO. "Pasado y Futuro del análisis sensorial del queso denominación de origen Idiazabal". *Sustrai* 40: 27-31, 1er trimestre 1996.

16. Véase página web:(http://www.enac.es/web/enac/busqueda-por-empresa#p_acreditacion)

Teniendo en cuenta los resultados de análisis sensorial que emite LASEHU, la Denominación de Origen Idiazabal, autoriza o no la colocación de etiquetas de Denominación, garantizando de este modo la calidad sensorial del producto protegido. Además de estas catas oficiales semanales entre los meses de febrero y octubre, los catadores expertos de LASEHU participan como miembros de jurado en concursos de quesos, junto con conocidos expertos de la alta cocina; asimismo desarrollan catas comentadas y otras diversas actividades de difusión para la Denominación de Origen, actividades todas ellas que han jugado, juegan y jugarán un papel muy importante para aumentar el conocimiento sobre el queso Idiazabal y el mundo del queso en general por parte de los consumidores. Concretamente, los concursos gozan de gran popularidad y se llevan a cabo en presencia del público que también se familiariza con el proceso.

En la investigación científica sobre alimentos, al margen del control de calidad con paneles de expertos, es muy importante contar con la colaboración de un *panel analítico de catadores*, cuyos miembros están específicamente entrenados para distinguir determinados atributos sensoriales, y medir sus intensidades, en cualquier tipo de queso. Este panel analiza los quesos producidos en diferentes condiciones tecnológicas, determinando su incidencia en uno, o varios, de los atributos sensoriales, y en sus intensidades. Más adelante veremos que las sensaciones olfato-gustativas son el resultado de la interacción de muy diverso tipo de transformaciones que tienen lugar durante la maduración, como consecuencia de la aplicación de determinadas variables tecnológicas. En general, no es posible hablar de un compuesto, o grupo de compuestos, que sean los responsables del sabor típico de un producto. Así, mientras en los quesos de pasta blanda con mohos en la superficie (por ejemplo, el Camembert), o en su interior (como el Roquefort), las notas aromáticas dominantes están constituidas por unas pocas moléculas bien identificadas, en los quesos de pasta prensada como el Idiazabal el aroma es debido a mezclas de compuestos muy complejas¹⁷. Como explicaremos más adelante, a lo largo de nuestras investigaciones hemos podido relacionar un parámetro analítico cuantitativo (como la concentración de ácidos grasos de cadena corta) con la mayor o menor intensidad de un atributo sensorial¹⁸ (el sabor 'picante'¹⁹ obtenido con el cuajo en pasta preparado por los propios queseros).

17. F.J. PÉREZ ELORTONDO. *Sustrai*, referencia ya citada.

18. M. VIRTO; F. CHÁVARRI; M.A. BUSTAMANTE; L.J.R. BARRÓN; M. ARAMBURU; M.S. VICENTE; F.J. PÉREZ-ELORTONDO; M. ALBISU y M. DE RENOBLES. Lamb rennet paste in ovine cheese manufacture. Lipolysis and flavour. *International Dairy Journal* 13: 391-399, 2003.

M. BUSTAMANTE; M. VIRTO; M. ARAMBURU; L.J.R. BARRÓN; F.J. PÉREZ ELORTONDO; M. ALBISU y M. DE RENOBLES. Lamb rennet paste in ovine cheese (Idiazabal) manufacture. Proteolysis and relationship between analytical and sensory parameters. *International Dairy Journal* 13: 547-447, 2003.

19. La palabra 'picante' no hace referencia a la sensación gustativa de la pimienta cayena, sino a un suave cosquilleo que se percibe en la punta de la lengua.

Tan importante es conocer y valorar los atributos sensoriales deseados como los defectos. El objetivo de analizar y estudiar los defectos es, por supuesto, determinar cuáles pueden ser los orígenes de los defectos más frecuentes para poder, así, controlar el proceso de fabricación evitando que aparezcan. En la práctica esto es mucho más complicado de estudiar que los orígenes de los atributos sensoriales deseados, ya que nadie hace un queso malo a propósito. Inicialmente nos hemos centrado en los defectos denominados 'oquedades', como pueden ser grietas, cavernas, y ojos grandes de todo tipo.

Los ojos de los quesos pueden tener un doble origen: tecnológico (*ojos mecánicos*) o microbiológico (*ojos fermentativos*). Los ojos característicos del queso Idiazabal son los 'ojos mecánicos', si bien, por tratarse de un producto elaborado exclusivamente a partir de leche cruda, podría presentar 'ojos fermentativos'; en cualquier caso, independientemente del origen, los ojos no suelen ser muy numerosos. Los ojos en el queso Idiazabal deben ser pequeños (las 'cavernas' y 'grietas' se penalizan), de un tamaño inferior al de un grano de arroz, y de apariencia irregular (no redondos) en su mayoría. Si los ojos están presentes en número suficiente, deben estar bien distribuidos por toda la pasta.

El tipo de textura resultado de la elaboración condiciona la apariencia de los ojos. En los quesos, por ejemplo tipo Suizo, de pasta más elástica, sus ojos más o menos grandes, tienen, sin ninguna duda, un origen fermentativo (apariencia redonda, lisa y brillante) y no mecánico; en el queso Idiazabal, sin embargo, la elasticidad de la pasta es menor y el tipo de ojos más frecuente es el de apariencia irregular, siendo más difícil determinar su posible origen. Nos podemos encontrar con quesos Idiazabal completamente 'ciegos' (sin ojos), aunque tradicionalmente el queso Idiazabal siempre ha presentado ojos. Estos quesos 'ciegos', en bastantes ocasiones, no suelen tener la textura característica del Idiazabal, siendo demasiado elásticos o, en la mayoría de los casos, demasiado secos, duros y granulosos.

2. EL CUAJO EN PASTA ARTESANAL

El cuajo es aquello que hace cuajar la leche para fabricar queso. A lo largo del tiempo, los pueblos productores de queso han utilizado diferentes métodos para coagular la leche, desde la 'leche' de la higuera y las flores de cardo, a las variadas preparaciones de estómagos de rumiantes lactantes que comentaremos a continuación. Como ya se ha dicho, es muy probable que el origen del queso esté relacionado con observaciones de lo que le sucede a la leche cuando entra en contacto con el estómago de un ternero, cordero o cabrito, por lo que, sin duda, el cuajo animal fue el primer tipo de cuajo utilizado. Las referencias bibliográficas más antiguas sobre el uso de diferentes cuajos aportadas por Bozzetti (referencia 4 ya citada) en su interesante estudio histórico se centran en la antigüedad clásica greco-latina y, ya más adelante, en Italia. Las primeras citas se remontan al siglo VI AC, y curiosamente se refieren, no a cuajos animales, sino a los vegetales, mencionan-

do expresamente La Iliada de Homero: 'el jugo de la higuera hace cuajar la leche'. Parece ser que este coagulante fue el primero de los cuajos vegetales que se utilizó. En el siglo I DC, Columella menciona el uso de las flores de cardo (*Cynara cardunculus*) que en la actualidad se utilizan en quesos como La Serena (Badajoz), la Torta del Casar (Cáceres), y el queso Serra d'Estrela (Portugal), entre otros. Algunas plantas cuajaleches que se utilizaron o todavía se utilizan en la fabricación artesanal de algunos quesos de oveja y/o cabra²⁰ son, además de las ya mencionadas, la ortiga común (*Urtica gracilis*), la planta lechetrezna (*Euphorbia serrata*) y la alcachofa (Figura 3).

Figura 3. Plantas utilizadas para cuajar la leche: flor de cardo (a la izquierda) y ortiga común (a la derecha)



El cuajo animal aparece en la literatura, siempre según Bozzetti, de la mano de Aristóteles, pero es S. Alberto Magno, en el siglo XII, el primero que lo describe de manera cualitativa, especificando que se debe 'utilizar el estómago del animal lactante porque de lo contrario está ya alterado'. Más adelante veremos la razón científica por la que esto es cierto. La primera receta para preparar el cuajo en pasta a partir de estómagos de ternera o ternero nos la ofrece Agostino Gallo en 1575²¹, quien recomienda que se seque y se sale. Los cuajos en pasta preparados con estómagos de corderos –llamado 'cuajo natural' por los elaboradores de Idiazabal– aparecen en Italia a finales del siglo XVII. La mayoría de las diversas recetas recogidas por Bozzetti para la preparación de cuajos en pasta especifican que se debe secar el estómago y salar, a continuación se pica y se mezcla con una gran variedad de ingredientes como queso, vinagre, vino, pimienta, huevos, lactosuero, leche, agua o nata, según las distintas recetas. En algunos casos también se utilizan especias como clavo, azafrán y nuez moscada.

20. E. BLANCO y R. MORALES. "Las plantas cuajaleches". *Quercus* 111: 10-11, Mayo 1995.

21. Véase BOZZETTI (referencia 4), p. 232.

En el País Vasco el primer documento escrito en el que se mencionan los cuajos es el pergamino 253 de la Colegiata de Roncesvalles, en el que se describe el conflicto entre el señor de Berastegui (Gipuzkoa) y los vecinos de este valle en 1534, quienes se negaron a entregar, entre otras cosas, 'los quesos de los sábados' en pago por el usufructo de los seles²²:

...que con los quesos que se an fecho e se hizieren el dia sabado de cada semana de Santa Cruz de Mayo proximo pasado hasta Santa Maria de Agosto primero beniente les de y entregue los quesos que en el dicho busto... aya fecho e se fiziere al dicho Juan Martines de Berastegui... como han fecho de tiempo ynmemorial a esta parte... e que en el dicho nombre estaba presto e çierto de le dar los **coajos** e para ello les presento dos **coajos** e si mas avian menester mas que para hazer los dichos **coajos**...

