



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERIA
AGRONÓMICA
Y DEL MEDIO RURAL**

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Tesis Doctoral:

**REESTRUCTURADOS DE POLLO SALUDABLES.
EVALUACIÓN DEL EFECTO DE VARIAS
ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS COMBINADAS.**

Presentada por:

Virginia Boari de Greissing

Dirigida por:

Dra. Purificación García Segovia

Dr. Javier Martínez Monzó

Dra. M Beatriz Gómez



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**DEPARTAMENTO DE
TECNOLOGÍA DE
ALIMENTOS**

D^a. PURIFICACIÓN GARCÍA SEGOVIA, profesora titular de universidad y D. JAVIER MARTÍNEZ MONZÓ, profesor titular de universidad, ambos del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Politécnica de Valencia y D^a M. BEATRIZ GÓMEZ del Departamento de Bromatología de la Universidad de Entre Ríos **CONSIDERAN:** Que la memoria titulada **REESTRUCTURADOS DE POLLO SALUDABLES. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE VARIAS ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS COMBINADAS.** que presenta D^a. Virginia Mabel Boari de Greissing para aspirar al grado de Doctor por la Universitat Politècnica de València, reúne las condiciones adecuadas para constituir su tesis doctoral, por lo que AUTORIZAN al interesado para su presentación.

Y para que así conste expiden y firman el presente certificado.

Valencia, Enero de 2014

Fdo.: Purificación García Segovia
Directora de Tesis

Fdo.: Javier Martínez Monzó
Director de Tesis

Fdo.: M. Beatriz Gómez
Directora de Tesis

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría dar las gracias:

- A la Universidad Politécnica de Valencia que, con el apoyo del Programa de Cooperación al Desarrollo de la Generalitat Valenciana, me ha concedido ayuda de alojamiento y manutención en Valencia-España en dos oportunidades, para realizar trabajos de investigación de tesis y para presentar la defensa de tesis doctoral, en el Programa de Doctorado en Ciencia, Tecnología y Gestión Alimentaria; que la UPV imparte en ARGENTINA en convenio con la UNER.

- Y a la Universidad Nacional de Entre Ríos, que me otorgó una beca de IV nivel, que financió la matrícula y los primeros cursos del doctorado.

De forma especial quiero agradecer a las siguientes personas:

A Puri y a Javi por darme la oportunidad de trabajar con ellos y haber hecho posible este proyecto de tesis. Gracias por brindarme calidad profesional y calidez humana. Mi deuda con vuestra generosidad no podrá ser saldada.

A Beatriz y a María Clara por permitirme ser parte del equipo y desarrollar en su proyecto de investigación mi tesis doctoral.

A Jorge y a Gustavo por generar y sostener actividades de formación y promoción humana y profesional.

A Chelo, María Jesús, Virginia, Amparo y Carolina que me brindaron sus conocimientos.

A colegas y alumnos, especialmente a Mauro, Silvia y Paola, por su colaboración y amistad.

A mis hijos: Sabina, Agustín, Mariana y Rocío, y en especial a mi esposo: Gustavo; que creyeron en la importancia de mi formación doctoral, me alentaron, renunciaron a mis cuidados y me brindaron su apoyo y cariño incondicional en cada etapa de este proyecto.

| TABLA de CONTENIDOS | pág. |
|---|--------|
| Capítulo I | 1 |
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| El pollo | |
| - Valor nutricional de la carne de pollo | 3 |
| El consumo de pollo en Argentina | 6 |
| Tendencias del mercado de pollo. Nuevos productos | 7 |
| Reformulación de productos de pollo. Productos reestructurados | 9 |
| Aplicación de la cocción a vacío | 13 |
| Cocción/al vapor tradicional | 15 |
| Cook Vide y Sous vide | 15 |
| Bibliografía | 19 |
| Capítulo II | 25 |
| OBJETIVOS | 27 |
| Objetivo General | |
| Objetivos específicos | |
| Capítulo III | 29 |
| REESTRUCTURADOS DE POLLO, INNOVACIÓN SALUDABLE Y CARACTERIZACIÓN DE FÓRMULAS Y PROCESOS | 31 |
| Capítulo IV | 79 |
| COMPOSICIÓN PROXIMAL, ANÁLISIS SENSORIAL Y ESTUDIO PRELIMINAR DE VIDA ÚTIL DE REESTRUCTURADOS DE POLLO DE PERFIL LIPÍDICO MODIFICADO EN OMEGA 3 | 81 |

| | |
|---|-----|
| Capítulo V | 117 |
| REESTRUCTURADOS DE POLLO CON DIETAS OMEGA 3: EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN ANTIOXIDANTE DE LAS TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA REGENERACIÓN PREVIA AL CONSUMO | 119 |
| Capítulo VI | 143 |
| COLOR INSTRUMENTAL DE LOS REESTRUCTURADOS, DE POLLO ALIMENTADOS CON DIETAS RICAS EN OMEGA 3, FORMULADOS CON BETAGLUCANOS SIN EL AGREGADO DE GRASA, AGUA, Y SALES | 145 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla I.1. Composición de la carne de pollo | 3 |
| Tabla III.1. Información nutricional del salvado de avena según etiquetado | 34 |
| Tabla III.2. Información nutricional del suplemento dietario a base de aceite de pescado, aceite de lino y vitamina E, en cápsulas | 35 |
| Tabla III.3. Composición centesimal de la fórmula de la pasta cruda | 37 |
| Tabla III.4. Comparación del efecto de los tratamiento al vapor PA y CV, sobre el peso del producto cárnico crudo vs. precocinado | 47 |
| Tabla III.5. Humedad y grasa en g /100g de reestructurado | 48 |
| Tabla III.6. Estabilidad oxidativa de los reestructurados omega 3 en dos almacenamientos | 50 |
| Tabla III.7. Valores p del ANOVA de TBARs según tratamientos de cocción | 51 |
| Tabla III.8. Parámetros del análisis TPA significativos ($p < 0,05$) medias y error estándar | 56 |
| Tabla III.9. Parámetros del análisis TPA significativos ($p < 0,05$) de las dos fórmulas, con y sin w3. Medias y error estándar | 57 |
| Tabla IV.1. Contenido en humedad, proteínas, grasas, cenizas, Na ⁺ y K ⁺ de los reestructurados de pollo w3 | 85 |
| Tabla IV.2. Aceptabilidad por ordenamiento de los atributos color, olor y sabor. Sumatoria de los resultados para muestras de dieta control, lino y pescado | 90 |

| | |
|---|-----|
| Tabla IV.3. Aceptabilidad por ordenamiento según los atributos color, olor y sabor. Diferencias entre los valores totales de pares de muestras. | 90 |
| Tabla IV.4. Preferencia de los jueces. Medallones de pollo lino cocidos por dos métodos: sous vide 3 minutos 100°C y horneado durante 3 minutos de cada lado a 180°C. | 91 |
| Tabla V.1. Estabilidad oxidativa de los reestructurados de pollo según dieta de las aves y tratamiento térmico, en ug/kg de MDA | 114 |
| Tabla VI.1. Parámetros de color de los reestructurados de pollo de 3 dietas de crianza, precocinados sous vide (80°C-10´) | 133 |
| Tabla VI.2. Diferencias de color detectables en reestructurados precocinados de pollos de dietas diferentes | 134 |
| Tabla VI.3. Parámetros de color de los reestructurados de pollo de 3 dietas, regenerados para el consumo | 137 |
| Tabla VI.4. Diferencia de color ΔE^*ab en reestructurados regenerados para el consumo. | 138 |
| Tabla VI.5. Diferencias de color en reestructurados precocidos vs. regenerados para el consumo. | 146 |
| Tabla VI.6. Índices de blancura e índice de amarillo/azul de reestructurados de pollo w3 | 147 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura I.1. Equipo de cocción Cook Vide | 15 |
| Figura III.1. Esquema de los procesos de precocinado aplicados a los reestructurados | 38 |
| Figura. III.2. Esquema de tratamientos y ensayos realizados | 45 |

| | |
|--|-----|
| Figura III.3. Diagrama de cajas para humedad y grasa según tipo de tratamiento | 49 |
| Figura III.4. Color que desarrollan el patrón TEP y las muestras al reaccionar con TBA | 53 |
| Figura III.5. Barrido espectral del patrón TEP y de las muestras al reaccionar con TBA | 54 |
| Figura IV.1. Planilla utilizada para prueba de aceptabilidad por ordenamiento de muestras: control, lino y pescado. | 80 |
| Figura IV.2. Planilla utilizada en prueba de preferencia de medallones de pollo control cocidos a horno (muestra nº 371) y sous vide (muestra nº 180) | 81 |
| Figura IV.3. Esquema de tratamientos y ensayos realizados | 82 |
| Figura IV.4. Evolución de los valores de pH y NVBT mg% durante 59 días de almacenamiento refrigerado de reestructurados, de pollo de perfil lipídico modificado en omega 3, precocinados sous vide 10 min a 80°C | 87 |
| Figura V.1. Proceso de peroxidación lipídica iniciada por el radical R (adaptada de Boots et al., 2008) | 108 |
| Fig. V.2. Esquema del ensayo 1 de TBARs | 112 |
| Figura V.3. Esquema del ensayo 2 de TBARs | 113 |
| Figura V.4. Esquema del ensayo 3 de TBARs | 113 |
| Figura VI.1. Esquema de medición de color en reestructurados de pollo de diferentes dietas, precocinados SV | 132 |
| Figura VI.2. Esquema de medición de color en reestructurados de pollo de 3 dietas y 4 tratamientos de regeneración para el consumo | 133 |

| | |
|---|-----|
| Figura VI.3. Curvas de distribución normal del parámetro L^* para representar el grado de heterogeneidad en la apariencia de los reestructurados de pollo precocinados | 136 |
| Figura VI.4. Curvas de distribución normal del parámetro L^* para representar el grado de heterogeneidad en la apariencia de los reestructurados de pollo regenerados para el consumo | 141 |
| Figuras VI.5. Diagramas de dispersión a^*b^* de los reestructurados de pollo | 144 |
| Figura VI.6. Relación a^*b^* de los tratamientos de regeneración para el consumo | 145 |

RESUMEN

El objetivo general de la presente tesis fue desarrollar una nueva gama de productos saludables de pollo: reestructurados, con omega 3 y b-glucanos, sin el agregado de grasa, agua, sales; empleando tecnologías de cocción a vacío en la elaboración del producto precocinado; y comparar tecnologías de vacío con las tradicionales tras la regeneración térmica previa al consumo.

