

LA CALIDAD Y LA TRANSFORMACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL: EL CASO DE LA CADENA DE LA CARNE

C. Valin

Dirección Scientifique Animal et Produits Animaux. INRA. Francia

RESUMEN: *Se discuten los desarrollos científicos y tecnológicos alcanzados en la cadena de la carne. En este enfoque se consideran todas las características que hacen a la calidad de la carne. Se observa que gran parte de aquellos desarrollos tecnológicos favorecieron la producción primaria, afectando en muchos casos al medio ambiente y a aspectos éticos. En cuanto a los avances alcanzados se analizan lo correspondiente a la materia prima y los aspectos tecnológicos ligados a la faena de los animales llegando hasta el envasado. También se analizan los avances científicos haciéndose hincapié en puntos especiales de la cadena, con énfasis en lo que es transformación.*

Palabras clave: calidad, calidad de la carne, procesado, objetivos de investigación.

QUALITY AND PROCESSING OF MEAT PRODUCTS: THE CASE OF THE MEAT CHAIN

ABSTRACT: *A discussion on the scientific and technological developments related to the meat chain is presented. The approach includes all factors that affect meat quality. A significant number of the technological developments contributed to primary meat production and, in many cases, the environmental and ethical issues. Improvements in the raw material and technological aspects that affect animal slaughter and even packaging, are analyzed. Scientific achievements are presented, highlighting the important points in the chain, particularly the processing stage. The study concludes with an analysis of issues related to the meat chain, including primary production, processing and quality assurance, that should be further studied, as a priority.*

Key words: Quality, meat quality, processing, research objective.

Fecha de recepción: 19/04/99

Fecha de aceptación: 21/12/99

Dirección para correspondencia:

Christian Valin. Dirección Scientifique Animal et Produits Animaux - INRA - Francia

Telfax: 0142759430

E-mail: fritsch@athena.paris.inra.fr

INTRODUCCIÓN

La calidad tiene un lugar importante en las preocupaciones de los actores de una cadena agroalimentaria, en relación a los compromisos que resultan de la mundialización creciente de los intercambios y de la saturación progresiva de la demanda. Ello se asocia a la inquietud hacia la protección del ambiente, una exigencia que enfrenta a ciertos excesos del productivismo y que hace a la toma de la conciencia ecológica de los países ricos.

Numerosos trabajos han sido desarrollados en estos últimos decenios en relación a la calidad de los productos agrícolas y de los alimentos. De la mayor parte de estas investigaciones sectoriales no emerge una reflexión general sobre el concepto de calidad. Varias de ellas favorecen la intensificación de la producción agrícola y el uso masivo de los abonos y de productos sanitarios; ellos serían parcialmente responsables de la degradación de la calidad de los productos agrícolas y de las fuentes naturales, y en particular de aquella como es el agua.

Si la demanda social sobre la calidad de los productos está presente, ella es confusa. También sería urgente definir dos tipos de conocimientos: los unos sobre el consumo y los consumidores, los otros sobre las estrategias a poner en práctica para responder a las exigencias de los clientes de la cadena

I. EL NUEVO CONTEXTO.

La industria agroalimentaria, al mismo nivel que la agricultura, la administración del espacio y el ambiente, está hoy ligada a profundas consideraciones que no dejan de influir sobre los avances que la investigación dedica a este sector de actividad.

Considerando las producciones animales en Francia en el curso de los últimos 40 años, ellas estuvieron casi exclusivamente consagradas a la producción de alimentos para el hombre: productos lecheros, cárnicos y huevos. Los progresos tecnológicos, la genética, la inseminación artificial, la nutrición, la organización de los productores, el control de la administración por el Estado, han permitido dar un gran impulso a la producción agropecuaria; fue la época de la intensificación triunfante. En el curso de este periodo la mejora genética, por un gasto relativamente pequeño, ha estado bien valorizada con el incremento en los niveles de producción de los animales por hectárea y por trabajador. Ella se integra bien en un contexto de crecimiento fuerte y de precios larga-

mente garantizados. La reducción del número de razas, su especialización y adaptación a algunos modelos técnicos dominantes, su nueva distribución sobre el territorio, son los frutos de esta evolución dominada por la técnica. Pero después de algunos años los límites socio-económicos de este sistema de producción están apareciendo en Europa. La reforma de la Política Agrícola Común (PAC), ha expuesto sus consecuencias. Si la agricultura ha salido airosa de esta diversificación forzada, es de señalar que no pasó lo mismo con las producciones bovinas que más bien restringieron sus ofertas.