Aunque en este documento no se especifica si el cuajo es de cordero o de ternera, Díaz de Durana, autor del estudio, supone que es de esta última especie por la importancia económica y social que la ganadería vacuna tenía en aquel momento en Gipuzkoa.

En 1874 el danés Christian Hansen, fundador de la multinacional que hoy día lleva su nombre (su página web en castellano: <http://www.chr-hansen.es/>), preparó el primer cuajo líquido de ternera estandarizado²³ que fue un éxito comercial desde el primer momento. La elaboración del cuajo por parte de los productores de queso supone un trabajo añadido y las propiedades tecnológicas del producto final son muy variables, por lo que resulta difícil controlar las características sensoriales del queso. El cuajo comercial estandarizado facilitó mucho la elaboración de queso puesto que, a partir de ese momento, la etapa crucial de la coagulación era fácilmente controlable, y como consecuencia su uso se generalizó rápidamente en todo el mundo. En la actualidad, el cuajo animal estandarizado se utiliza en la fabricación de la gran mayoría de los quesos del mundo²⁴. El cuajo animal en pasta preparado por la propia quesera se utiliza sobre todo en los países de la cuenca mediterránea, principalmente en la fabricación de quesos de oveja y cabra con Denominación de Origen (Tabla 3). En el estado español este cuajo lo utilizan aproximadamente el 50% de los elaboradores adscritos a la denominación Queso Idiazabal y unos pocos elaboradores de queso Majorero y Palmero en las Islas Canarias.

22. J.R. DÍAZ DE DURANA. Aproximación a las bases materiales del poder de los parientes mayores guipuzcoanos en el mundo rural: hombres, seles, molinos y patronatos. En: *La lucha de los bandos en el País Vasco: de los parientes mayores a la hidalguía universal. Guipuzcoa: de los bandos a la provincia* (ss. XIV a XVI). J.R. Díaz de Durana (ed.). Servicio de Publicaciones de la UPV/EHU, pp 235-260, 1998.

23. R.C. WIGLEY. "Cheese and whey". En: *Industrial Enzymology* (T. Godfrey y S. West, eds). Macmillan Press, Ltd., pp. 133-154, 1996.

24. R.C. WIGLEY, Referencia citada.

Tabla 3. Algunos quesos de oveja o cabra fabricados con cuajo en pasta en algunos países de la cuenca mediterránea

País	Queso
España	Idiazabal, Cabrales, Palmero, Majorero
Italia	Pecorino Romano, Pecorino Sardo, Fiore Sardo
Grecia	Feta, Kefalotyri
Egipto	Ras
Argelia	Takammart (cabra)

Los cuajos animales artesanos son, casi exclusivamente, de cordero o de cabrito, y sus procedimientos de elaboración son muy diversos, pudiendo encontrarse recetas diferentes en la misma zona geográfica, ya que, hasta hace poco tiempo, cada elaborador tenía su método recibido de sus mayores. En general, en el País Vasco, en Italia y en algunos sitios de Grecia, los abomasos de los corderos, o cabritos, lechales sacrificados se secan al aire en un lugar fresco y seco, se abren una vez secos para eliminar la lana que pudiera haber en el estómago y se trituran con sal común haciendo una pasta que se conserva en el frigorífico en un envase de vidrio, o plástico, con tapa. El cuajo así preparado mantiene su actividad coagulante durante un año, aunque la actividad lipasa (como se verá más adelante) va disminuyendo con el tiempo.

Para cuajar la leche, se prepara un extracto líquido que es lo que se añade a la leche: se deslíe una cantidad de pasta en agua, a temperatura ambiente, y se filtra con una tela para eliminar las partículas sólidas. En el País Vasco el extracto líquido se prepara mientras la leche está alcanzando la temperatura adecuada (ver Figura 1) utilizándose para ello la cantidad necesaria de pasta en medio litro de agua como mucho, añadiéndose seguidamente el líquido a la leche. Sin embargo, en Canarias y algunos lugares de Grecia, los cuajares secos se pican y se maceran en agua o en lactosuero durante un tiempo, se filtran y el líquido obtenido se guarda en el frigorífico, utilizándose hasta que se termina, momento en que se vuelve a preparar otro extracto líquido. Ambas formas de preparar el extracto de cuajo cuajan la leche, pero le dan al queso diferentes características sensoriales, debido a la distinta cantidad de actividad lipasa, como veremos más adelante.

A finales del siglo XX, la Denominación de Origen nos planteó el estudio científico de los cuajos artesanales preparados por los queseros, puesto que les resultaba muy difícil producir quesos de alta calidad sensorial consistentemente y empezaban a abandonar su uso con la consiguiente pérdida de los sabores característicos ‘a cuajo natural’ del queso Idiazabal. Este estudio se ha prolongado durante casi 10 años.

Desde el punto de vista científico, el cuajo animal consiste en una mezcla de enzimas²⁵ digestivos provenientes del 4º estómago del animal. La mayoría de estos enzimas son proteasas, aunque en algunos cuajos también hay lipasas y/o esterases, cuyas funciones son degradar las proteínas y las grasas que ingerimos con los alimentos, respectivamente. Dependiendo de la edad del animal, su alimentación antes del sacrificio y del método de preparación del cuajo, la mezcla de enzimas presente en el producto final puede ser muy variable. Así, los cuajos comerciales de ternera o de cordero, tanto líquidos como en polvo, sólo contienen proteasas, principalmente quimosina y/o pepsina en diferentes proporciones²⁶, mientras que los cuajos en pasta artesanales contienen, además de quimosina y pepsina, cantidades variables de lipasa pregástrica²⁷. Los estómagos provenientes de corderos lechales (preferiblemente con menos de 1 mes), llenos de leche en el momento del sacrificio, son los que permiten obtener cuajos en pasta con mayor cantidad de lipasa. En la Figura 4 se muestra un esquema de las diferentes maneras de preparar cuajos y sus contenidos enzimáticos correspondientes.

La gran mayoría de los quesos elaborados con cuajo en pasta desarrollan un sabor 'picante' característico y un aroma más complejo y penetrante que el del mismo tipo de queso elaborado con cuajo comercial, líquido o en polvo. Estos efectos se han estudiado preferentemente en quesos italianos²⁸ y griegos²⁹, pero los datos relativos a quesos españoles elaborados con cuajos artesanos son mucho más escasos³⁰.

25. Los enzimas son proteínas con actividad catalítica que son los responsables de llevar a cabo las reacciones químicas necesarias para la vida de todos los seres vivos.

26. B. FOLTMANN. "General and molecular aspects of rennets". En: *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Vol I (P.F. Fox, ed). Chapman and Hall, pp. 37-140, 1993.

27. M. BUSTAMANTE; F. CHÁVARRI; A. SANTISTEBAN; G. CEBALLOS; I. HERNÁNDEZ; M.J. MIGUÉLEZ; I. ARANBURU; L.J. BARRÓN; M. VIRTO y M. DE RENOBALES. "Coagulating and lipolytic activities of artisanal lamb rennet pastes". *Journal of Dairy Research* 67: 393-402, 2000.

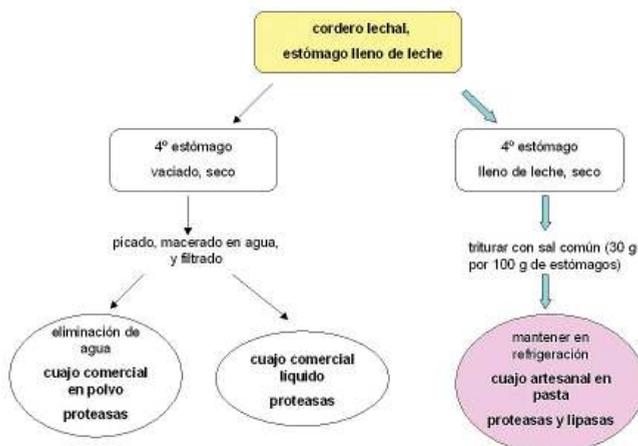
28. P.F. FOX y T.P. GUINEE. "Italian cheeses". En: *Cheese: chemistry, physics and microbiology*. Vol. 2 (P.F. Fox, ed.), Elsevier Applied Sciences, pp. 221-255, 1987.

29. E. ANIFANTAKIS. "Influence d'une présure d'agneu sur la qualité du fromage Kefalotyri". *Lait* 56 (551-552): 76-83, 1976.

30. M. DE LA FUENTE; J. FONTECHA y M. JUÁREZ. "Fatty acid composition of the triglyceride and free fatty acid fractions in different cows-, ewes- and goats-milk cheeses". *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung Forschung* 196: 155-158, 1993.

J. FONTECHA; I. CASTILLO; L. BLASCO; L. ALONSO y M. JUÁREZ. "Effect of artisanal kid rennet paste on lipolysis in semi-hard goat cheese". *Food Chemistry* 98: 253-259, 2006.

Figura 4. Esquema de la preparación tradicional de los cuajos de cordero en pasta y de los cuajos comerciales indicando los tipos de enzimas que están presentes en cada uno



Para el estudio sistemático de la influencia del cuajo en pasta en los atributos sensoriales del queso Idiazabal, se fabricaron quesos con cuajos en pasta o con cuajos comerciales³¹. En el análisis sensorial se examinaron 22 descriptores del aroma, sabor y textura, estando las diferencias principales en aquellos descriptores relacionados con el aroma y el sabor típicos del queso Idiazabal: intensidad de olor, olor penetrante, olor a cuajo en pasta, intensidad de sabor, sabor ‘picante’, sabor a cuajo en pasta. Como se puede ver en la Tabla 4, los quesos elaborados con cuajo en pasta recibieron puntuaciones más altas en estos descriptores que los elaborados con cuajo comercial.