La incorporación de los omega 3 se estudia en dos tipos de elaboración: la primera, en su fórmula, emplea como ingrediente un suplemento dietético omega 3; mientras la segunda, emplea carne de pollos de perfil lipídico modificado debido a la incorporación de aceite de lino o de pescado, ricos en omega 3, en el alimento de las aves. Los b-glucanos provienen del salvado de avena, que mezclado con la carne picada de pollo forma una matriz tridimensional estable, aporta estructura y liga los ingredientes.

El reto en ambas elaboraciones, es mantener las propiedades sensoriales y nutricionales del nuevo producto, que se relaciona con proteger los omega 3 de la oxidación. La acción más oxidante es el tratamiento térmico y por ello importa estudiar el efecto de la precocción, que se realiza como etapa del proceso de elaboración, y luego el efecto de la cocción que se realiza al regenerar el producto para el consumo. En la precocción fueron estudiados tres tratamientos, dos de vacío: cook vide al vapor y sous vide; y el tercero: cocción al vapor a presión atmosférica. En la cocción de regeneración se comparan el efecto de métodos tradicionales como microondas y horneado, y otros que aplican temperaturas más bajas: al vapor a presión atmosférica y sous vide.

En este trabajo se utilizaron numerosas técnicas analíticas que permitieron determinar ganancia de peso debido a la precocción cook vide, cambios en el perfil de textura debido a los ingredientes, conocer la composición química proximal, detectar diferencias en la composición de la carne de pollo según alimentación de las aves, estudios del nivel de aceptabilidad y preferencia del consumidor, análisis preliminar de vida útil y determinar las condiciones de regeneración térmica previas al consumo, su forma de aplicación y el efecto sobre la estabilidad oxidativa y el color del producto de innovación. En conjunto los resultados permiten concluir que las tecnologías de cocción cook vide y sous vide, en vacío y al vacío respectivamente, son las que mejor preservan las propiedades sensoriales y nutritivas, facilitan el manipuleo durante la comercialización y protegen la regeneración del producto, previa al consumo, en restauración doméstica o colectiva.

RESUM

L'objectiu general de la present tesi fou desenvolupar una nova gama de productes saludables de pollastre: reestructurats, amb omega 3 i beta-glucans, sense l'agregació de greix, aigua, sals; utilitzant tecnologies de cocció a vuit en l'elaboració del producte precuinat; i comparar tecnologies de vuit amb les tradicionals després la regeneració prèvia al consum.

La incorporació dels omega 3 s'estudia en dos tipus d'elaboració: la primera, amb la seua fórmula, utilitza com ingredient un suplement dietètic omega 3; d'altra banda la segona, utilitza carn de pollastre de perfil lipídic modificat degut a la incorporació d'oli de llinassa o de peix, rics en omega 3, en l'alimentació de les aus. Els beta-glucans provenen del salvat d'ordi, que barrejat amb la carn picada de pollastre forma una matriu tridimensional estable, aporta estructura i lliga els ingredients.

El repte en les dos elaboracions és mantenir les propietats sensorials i nutritives del nou producte, que es relaciona amb protegir els omega 3 de l'oxidació. L'acció més oxidant és el tractament tèrmic i per tal motiu cal estudiar l'efecte de la precocció, que es realitza com etapa del procés d'elaboració, i després l'efecte de la cocció que es realitza al regenerar el producte per al consum. En la precocció es van estudiar tres tractaments, dos de vuit: "cook vide" al vapor i sous vide; i el tercer: cocció al vapor a pressió atmosfèrica. En la cocció de regeneració es comparen l'efecte de mètodes tradicionals com microones i al forn, i d'altres que apliquen temperatures més baixes: al vapor i "sous vide".

En aquest treball es van utilitzar nombroses tècniques analítiques que van permetre determinar el guany de pes degut a la precocció "cook vide", canvis en el perfil de textura deguts als ingredients, conèixer la composició química proximal, detectar diferències en la composició de la carn de pollastre segons l'alimentació de les aus, estudis del nivell d'acceptabilitat i preferència del consumidor, anàlisi preliminar de la vida útil i determinar les condicions de regeneració tèrmica prèvies al consum, la seua forma d'aplicació i l'efecte sobre l'estabilitat oxidativa i el color del producte d'innovació. En conjunt els resultats permeten concloure que les tecnologies de cocció "cook vide" i "sous vide", en vuit i al vuit respectivament, són les que millor mantenen les propietats sensorials i nutritives, faciliten la manipulació durant la comercialització i protegeixen la regeneració del producte, prèvia al consum, en restauració domèstica o col·lectiva.

ABSTRACT

The overall objective of this thesis was to develop a new range of healthy-products chicken´s: restructureds, with omega 3 and b-glucans, without added fat, water, salts, and, using vacuum cooking technology in the preparation of pre-cooked product, and, to compare vacuum technologies with traditional cooking, to regenerate the product before consumption.

Incorporating omega 3 discusses two types of processing: first, in its formula, used as ingredient a omega-3 dietary supplement, while the second employs meat chickens modified lipid profile due to the addition of flax oil or fish rich in omega 3, in poultry feed. The b-glucans is provided by the oat bran, which after to mixed with the chicken meat, forms a stable three-dimensional matrix, provides structure and binds the ingredients.

The challenge in both preparations, is to keep the sensory and nutritional properties of the new product, which is related to protecting omega 3 oxidation. The oxidizing action is heat treatment and therefore matter to study the effect of precooking, performing as stage of development, and also the effect of the cooking is done by regenerating the product for consumption. In precooking three treatments were studied two vacuum: steam cook vide and sous vide, and the third: steamed at atmospheric pressure. In cooking before consumption, the effect of traditional methods are compared: microwave and baked, with others than lower temperatures applied: cooking steamed at atmospheric pressure and sous vide.

At work many analytical techniques allowed to determine weight gain due to the precooking cook vide, changes in the texture profile due to the ingredients , the chemical composition proximal, detect differences in the composition of chicken meat due to feeding birds, studies of the level of acceptability and consumer preference , preliminary analysis of shelf life and determine the conditions prior to use thermal regeneration , as applicable , and the effect on the oxidative stability and color of product innovation. Overall, the results suggest that technologies, cook-vide and sous-vide, are the best to preserve the sensory and nutritional properties, facilitate handling during marketing and protect the regeneration of the product, prior to consumption, domestic or catering.

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

I.1. EL POLLO

1.a) VALOR NUTRICIONAL DE LA CARNE DE POLLO

Si se le quita la piel, el pollo tiene un contenido moderado de grasa, es decir que se trata de una carne, de bajo aporte energético, que si se cocina de manera sencilla y con poca grasa, su consumo es adecuado en dietas de control de peso, debido a que es un alimento con una alta densidad de nutrientes y baja densidad energética. Los principales componentes de la carne de pollo son: agua (70-75%), proteína (20-22%) y grasa (3-10%), cuyas proporciones pueden ser variables dependiendo de la zona anatómica analizada (Moreiras, Carbajal, Cabrera & Cuadrado, 2005). Su carne supone un aporte interesante de minerales y vitaminas: hierro hemo y zinc de alta biodisponibilidad; tiamina, niacina, retinol y vitaminas B6 y B12, cobre, magnesio, selenio, cobalto, potasio y fósforo; cromo y níquel (Chizzolini, Zanardi, Dorigoni & Ghidini, 1999). En su composición (Tabla I.1.) destaca su cantidad y calidad de proteína con cantidades equivalentes a las del resto de las carnes (20-22%). Como media, un 40% de los aminoácidos de la proteína de la carne de pollo son esenciales, por lo que puede considerarse proteína de alto valor biológico.