A nivel del consumo de los países de la Unión Europea (UE) las evoluciones están particularmente marcadas por la detención del aumento del consumo de carnes después del inicio de los años 80, además del problema de Encefalitis Espongiforme Bovina (BSE), que lleva a interrogarnos, ¿es irreversible? ¿qué hacer para revertir esta tendencia?.

En los países desarrollados la cadena alimentaria no está regulada por una oferta sostenida por el Estado, sino por el consumo. Con la saturación cuantitativa de la demanda solvente, los consumidores y sus proveedores directos, la distribución y los comercios, son los elementos motores de la evolución del sector agroalimentario. En este contexto la producción agrícola y alimentaria se hace una actividad más y más sometida a las leyes del mercado que determinan las condiciones de su existencia. La consecuencia para la agricultura es que se debe enfrentar a problemas de sobreproducción, mejoras de los rendimientos cuantitativos y se añade la diversificación de los productos a fin de satisfacer una demanda segmentada y evolutiva.

En fin, el consumidor nuestro blanco último, es igualmente un consumidor ciudadano cuyas preocupaciones no se detienen en la satisfacción de obtener los alimentos sino más bien que exige más, como por ejemplo que las condiciones de elaboración de los alimentos respeten una cierta ética y no contribuyan a la degradación del ambiente, en relación, en este caso, con la cadena de la carne.

II. ESTADO DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGÍA EN LA CADENA DE LA CARNE.

El examen de la evolución de esta cadena en el curso de los últimos 20 años en un país como Francia, permite tomar una idea de los cambios. Estos que no han sido brutales ni revolucionarios, pero sí profundos y progresivos, que pasó del producto oferta al que es requerido por consu-

midores, su composición, su presentación a la venta en el minorista y también cambios de estructura de distribución al minorista. Por otra parte debemos constatar que el contenido tecnológico de esta cadena es más pobre que aquel de la cadena de la leche; esto es en parte debido a la especificidad del producto pero no exclusivamente. Esta pobreza tecnológica relativa, esconde esfuerzos de inversiones e investigaciones realizadas por el mundo, que dio las bases de las innovaciones tecnológicas que pueden ser profundas en particular en la organización de las herramientas industriales.

2.1. La materia prima.

La primera evolución que debe ser notada en lo que toca a las materias primas son los animales de carnicería. En el curso de estos últimos años se ha asistido a una disminución considerable de la edad de faena de los animales de carnicería. Esto resulta de un trabajo realizado por los genetistas para mejorar el rendimiento en términos de velocidad de crecimiento de los animales, pero también de trabajos realizados por los zootecnistas y en particular los nutricionistas para poner a punto los modos de producción que permitan explotar el potencial genético de los animales.

Las consecuencias de este reajuste general, es la puesta en el mercado de animales fisiológicamente inmaduros que se distinguen de los productos anteriores por la composición de la canal, el nivel de magro, la composición del músculo, naturaleza del colágeno, tenor de los lípidos, tipos de fibras musculares, composición y funcionalidad de las proteínas. Esto resulta en una materia prima que influye a los diferentes productos cárnicos en el plano de las calidades organolépticas, textura, sabor-aroma, color, y en el plano de las propiedades funcionales, correspondientes a la fabricación de los productos transformados, ligadas al agua y propiedades emulsificantes.

2.2. Cambios tecnológicos.

En el plano tecnológico de las evoluciones comerciales se tocaron prácticamente todas las etapas de la cadena, pero en particular las que siguen.

2.2.1. La faena.

La mecanización de la faena se produce por un aumento considerable del número de animales faenados. Toda esta evolución ha sido hecha sin tener en cuenta el material animal tratado respecto a la calidad, en particular sobre las líneas de faena de aves y sin hablar de la prefaena, transporte y recepción de los animales vivos, que con-

siderando las cadencias de faena, plantea problemas en el plano de la ética. El producto de la faena es la producción de una canal cuya caracterización objetiva (evaluación) sólo dio lugar a desarrollos parciales principalmente limitados a la cadena del cerdo, y en grado menor a la cadena del bovino.