Tabla 4. Características sensoriales de quesos Idiazabal de 90 días de maduración, elaborados con cuajo comercial o con cuajo en pasta artesanal*

Cuajo	Intensidad de olor	Olor penetrante	Olor a cuajo en pasta	Intensidad de sabor	Sabor ‘picante’	Sabor a cuajo en pasta
Comercial	3.0 ± 0.9 ^a	2.1 ± 0.6 ^a	1.6 ± 0.5 ^a	4.0 ± 1.2 ^a	2.0 ± 1.0 ^a	2.2 ± 0.7 ^a
Cuajo en Pasta	4.6 ± 1.1 ^b	4.0 ± 1.0 ^b	4.1 ± 1.1 ^c	5.2 ± 0.8 ^b	4.0 ± 1.1 ^b	4.5 ± 1.3 ^c

* La escala de puntuaciones va de 1 a 7.

^a Los superíndices diferentes en la misma columna indican que las diferencias de los valores son estadísticamente significativas (p ≤ 0.05).

Adaptada de la referencia 31 del texto.

31. I. HERNÁNDEZ; F. CHÁVARRI; G. CEBALLOS; A. SANTISTEBAN; F.J. PÉREZ ELORTONDO; M. ALBISU; L.J.R. BARRÓN y M. de RENOBALLES. “Development of characteristic flavor in Idiazabal cheese adding commercial lipases”. En: *Food Flavors and Chemistry. Advances of the new millenium*. (A.H. Spanier, ed.). The Royal Society of Chemistry, pp. 151-159, 2001.

Teniendo en cuenta los estudios realizados con quesos italianos y griegos, era razonable pensar que la actividad lipolítica de los cuajos en pasta podía tener una relación directa con estas características organolépticas, ya que también aumenta mucho la concentración de ácidos grasos de cadena corta en los quesos elaborados con cuajo en pasta³² (Figura 5). Por tanto, se estudiaron sus propiedades enzimáticas, comprobándose que en los cuajos había varias lipasas diferentes en concentraciones distintas según el modo de preparación del cuajo. Se estudiaron también las propiedades de otras lipasas comerciales que utiliza la industria quesera para potenciar los sabores de diferentes tipos de quesos, seleccionándose 3 con propiedades diferentes. Finalmente, se fabricaron quesos a escala comercial con cuajo en pasta (como referencia y control positivo del perfil sensorial deseado) o con mezclas de cuajo comercial y lipasa comercial, analizándose a los 3 meses de maduración. El resultado del análisis sensorial se recoge en la Figura 6³³: cada eje (en una escala de 1 a 7) indica la puntuación media del panel analítico de catadores para cada uno de los descriptores típicos. Como se puede ver, los perfiles sensoriales de los quesos elaborados con cuajo comercial o una de las lipasas comerciales fueron prácticamente indistinguibles y obtuvieron las puntuaciones más bajas; por el contrario, los perfiles sensoriales de los quesos elaborados con cuajo en pasta o con cualquiera de las otras dos lipasas comerciales –también muy similares entre sí– obtuvieron puntuaciones significativamente superiores. Este resultado indica que las 2 lipasas animales tienen características muy similares a las de la lipasa del cuajo en pasta, mientras que la otra lipasa comercial no afectó a las propiedades sensoriales del queso.

Como ya hemos expuesto, uno de los objetivos de nuestro grupo de investigación es tratar de relacionar la presencia de compuestos químicos con atributos sensoriales para que, a través del control de los procesos que hacen variar la concentración de estos compuestos, se pueda, en definitiva, controlar la calidad sensorial del queso. Una de las propiedades que diferencian unas lipasas de otras es el tamaño relativo de los ácidos grasos que libera cada una a partir de las grasas del queso. Los ácidos grasos liberados pueden ser de cadena corta, media o larga, con propiedades sensoriales muy diferentes, según su concentración. Así, los de cadena larga pueden conferir al queso (o a cualquier otro alimento) sabores rancios, mientras que los de cadena media confieren sabores jabonosos³⁴. El ácido butírico (de 4 átomos de carbono) es uno de los compuestos principales que contribuyen al familiar ‘olor a queso fuerte’, y los de 6, 8 y 10 carbonos huelen principalmente a oveja y a cabra.

32. M. VIRTO; F. CHÁVARRI; M.A. BUSTAMANTE; L.J.R. BARRÓN; M. ARAMBURU; M. VICENTE; F.J. PÉREZ-ELORTONDO; M. ALBISU y M. DE RENOBALES. “Lamb rennet paste in ovine cheese manufacture. Lipolysis and flavour”. *International Dairy Journal* 13(2): 391-399, 2003.

33. I. HERNÁNDEZ; M. DE RENOBALES; M. VIRTO; F.J. PÉREZ ELORTONDO; L.J.R. BARRÓN; C. FLANAGAN y M. ALBISU. “Assessment of industrial lipases for flavour development in commercial Idiazabal (ewe’s raw milk) cheese”. *Enzyme and Microbial Technology* 36: 870-879, 2005.

34. El ácido graso de doce átomos de carbono es un componente esencial en todos los champús y detergentes domésticos.

Figura 5. Composición de ácidos grasos cortos, medios y largos en quesos Idiazabal elaborados con cuajo de cordero en pasta o con cuajo comercial (rectángulos negros: ácidos grasos de cadena corta; rectángulos rayados: ácidos grasos de cadena media; rectángulos blancos: ácidos grasos de cadena larga) Adaptado de la Referencia 32 del texto

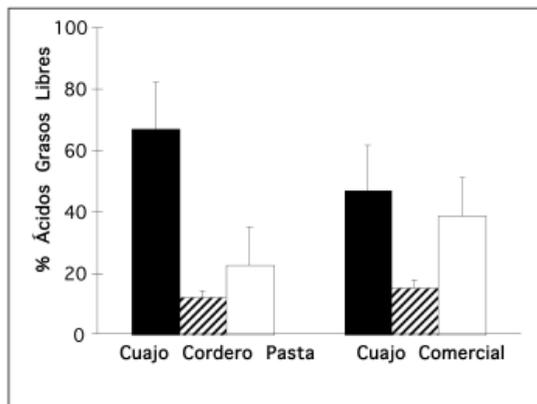


Figura adaptada de la referencia 32.

Figura 6. Puntuación media de los descriptores sensoriales de quesos Idiazabal fabricados con cuajo comercial sin lipasa (□), lipasa fúngica (Δ), lipasa animal 1 (■), lipasa animal 2 (◆), o cuajo en pasta (▲). La escala de los ejes va de 1 (en el centro) a 7 (en los extremos). Adaptado de la referencia 33 del texto

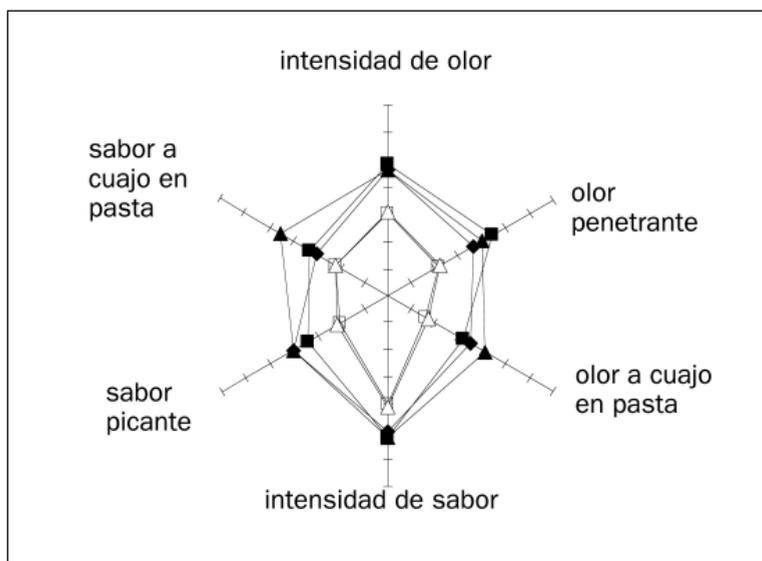
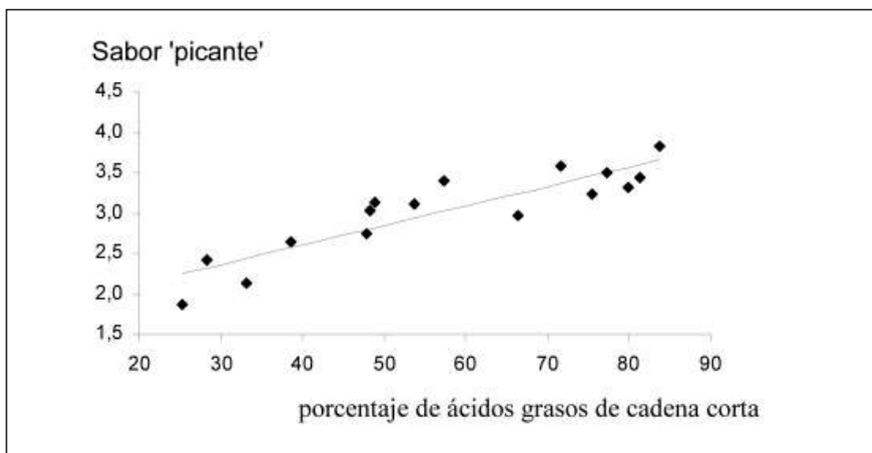


Figura adaptada de la referencia 33 del texto.

Figura 7. Relación lineal entre el porcentaje de ácidos grasos de cadena corta (entre 4 y 10 átomos de carbono) y el sabor 'picante' de los quesos elaborados con cantidades diferentes de lipasa



La concentración final de cada tipo de ácido graso depende del tipo de lipasa y de la cantidad añadida al comienzo de la fabricación. Al relacionar la puntuación del atributo 'sabor picante' con la concentración de ácidos grasos libres cortos, medios y largos se encontró una relación lineal únicamente con los ácidos grasos de cadena corta, como se puede ver en la Figura 7. Los resultados de esta figura indican que, cuanto mayor es el porcentaje de ácidos grasos libres cortos en el queso tanto más intenso es el 'sabor picante'. Resaltamos que esta es una de las primeras relaciones cuantitativas entre un parámetro sensorial complejo ('sabor picante') y un determinado tipo de compuestos ('porcentaje de ácidos grasos libres de cadena corta') y nos permitió determinar la cantidad de lipasa necesaria para conseguir quesos de sabor suave, de intensidad de sabor media o fuerte, como se describe a continuación.