Tabla I.1. Composición (por 100 g de porción comestible)

| <i>Composición centesimal del pollo</i> | <i>entero pechuga</i> | |
|--|------------------------------|------|
| Agua (g) | 70,3 | 75,4 |
| Energía (Kcal) | 167 | 112 |
| Proteínas (g) | 20 | 21,8 |

| | | |
|-------------------------------------|--------|--------|
| Lípidos (g) | 9,7 | 2,8 |
| AGS (g) | 2,6 | 0,76 |
| AGM (g) | 4,4 | 1,3 |
| AGP (g) | 1,8 | 0,52 |
| Colesterol (mg) | 110 | 69 |
| Carbohidratos (g) | trazas | trazas |
| <i>Minerales</i> | | |
| Fe (mg) | 1,1 | 1 |
| Mg (mg) | 22 | 23 |
| K (mg) | 248 | 320 |
| P (mg) | 147 | 173 |
| Ca (mg) | 13 | 14 |
| Na (mg) | 64 | 81 |
| I (µg) | 0,4 | 0,4 |
| Se (µg) | 6 | 7 |
| Zn (mg) | 1 | 0,7 |
| <i>Ácidos grasos</i> | | |
| Mirístico C14:0 (g) | 0,077 | 0,022 |
| Palmítico C16:0 (g) | 1,9 | 0,55 |
| Esteárico C18:0 (g) | 0,5 | 0,14 |
| Oleico C18:1 (g) | 3,9 | 1,1 |
| Linoleico n-6 C18:2 (g) | 1,5 | 0,43 |
| Alfa Linolénico (ALA)n-3 C18:3(g) | 0,24 | 0,07 |
| Eicosapentaenoico (EPA)n-3 C20:5(g) | 0,0027 | 0,0008 |
| Docosapentaenoico n-3 C22:5 (g) | 0 | 0 |
| Docosahexaenoico (DHA)n-3 C22:6 (g) | 0,0027 | 0,0008 |

Fuente: Moreiras et al., 2005

La cantidad de grasa en la carne de pollo puede variar significativamente dependiendo de la parte consumida, pero es

realmente pequeña en las partes magras: 2,8 % en la pechuga y una media de 9,7 % cuando se trata del animal entero. La mayor parte se encuentra en la piel que puede llegar a tener hasta un 48 % de grasa. Este es un aspecto importante a tener en cuenta pues eliminando la piel del pollo se elimina con gran facilidad la mayor parte de la grasa del pollo. Dentro de la fracción lipídica del pollo, la mitad de la grasa de la carne de pollo es insaturada y de ésta la mayor parte es monoinsaturada, principalmente debido al ácido oleico (C18:1). El contenido de AGM y AGP es mayor que en el resto de las carnes. Entre los AGP, el pollo aporta cantidades apreciables de linoleico (C18:2 n-6) y alfa linolénico (C18:3 n-3) (Valsta, Tapanainem & Mannisto, 2005), ambos esenciales. Tanto el contenido como la calidad de la grasa pueden variar en función de la alimentación animal y esto se ha aprovechado con éxito para modificar el perfil de ácidos grasos de animales monogástricos como las aves (Valsta et al., 2005). También es fuente de hierro y cinc de alta biodisponibilidad, aunque en menor cantidad que las carnes rojas, pero de gran importancia si se compara con alimentos de origen vegetal. Se ha demostrado la efectividad del consumo de carne en mantener un adecuado consumo de hierro (Gibson & Ashwell, 2003).

I.2. EL CONSUMO DE POLLO EN ARGENTINA

El pollo cuenta con una importante demanda en el mercado argentino. Es un ingrediente básico en la cocina de numerosos grupos de población por su alto valor nutritivo, gastronómicamente versátil, fácil de preparar y también económico. En los últimos años se han probado y desarrollado acciones innovadoras en el ámbito de la comercialización del pollo, con el objeto de ganar la confianza de

los consumidores y mejorar su valoración en el mercado y también en la dieta (Garrow, James & Ralph, 2000).

El consumo de esta especie se encuentra muy generalizado. Los conformados de pollo denominados nuggets, inicialmente, eran piezas sólidas de carne de pechuga. La creciente demanda ha provocado una necesidad continua de emplear nuevas materias primas y tecnologías que permitan mejorar sus características organolépticas y sus rendimientos.

Resumiendo podemos decir que una ingesta de carne de pollo aporta nutrientes que sólo se encuentran en alimentos de origen animal. La tendencia actual a consumir menor cantidad de energía puede comprometer la ingesta de algunos nutrientes, poniendo de relieve la importancia del consumo de esta carne.

I.3. TENDENCIAS DEL MERCADO DE POLLO. NUEVOS PRODUCTOS.

El pollo se presenta como un producto agroalimentario muy saludable, bajo en grasas saturadas y con una excelente fuente de proteínas esenciales para nuestra salud.

El consumo se basa principalmente en el pollo entero aunque existe una tendencia creciente hacia el pollo trozado (pechuga, pata, muslo, suprema). El aumento en las ventas de productos trozados y procesados implica un incremento de subproductos aprovechables para la elaboración de alimentos. También aumentó el consumo de alimentos preparados entre los cuales podemos encontrar los nuggets (bocadillo de pollo). Desarrollar nuevos productos saludables se relaciona con generar valor agregado a los subproductos y beneficiarse de las propiedades organolépticas del pollo, principalmente la apariencia (color, forma, homogeneidad), el

olor, el sabor, la textura o la consistencia. Estas propiedades organolépticas, entre las cuales destaca siempre el sabor (Acebrón & Dopico, 2000; Arihara, 2006) identifican el producto e influyen en su aceptación.

En este contexto, se busca desarrollar nuevos productos. La investigación científica, la innovación tecnológica y la actual tendencia hacia lo saludable han revolucionado la industria alimenticia. En la obtención de productos cárnicos más saludables un foco es el perfil lipídico. Generalmente mediante la sustitución de la grasa animal por otra cuyas características estén más en consonancia con las recomendaciones nutricionales, es decir, con menor proporción de AGS y mayor de AGM y AGP, especialmente AGPI w3 de cadena larga.

Las industrias alimentarias están tendiendo progresivamente a la fabricación de productos con alto valor añadido, calidad superior y que responden mejor a las preferencias de los consumidores, así como a la fabricación de productos cárnicos de gran consumo mediante la diversificación de las especies trabajadas, utilizando carnes menos caras como la de pollo.

La gran competencia existente entre las empresas del sector para poder satisfacer las demandas del consumidor, está provocando que la industria agroalimentaria busque la diferenciación de los competidores a través del lanzamiento de nuevos productos. Esto no es una excepción en la industria de transformados avícolas. La sustitución de la comercialización y consumo de pollo entero por producto troceado, el desarrollo de nuevos productos y la proliferación de productos funcionales, son las tres grandes tendencias referidas al consumidor en la industria de alimentos actual.

El sector de los productos avícolas tiene ante sí una oportunidad de crecimiento. Los cambios en los hábitos de los consumidores han ido acompañados de mejoras en las tecnologías que están permitiendo que el sector pueda hacer frente a una demanda cada vez mayor de productos preparados por parte de los consumidores. La presentación de nuevos productos con un mínimo procesamiento, permite llegar a una demanda que exige productos fáciles de preparar. Los productos cárnicos tratados por calor ocupan un papel mayoritario a nivel de consumo, pese a que el consumo excesivo presenta aspectos negativos para la salud debido a su contenido graso y su perfil lipídico. La reformulación de este tipo de productos permite mejoras en estos aspectos negativos (Jiménez Colmenero, 2007). Los consumidores quieren productos que sean prácticos y sanos.

I.4. REFORMULACIÓN DE PRODUCTOS DE POLLO. PRODUCTOS REESTRUCTURADOS

En la obtención de productos cárnicos más saludables un foco es el perfil lipídico.

La ingesta suficiente de los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y en particular de DHA (ácido docosahexaenoico) durante el embarazo, la lactancia y la primera infancia es vital para el desarrollo cerebral y ocular. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), en 2012, ha informado de las ingestas diarias recomendadas de omega 3, de acuerdo con el consenso científico y médico. La recomendación de la ingesta total de ácidos grasos omega 3 oscila entre el 0,5 y el 2 %E, se debe a que el requerimiento dietético mínimo de ALA (>0,5%) previene los síntomas de deficiencia adulta y el valor más alto de 2 %E (que incluye la recomendación para el

ALA y los ácidos grasos omega 3 de cadena larga (AGPI CL n-3) (AMRD para EPA y DHA 0.250 g a 2.0 g); formaría parte de una dieta saludable. (FAO & FINUT, 2012). La ingesta mínima para una salud óptima de la madre y un desarrollo óptimo del feto o del lactante es de 0,3 g al día de EPA+DHA, de los cuales al menos 0,2 g deben ser de DHA. Considerando la sostenibilidad del abastecimiento de pescado, los expertos acordaron establecer el U-AMDR para el consumo de EPA y DHA en 2 g al día. (FAO & FINUT, 2012).

El enriquecimiento de carne de pollo con AGPI omega 3 de cadena larga, se logra usualmente incluyendo aceite de pescado, de lino o algas. La carne que se enriquece con AGPI, puede ser aceptable cuando está recién preparada pero cuando es recalentada desarrolla sabores extraños, por tanto debe ser protegida contra la oxidación tanto en su estado crudo como cocido. (Rymer, Gibbs & Givens, 2010).