2.2.2. Refrigeración.

Este punto corresponde a la generalización, bajo la presión de los legisladores, de la técnica de refrigeración rápida de las canales hasta ultrarápida, en ciertos países europeos o en Canadá y EE.UU. Esta evolución permitió la obtención de un nivel de higiene que logra la inhibición de microorganismos patógenos y de los alteradores, analizándose también la pérdida de peso. Si bien los dos objetivos han sido alcanzados, la contraparte es una degradación cualitativa, que puede ser profunda, de los productos (endurecimiento), que la investigación en ciencia de la carne ha tratado de contener (estimulación eléctrica).

2.2.3 Trozado y despostado.

Esta es una operación compleja que permite pasar de la canal a los músculos. Esencialmente manual y gran consumidora de mano de obra. Esta operación evolucionó, en aspectos tecnológicos, fundamentalmente en el curso de los últimos veinte años. De los ambiciosos programas de automatización de sus operaciones (por ejemplo en Francia, Reino Unido), han sido lanzadas algunas aplicaciones industriales.

Las investigaciones sobre el despostado en caliente, manual, asistido mecánicamente, han sido hechas en todos los institutos de investigación de la carne. Las ventajas de este procedimiento son considerables en términos de productividad para el trabajador. Dependiendo de alguna adaptación al plan industrial, no se ve aún el día en el cual el desarrollo de este proceso implique una revisión completa de los elementos industriales de la faena.

2.2.4. Envasado y almacenamiento.

Ya sea para las piezas industriales, semi-industriales o minoristas, el envasado está generalizado en la medida que las canales han desaparecido como forma de almacenamiento de la carne. Para los fabricantes de películas y de elementos de envasado en general, el desarrollo de esta actividad ha sido fundado sobre trabajos muy importantes de investigadores en tecnología de la carne en todos los países desarrollados. Se puede decir que hoy la cadena dispone de tecnologías necesarias para hacer frente a los principales problemas de conservación, que deben ser resueltos

con adecuados niveles de microbiología y de color. De esta manera, no quedan excluidos los progresos en términos de patrones de la oxidación y de estudios a nivel de las películas sobre las transferencias contenido-continente e inversamente.

2.3. Cambios científicos.

En el plano de la ciencia, un cierto número de grandes avances merecen ser señalados.

2.3.1 Elaboración de las materias primas.

Los dos últimos decenios han visto el triunfo del productivismo forzado, en base a los progresos de la genética cuantitativa clásica, de la nutrición de los animales, que permite explotar el progreso genético, y los progresos de los fisiologistas y patologistas que han abierto tanto la mejora de la fertilidad de los productores como la reducción de las pérdidas en el curso de la producción.

En el plano cualitativo de los resultados, estos son más limitados. Por una parte la mejora de la calidad no ha sido priorizada en el contexto de la antigua PAC, y por otra parte las mejoras de las características cualitativas de los productos no eran cosa fácil por vía de la genética clásica, o eran muy costosas.

La excepción que confirma esta regla fue el descubrimiento en la especie porcina de los genes responsables de los efectos de las carnes económicamente más importantes. El manejo de estos genes (gen de la sensibilidad al halotano, gen de las carnes ácidas) es ahora posible. Esto no resuelve evidentemente todos los problemas pues la variabilidad cualitativa residual presenta un determinismo poligénico (composición de los tejidos, vías metabólicas) y depende igualmente de interacciones genotipo-medio.

En el último decenio se está haciendo énfasis en las investigaciones sobre la cartografía de los genomas de las grandes especies de carnicería. Estos trabajos conducirán a la puesta en evidencia, en particular, de la parte variable del genoma que permitirá la mejora cualitativa de los productos. Respecto a la calidad de los productos son particularmente importantes las investigaciones sobre los mecanismos de la diferenciación del tejido muscular. Como resultado de la investigación de las tecnologías se va a poder establecer ciertas relaciones características cualitativas de las carnes y el tipo metabólico y contráctil de los músculos, lo que permite entrar en los mecanismos que aseguran la transformación del músculo en carne o de las características de calidad, tales como el sabor-aroma, color (intensidad y estabilidad durante la conservación) y la textura. El margen de progreso en este dominio es aún considerable (composición de los tejidos, vías metabólicas), y

juegan también de interacciones genotipo-medio. El margen de progreso en este dominio es aún considerable.

2.3.2. Transformación del músculo en carne.

2.3.2.1. Bioquímica de la transformación del músculo en carne

Esta transformación se opera en dos etapas: la instalación de la rigidez cadavérica (*rigor mortis*), y su resolución en el curso de la maduración. La comprensión de estos mecanismos revela la aproximación bioquímica al estudio del metabolismo energético muscular y al estudio de los fenómenos hidrolíticos gobernados por las diferentes hidrolasas del tejido muscular (proteólisis, lipólisis).