Con la colaboración de cuatro queseras, se fabricaron quesos comerciales utilizando mezclas de cuajo bovino comercial con distintas cantidades de lipasa comercial. Después de 3 meses de maduración, se determinó la concentración de ácidos grasos de cadena corta y se hicieron los análisis sensoriales. Los resultados obtenidos permitieron establecer una relación fiable entre la cantidad de lipasa y la intensidad de sabor deseada del queso (Tabla 5). Para validar estos resultados, se distribuyeron mezclas de distintas cantidades de lipasa comercial y de cuajo bovino comercial según que se deseara fabricar quesos que a los 3 meses de maduración tuvieran un sabor 'suave', 'intermedio' o 'intenso'. En estas pruebas participaron 20 queserías artesanales y con esto quedó establecido el nivel de lipasa necesario para obtener una determinada intensidad de sabor, proporcionando a la quesera una sencilla manera de fabricar los quesos con el perfil sensorial deseado por sus clientes.

Tabla 5. Relación entre la cantidad lipasa añadida y la intensidad de sabor característico del queso

Cantidad de lipasa añadida (Unidades / 100 L leche)	Intensidad de sabor característico a los 3 meses de maduración
20	perceptible pero muy suave
50 - 100	intermedio
más de 125	quesos fuertes

Valores obtenidos a partir de los resultados de I. Hernández, y cols. *Enzy-me and Microbial Technology* 36: 870-879, 2005).

Calidad higiénico-sanitaria del queso hecho con cuajo en pasta. Ya desde 1939, se sospechaba que el cuajo artesanal podía transmitir microorganismos no deseados al queso³⁵, y posteriormente varios investigadores han constatado la baja calidad higiénico-sanitaria de los cuajos en pasta artesanales³⁶. En algunos países se prohíbe su uso porque se considera que puede dar lugar a contaminaciones por microorganismos no deseados. En otros, como España, las autoridades sanitarias hasta la fecha han tolerado el cuajo artesanal preparado por la quesera para su uso propio, ya que se ha utilizado desde la antigüedad, pero no se puede comercializar puesto que no cumple la normativa española sobre cuajos. Sin embargo, en otros, como Italia, en el que no existe normativa sobre cuajos, se comercializa libremente.

Con objeto de despejar las dudas de los consumidores sobre la calidad higiénico-sanitaria de los quesos elaborados con cuajo en pasta, y considerando que sólo encontramos dos referencias en la literatura científica referidas a la calidad de los quesos³⁷, procedimos a analizar 27 muestras de cuajos artesanales recogidos entre los queseros artesanos de Idiazabal, 10 muestras de cuajos preparados por nuestro grupo de investigación y 8 muestras de cuajos italianos³⁸. Seguidamente, con estos cuajos fabricamos diferentes quesos de oveja como son Idiazabal, Zamorano y Manchego, y un

35. Citado por Bozzetti (referencia 4).

36. A. IRIGOYEN; J.M. IZCO; F.C. IBÁÑEZ y P. TORRE. "Influence of rennet milk-clotting activity on the proteolytic and sensory characteristics of an ovine cheese". *Food Chemistry* 72: 137-144, 2001; G. PIREDDA y M. ADDIS. "Lamb rennet paste used in sheep milk cheeses manufactured in Sardinia". *Scienza e Tecnica Lattiero-Casearia* 54: 225-235, 2003; M.V. CALVO y J. FONTECHA. "Purification and characterization of a pregastric esterase from a hygienized kid rennet paste". *Journal of Dairy Science*: 87: 1132-1142, 2004; G. MOATSU; E. MOSCHOPOULOU; A. GEORGALA; E. ZOIDOU; I. KANDARAKIS; S. KAMINARIDES y E. ANIFANTAKIS. *Food Chemistry* 88: 517-525, 2004.

37. CALANDRELLI y cols., (1997) y MOATSU y cols. (2004). Refs. en GIL y cols., 2007.

38. P.F. GIL; S. CONDE; M. ALBISU; F.J. PÉREZ-ELORTONDO; I. ETAYO; M. VIRTO y M. DE RENOBALLES. "Hygienic quality of ewes' milk cheeses manufactured with artisan-produced lamb rennet pastes". *Journal of Dairy Research* 74: 329-335, 2007.

queso de cabra Al Vino de Murcia³⁹. Aunque efectivamente el nivel de determinadas especies microbianas en los cuajos artesanales utilizados rebasaba los límites de la normativa española, los quesos elaborados con estos cuajos cumplían la normativa europea de quesos de leche cruda en el momento de su comercialización y su calidad higiénico-sanitaria era totalmente comparable a la de los quesos control fabricados con cuajo comercial. Otros investigadores han publicado recientemente resultados similares en queso de Feta (de oveja, griego)⁴⁰ y Semicotto (de cabra, italiano)⁴¹. Por tanto, concluimos que el uso de cuajos de cordero en pasta no pone en peligro la salud de los consumidores.

El interés por el cuajo en pasta está aumentando notablemente entre queseros de otras regiones españolas, como La Palma, Valladolid, Zamora, Asturias, Murcia y Catalunya, para recuperar sabores tradicionales que van desapareciendo al generalizarse el uso del cuajo comercial bovino, o para diversificar los productos de una determinada quesería, obteniendo quesos con sabores más intensos o diferentes. Sin embargo, el problema principal con el que se encuentran estos queseros es la falta de cuajos en pasta 'tipo artesano', disponibles comercialmente y estandarizados, por lo que está aumentando la importación de cuajos de otros países.

En nuestra opinión, la normativa española sobre la calidad higiénico-sanitaria de los cuajos es excesivamente severa, y no es coherente con la normativa correspondiente a otros alimentos, como por ejemplo los embutidos⁴², puesto que la primera exige un nivel de algunos microorganismos muy inferior al que se recoge en la segunda. Es importante considerar que los cuajos no se ingieren directamente, mientras que los embutidos sí. Por tanto, teniendo en cuenta que los quesos elaborados con cuajo en pasta cumplen la normativa europea para quesos de leche cruda y su calidad higiénico-sanitaria es comparable a los quesos elaborados con cuajo comercial, parece razonable modificar la normativa sobre cuajos.

39. I. ETAYO; F.J. PÉREZ-ELORTONDO; P.F. GIL; M. ALBISU; M. VIRTO; S. CONDE; L.J.R. BARRÓN; A.I. NÁJERA; M.E. GÓMEZ-HIDALGO; C. DELGADO; A. GUERRA y M. DE RENOBALLES. "Hygienic quality, lipolysis and sensory properties of Spanish Protected Designation of Origin ewe's milk cheeses manufactured with lamb rennet paste". *Lait* 86: 415-434, 2006.

40. G. MOATSU; E. MOSCHOPOULOU; A. GEORGALA; E. ZOIDOU; I. KANDARAKIS; S. KAMINARIDES; E. ANIFANTACHIS. "Effect of artisanal liquid rennets from kids and lambs abomasa on the characteristics of Feta cheese". *Food Chemistry* 88: 517-525, 2004.

41. M. CALANDRELLI; R. RUBINO; G. MASCERO; F. CLEMENTI; G. MORONE; M. PIZZILLO; D. NICASTRO. "Effect of ked rennet production technology on its microbiological characteristics and on the chemical composition of Semicotto goat cheese". *Scienza e Tecnologia Latteario-Casearia* 48:343-360, 1997.

42. Reglamento (CE) n° 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios.

3. LA MADURACIÓN Y EL DESARROLLO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL QUESO

Como hemos dicho antes, el queso es un alimento 'vivo', en constante cambio desde el primer momento de la primera etapa de fabricación hasta su consumo, lo que, para el queso Idiazabal, generalmente ocurre entre 3 y 6 meses después. En este periodo de maduración, en la matriz del queso en formación, tienen lugar una gran cantidad de reacciones químicas catalizadas, mayoritariamente, por los enzimas provenientes de la leche cruda, del cuajo añadido y de los microorganismos que se desarrollan en el queso que, a su vez, provienen de la leche, del cultivo iniciador, y del ambiente de cada quesería. Los procesos químicos que tienen lugar se pueden agrupar en tres tipos principales⁴³ (Figura 8):

- Reacciones de proteólisis ('rotura de las proteínas'), que hidrolizan las proteínas, disminuyendo la cantidad de proteínas originales de la cuajada, principalmente las caseínas, al transformarse en otras proteínas cada vez más pequeñas (péptidos) y en aminoácidos (los 'ladrillos' con los que se construyen las proteínas).
- Reacciones de lipólisis ('rotura de las grasas'), por las que las grasas de la leche, que en su mayoría han quedado retenidas en la cuajada, liberan ácidos grasos.
- Fermentación de la lactosa y del ácido cítrico de la leche, los cuales se transforman en ácidos orgánicos como el láctico y acético, originando además otros compuestos.

Todos estos procesos ocurren simultáneamente (Figura 9) y muchos de los compuestos finales de estos procesos son, a su vez, precursores de otros que aportan al queso determinadas características sensoriales, o inciden en su valor nutritivo. En el desarrollo armónico de estos procesos influyen decisivamente, entre otros factores, los enzimas y los microorganismos presentes en la matriz del queso, la temperatura, la acidez, la concentración de sal y el contenido de agua de dicha matriz.