Otra alternativa es la reformulación de productos cárnicos. El agregado de aceite linaza (Ansorena & Astiaran, 2004; Valencia, O'Grady, Ansorena, Astiaran & Kerry, 2008), o aceites de pescado se ha utilizado como fuente de EPA y DHA en la producción de derivados cárnicos como salchichas, mortadelas, hamburguesas, etc., (Valencia et al., 2008; Lee et al., 2006). El problema del uso de este tipo de aceites es la mayor susceptibilidad a la oxidación lipídica, y por otro, la presencia de aromas y sabores a pescado (Jiménez Colmenero, 2007).

En ambas opciones, el enriquecimiento mediante la dieta de las aves o en la incorporación como ingredientes, es necesario proteger de la oxidación los AGPI omega 3 mediante vitamina E. Se ha incorporado a diversos productos cárnicos en forma de tocoferol (Haak, Raes & De Smet, 2009; Magrinya et al., 2009) o como suplemento en el alimento balanceado enriquecido también en AGPI

w3 (Cortinas, Barroeta, Villaverde, Galobart, Guardiola, & Baucells, 2005). El contenido de la carne en Vitamina E generalmente es reducido, concentrado principalmente en los tejidos adiposos, pero los cambios en la alimentación animal han producido un incremento de esta vitamina en la carne, hasta el punto que la carne ha pasado a ser fuente moderada de vitamina E (Jiménez Colmenero, Herrero, Cofrades & Ruiz Capillas, 2011).

Los productos reestructurados surgen como una alternativa real y viable al consumo de pollo en fresco o congelado. Cualquier especie con valor comercial adecuado puede ser reestructurada ofreciendo al consumidor una nueva forma de consumir productos cárnicos y al mercado una nueva alternativa para su comercialización, la opción de reestructurar se presenta como una salida adecuada desde un punto de vista económico. Un producto se denomina reestructurado cuando se le trocea o pica y después conjuntamente con ingredientes o sin ellos se crea una estructura diferente que va a dar lugar a una nueva textura y apariencia. Una de las mayores ventajas que nos ofrece reestructurar músculo de pollo es la posibilidad de modificar la composición del producto inicial añadiendo nuevos ingredientes o aditivos que nos van a dar como resultado un producto final con unas características y propiedades diferentes al producto de partida. En este sentido la adición de fibra se presenta como una alternativa muy interesante no solo desde el punto de vista tecnológico y nutricional sino como una herramienta apropiada desde el punto de vista del marketing. El pollo posee un elevado valor nutricional debido a su composición y además ofrece unas propiedades funcionales adecuadas para ser reestructurado. Es un producto que no contiene fibra y el hecho de añadir fibra a productos avícolas podría parecer poco adecuado cuando se mantiene una dieta equilibrada que contenga además de pollo, frutas, verduras y legumbres. Sin

embargo, la realidad nos indica que el consumo en niños y adolescentes se basa en proteínas y grasas pero apenas ingieren alimentos que les aporten la fibra en la cantidad necesaria para cubrir las recomendaciones diarias en este nutriente (la Asociación Americana de Dietética recomienda una ingesta de fibra en adultos de 25 a 30 g/día o de 10 a 13 g/1000 kcal y en Europa el consumo recomendado es de 20 g/persona/día) (Borderías, Sanchez Alonso & Perez Mateos, 2005). La fibra alimentaria es un elemento esencial en una dieta equilibrada y Trowell, Southgate, Wolever, Leeds, Gassull & Jenkis, en 1976, la definieron como "un conjunto de macromoléculas de origen vegetal no digeribles por las enzimas digestivas del hombre" y hoy también se incluyen aquellos elementos animales como el quitosano que se encuentra en el exoesqueleto de los crustáceos. Desde un punto de vista tecnológico la fibra alimentaria mejora la capacidad de retención de agua, mejora el poder de gelificación, reduce la pérdida de rendimiento y mantiene la forma del producto después del cocinado (Ang & Crosby, 2005).

I.5. APLICACIÓN DE LA COCCIÓN A VACÍO

La aplicación de tratamientos térmicos es la forma más extendida de conservación de los alimentos. El tratamiento de esterilización ha permitido la aparición de platos preparados en conserva, cocinados a partir de recetas tradicionales y con una amplia vida comercial sin necesidad de refrigeración. Este tratamiento resulta muy agresivo con las propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos, causando rechazo en parte de los consumidores. Por su parte, la pasteurización se emplea en la producción de platos precocinados o cocinados con una fecha de caducidad reducida y con la necesidad

de aplicar temperaturas de refrigeración o congelación para su conservación.

El tratamiento por calor puede ser considerado, sin duda alguna, como uno de los modos más antiguos de procesar las materias primas alimenticias. En el ámbito de la tecnología culinaria, cualquier tipo de tratamiento térmico que se aplique para la elaboración de un plato cocinado recibe el nombre genérico de cocción. Cocer un alimento significa exponerlo a un foco de calor. Como consecuencia de ese calentamiento, el alimento experimenta cambios que pueden ser físicos, químicos, e incluso biológicos, que implican modificaciones relacionadas con su calidad, tanto organoléptica como nutricional. Tales modificaciones pueden resultar favorables, o desfavorables, según el tipo de cocción y las condiciones bajo las que se realice. Por ello, la cocción puede ser considerada como aquella operación capaz de transformar de modo físico y/o químico el aspecto, la textura, la composición y el valor nutritivo de un alimento mediante la acción del calor, con el fin de satisfacer los sentidos de la vista, del gusto y del olfato. En esencia, la cocción es la aplicación de calor que se hace a un alimento con el fin de convertirlo en más digerible, apetecible y sanitariamente seguro. Una vez que el calor incrementa la temperatura del alimento se origina en consecuencia una serie de procesos que se pueden considerar como la base del cocinado de un alimento: reblandecimiento de fibras, coagulación de las proteínas, disolución de compuestos químicos, liberación de jugos, cambios en los factores de apariencia, etc. La intensidad del tratamiento térmico aplicado y las condiciones en las que se realiza, son factores determinantes de posibles modificaciones, que pueden ser agrupadas en dos tipos de cambios:

a) Cambios de naturaleza física, externos y visibles, que atañen a la apariencia, textura y flavor del producto, con una clara repercusión visual, olfativa y gustativa.

b) Cambios de naturaleza química, sin manifestaciones externas, aunque no menos importantes, que afectan a la composición molecular del alimento y se relacionan tanto con su valor nutritivo, como con su seguridad microbiológica y con las características organolépticas del mismo.

El binomio tiempo-temperatura va a ser crucial en estos cambios (Bello Gutiérrez, 1999).

Las técnicas de cocción al vacío se conocen desde hace varias décadas sin embargo la principal razón de la lenta absorción de esta técnica, aparte de en los restaurantes, ha sido el costo (Cassi, 2011). Pero también la falta de información fiable y coherente sobre la calidad sensorial puede ofrecer alguna explicación de la relativamente baja penetración del mercado de sous vide en el Reino Unido, Norte América y en otros lugares (Creed, 1995).

5.1. Cocción/al vapor tradicional

Cocción: cocer al vapor, desde el punto de vista tradicional, es un proceso que implica suspender el alimento para que no entre en contacto directo con el medio de transferencia de calor. En el presente trabajo se hará referencia a este tratamiento trabajando siempre en condiciones de presión atmosférica. En las cocciones realizadas en un medio líquido acuoso, el calor es transmitido al alimento por el líquido que lo rodea.

5.2. Cook Vide y Sous Vide. En vacío y al vacío respectivamente

5.2.a) La cocción/al vapor en condiciones de vacío continuo (Cook-vide)

En la presente tesis, se plantea el estudio de otro tipo de tratamiento térmico que se ha denominado cocción en condiciones de vacío continuo (cook-vide). Este sistema consiste en cocinar el producto en condiciones de presión subatmosférica (vacío) y después envasar y refrigerar el alimento. El plantear este capítulo surge tras analizar las perspectivas de este sistema de cocción. En primer lugar, al trabajar a menor presión se consigue reducir el punto de ebullición del líquido de cocción y del agua de constitución del producto, lo que permite deshidrataciones y cocciones a menor temperatura con los beneficios que ello representa para las características texturales y nutricionales del producto, pero quizás el fenómeno más interesante que se puede analizar es el de la impregnación del producto con el medio de cocción, en el caso que resulte de interés. Durante el proceso de cocción a vacío, se produce una expansión y liberación del gas retenido en la estructura porosa del alimento, posteriormente tras la ruptura de vacío, se produce una impregnación del alimento con el medio de cocción debido al efecto de compresión del gas residual. Este fenómeno puede presentar algunas ventajas con respecto al de cocción tradicional desde el punto de vista de calidad nutricional y sensorial así como de la vida útil del producto.

En lo referente a los factores de calidad nutricional, se trabaja con bajas temperaturas por lo que el efecto de las mismas sobre la menor alteración de las vitaminas se mantiene, pero presenta como novedad que al estar el producto en contacto con la solución de cocción éste puede enriquecerse (al ser impregnado) con los constituyentes del líquido de cocción (vitaminas, minerales, componentes funcionales, bioconservantes, etc.) que pueden

contribuir, mediante la formulación de los líquidos de cocción, a incrementar o reconstituir el valor nutricional de los productos. También desde el punto de vista sensorial el producto puede verse modificado para potenciar o adquirir nuevos sabores y si se desea se pueden introducir algunos elementos que contribuyan a reforzar algunos aspectos como la textura. También contribuye a reducir las oxidaciones al trabajar en condiciones de baja presión de oxígeno o al poder introducir agentes antioxidantes en el producto (tocoferoles, vitamina C).

a) 1. Equipo Cook Vide: Gastrovac®

Fue desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia (Martínez Monzó, Andrés, Torres, Sanjuán & García Segovia, 2004). El aparato eléctrico, que proporciona calefacción mediante un sistema de control digital de temperatura, consiste en una olla con tapa y una bomba de vacío. Ver figura 1.