En relación a la faena, la influencia del estado del animal en la fase de pre-faena (estrés) sobre la fase del catabolismo energético *post-mortem* es bien conocida y hoy se puede dar una teoría del *rigor mortis*. La aplicación de esta teoría permite definir cuáles son las condiciones óptimas de refrigeración de las canales para optimizar la textura, y las condiciones industriales de la refrigeración ultra rápida; estos conocimientos nos permiten desarrollar sobre bases racionales, no empíricas, las técnicas de estimulación eléctrica de las canales, lo que logra evitar los efectos perversos de una refrigeración muy rápida. Los estudios relativos a esta fase de la evolución *post-mortem* permiten igualmente a los genetistas identificar los genes mayores señalados. La fase de maduración y, más genéricamente, los cambios que se operan en el curso de la conservación, son menos conocidos. Tal vez son más difíciles de estudiar (enzimología en medios heterogéneos), y la dificultad de los problemas para los cuales los esfuerzos en investigación fueron bastante limitados. ¿Limitados porqué? Es necesario señalar las anomalías en la instalación del *rigor mortis*, lo que puede tener efectos nefastos muy costosos; estos estudios deberían ser priorizados.

La bioquímica de la conservación-maduración ha estado largo tiempo limitada a una aproximación fenomenológica de los mecanismos de identificación de enzimas, enzimas implicadas, identificación de los productos de reacción de la hidrólisis en relación con la evolución de la textura, por ejemplo, o de la oxidación de los lípidos y de los pigmentos. No se puede dar una teoría de la maduración pero se puede de más en más desarrollar una modelización predictiva de la evolución de la terneza *post-mortem*. La modelización de las validaciones realizadas muestran los progresos de los conocimientos y los dominios sobre los cuales los resultados de las investigaciones son aún globalmente insuficientes.

Paralelamente a estos mecanismos enzimáticos los fenómenos responsables de las reacciones de oxidación de la cupla pigmentos-lípidos insaturados, son todavía conocidos imperfectamente y merecen ser profundizados para mejorar la estabilidad de los productos que condicionan las características, como el aroma-sabor y el color.

2.3.2.2. Medida y análisis de la calidad de los productos.

a-Textura de la carne y de los productos cárnicos

Los estudios en este dominio se dividen en dos grandes grupos. El primero referido al conocimiento de la textura (determinación, medición, patrón y percepción), y el segundo a los factores biológicos y tecnológicos que influyen a las propiedades de la textura. Estos últimos trabajos, los más numerosos en parte por su naturaleza, son fruto más del desarrollo que de la investigación.

A fin de evaluar la textura, numerosos estudios han sido orientados sobre el desarrollo de métodos instrumentales, en el curso de los últimos diez años, para reemplazar los métodos sensoriales basados a menudo en pruebas de naturaleza empírica, buscando reproducir de manera simplificada los fenómenos de masticación. Del análisis de la investigación resulta que con los trabajos suplementarios de este tipo no se pudieron resolver los problemas de la relación floja y a menudo incontrolable entre la evaluación sensorial y las mediciones mecánicas. Una reevaluación de los objetivos de las investigaciones es indispensable, privilegiando los puntos más importantes de los mecanismos de fragmentación y propagación de fracturas en los medios complejos anisótropos y fibrosos.

En el curso de estos últimos años para comprender mejor los fenómenos que se producen en el curso de la masticación, dos vías han sido abordadas: la primera que estudia la psicofísica de la percepción de la textura y la segunda la psicología de la masticación. Estas dos vías se muestran como muy prometedoras. El sector cárnico adquirió una cierta experiencia de la psicofísica de la percepción de la textura (por ej. Francia y Reino Unido). El análisis de producto- modelo y de carnes cocidas, ha permitido conocer las relaciones entre parámetros electromiográficos y los parámetros reológicos.

El estudio de la determinación de la textura es el de mayor importancia para la cadena de la carne. Ello resulta de las investigaciones sobre los mecanismos de maduración señalados y debe igualmente comprender al estudio de la influencia del tejido conjuntivo. El músculo es equivalen-

te a un material compuesto en el cual el tejido conjuntivo es la armadura. Este compuesto juega en la terneza por el grado de polimerización del colágeno, que es la proteína mayor del tejido conjuntivo, y por su distribución espacial. Los diferentes puntos no han sido objetivos aún de investigación, lo que es necesario para arribar a una matriz de la textura de la carne.

b - Estudios de las fracciones volátiles de las carnes y productos cárnicos.