El estudio de estos procesos se ha realizado analizando en el tiempo la evolución de las concentraciones relativas de los compuestos implicados, y determinando, si es posible, la actividad de los diferentes enzimas. Dependiendo de las variables tecnológicas introducidas en el proceso de fabricación, las variaciones en las concentraciones de determinados compuestos causan cambios en algunas características sensoriales, lo que permite conocer de qué factores dependen éstas en última instancia. No es fácil poder establecer esta relación de inmediato, por lo que en muchos trabajos publicados en la literatura científica se describen cambios que no se relacionan con ninguna característica sensorial o nutricional, ya sea positiva o negativa,

43. P.L.H. MCSWEENEY y M.J. SOUSA. "Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review". *Lait* 80: 293-324, 2000.

Figura 8. Esquema de los principales procesos químicos y bioquímicos que ocurren durante la maduración de los quesos para sintetizar compuestos responsables del aroma y del sabor

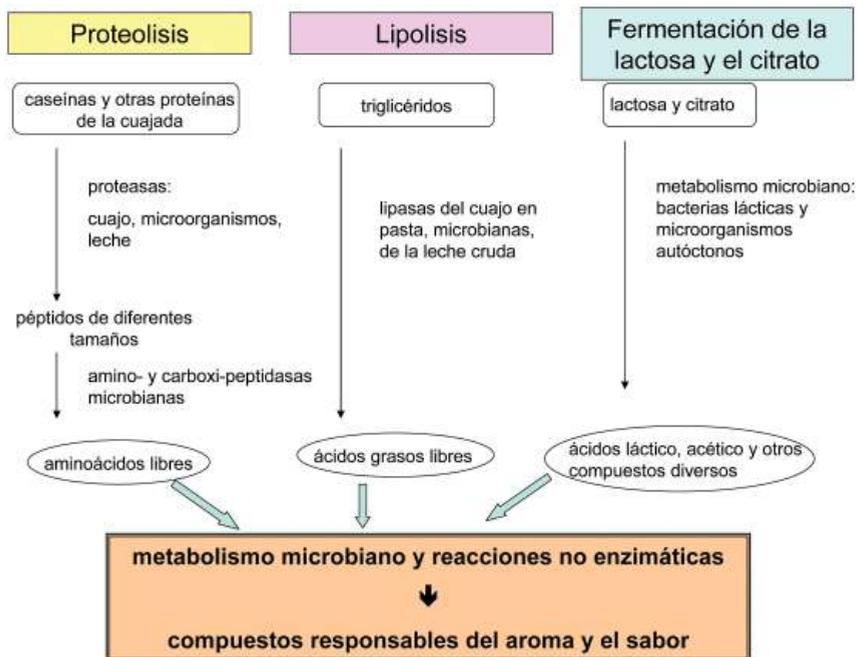
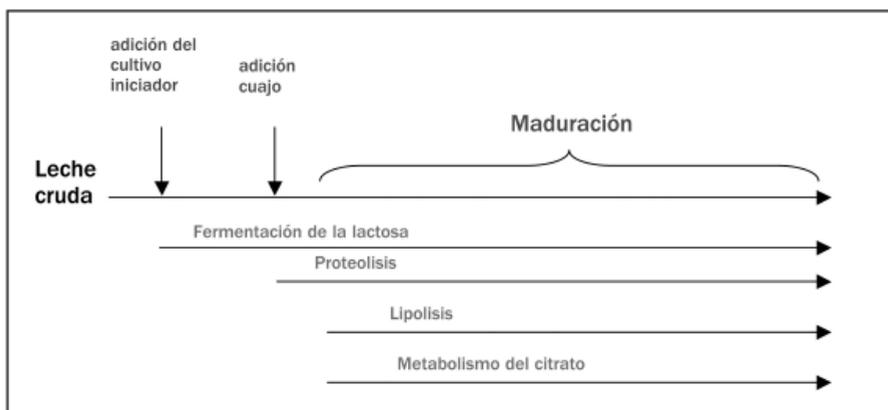


Figura 9. Desarrollo en el tiempo de los procesos químicos y bioquímicos que dan lugar a los compuestos responsables del aroma y el sabor



quedando a la espera, por así decirlo, de poder combinarlo con otros datos, ya que, en general, cada una de las características sensoriales puede depender de la interacción de muchos factores. El objetivo final de este tipo de investigación aplicada –y básica a la vez– es poder transmitir estos conocimientos al sector productivo para mejorar la calidad del alimento final.

Compuestos químicos y características sensoriales. Un número importante de compuestos químicos son responsables del sabor, olor y aroma del queso Idiazabal. Nuestro grupo de investigación ha identificado más de 90 compuestos volátiles en quesos Idiazabal elaborados en diferentes queserías y épocas del año⁴⁴. Los compuestos que aportan ‘olor’ al queso (o a cualquier otro alimento) deben ser volátiles, y de bajo peso molecular (moléculas pequeñas) para poder pasar a la fase de vapor y ser percibidos por los receptores olfativos en la nariz. Estos compuestos son de naturaleza química diversa, constituidos por moléculas lineales, ramificadas o con anillos aromáticos, y que pertenecen a distintos grupos químicos como son los ácidos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres o hidrocarburos. Muchos de estos compuestos se originan en alguna de las rutas bioquímicas anteriormente señaladas: proteólisis, lipólisis y fermentación de la lactosa y el ácido cítrico. Sin embargo, la mayoría de ellos, se producen por reacciones involucradas en el metabolismo microbiano de aminoácidos⁴⁵ y ácidos grasos libres⁴⁶.

Las bacterias lácticas, procedentes del cultivo iniciador o presentes en la leche cruda, transforman la lactosa en ácido láctico a través de un compuesto intermediario que es a su vez metabolizado por estos microorganismos generando otros compuestos de bajo peso molecular. Entre ellos se encuentran algunas cetonas, como el diacetilo y acetoína, compuestos aromáticos responsables de olor y aroma a mantequilla, o la 2-butanona que aporta notas dulces y afrutadas, características de quesos con ‘sabor y olor suave’⁴⁷. Estos mismos compuestos, junto con el ácido acético, son obtenidos a partir del metabolismo del ácido cítrico presente en la leche.

Los aminoácidos libres, provenientes de la hidrólisis de las proteínas de la leche durante la maduración del queso, son sustrato de numerosas reacciones enzimáticas de descarboxilación (pérdida del grupo ácido), desaminación (pérdida del grupo amino) y reducción (transformación del grupo ácido

44. L.J.R. BARRON; Y. REDONDO; M. ARAMBURU; F.J. PÉREZ-ELORTONDO; M. ALBISU; A.I. NÁJERA; M. DE RENOBALES. “Variations in volatile compounds and flavour in Idiazabal cheese manufactured from ewe’s milk in farmhouse and factory”. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 1660-1671, 2005.

45. M. YVON y L. RIJNEN. “Cheese flavour formation by amino acid catabolism”. *International Dairy Journal* 11: 185-201, 2001.

46. Y.F. COLLINS; P.L.H. MCSWEENEY y M.G. WILKINSON. “Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of the current knowledge”. *International Dairy Journal* 13: 841-866, 2003.

47. B.A. LAW. “The formation of aroma and flavour compounds in fermented dairy products”. *Dairy Science Abs.* 43: 143-154, 1998.

en grupo aldehído, y de éste en grupo alcohol) en el metabolismo bacteriano. Estas reacciones generan aminas y ácidos volátiles, aldehídos y alcoholes responsables de diversas sensaciones olfato-gustativas en el queso, como más adelante comentaremos.

En el queso Idiazabal aparecen de forma característica ácidos volátiles como el ácido 2-metilpropanoico, aldehídos como n-hexanal, n-octanal, n-nonanal y 3-metilbutanal, y alcoholes como 1-butanol, 1-hexanol, 3-metil-1-butanol y 2-metil-1-propanol⁴⁸. Además, diversos tipos de microorganismos pueden metabolizar de forma específica algunos aminoácidos, como es el caso de aminoácidos con anillos aromáticos, como tirosina o triptófano, o el caso de los aminoácidos azufrados cisteína y metionina, generándose durante la maduración alcoholes aromáticos y compuestos azufrados de bajo peso molecular, los cuales aportan olor y aroma intenso a determinadas variedades de quesos franceses, suizos e italianos⁴⁹. Sin embargo, en el queso Idiazabal estos compuestos apenas tienen relevancia.

Los ácidos grasos libres obtenidos por la hidrólisis de los triglicéridos, son utilizados por los microorganismos durante la maduración transformándolos en compuestos carbonílicos denominados metil-cetonas, o sus correspondientes alcoholes secundarios. Por otra parte, a partir de esta ruta metabólica se originan unos compuestos denominados γ - y δ -lactonas, los cuales presentan un alto valor aromático aportando olor y aroma dulce, afrutado y a queso suave.

Además de las reacciones bioquímicas anteriores, se pueden producir otras que también generan una diversidad de compuestos de interés aromático. Por ejemplo, la formación de ésteres de alquilo⁵⁰ entre ácidos grasos de cadena corta y alcoholes tiene lugar durante la maduración del queso Idiazabal catalizada por enzimas microbianas. Estos compuestos⁵¹ son responsables de aromas afrutados que en el queso se pueden percibir con intensidad baja como, por ejemplo, olor a fruta exótica, a frutas de hueso o pepita, a cítricos o a frutos secos.

El perfil aromático del queso Idiazabal, como el de cualquier tipo de queso madurado, está condicionado por la combinación de diferentes elementos como son, el número y tipo de compuestos volátiles, sus concentra-

48. L.J.R. BARRON; Y. REDONDO; C.E. FLANAGAN; F.J. PÉREZ-ELORTONDO; M. ALBISU; A.I. NÁJERA; M. DE RENOBALLES; E. FERNÁNDEZ-GARCÍA. "Comparison of the volatile composition and sensory characteristics of Spanish PDO cheeses manufactured from ewes' raw milk and animal rennet". *International Dairy Journal* 15: 371-382, 2005.