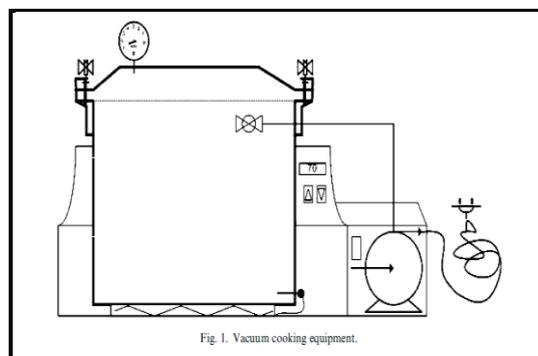


Figura I.1. Equipo de cocción Cook Vide

5.2.b) Sous vide

Los beneficios del sellado al vacío es que permite que el calor se transfiera de manera eficiente desde el baño de agua a la carne,

elimina el riesgo de recontaminación durante el almacenamiento e inhibe la producción de malos sabores debidos a la oxidación. A temperaturas de cocción muy altas, las bolsas se inflan (con vapor de agua) y deben mantenerse bajo el agua con una rejilla de alambre o alguna otra restricción. Cuando se cocina en un baño de agua con una temperatura más alta (5 - 10 °C) que la temperatura final deseada en el centro del alimento, este debe ser retirado del baño una vez que ha llegado a la temperatura para evitar que se cocinen demasiado. Dado que existe una variación significativa en la velocidad a la cual el calor se transmite en los alimentos, se utiliza normalmente una sonda aguja de temperatura para determinar cuándo la comida ha llegado a la temperatura deseada. Para evitar que el aire o el agua entre en la bolsa de pinchado, la sonda de temperatura generalmente se inserta a través de una cinta de espuma provista por el mismo fabricante de la termocupla.

Los alimentos se enfrían rápidamente colocando las bolsas selladas al vacío en agua fría (3 - 4 °C) y luego se almacenan refrigerados o congelados (Creed & Reeve, 1998).

I.6. BIBLIOGRAFÍA

- Acebrón, L.B. & Dópico, D.C. (2000). The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality; an empirical application for beef. *Food quality & Preference*, 11, 229-238.
- Ang, J.F. & Crosby, G.A. (2005). Formulationg reduced calorie foods with powdered cellulose. *Food Technology*, 59, 35-38.
- Ansorena, D. & Astiasarán, I. (2004). The use of linseed oil improves nutriotional quality of the lipid fraction of dry-fermented sausages. *Food Chemistry*, 87 (1), 69-74.
- Arihara, K. (2006). Strategies for designing novel functional meat products. *Meat Science*, 74, 219-229.
- Bello Gutierrez, José. (1999). *Ciencia y Tecnología Culinaria*. Madrid: Ediciones Díaz de los Santos.
- Borderías, A.J., Sanchez Alonso, I. & Perez Mateos, M. (2005). New applications of fibres in foods: addition to fishery products. *Trends Food Sci. Technol.*, 16, 458-465.
- Cassi, Davide (2011). Ciencia y Cocina: la era de la cocina molecular. *EMBO Rep.*, 12 (3), 191-196. Consultado el 24 de octubre de 2013 en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3059914/>
- Chizzolini, R., Zanardi, E., Dorigoni, V. & Ghidini, S. (1999). Calorific value and cholesterol contente of normal and low-fat meat and meat products. *Trends Food Sci. Technol.*, 10, 119-128.

- Cortinas, L., Barroeta, A., Villaverde, C., Galobart, J., Guardiola, F., & Baucells, M.D. (2005). Influence of the Dietary Polyunsaturation Level on Chicken Meat Quality: Lipid Oxidation. *Poultry Science* 84:48–55
- Creed, P.G. (1995). The sensory and nutritional quality of sous vide foods. *Food Control* 6(1): 45-52.
- Creed, P.G. & Reeve, W.G.Z., (1998). Principles and applications of sous vide processed foods. In: Ghazala, S. (Ed.), *Sous Vide and Cook Chill Processing for the Food Industry*. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, USA, pp. 25-56.
- FAO & FINUT (2012). *Grasa y ácidos grasos en nutrición humana. Consulta de expertos*. Edición española. FAO ISBN: 978-92-5-306733-6
- Garrow, J.S., James, W.P.T. & Ralph, A. (2000). *Human nutrition and dietetics* (10 th. ed). Edinburg: Churchill Livingstone
- Gibson, S. & Ashwell, M. (2003). The association between red and processed meat consumption and iron intakes and status among British adults. *Public Health Nutr.* , 6, 341-350.
- Haak, L., Raes, K. & De Smet, S. (2009). Effect of plant phenolics, tocopherol and ascorbic acid on oxidative stability of pork patties. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 89(8), 1360-1365.
- Jiménez Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non meat fats. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 567-578.

- Jiménez Colmenero, F., Herrero, A., Cofrades, S. & Ruiz Capillas, C. (2011). Meat and functional foods. In Y. H. Hui (Ed.), *Handbook of Meat and Meat Processing* (pp. 225-248). John Wiley & Son, Inc.
- Lee, S., Hernández, P., Djordjevic, D., Faraji, H. Hollender, R., Faustman, C. & Decker, E.A. (2006). Effect of antioxidants and cooking on stability of n-3 fatty acids in fortified meat products. *Journal of Food Science*, 71 (3), 233-238.
- Magrinya, N., Bou, R., Tres, A., Rius, N., Codony, R. & Guardiola, F. (2009). Effect of tocopherol extract, *Staphylococcus carnosus* culture, and celery concentrate addition on quality parameters of organic and conventional dry cured sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (19), 8963-8972.
- Martínez Monzó, J., Andrés, J., Torres, S., Sanjuán, N. & García Segovia, P., (2004). *System for vacuum cooking of food*. ES 1057342U. (A47J27/04), 10 Q August 2004. U200400864, 1 April 2004. 8p.
- Min, B., Nam, K.C., Cordray, J. & Ahn, D.U. (2008). *Endogenous Factors Affecting Oxidative Stability of Beef Loin, Pork Loin, and Chicken Breast and Thigh Meats*. *Journal of Food Science*, 73 (6), 439-446.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., Cuadrado, M., (ed.). (2005). *Tablas de composición de alimentos*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Rymer, C., Gibbs, R.A. & Givens, D.I. (2010). Comparison of algal and fish sources on the oxidative stability of poultry meat and its

enrichment with omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, 89, 150-159.

Trowell, H., Southgate, D., Wolever, T., Leeds, A., Gassull, M. & Jenkis, D. (1976). Dietary fiber redefined. *The Lancet*, 1, 96.

Valencia, I., O'Grady, M.N., Ansorena, D., Astiasaran, I. & Kerry, J.P. (2008). Enhancement of the nutritional status and quality of fresh pork sausages following the addition of linseed oil, fish oil and natural antioxidants. *Meat science* 80 (4), 1046-1064.

Valsta, L. M., Tapanainen, H. & Mannisto, S. (2005). Meat fats in nutrition - a review. *Meat Science*. Disponible en www.sciencedirect.com

Capítulo II

OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo general

El objetivo de la presente tesis doctoral es estudiar la aplicación de diferentes tecnologías para incrementar y diversificar productos para industrias avícolas. Concretamente se desarrollan reestructurados saludables, con omega 3 y betaglucano, sin agregado de grasa, agua, y sales; se van a emplear las tecnologías de cocción a vacío en la elaboración del producto precocinado, y se van a comparar tecnologías de vacío con las tradicionales tras la regeneración térmica previa al consumo.

II.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos se desarrollan en cuatro capítulos cuya finalidad es:

1. Estudiar la formulación y el proceso de cocción al vapor a presión atmosférica y a vacío de reestructurados de pollo saludables, así como analizar el efecto de la adición de un suplemento dietético sobre la matriz proteica con el fin de obtener un producto reestructurado con fibra y omega 3; y evaluar aspectos relacionados con su calidad como estabilidad oxidativa, ganancia de peso, textura, etc., con vistas a definir las condiciones óptimas de procesado del producto.
2. Obtener un producto reestructurado a base de pollos cuyas dietas fueron enriquecidas en omega 3 mediante la adición de aceite de lino o de pescado, con salvado de avena, sin el agregado de grasa, ni agua, ni sales; y evaluar el efecto de la formulación y la dieta mediante análisis de composición proximal, nivel de aceptabilidad y preferencia del consumidor, y realizar un estudio preliminar de vida útil.

3. Determinar las condiciones de regeneración térmica previas al consumo, su forma de aplicación y el efecto sobre la estabilidad oxidativa de los reestructurados de pollo saludables.

4. Determinar las condiciones de acondicionamiento térmico previo al consumo, su forma de aplicación y el efecto sobre el color de los reestructurados de pollo saludables.