De una forma general, el análisis de los compuestos volátiles de las mezclas gaseosas producidas por los alimentos se pueden considerar como un medio poderoso de caracterización de los alimentos, ya que este análisis suministra información muy rica que es posible asimilar a las características del producto.

Una primera orientación en el dominio de los aromas de los productos involucra a los trabajos que guían a un mejor conocimiento de los mecanismos químicos y bioquímicos que tienden a mejorar la calidad, a fin de poder mejorar el control.

En este dominio un aporte muy significativo ha sido realizado en el caso del aroma-sabor de los productos cárnicos secos. Fundado sobre una colaboración internacional a nivel europeo entre químicos, microbiólogos y analistas sensoriales, las investigaciones han permitido descubrir las bases de un patrón de la evolución de la calidad aromática de los productos secos fermentados. La valorización industrial de estas investigaciones es posible, particularmente en el caso de la bacterias lácticas, de los micrococos y de los ecosistemas optimizados para la obtención del aroma. Estos trabajos están basados sobre la puesta a punto de nuevos métodos de obtención y de análisis de los compuestos volátiles útiles.

El aroma de las carnes cocidas ha sido objeto igualmente de un número considerable de publicaciones, y es bueno el conocimiento general de los mecanismos de las reacciones implicadas, obtenido con ayuda de los sistemas modelos.

En la hora actual la investigación permite comprender mejor ciertos elementos positivos de la calidad o ciertos efectos del aroma que deben ser reforzados. Esta actividad necesita la puesta a punto de nuevas técnicas de análisis del aroma y de los productos cárnicos cocidos. En efecto, los métodos actuales no permiten la mayor parte de las veces acceder a sustancias realmente activadas en el plano sensorial.

3.3.2.3. La microbiología.

Dos puntos deben ser tomados en conside-

ración: el primero se trata de la higiene y el segundo de las fermentaciones. En el plano de la higiene, además del desarrollo de los métodos de identificación, métodos de recuentos especialmente rápidos lo que representa un objetivo prioritario, se debe realmente ver la higiene de los procedimientos; los trabajos conciernen esencialmente a los mecanismos de contaminación, estado de portador de los animales, atmósferas y superficies de los establecimientos, condición de los hombres, y la predicción de la evolución de la contaminación de los patógenos y de la flora de alteración que permite definir la duración de la conservación. Este último punto debe conducir a una microbiología predictiva, todavía en los comienzos, pero que debería desarrollarse rápidamente. Para fundar este desarrollo y nutrir los modelos de predicción es conveniente el desarrollo de investigaciones en el dominio de la fisiología de las bacterias, en particular las características que hacen al crecimiento en el frío, el efecto de los diversos procesos de estrés, la fijación de las bacterias a las superficies (biofilms), el uso de productos de limpieza sobre el crecimiento y la selección de las cepas que se implantan en las fábricas y en los productos.

Fuera de los aspectos de higiene, las investigaciones en microbiología de las carnes se focalizaron sobre las bacterias lácticas de las carnes, su taxonomía y, en principio, en el estudio de su fisiología. Se debe señalar que los lactobacilos de la carne son originarios de aquellos informados de la leche y de los productos lácteos. La taxonomía (molecular) de los lactobacilos de la carne está establecida. El estudio de sus vías metabólicas es activamente desarrollado. Estas bacterias han sido igualmente muy estudiadas como cepas inhibitorias de bacterias Gram positivas patógenas que pudieran estar en productos cárnicos. El éxito de las técnicas de conservación de la carne bajo vacío a temperatura de refrigeración, está ligado a la eficacia de la flora láctica presente. Nos hemos referido a los aromas de los productos secos; una investigación activa a nivel europeo debe ser mencionada, y que se relaciona a la utilización de bacterias lácticas, micrococos y estafilococos en la elaboración de los aromas de estos productos. Los conocimientos adquiridos permiten desde ya modelar o diversificar el aroma de los productos salados.

III. Objetivos prioritarios.

3.1. Objetivos de interés general pero particularmente para la cadena de la carne.

3.1.1. El patrón de higiene (higiene y seguridad).

Aquí se tiene demanda absoluta, en particular para la cadena de transformación de los productos de origen animal, particularmente frágiles. Hay dos puntos críticos, primero en términos de protección de la salud pública, segundo en términos de la eficiencia comercial, imagen de marca y adecuación a las reglamentaciones de los intercambios internacionales.