49. P.M.G. CURIONI y J.O. BOSSET. "Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry". *International Dairy Journal* 12: 959-984, 2002.

50. S.Q. LIU; R. HOLLAND y V.L. CROW. "Esters and their biosynthesis in fermented dairy products: a review". *International Dairy Journal* 14: 923-945, 2004.

51. Ésteres etílicos de butanoato y hexanoato, ésteres 3-metilbutílicos de butanoato y hexanoato.

ciones y el valor aromático⁵² de cada uno de ellos, así como la interacción entre dichos compuestos. El equilibrio entre estos elementos provocará unas sensaciones olfato-gustativas características que nos permiten reconocer un queso como Idiazabal frente a otros tipos de quesos madurados. Nuestro grupo ha llevado a cabo una línea de investigación con objeto de conocer la relación entre la composición química del queso, especialmente en cuanto a los componentes volátiles, y las sensaciones olfato-gustativas percibidas por un panel experto de catadores. De esta forma, es posible atribuir determinadas sensaciones a la presencia de uno o varios compuestos químicos, o bien a la interacción producida entre ellos⁵³.

La Tabla 6 recoge los compuestos principales que contribuyen a los sabores básicos del queso Idiazabal. Así pues, como anteriormente hemos comentado, el mayor o menor 'sabor picante' del queso está relacionado con una mayor o menor concentración de ácidos grasos libres de cadena corta, en particular de los ácidos propanoico, butírico, n-hexanoico y 2-metilpropanoico. Otros compuestos, como algunos aldehídos y cetonas, también contribuyen a la sensación de 'sabor picante'. El 'sabor ácido' del queso Idiazabal puede tener una intensidad variable, y se debe sobre todo a la presencia de ácidos orgánicos como el ácido láctico y acético, con la contribución de algunos ácidos grasos libres de cadena corta como el butírico, n-hexanoico y 3-metilbutanoico. El 'sabor salado' que en el queso Idiazabal debe tener una intensidad media se debe a la presencia de sal, que procede de la salmuera en la que se sumergen los quesos durante un determinado tiempo en el proceso de fabricación (véase la Figura 1). El 'sabor dulce', de intensidad variable, se debe a la presencia en el queso madurado de azúcares residuales no fermentados, como glucosa y galactosa, y de aminoácidos libres⁵⁴. La ausencia de amargor en el queso Idiazabal indica que la concentración de péptidos pequeños y aminoácidos libres producidos por proteólisis durante la maduración es baja, ya que estos compuestos son los responsables de aportar gustos amargos al queso.

Los compuestos responsables del olor y aroma del queso se clasifican para su análisis en grupos denominados **familias de olor**⁵⁵, que describen

52. El valor aromático es la relación entre la concentración de un compuesto y su umbral de reconocimiento. Este último es la mínima concentración del compuesto capaz de provocar una sensación (olfato-gustativa) detectable por nuestros sentidos. Así pues, un compuesto volátil que se encuentre en muy pequeña concentración en el queso tendrá un alto valor aromático si su umbral de reconocimiento es muy bajo, en comparación con otros compuestos que puedan encontrarse en mayor concentración en el queso.

53. L.J.R. BARRON; Y. REDONDO; M. ARAMBURU; F.J. PÉREZ-ELORTONDO; M. ALBISU; A.I. NÁJERA; M. DE RENOBALES. "Variations in volatile compounds and flavour in Idiazabal cheese manufactured from ewe's milk in farmhouse and factory". *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 1660-1671, 2005.

54. Los D-aminoácidos libres junto a los azúcares y la sal no son compuestos volátiles, pero presentan las propiedades gustativas a que se hace referencia.

55. F. BERODIER; P. LAVANCHI; M. ZANNONI; J. CASALS; H. HERRERO y C. ADAMO. "Guía para la evaluación olfato-gustativa de los quesos de pasta dura o semi-dura". *European Research Programme AIR-CT94-2039, GECOTEFT, Poligny (Francia), 1997.*

las diferentes notas de olor y aroma que conforman la sensación olfativa global de un queso, y que en última instancia determinan su olor y aroma 'característico'. Es necesario señalar que un mismo compuesto puede pertenecer a familias distintas porque aporta notas diferentes en su sensación olfativa. En el perfil sensorial del queso Idiazabal podemos encontrar notas pertenecientes a cuatro familias de olor (Tabla 7) que describimos a continuación.

Tabla 6. Compuestos químicos principales que contribuyen a los sabores básicos característicos del Queso Idiazabal

Sabor	Compuestos químicos principales
'picante' - intensidad variable	<ul style="list-style-type: none"> – ácidos grasos libres de cadena corta: butírico, propanoico, <i>n</i>-hexanoico, 2-metil-propanoico, <i>n</i>-octanoico, <i>n</i>-decanoico, – aldehídos: acetaldehído, – cetonas: 2-heptanona, 4-heptanona,
ácido - intensidad variable	ácidos: láctico, acético, butírico, <i>n</i> -hexanoico,
salado - intensidad media	cloruro sódico (sal común)
dulce - intensidad variable	glucosa, galactosa, aminoácidos libres

Tabla 7. Compuestos químicos principales que se agrupan en las 'Familias de Olor' más significativas del aroma y el sabor del Queso Idiazabal

olor láctico	leche fresca, acidificada, cocida mantequilla; corteza de queso leche de oveja evolucionada	acetoína, diacetilo ácidos propanoico y 2-metilpropanoico
olor animal	olor a oveja, a cuajo	<ul style="list-style-type: none"> – ácidos grasos libres de cadena corta: butírico, <i>n</i>-hexanoico, <i>n</i>-octanoico, <i>n</i>-decanoico, – cetonas: 2-heptanona, 2-nonanona – ésteres metílicos: etil-hexanoato, etil-butanoato.
olor afrutado	frutas exóticas, frutas de hueso o pepita, frutos secos, cítricos	<ul style="list-style-type: none"> – ésteres: etil-butanoato, etil-hexanoato alcoholes: 1-butanol, 2-butanol, 3-metil-1-butanol – cetonas: 2-butanona.
olor vegetal	olor a hierba, hierba fermentada, madera, verduras cocidas, ajo.	<ul style="list-style-type: none"> – aldehídos: <i>n</i>-hexanal, <i>n</i>-heptanal, acetaldehído. – terpenos: D-limoneno, pineno, cimeno

La familia denominada 'olor láctico' incluye a aquellos compuestos que aportan notas a leche fresca, cocida, acidificada, mantequilla o a corteza de queso. Como anteriormente hemos comentado, compuestos como acetoína y diacetilo forman parte de esta familia, junto a otros compuestos de distinta naturaleza como los ácidos propanoico y el 2-metilpropanoico. Esta familia de compuestos es importante en la formación del olor y aroma 'característico' del queso Idiazabal en el que se describe la sensación de olor y aroma a 'leche de oveja evolucionada'. Estos compuestos son componentes determinantes de quesos Idiazabal de baja y media maduración, con aroma suave, caracterizados por desarrollar una baja lipólisis durante la maduración ya que han sido elaborados con cuajo bovino comercial o con cuajo artesano en pasta de baja actividad lipasa.

Los compuestos que se incluyen en la 'familia animal' aportan notas de olor a oveja y cuajo, característicos de quesos elaborados con cuajo de cordero en pasta. En esta familia los compuestos principales son ácidos grasos de cadena corta, lineales como el ácido butírico, n-hexanoico, n-octanoico y n-decanoico, o ramificados como el ácido 3-metilbutanoico, metil-cetonas como 2-heptanona y 2-nonanona, y algunos ésteres metílicos como etil hexanoato y etil butanoato. El aroma a 'cuajo natural' es uno de los descriptores sensoriales característicos del queso Idiazabal. Otro descriptor sensorial característico es el 'sabor butírico' debido a la presencia de ácido butírico, uno de los principales ácidos grasos libres de cadena corta, que aporta un intenso olor y aroma por su alto valor aromático. La concentración de este ácido en el queso (que es muy alta en relación a las de otros ácidos grasos libres de cadena corta) debe estar siempre entre unos determinados límites: en concentraciones baja-media aporta al queso notas sensoriales deseadas, pero en concentraciones altas es el responsable de sabores rancios desagradables. Los compuestos responsables del 'olor animal' y 'sabor butírico' son característicos de quesos Idiazabal de alta maduración, con un alto grado de lipólisis fundamentalmente debido al uso de cuajo de cordero en pasta.

La familia 'olor afrutado' incluye compuestos químicos que aportan notas a frutos secos, frutas exóticas, de hueso o pepita y cítricos. En el queso Idiazabal las notas a frutos secos son las principales de esta familia cuyos compuestos permiten matizar diferencias en el olor y aroma entre unos quesos y otros aportadas por la presencia en mayor o menor concentración de ésteres, como el etil butanoato, etil hexanoato, de alcoholes como el butanol, 2-butanol y 3-metil-1-butanol, y metil-cetonas de corta cadena como la 2-butanona.

La familia 'olor vegetal' agrupa a compuestos de naturaleza química muy variada, todos ellos aportando olor a hierba, hierba fermentada, madera, o verduras cocidas y ajo, provenientes de la alimentación de las ovejas. En el queso Idiazabal, las notas de 'olor vegetal' no son muy destacadas en el perfil característico del queso aunque se presentan pequeñas concentraciones de algunos compuestos de esta familia como los aldehídos n-hexanal y n-heptanal, o terpenos como D-limoneno y pineno. Algunos de estos terpe-

nos pueden ser determinantes para establecer un sistema de trazabilidad que indique qué quesos han sido producidos con leche proveniente de animales alimentados principalmente con pasto.