Capítulo III

REESTRUCTURADOS DE POLLO,
INNOVACIÓN SALUDABLE Y CARACTERIZACIÓN
DE FÓRMULAS Y PROCESOS

III. REESTRUCTURADOS DE POLLO, INNOVACIÓN SALUDABLE Y CARACTERIZACIÓN DE FÓRMULAS Y PROCESOS

III.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la ciencia de los alimentos saludables, tiende a incorporar los conocimientos necesarios para elaborar productos alimenticios destinados a dietas que se adecuen a las necesidades personales. Cuando ya se piensa que el conocimiento de la secuencia genómica podría ser el inicio de una nueva vía de investigación en los ámbitos de la elaboración de alimentos, es de esperar un rápido desarrollo de alimentos saludables que promuevan la salud y el bienestar (Bello, 2006).

Existen varios enfoques tecnológicos destinados a optimizar la composición de los productos cárnicos y facilitar la vida al consumidor actual. La reformulación de productos cárnicos, es una de las estrategias aplicada por la industria del sector, interesada en la producción de nuevos alimentos que le aseguren una posición favorable en este mercado emergente. Es posible modificar la composición de los productos cárnicos mediante la reducción, el aumento, la adición y sustitución de los componentes a partir de diferentes fuentes, vegetales y animales, para producir efectos funcionales (Jiménez Colmenero, Reig & Toldrá, 2006). El empleo de nuevos ingredientes en la preparación de productos cárnicos con el fin de mejorar los componentes beneficiosos ha sido probado en numerosos trabajos (Anandh, Lakshmanan & Anjaneluyu, 2003; Fernández Ginés, Fernández-López, Sayas-Barberá, & Pérez-Álvarez, 2005; Jiménez-Colmenero, Serrano, Ayo, Solas, Cofrades & Carballo, 2003).

Los productos de pollo son alimentos muy apreciados por los consumidores. En los últimos años, los productos cárnicos de pollo han logrado mucha popularidad en todo el mundo debido a su alta calidad nutricional y porque permiten variaciones en el menú a bajo costo debido a que es posible conseguirlos frescos o precocinados y refrigerados o congelados y en especialidades como bocadillos, salchichas, hamburguesas, etc.

Los productos que se consideran reestructurados son aquellos elaborados a partir de materias primas cárnicas que tras un cierto proceso de desintegración estructural (troceado, picado, etc.), son sometidas a diversos tratamientos de reestructuración, a fin de impartirles las características propias de los productos que pretenden imitar: filetes, porciones magras, carne para asar, etc. Suelen ser comercializados como productos crudos (refrigerados o congelados) y precocinados o cocinados (Mandingo, 1988; Cambero, López, García, De la Hoz & Ordoñez, 1991). La elaboración de los reestructurados se fundamenta en procesos tecnológicos que permiten obtener productos con otra composición química, tamaño de partícula e ingredientes no cárnicos, dando lugar a productos diferentes de la carne de la que proceden.

En la actualidad una de las mayores demandas de los consumidores es por los productos de bajo contenido graso, entre las carnes de consumo, el pollo mantiene un sostenido aumento, en parte asociado a su bajo contenido en grasas y la reducción de esta contribuye a una dieta saludable (Vandendriessche, 2008). La disminución del contenido de grasa con el aumento del contenido de agua incrementa las pérdidas por cocción (Clauss, Hunt, Kastner & Kropf, 1990; Gregg, Claus, Hackney & Marriott, 1993), además el aumento de agua puede afectar la textura y jugosidad de producto (Matulis, McKeith, Sutherland & Brewer, 1995). Por ello la industria

actual suplanta la grasa por proteínas y otros extendedores o ligantes, tratando de preservar la capacidad de retención de agua y las propiedades texturales. (Su, Bowers & Zayas, 2002). Las sustancias ligantes y gelificantes como alginatos, carragenatos, almidones modificados, harinas de avena y diversas proteínas de origen animal no cárnicas (sólidos lácteos totales, caseinato sódico, proteínas del plasma sanguíneo, albúmina de huevo, gelatina, etc.) y vegetal (las proteínas aisladas de soja, gluten de trigo, etc.), se utilizan por razones tecnológicas (gelificación, textura, etc.) y económicas del producto (Hand, Crenwelge & Terrell, 1981. Millar, Davis, Seideman, Wheeler & Ramsey, 1986).

El salvado de avena posee capacidad de fijar moléculas de agua e incrementar la viscosidad, característica verdaderamente importante como ingrediente funcional. La avena es una de las fuentes más ricas de betaglucano, compuesto del grupo fibra dietética de reconocidas propiedades en el proceso de mantenimiento del peso corporal como resultado de sus efectos sobre la saciedad. (Marlett, Mc Burney & Slavin, 2002). Además una dieta alta en fibra soluble de avena integral y baja en grasa saturada y colesterol, puede reducir el riesgo de enfermedades del corazón. Consumir al menos 3 g/día de betaglucano de avena podría reducir los niveles de colesterol en más de un 5%. (Brown, Rosner, Willett & Sacks, 1999). El National Cholesterol Education Program (NCEP), organismo americano encargado de preparar las recomendaciones nutricionales para reducir los niveles de colesterol, ha incluido el consumo de avena, por su alto contenido en betaglucano. Igualmente, la Food and Drug Administration (FDA) americana tiene registrado el salvado de avena como el primer alimento que reduce el colesterol.

El consumo de alimentos procesados y preparados acarrea el inconveniente de que son más salados, lo que está haciendo que la gente adquiera más el gusto por lo salado. Si bien el sodio es un nutriente esencial, su ingesta excesiva puede ocasionar problemas de salud. La Organización Mundial de la Salud (OMS) así como la Organización de Agricultura y la Alimentación (FAO), recomiendan un consumo promedio de menos de 5 gramos por día de sal (menos de 2 gramos de sodio) para prevenir las enfermedades crónicas (OMS / FAO, 2003). En 2010 el Dietary Guidelines for Americans recomienda menos de 2300 miligramos de sal por día y 1500 miligramos de sal por día para aquellas personas de 51 años o más, así como en el caso de niños, personas con hipertensión, diabetes o enfermedades crónicas renales. Con el fin de reducir el consumo de sodio, muchos restaurantes y fabricantes de alimentos están empezando a reformular sus productos alimenticios.

Avances en los estudios de desnutrición ubican a los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga omega 3 como nutrientes críticos para la salud humana. Estos ácidos grasos constituyen una minoría de todos los ácidos grasos presentes en la dieta humana. Las grasas ricas en AGPI omega 3 están presentes en peces de aguas frías. La fortificación de los alimentos con estos ácidos grasos representa un área de interés comercial y académico (Jiménez Colmenero, 2007). Andrés, Zaritzky & Califano, (2008-2009) estudiaron diferentes embutidos de pollo reducidos en grasa formulados con omega 3 y no fueron rechazados sensorialmente. A una de las formulas del nuevo producto se le incorporo omega 3, que proviene de un suplemento dietario de origen americano, que además contiene vitamina E.

García Iñiguez et al., (2010), estudian la incorporación de extractos vegetales con acción antioxidante para proteger los ácidos

grasos poliinsaturados de la autooxidación. Alimentos con lípidos de alto grado de insaturación implican reacciones de oxidación (Gurr, Harwood & Frayn, 2002). Las operaciones de procesamiento de la carne, como reducir el tamaño de los trozos de carne, aumenta el área de exposición y la adición de ingredientes potenciales prooxidantes y los cambios inducidos por el calor disminuyen la estabilidad oxidativa (Lee, Decker, Faustman & Mancini, 2005). Esta susceptibilidad de los AGPI ω 3 a la oxidación y rancidez limita el uso de estos ácidos grasos en los alimentos y hace necesario aplicar procesos cuyo efecto inhiba la autooxidación, debido a esto, la elección de los métodos de cocción con aplicación moderada de calor, exclusión de oxígeno y protección por envasado al vacío y refrigeración, tienen un rol fundamental en la protección de la calidad del producto formulado.

Los productos reestructurados requieren una gran manipulación durante la elaboración, por ello la posibilidad de contaminación es elevada. Además como la carne se somete a un troceado más o menos fino, la contaminación microbiana no es sólo superficial. En consecuencia y pese a aplicar medidas de higiene apropiadas para conseguir el menor grado de contaminación inicial conviene aplicar de inmediato un tratamiento de pasteurización o precocinado del producto durante su elaboración y protección mediante envasado al vacío. Estos últimos tratamientos reducen el riesgo de pérdida de calidad higiénica, y prolongan la vida útil del producto, aspectos que son apreciados por el consumidor actual.

Los tratamientos térmicos que emplean calor moderado como el *sous vide* son capaces de eliminar bacterias patógenas y evitar que proliferen durante el almacenamiento en anaerobiosis y refrigeración, Baldwin, (2012); Schafheitle & Light, (1989). Aunque otros autores, Sheard & Rodger, (1995), publicaron que existía un

rechazo a la implantación de la tecnología sous vide por riesgo de listeriosis y botulismo. El principal problema reside en los microorganismos patógenos formadores de esporas capaces de soportar los suaves tratamientos térmicos y germinar durante el almacenamiento refrigerado, llegando a producir tox infecciones alimentarias. La medida de seguridad para estos casos es cocinar previo al consumo el reestructurado precocido, siguiendo la metodología descrita por la Asociación Americana de Ciencia de la Carne (AMSA, 1995), hasta que la temperatura interna sea de 71°C, correspondiente al término de cocción "bien hecha o well done".