Para los próximos diez años se debe considerar:

- El tema de la higiene que deberá soportar una política de gestión de riesgo razonable y que se funda sobre un fuerte sincretismo entre las disciplinas de la microbiología y de la ingeniería de los procedimientos.

- Tratar todas las etapas desde la producción de los animales (contaminación llevada por los animales) con la transformación y conservación de los productos.

- Desarrollar en todas las etapas de las cadenas, los procedimientos de detección rápidos, específicos, seguros y para bajo contenido de microorganismos patógenos, prioritariamente.

- Mejorar las técnicas de faena-despostada con un patrón de higiene de los establecimientos fundado sobre una ecología microbiana dirigida, que implique investigaciones en fisiología microbiana del estrés, pero también en ingeniería de los procedimientos, movimiento y dispersión de las contaminaciones, fenómeno de adhesión, etc.

- Desarrollar trabajos tendientes a favorecer la construcción de los modelos provisionalmente mecanísticos del crecimiento para todas las floras patógenas y de alteración que afectan la conservación de los productos.

La seguridad no se limita a los problemas de polución microbiana. El futuro de los xenobióticos y antiparasitarios utilizados en las fases de producción deben ser considerados, su metabolización en el curso de la vida de los animales y en los productos debe ser objeto de profundos estudios.

3.1.2. El estudio del comportamiento de los consumidores.

Este es un tema de interés general para las industrias alimentarias, en particular para la cadena de la carne. Esta última ha tenido una evolución considerable en el curso de los últimos treinta años, tanto cuantitativa (cantidad consumida) como cualitativa (sustituciones), tanto en Francia como en Europa y se mantiene como un objetivo que tiene múltiples ataques. Los temas incluyen los conocimientos sobre los fundamentos de las preferencias y de las elecciones de los consumidores, la importancia respecto a los precios y los

beneficios de los caracteres sensoriales y de la imagen, de las inquietudes en relación a salud y seguridad, la ética a nivel de la producción y la faena, y globalmente los efectos del contexto sobre el consumo. Es necesario, tanto para ajustar los modos de producción como para definir los nuevos productos, alcanzar una comunicación eficaz.

Una investigación integrada debería colocar en asociación a economistas, sociólogos y tecnólogos, sin olvidar los aportes de la psicología social y cognocitiva.

Este objetivo puede inscribirse en las prioridades de una investigación pública, toda vez que está entre las preocupaciones del mercado de gran consumo y que es resorte de las empresas y que toca a los usos y a las prácticas sobre las cuales la política es interrogada y responsable (ética, ecología, salud pública).

3.2. Objetivos específicos de la cadena.

3.2.1. El patrón de la materia (del genotipo al fenotipo)

Por las razones señaladas, en el plano de la transformación de la materia prima carne, el patrón de elaboración de ella se impone no solamente sobre el plano cuantitativo sino también sobre el plano cualitativo en todas las especies carniceras. Este patrón se sostiene por una mejora genética fundada sobre el uso de los conocimientos en curso de adquisición, sobre la estructura de los genomas (parte variable) de las especies de carnicería. Estos conocimientos permiten disminuir muy significativamente los tiempos en lo que hace a la mejora genética de los caracteres directamente responsables de las calidades percibidas por los consumidores, y por otra parte, por sobre la adaptación de los sistemas de producción a la expresión de este potencial genético.

Sin embargo, esta construcción *in vivo* de un supra-ser cualitativo no puede ser esperada a mediano plazo sin que la variabilidad genética y la variabilidad fenotípica puedan ser reunidas. La caracterización de esta última necesita de una inversión o de un esfuerzo importante en ciencia de los alimentos: por una parte, para identificar los marcadores predictores pertinentes, y por otra parte para desarrollar los capítulos específicos de los parámetros utilizados en los procesos de selección.