Otras familias de olor como son el 'olor floral' y 'olor especiado' presentes en determinados tipos de queso, apenas tienen relevancia en las sensaciones olfato-gustativas del queso Idiazabal, bien porque los compuestos que aportan estas sensaciones no se detectan, bien porque se encuentran en muy baja concentración, o su impacto aromático está enmascarado por otros compuestos. La familia 'olor torrefacto' incluye notas a humo que son importantes en los quesos Idiazabal ahumados y notas a 'caramelo' que también se aprecian en algunos quesos.

El queso ahumado. Tradicionalmente el queso Idiazabal ahumado era muy popular, y era la modalidad más conocida fuera del País Vasco debido a que, como se conserva mejor sin refrigeración, llegaba a su destino en buenas condiciones tanto higiénico-sanitarias como sensoriales, sobre todo antes de que se generalizaran los frigoríficos, a finales del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX. Todavía hoy, la mayoría del queso Idiazabal que se exporta a otros países o se comercializa fuera de este entorno geográfico es ahumado, por lo que muchas personas se sorprenden cuando en el País Vasco encuentran el mismo queso sin ahumar. En la actualidad, sólo aproximadamente el 30% (o algo menos) de los quesos elaborados son ahumados puesto que los consumidores muestran mayor preferencia por los quesos sin ahumar. El ahumado ha sido utilizado desde muy antiguo como un método de conservación de alimentos debido a las propiedades antimicrobianas y antioxidantes de algunos de sus componentes⁵⁶: almacenado en refrigeración durante un cierto tiempo, el queso ahumado, a diferencia del queso sin ahumar, mantiene la corteza libre de hongos. Sin embargo, hoy día el queso se ahuma para modificar sus propiedades organolépticas principalmente.

El ahumado confiere a la corteza una coloración más oscura, y modifica el contenido de humedad en el interior del queso provocando pequeños cambios en su textura. Como consecuencia, los componentes del humo pasan más fácilmente al interior del queso, aportando el característico 'olor a humo'. Algunos componentes típicos del aroma de queso ahumado son alcoholes aromáticos como el fenol, guayacol y derivados, compuestos con ciclo furano y pirano, y algunas cetonas cíclicas.

El proceso de ahumado del queso Idiazabal se realiza habitualmente entre 60 y 75 días de maduración, con objeto de aportarle principalmente las características sensoriales derivadas del ahumado. Para ahumar los quesos, éstos se colocan en bandejas en cámaras con atmósfera de humo durante un tiempo de unas 24 horas, a una temperatura de entre 15 y 20 °C, y humedad relativa del aire del 85%. El humo se produce por pirólisis de madera (la de haya es la más utilizada) y se introduce en el ahumadero

56. J.A. MAGA. Smoke in Food Processing. CRC Press, Florida, 1988.

mediante un ventilador. Con frecuencia los quesos ahumados tienen un sabor más intenso que los quesos sin ahumar de la misma maduración, debido a que al subir la temperatura durante el ahumado se aceleran los procesos bioquímicos, sobre todo la lipólisis⁵⁷, y el queso madura más rápidamente. Por esta razón, ahora las queseras tienden a reducir el tiempo de ahumado, a veces hasta 2 horas, teniendo en cuenta la preferencia de la mayoría de los consumidores por quesos de sabor más suave.

Las aminas biogénicas. Las aminas biogénicas son un grupo de compuestos variados, presentes en los alimentos, en diferentes concentraciones. Aunque todos los seres vivos las sintetizan ya que tienen diversas funciones en el metabolismo, las más estudiadas en alimentos están producidas por microorganismos introducidos en la fabricación del alimento, o contaminantes, a partir de los aminoácidos resultantes de la hidrólisis de las proteínas (véase la Figura 7). Entre estos compuestos la histamina es la más conocida por el gran público debido a los problemas que con frecuencia causa, como jaquecas, náuseas, vómitos, urticarias e incluso alteraciones de la tensión arterial. Sin embargo, no todas las aminas biogénicas tienen connotaciones negativas para la salud, y las diaminas putrescina y cadaverina⁵⁸ tienen funciones fisiológicas en el organismo⁵⁹, y están presentes en la leche materna.

Diversos microorganismos sintetizan este tipo de compuestos a partir de los aminoácidos libres cuando se encuentran en situaciones de estrés, como puede ser un medio con un pH un poco ácido (recordamos que durante la maduración del queso el pH en su interior puede bajar hasta valores inferiores a 5), ya que tienden a compensarlo. Los efectos negativos de las aminas biogénicas en la persona que las ingiere dependen de la amina en concreto, de la susceptibilidad de la persona a una determinada amina, de su concentración presente en el alimento, y de la presencia o ausencia de alcohol. La concentración de aminas biogénicas es especialmente alta en alimentos fermentados, como quesos, vinos, o cerveza, y en conservas de pescado. El queso, principalmente el producido a partir de leche cruda, es uno de los alimentos más frecuentemente implicados en casos de reacciones negativas frente a la histamina. Como en la literatura científica los datos referidos a las concentraciones de aminas biogénicas en quesos de oveja hasta la fecha son escasísimos⁶⁰, decidimos estudiar su presencia en

57. A.I. NÁJERA; L.J.R. BARRÓN y Y. BARCINA. "Changes in free fatty acids during the ripening of Idiazabal cheese: influence of brining time and smoking". *Journal of Dairy Research* 61: 281-288, 1994.

58. Estos inquietantes nombres se deben a que estos compuestos se caracterizaron inicialmente en alimentos cárnicos en malas condiciones en los que sus concentraciones son muy elevadas.

59. S. BARDÓCZ. "Polyamines in food and their consequences for food quality and human health". *Trends in Food Science and Technology* 6: 341-346, 1995.

60. E. FERNÁNDEZ-GARCÍA; J. TOMILLO y M. NÚÑEZ. *International Journal of Microbiology* 52: 189-196, 1999.

queso Idiazabal elaborado en diferentes condiciones tecnológicas y con diferentes tipos de cuajos.

Es de resaltar que en el queso Idiazabal⁶¹ la concentración de histamina es muy baja, no detectándose en la mayoría de los casos y llegando hasta 0.08 g/kg de queso, inferior al umbral de 0.1 g/kg propuesto por algunos autores⁶², aunque de momento no existe ninguna normativa al respecto. A efectos de comparación, podemos mencionar que para el pescado crudo o salado, el límite legal es 0.9 ó 1.8 g/kg, respectivamente⁶³. Sin embargo, la concentración de histamina en algunos quesos muy estimados por los consumidores, como algunos quesos de Suiza está entre 0.6 y 1.9 g/kg de queso⁶⁴.

Además de la histamina, otras aminas biogénicas que se deben tener en cuenta son la tiramina, la putrescina y la cadaverina, todas ellas presentes en el queso Idiazabal, en concentraciones inferiores a las encontradas en otros quesos de vaca. En general, la concentración total de aminas biogénicas aumenta al aumentar el periodo de maduración, ya que también la proteólisis aumenta. En queso Idiazabal de 180 días de maduración los niveles máximos encontrados variaron entre 1.5 y 2.0 g/kg de queso, siendo menos de la mitad en quesos de 60 días de maduración⁶⁵.

Como en algunas de las reacciones bioquímicas en las que se producen aminas biogénicas se produce también anhídrido carbónico (reacciones de descarboxilación), algunos autores han relacionado estos compuestos con un defecto de textura como es la cantidad de 'ojos', ya que en esas zonas la matriz del queso se vería un poco más debilitada por el CO₂ y se podrían producir las pequeñas cavidades. Nuestros resultados indican que los quesos que tienen un número excesivamente alto de ojos (que sí sería un defecto), tienen también una elevada concentración de aminas biogénicas⁶⁶, lo que apoyaría esta hipótesis. Es necesario profundizar más en este punto, ya que la presencia de ojos en el queso puede ser debida a una combinación de otros factores.

61. M. VIRTO y P.N. FERNÁNDEZ CABALLERO, resultados no publicados 2008.

62. Citado por D. GIUFFRIDA; M. ZIINO; A. VERZERA; C. CONDURSO y V. ROMEO. "Biogenic amines in a typical "Pasta filata" Italian cheese". *Acta Alimentaria* 35(4): 435-443, 2006.

63. CE Directiva de 22 de julio de 1991 por la que se fijan las normas aplicables a la producción y puesta en el mercado de los productos pesqueros, 91/439/ECC. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 286: 15-34.

64. H.K. MAYER; E. FISCHER y G. ROHRAUER. "Determination of biogenic amines in different cheese varieties using ultra performance liquid chromatography (UPLC)". *5th IDF Symposium on Cheese Ripening* (Bern, Suiza, 9-13 marzo de 2008), pg. 23, 2008.

65. M. VIRTO y P.N. FERNÁNDEZ CABALLERO. Datos no publicados.

66. C.E. FLANAGAN. El análisis de imágenes en la calidad sensorial del queso de oveja. Aspectos tecnológicos, microbiológicos y fisico-químicos. Tesis Doctoral. Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, Facultad de Farmacia, Vitoria-Gasteiz, 2004.

4. LA ALIMENTACIÓN DE LAS OVEJAS, LA CALIDAD DE LA LECHE Y EL FUTURO DEL QUESO IDIAZABAL DE PASTOR

La primera publicación científica que describe la relación entre la alimentación de los animales y el sabor de la leche data de 1757⁶⁷. Su autor, un profesor de Botánica de la Universidad de Cambridge, describe cómo varía el sabor de la leche de vaca dependiendo de las plantas que crecen en el prado donde pastan, o de la época del año:

... debemos suponer que los jugos de cada hierba están llenos de espíritus y son más nutritivos cuando se encuentran en el vigor de su crecimiento que cuando el frío detiene su crecimiento....

... las vacas que se alimentan en primavera de hierba alta producen mucha leche..... la buena hierba de la primavera, o el heno hecho de la hierba en su excelencia,..... hará que la leche tenga un buen sabor..

...en la época del año cuando las hojas caen, encontramos que la leche de las vacas que se alimentaron de ellas es amarga, y se corta fácilmente, por lo que razonablemente podemos suponer que las hojas caídas tienen una influencia sobre la leche...