Los científicos de alimentos han estado estudiando el procesamiento al vacío y han observado que en la última década de 2010 se ha producido un enorme aumento en el uso de la cocina al vacío en hogares y restaurantes (Baldwin, 2012).

En el sistema de cocción sous vide los alimentos crudos o parcialmente cocidos se introducen dentro de una bolsa de plástico, y sellados al vacío, que se coloca en un contenedor cuya temperatura es regulable para recibir calor por cocción controlada, se enfría rápidamente, luego se recalienta para su uso después de un período de frío a temperaturas de 0 a 3° C (Creed & Reeve, 1998).

Otro método de cocción a calor moderado en condiciones de vacío es el sistema cook vide, que aplica calor en vacío continuo. La ventaja de este método de cocción se debe a que el empleo de bajas temperaturas es favorable para proteger nutrientes como vitaminas, a los AGPI w3 de la autooxidación, para mantener la textura del alimento; es una tecnología adecuada para proteger las características organolépticas y nutritivas de los alimentos (Martínez Monzó, Andrés, Torres, Sanjuán & García Segovia, 2004). En Argentina se han realizado algunas experiencias con estas

tecnologías pero aún son poco conocidas en la industria las ventajas que estos sistemas ofrecen.

Con el fin de aumentar la retención de agua, reducir la pérdida de peso y de tamaño generada por la cocción de estos productos cárnicos, se incorporan aditivos convencionales como cloruro de sodio y polifosfatos alcalinos, o alternativos como concentrado de proteínas lácteas, o gomas y carragenatos, pero no se encontraron publicaciones de reestructurados formulados sin agregado de agua, sales y grasa, empleando salvado de avena que contiene betaglucanos y ofreciendo la alternativa de contener o no omega 3. La composición, la precocción en condiciones térmicas moderadas y envasado al vacío, y conservado en refrigeración determinaran propiedades químicas, morfológicas y estructurales que deben ser conocidos y riesgos de deterioro de la calidad que deberán determinarse para ser controlados.

Dos fórmulas de un nuevo reestructurado de pollo resultado de la combinación de estrategias nutricionales y tecnológicas como el agregado de salvado de avena y aceite rico en ácidos grasos omega 3 opcional, reducido en grasa y sin el agregado de sal, dan lugar a diversificación en el mercado de productos cárnicos más saludables y a los siguientes objetivos de este capítulo:

1. Elaborar dos tipos de reestructurado de pollo reducidos en grasa y sal, con betaglucano y con omega 3 opcional. Precocinado por métodos térmicos moderados (cook-vide y sous-vide). Conservado mediante envasado al vacío y en refrigeración a 4°C.
2. Conocer el efecto de la composición, el precocinado y el almacenamiento durante 4 días (4°C) sobre:

- la capacidad de absorción de agua de los reestructurados durante la cocción al vapor mediante el control de peso por unidad
- la estabilidad oxidativa en los productos: recién elaborado y a 4 días en refrigeración mediante la determinación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARs).
- las propiedades texturales examinadas con el texturómetro por medio del análisis del perfil de textura (TPA).

III.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ingredientes

2.1.a) Carne de pollo

Tres aves fueron adquiridas en un mercado local, como producto fresco, refrigerado y eviscerado. El mismo día de la compra se procedió a la retirada de la piel y la grasa y al deshuesado. Toda la carne obtenida se troceó a cuchillo y se picó dos veces en picadora de carne marca Alexander número 8.

2.1.b) Salvado de avena

Tabla III.1. Información nutricional del salvado de avena según etiquetado.

| Salvado de avena | |
|--------------------------------|-----------------------|
| Información Nutricional | g ó Kcal /100g |
| Calorías (kcal) | 377 |
| Proteínas (g) | 16 |
| Carbohidratos (g) | 6,7 |
| Grasas (g) | 5 |

Salvado de avena en bolsas de 350 g se adquirieron en el mercado local. En la tabla 1 se registra la información nutricional del mismo según la información aportada por la empresa envasadora.

2.1.c) Suplemento dietético de ácidos grasos omega 3 en cápsulas de gelatina

Nombre comercial NUTRILITE, marca AMWAY L-209-101-02. Registro Sanitario SD 2008-0000865 procedentes de Estados Unidos. En la tabla 2 se registra la información nutricional del etiquetado del producto.

La incorporación del suplemento se realizó por adición del contenido de las cápsulas.

El contenido promedio por cápsula fue de 962,6 mg (realizado sobre n=29 cápsulas de suplemento).

Se verificó la presencia de omega 3 enviando 6 cápsulas a un laboratorio de análisis especializado en la determinación del perfil de ácidos grasos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires.

Tabla III.2. Información nutricional del suplemento dietario a base de aceite de pescado, aceite de lino y vitamina E, en cápsulas.

| Suplemento dietético omega 3 | |
|---|---------------------|
| Información Nutricional | |
| Peso promedio en mg (peso que incluye la cápsula de gelatina) | 1 cápsula 1368,9 |
| Calorías (Kcal) | 10 |
| Proteínas (g) | 0,1 |
| Carbohidratos (g) | 0 |
| Grasas Totales (g) | 1 |

| | |
|--|------|
| Grasas saturadas (g) | <0,5 |
| Grasas poliinsaturadas (g) | 0,5 |
| Grasas monoinsaturadas (g) | <0,5 |
| Grasas Trans (g) | 0 |
| Colesterol (mg) | 5 |
| Fibra alimentaria (g) | 0 |
| Sodio (mg) | 0 |
| Vit. E (alfa-tocoferoles) (UI) | 30 |
| Acidos grasos omega 3 de aceite de pescado y de semilla de lino (mg) | 300 |
| ALA - ác. Alfa-linolénico de aceite de semillas de lino (mg) | 185 |
| EPA - ác. Eicosapentaenoico de aceite de pescado. (mg) | 65 |
| DHA - ác. Docosa-hexaenoico de aceite de pescado (mg) | 45 |

2.1.d) Condimentos

Para aromatizar y dar sabor se emplearon especies como ajo, pimienta, orégano, tomillo y romero.

2.2. Elaboración de los medallones

La carne picada se retiró del congelador (-24°C) y se mantuvo en refrigeración (4°C) la noche anterior. En una balanza electrónica se pesaron los ingredientes a utilizar en la formulación. A la carne de pollo se le adicionó en primer lugar salvado de avena, luego se incorporaron los demás ingredientes de la fórmula sin añadir en ningún momento agua ni agentes reestructurantes. En la formulación con omega 3 se añadió la proporción requerida de suplemento dietético extraído de las cápsulas según fórmula (Ver tabla 3). Para uniformar la mezcla se utilizó una multiprocesadora Atma, modelo mp8601. Se homogeneizó bien con un tiempo de procesado de 5 minutos.

Tras la homogenización la pasta obtenida se estiró con palote de cocina hasta obtener un espesor de 1,5 cm y luego se cortaron

medallones mediante un utensilio corta-pasta de acero inoxidable de 10 cm de diámetro.

La tabla 3 muestra la composición de las dos formulaciones del reestructurado probadas.

Tabla III.3. Composición centesimal de la fórmula de la pasta cruda

| Fórmulas de los reestructurados | | |
|---|---------------|---------------|
| Ingredientes en g/100g | sin w3 | con w3 |
| Carne de todo el pollo, desgrasada sin piel y picada | 84,3 | 82,3 |
| Salvado de avena | 15,3 | 15,0 |
| Condimentos (ajo, pimienta, orégano, tomillo, romero) | 0,4 | 0,4 |
| Suplemento dietético de omega 3 | - | 2,3 |

2.3. Precocinado

Los reestructurados de un mismo lote se dividieron en 3 grupos para ser precocinados (ver Figura 1):

a) El grupo 1 fue precocinado mediante proceso sous vide. Para ello se envasaron, antes de la cocción, en bolsas de polietileno termorresistentes (OMS y Viñas S.A. Barcelona, España) a 100 % vacío mediante una envasadora Tecnotrip (Terrasa S.A., Barcelona, España).

b) Al grupo 2 se realizó un precocinado al vapor en condiciones de vacío continuo (cook vide).

c) El grupo 3 fue precocinado al vapor a presión atmosférica.

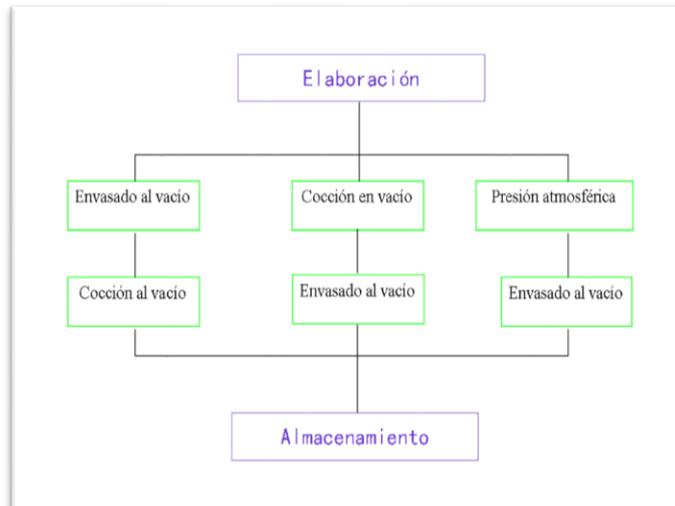


Figura III.1. Esquema de los procesos de precocinado aplicados a los reestructurados.