3.2.2. Ética y tecnología (producción-transformación)

Los consumidores están de cada vez más conscientes sobre las condiciones de producción de los alimentos en la cadena de la carne, quedando ésta particularmente expuesta a sus críticas respecto a las condiciones de producción, en

la fase final de la vida de los animales de carnicería, del transporte al frigorífico, y la faena propiamente dicha. Por esto se debe procurar el desarrollo de investigaciones relativas al estudio de la influencia de las condiciones de producción sobre el bienestar de los animales (etología). Paralelamente, se adaptan los procedimientos de faena a las exigencias de la sociedad; se debe considerar la manera de conciliar ética y eficacia tecnológica. Este último punto asocia las investigaciones del dominio de la fisiología del estrés, de la energética muscular, que conduce al plano tecnológico del patrón de la anestesia-aturdimiento de los animales en condiciones compatibles con las cadencias de faena. En fin, este tema implica igualmente abordar la problemática de las interacciones genotipo-medio y sus impactos sobre la reactividad de los animales al estrés y la calidad de las carnes. El conocimiento del *peri mortem* conducirá a optimizar la bioquímica de la transformación del músculo en carne. Este tema también es útil a los industriales relacionados a las actividades de reglamentación (Francia y resto de Europa) que están ampliamente involucrados en temas nuevos muy discutidos. La inserción de los investigadores implicados en el escenario internacional es muy importante por la eficacia de la investigación, y también en función de las respuestas en términos de la reglamentación que pueden dar estos trabajos.

3.2.3. Identificación y trazabilidad: métodos analíticos.

Respecto a la identificación y a la trazabilidad, demanda social fuerte, es un objetivo de las características de los productos que se hace indispensable para los consumidores, y para la cadena, de utilidad en la gestión de sus transformaciones y de la calidad de sus productos; en una palabra para la puesta en posición de la noción del mercado para las carnes.

Esta demanda global necesita de importantes esfuerzos en el dominio de los métodos analíticos, largamente postergados. Identificar es la prueba de filiación animal-canal-carne, y reseña las relaciones y modo de producción (alimentación). Esto puede marcar las diversas aproximaciones, métodos genéticos y técnicas fisico-químicas conforme a los sistemas declarados, que la cadena comienza a poner en práctica.

Además de la identificación, la cadena debe imperativamente poner técnicas de medición de la composición de las canales y de los cortes (conocer la materia prima para pagar a los productores y adaptar los procesos de transformación). El desarrollo de los indicadores *ad hoc* reposa sobre la identificación de los marcadores pertinentes que

la morfología cuantitativa definirá por ejemplo en el caso de las canales. Los métodos y desarrollos deben ser rápidos (deben poderse realizar en la cadencia del frigorífico) y no destructivos (VIA - video imagen- entre otros).

Otra prioridad de la cadena es el tema cualitativo, la evaluación no destructiva de las propiedades mecánicas y de textura de las carnes y productos cárnicos. Debe considerarse que la definición del precio de la carne resultaría directamente de la predicción de esta característica cualitativa. También los capítulos a poner en marcha derivan de una ciencia de los alimentos que definirá las mediciones pertinentes a realizar (podría ser estado de la miofibrilla, estructura de la trama del tejido conjuntivo, etc.).

En fin, la cadena puede también mirar a las industrias alimentarias para poner en práctica los conocimientos que hacen a la instrumentación que permiten un control rápido, multicriterio y no destructivo de la calidad de los productos. Una aproximación analítica al respecto, relacionada igualmente a la identificación, está fundada sobre el análisis directo de las mezclas gaseosas generadas a partir de los productos y tratamientos sin fraccionamientos previos. Estas técnicas conducen a detectores conocidos y capaces de medir los signos en tiempo de cadencia del frigorífico. Estas investigaciones muy demandadas se sitúan en la interfase entre la instrumentación y el análisis de los hechos o la modelización.

3.2.4. Tecnología y formación de la calidad.

La automatización de ciertas operaciones en las industrias de fabricación ha conocido un cierto impulso en el último decenio, lo que le permitió ganar en productividad y en racionalización de las fabricaciones y mejoras cualitativas sobre todo en el plano de la regularidad. Los principales límites actuales se sitúan en dos niveles: a) los indicadores no permiten medir de manera confiable las características organolépticas y microbiológicas de los productos, y frecuentemente de la misma composición, b) los algoritmos del control avanzado son defectuosos, fallando en la optimización de los procedimientos.

De una manera general, resta investigar para controlar los parámetros de fabricación y ajustar la calidad de los productos. En los procedimientos puestos en marcha por la cadena, la ausencia de sistemas de medición que restan base a todo conocimiento de los productos y procedimientos, es una realización clásica.