Sin embargo, los estudios científicos sistemáticos sobre la influencia de la alimentación de los animales en la calidad sensorial de la leche empezaron a realizarse en las últimas dos décadas del siglo XX, casi exclusivamente en ganado vacuno por su mayor importancia económica frente al ganado ovino o caprino. El interés actual por la relación entre la alimentación y la calidad de la leche tiene, en nuestra opinión, varias vertientes. Por una parte, los ganaderos buscan optimizar los parámetros de producción de leche, teniendo en cuenta factores económicos entre los que ocupa un lugar importante el aprovechamiento de los recursos proporcionados por el pasto frente a la alimentación basada en concentrados y piensos comerciales ya preparados. Este aspecto adquiere una mayor relevancia en periodos en los que el precio de la leche en origen baja mientras que el coste de los piensos aumenta. Por otra parte, durante estos primeros años del siglo XXI, se está intensificando la creciente preocupación por la relación entre la alimentación y la salud que impulsa a los consumidores a buscar alimentos –como la leche y los productos lácteos– con determinados componentes funcionales, cuyos efectos beneficiosos cada vez son mejor conocidos debido a la divulgación de los resultados de las investigaciones científicas. La presencia de estos compuestos funcionales en el queso, muchos de los cuales provienen de la alimentación de las ovejas, puede proporcionar a los elaboradores de queso una base científica para diferenciar aquellos quesos con un mayor valor añadido, sobre los que los consumidores pueden ejercer una selección más razonada y ajustada a sus expectativas.

67. R. BRADLEY. *A general treatise of Agriculture, both philosophical and practical, displaying the arts of Husbandry and Gardening*. London, 1757.

La oveja *latxa*, raza autóctona tradicional del País Vasco, a diferencia de otras razas de ovino de leche, no se presta a su cría intensiva con alimentación permanente en pesebre, por lo que su alimentación es mixta, incluyendo pasto y forrajes conservados y piensos concentrados comerciales, según la localización geográfica de las explotaciones y la época del año⁶⁸. Así, durante el periodo principal de producción lechera que es, en general, en los meses de primavera, el pasto es la alimentación principal, suplementándose con cantidades limitadas de concentrado en pesebre, lo que permite obtener producciones de leche similares a las obtenidas con alimentación intensiva exclusivamente⁶⁹.

Los estudios sobre el efecto del pastoreo en la calidad de la leche se han realizado, casi exclusivamente, en ganado vacuno. En colaboración con los investigadores de Neiker, y con 12 explotaciones comerciales de producción de leche de oveja *latxa* estamos realizando un estudio detallado de la influencia del pasto en la calidad funcional y tecnológica de la leche y del queso elaborado con ella.

La alimentación de pasto modifica la composición de la grasa de la leche de oveja, aumentando la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados, y disminuyendo la de ácidos grasos saturados, lo que se considera deseable debido al efecto saludable de los primeros y a los efectos negativos de los segundos. Además, aumenta también la cantidad de unos ácidos grasos poliinsaturados derivados del ácido linoleico denominados en conjunto 'ácidos linoleico conjugados' (CLA). Estos ácidos grasos están siendo objeto de muchos estudios ya que, según algunos autores, parece que tienen efectos saludables como puede ser la reducción del riesgo de cáncer, reducción de la proporción colesterol-LDL/colesterol-HDL (lo que a su vez disminuye el riesgo de enfermedades cardiovasculares), aumento de la proteína corporal y disminución de la grasa corporal, e incluso prevención frente a la diabetes⁷⁰. Sin embargo, en otros estudios realizados en seres humanos, los beneficios de la ingesta de CLA no quedan tan claros⁷¹.

Otros posibles efectos positivos que el pasto puede tener sobre parámetros responsables de la calidad funcional de la leche y el queso Idiazabal están todavía en estudio. Entre ellos destacamos el aumento en la concen-

68. L.M. OREGUI; J. GARRO; M.S. VICENTE y M.V. BRAVO. "Estudio del sistema de alimentación en las razas ovinas *latxa* y carranzana: utilización de los pastos comunales y suplementación en pesebre". *Información Técnica Económica Agraria* 93: 173-182, 1997.

69. A. GARCÍA-RODRÍGUEZ y L.M. OREGUI. "Effect of time spent on pasture and protein content of the concentrate on milk yields and body reserves". En: *Land use systems in grassland dominated regions*. Proceedings of the 20th General Meeting of the European Grassland Federation. Lüscher (ed.), 2004.

70. M.A. BELURY. "Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of action". *Annual Review of Nutrition* 22: 505-531, 2002; M.W. PARIZA; Y. PARK; M.E. COOK. *Progress in Lipid Research* 40: 283-298, 2001; PARIZA, M.W., 2004. Perspective on the safety and effectiveness of conjugated linoleic acid. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(supp): 1132S-1136S.

71. T.M. LARSEN; S. TOUBRO y A. ASTRUP. *Journal of Lipid Research* 44: 2234-2241, 2003.

tración de calcio y su relación con las propiedades tecnológicas de la leche, como el mayor rendimiento quesero obtenido y la mayor firmeza de la cuajada, el aumento de la capacidad antioxidante total de la leche por la presencia de compuestos pequeños (todavía sin determinar), y la presencia de algunos compuestos volátiles terpenoides que facilitarían el diseño de un sistema de trazabilidad de 'queso de pasto' o 'queso de montaña'.

El pastoreo es uno de los sistemas que permite un mayor rendimiento tanto energético como proteico en relación a la energía fósil utilizada en su producción⁷² lo que conlleva importantes ventajas medioambientales e incluso económicas. Además contribuye al mantenimiento de los prados de montaña que pueden estar disponibles incluso para usos recreativos.

5. LA INVESTIGACIÓN Y EL SECTOR PRODUCTIVO

El objetivo de todas estas investigaciones es, como ya hemos dicho desde el comienzo, poder trasladar al sector productivo información que sea directamente aplicable en la elaboración del queso, o en el manejo del rebaño por lo que respecta a la alimentación de las ovejas. Para conseguir este objetivo, hemos establecido una estrecha relación, no sólo con el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Queso Idiazabal, sino también con muchas queseras y pastores, quienes han participado directamente en los proyectos de investigación y han realizado numerosas pruebas a escala comercial.

Los estudios relacionados con el cuajo en pasta artesano contaron también con la participación activa de una empresa fabricante de cuajos para tratar de diseñar un producto que fuera fácil de producir, de conservar y fácil de usar. Confiamos tener el procedimiento industrial de fabricación de cuajo en pasta finalizado en unos meses, para que las queseras puedan disponer de un cuajo artesano con actividad coagulante y lipolítica estandarizadas sin el trabajo añadido de tener que prepararlo.

La transferencia de los resultados de investigación al sector productivo se realiza también mediante la participación en cursos de actualización organizados por asociaciones de productores como por ejemplo Artzai-Gazta, el Instituto Tecnológico de Ganaderos de Navarra o Artzai-Eskola (Escuela de Pastores) de Aranzazu. En ellos, además de transmitir los resultados obtenidos, se recogen los problemas, observaciones y cuestiones de todo tipo planteadas por los queseros a las que, poco a poco, vamos dando respuesta según nuestros medios.

La implicación de nuestro grupo de investigación con el sector productivo llega también a los numerosos concursos de quesos en los que habitualmente participan aquellos investigadores con extensa experiencia en análisis sensorial.

72. OSORO, K. 2006. *Euskal abelgintzaren egoera eta posibilitateak Europako Elkarte Ekonomikoari*. Ihardunaldien Bilduma. Udako Euskal Unibersitatea. Donostia.

6. A MODO DE EPÍLOGO

La investigación científica en torno a los alimentos tradicionales como pueden ser los quesos de oveja, en general, y el queso Idiazabal, en particular, se encuadra en las actuales directrices de investigación a todos los niveles, autonómico, estatal⁷³ y de la Unión Europea⁷⁴, en las que se promueven acciones dirigidas a la mejora de los alimentos tradicionales típicos, y de la producción sostenible de las materias primas necesarias, y al desarrollo de sistemas de trazabilidad de dichos procesos productivos.

En lo que respecta a la sostenibilidad de la producción del queso Idiazabal, no cabe duda de que los aspectos socio-económicos son de gran importancia para garantizar el recambio generacional de los pastores-elaboradores de queso, necesario para la continuidad del modelo tradicional apoyado por la Denominación de Origen Queso Idiazabal. Por esta razón, nuestro grupo de investigación ha iniciado una colaboración con el Departamento de Sociología II de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea para determinar los aspectos socio-económicos principales. Del estudio multidisciplinar, científico (también multidisciplinar como hemos descrito en este trabajo) y sociológico, esperamos obtener resultados que puedan ser útiles, no sólo para mejorar las características del queso Idiazabal, sino también para tomar las decisiones políticas necesarias conducentes al mejor desarrollo de las zonas rurales.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Queso Idiazabal, y de todos los pastores y queseras que desde 1990 han participado en estos estudios. A lo largo de estos años, los trabajos de investigación descritos han sido financiados por la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, el Gobierno Vasco (Departamentos de Educación, Universidades e Investigación, Agricultura y Pesca, e Industria), el Gobierno Español (Ministerio de Educación y Ciencia, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias y Alimentarias) y la Unión Europea, a través de proyectos de investigación, acciones especiales, becas pre- y post-doctorales, y convocatorias para la adquisición de infraestructura científica.

73. Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (<http://www.plannacionalidi.es/documentos/PLAN%20NACIONAL%20CONSEJO%20DE%20MINISTROS.pdf>) para los próximos años 2008-2011.

74. Séptimo Programa Marco de la Unión Europea
http://eur-ex.europa.eu/LexUriServ/site/es/oj/2006/l_412/l_41220061230es00010041.pdf.