El desarrollo de indicadores *ad hoc* esta bloqueado por la ausencia de realizaciones suficientes en cuanto a la naturaleza y a la pertinencia de las grandes mediciones como:

- dosaje automático y captadores de interfase
- medición de las propiedades en la relación superficie-higiene,
- medida del estado de maduración de la carne, medida de la textura, etc,

es lo que lleva a la necesidad de desarrollar, en forma sinérgica, una físico-química estructural de los productos cárnicos (ciencia de los alimentos) y la ciencia de la ingeniería (mediciones y automatizaciones).

El segundo punto a privilegiar está referido a los fenómenos de transferencias y la calidad de los productos en las aplicaciones específicas de la cadena de la carne. Las transferencias de calor, de materia y de cantidad de movimientos condicionan la eficiencia de un gran número de operaciones unitarias, utilizadas para estabilizar o transformar los productos y materias primas; en particular para la cadena: cocción, secado, refrigeración, congelación, transporte de la contaminación, agitación, mezcla. Estos fenómenos determinan los tiempos y la homogeneidad de los tratamientos los rendimientos y afectan también profundamente la calidad de los productos. En el curso de la cocción, por ejemplo, la evolución de la temperatura es un parámetro crucial en el desarrollo o la destrucción bacteriana, la aparición o la destrucción del color, del aroma-sabor y la elaboración de la textura. De una manera global todos estos temas han sido poco explorados y hoy día se constituyen en un campo de investigación muy prioritario.

Las investigaciones también implican esfuerzos en la mecánica de los fluidos, en la modelización y cálculo numérico, que también supone una orientación fuerte hacia una optimización en el tema de la calidad de los productos, llevando también a un sinergismo entre ciencia de los alimentos y ciencias de la ingeniería.

Si bien el desarrollo de los métodos de medición de las propiedades físicas no está, en principio, como uno de los objetivos de la ingeniería de los procedimientos, su conocimiento es necesario para el control de los procesos. En este dominio debe colocarse con prioridad el estudio de la dinámica del agua en los productos cárnicos que son ricos en agua (refrigeración, secado, cocción). También debe medirse la difusión del agua en los tejidos musculares y productos cárnicos, y evaluar su variación en función de la composición y del tenor en agua, de la temperatura que es determinante en el patrón de la textura, como de aquellos de la transferencia del agua con la interface aire-producto afectando de manera importante el crecimiento microbiano sobre los productos.

CONCLUSIONES

El desarrollo de los conocimientos de ingeniería de la calidad son retos a la investigación agroalimentaria para los próximos diez años y comprende también a la cadena de la carne.

El conocimiento de la calidad es un concepto bastante imperceptible «un concepto evasivo» según los anglosajones; escapa a toda definición simple y absoluta, se construye permanentemente por la confrontación de al menos tres componentes: uno intrínseco al producto, sus características, y dos extrínsecos a los productos, a saber, las preferencias de los consumidores y el mercado, donde está en relación y en concurrencia el producto. Con frecuencia se limita a una aproximación focalizada sobre las características intrínsecas del producto sin tener en cuenta a los otros dos factores, sin sentir, ni estar en una aproximación a la cadena.

En este punto hay que ser conscientes de la dificultad en el ejercicio propuesto ya que la evolución de la investigación enfrenta a los investigadores a preservar y a aumentar su rendimiento disciplinario, y al enriquecimiento de su propia experiencia. La explosión de los conocimientos que conduce a la atomización del saber y a la parcialización de las experiencias, deben mantenerse completamente y enriquecerse por las aproximaciones más generales y más globales. En fin, la in-

vestigación pública no podrá jugar su rol si los actores de la cadena involucrados en la definición de los objetivos prioritarios no apoyan y acompañan su realización.

BIBLIOGRAFÍA

1. Beranger C, Coleou J. Association française de zootechnie. Journées de printemps. 25-28 mai 1993. L'évolution du contexte politique et socio économique des productions animales. 1993.
2. Proceeding 49th. Annual Neat Conference June 8-12 1996. Brigham Young University. Published by American Meat Science Association. 444 North Michigan Avenue, Chicago, Illinois 60611.
3. Proceeding 51st Annual Reciprocal Meat Conference, June 28-April 1, 1998. University of Connecticut. Published by American Meat Science Association. 9140 Ward Parkway, Suite 200. Kansas City. Missouri 64144.
4. Sebillote M. Les mondes de l'agriculture. Une recherche pour demain, in Sciences en questions. INRA Editions.
5. Sloof M, Tyskens LMM, Wilkinson EC. Concepts for modelling the quality of perishable products (a review). Trends in Food Science and Technology 1996. 7:165-171