Las tres precocciones se realizaron simultáneamente: el grupo 1 y 2 (sous-vide y cook-vide, respectivamente) a una temperatura de 80 °C. En el grupo 3, a presión atmosférica, la precocción se llevó a cabo a 100°C.

Tanto en cook vide como a presión atmosférica la precocción se realizó al vapor, para que el producto no entrase en contacto directo con el agua.

Para el control de temperatura en el centro del producto se empleó una sonda Testo A6 502 con display Testo 925. En bolsas de sous vide se colocó un septum - Testo AG 311- para conservar el envasado al vacío cuando se introduce el termopar. La sonda se colocó en el centro del producto durante la cocción para garantizar la llegada a 65°C en el centro del mismo. Alcanzada la temperatura se dio 1 minuto más de cocción con lo que sobrepasó los 74 °C en el interior del producto.

Tras la precocción los reestructurados del grupo 2 y 3 se refrigeraron a 4°C durante 30 minutos. Tras la fase de enfriamiento se envasaron a vacío total mediante una envasadora Tecnotrip (Terrasa S.A., Barcelona, España) en bolsas de polietileno termorresistentes (OMS y Viñas S.A. Barcelona, España) para envasado al vacío.

Los productos, precocinados y correctamente etiquetados, se dividieron en dos subgrupos. Parte se almacenó en refrigeración a 4 °C y parte en congelación a -24°C.

La nomenclatura empleada en adelante para la identificación de las muestras son las siguientes:

| Tratamientos* | Código |
|--|--------|
| Precoc. cook-vidé de fórmula con w 3 | CVw3 |
| Precoc. sous-vidé de fórmula con w3 | SVw3 |
| Precoc. a P. atmosférica de fórmula con w3 | PAw3 |
| Precoc. cook-vidé fórmula sin agregado de w3 | CV |
| Precoc. sous-vidé fórmula sin agregado w3 | SV |
| Precoc. a P. atmosf. fórmula sin agregado w3 | Pat |
| Crudo sin w3 | C |

*Adicionalmente en el estudio de TBARs se incluyen dos procesos de almacenamiento (r=refrigeración y c=congelación)

2.4. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICOS

2.4.a) Variación de peso por unidad debido a la cocción

Antes y después de los tratamientos de cocción al vapor, los reestructurados a temperatura ambiente, fueron pesados sobre un papel de aluminio empleando una balanza de precisión (Adventurer®
®Pro – OHAUS, modelo AV264C, Sanford, Estados Unidos). Las

variaciones de peso se calcularon como diferencia entre el peso del reestructurado cocido menos el peso del reestructurado crudo. Se empleó la ecuación [1] que permitió obtener el porcentaje promedio de ganancia de peso por unidad cocido/crudo. Se pesaron siete muestras de cada grupo.

$$\% \text{ Ganancia de peso por unidad} = \frac{(P_{\text{cocido}} - P_{\text{crudo}})}{P_{\text{crudo}}} \times 100$$

[1]

Debido a que sous vide aplica la cocción sobre el reestructurado envasado al vacío no se incluyó en este experimento.

2.4.b) Determinación combinada de Humedad y Extracto Etéreo. AOAC OFICIAL METHOD 960.39.

Estas determinaciones son unas de las medidas más importantes utilizadas en el análisis de alimentos. El contenido de humedad y grasa de un alimento está relacionado con su estabilidad, calidad y composición. Influye en las condiciones de almacenaje, tipo de envase y procesamientos del alimento y puede afectar las siguientes características del producto: vida útil, textura y características organolépticas.

En el presente trabajo se determinaron en forma combinada, basado en las directivas de la AOAC, como se indica:

a) Se pesa, 5 a 7g (± 0.001) de muestra de carne picada. Se llevan a estufa de secado por 1,5 h a 125 ° C. Una vez enfriadas en desecador se pesa el extracto seco. Se repite el procedimiento hasta obtener pesada constante.

b) Se traspasa cuantitativamente a un cartucho de extracción Soxhlet el extracto seco anterior. Se somete a extracción con éter de petróleo p.a. PE 40 – 60 ° C en equipo Soxtec (FOSS Tecator Soxtec

2050. Alemania). Se recupera el solvente y se seca el colector del extracto etéreo en estufa a 103 ° C, se enfría en desecador y se pesa.

2.4.c) Determinación de la estabilidad oxidativa. Método de Grau, Guardiola, Boatella, Barroeta & Codony (2000).

c) 1. Índice del ácido tiobarbitúrico (ATB)

Esta prueba es quizás la más utilizada para la evaluación de la oxidación lipídica en productos cárnicos y tejidos biológicos. El método se basa en la reacción del malondialdehído (MDA) con dos moléculas de ácido Tiobarbitúrico en medio ácido, para dar un derivado que presenta coloración rosada (máximo de absorción entre 530-535 nm). No obstante, la reacción no es totalmente específica y existe aún hoy una gran controversia sobre qué tipo de compuestos participan, además del malondialdehído. Esto ha llevado a que el índice sea más conocido en la actualidad como índice de TBARs, es decir, de sustancias reactivas frente al ATB (Grau et al., 2000).

Aunque el origen de la aplicación de esta reacción se remonta a 1948 (Bernheim, Bernheim & Wilbur, 1948), para determinar el índice pueden citarse los métodos clásicos de Tarladgis, Watts, Younathan & Dugan (1960), Melton (1983), Fernández, Pérez Álvarez & Fernández López, (1997) y el normalizado recomendado por la Sociedad Americana de Químicos del Aceite (AOCS - Cd19-90)*1. Para este trabajo se siguió el método propuesto por Grau et al., (2000); porque fue desarrollado para carne de pollo. Consiste en la extracción acuosa de la muestra en medio ácido y reacción con el ATB.

Mediante la variable TBARs se estudió el efecto sobre la estabilidad oxidativa de los tres métodos de precocción señalados y

de dos modalidades de almacenamiento, congelación y refrigeración durante 4 días.

c) 2. Reactivos y Patrones

Se usó TCA, ácido Tricloroacético, y el EDTA, sal di sódica del ácido etilen diamino tetraacético, de marca Panreac (Barcelona, España); el BHT, Butilhidroxitolueno, el TEP, 1,1,3,3-tetraetoxipropano, y el TBA, ácido 2-tiobarbitúrico, de marca Sigma (St. Luis, MO). Y durante todo el procedimiento se usó agua destilada y desionizada.

c) 3. Preparación de la muestra

Los reestructurados almacenados en congelación se sacaron una hora antes del análisis, descongelándose a temperatura ambiente.

Se analizaron 4 reestructurados en cada tratamiento.

c) 4. Método

La muestra (1,5 g) se coloca en un tubo de centrifuga de 50 ml y se adiciona inmediatamente, 1 ml de solución acuosa de Edta disódico (0,3 %). Se agita ligeramente, se añade 5 ml de solución de BHT (0,8% p/v) en hexano y se vuelve a agitar suavemente. Añadir 8 ml de solución acuosa de ácido tricloroacético (5% p/v) y homogeneizar 30 segundos a 19000 rpm (VWR VOS mod. 33998-454, VWR International, Pennsylvania, EEUU). Se centrifuga 5 minutos a 1400 g mediante la centrifuga Medifriger-BL mod. 7001085. (JP Select SA, Barcelona, España), y se descarta la fase hexánica. Filtrar la fase acuosa en un filtro de papel Whatman N°1 dentro de un matraz volumétrico de 10 ml y enrasar con TCA al 5%. Se toma una alícuota 3 ml y en un tubo con tapa se agregan 2 ml de solución de TBA (0,8 % p/v), el pH de la mezcla de reacción debe ser 0.9 aproximadamente. Se incuba la mezcla de reacción exactamente 30 minutos a 70 °C en un baño de agua con agitación suave. Se enfría la solución en baño de hielo durante 5 minutos. Se

estabilizan los tubos de reacción durante 45 min a temperatura ambiente y se lee en el espectrofotómetro a 532 nm (si es posible medir la 3ra. derivada a 521.5 nm), frente a un blanco donde la alícuota de muestra se reemplaza por agua. El valor de TBA expresado como μg de MDA/ kg de muestra se calcula en base a una curva de calibración teniendo en cuenta el peso de la muestra y las diluciones realizadas durante el procedimiento analítico.

La curva de calibración se construye empleando como patrón el 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP), como tetraetoxiacetal del malondialdehído, que origina MDA cuando se trata en caliente en medio ácido. Concentraciones de TEP entre 315 y 6,29 $\mu\text{g/l}$ se emplearon para construir la curva de calibrado.

2.4.d) TEXTURA

La evaluación de la textura se llevó a cabo mediante el ensayo Textura Profile Analysis (TPA). Es uno de los sistemas más empleados en la clasificación científica de las características reológicas. En el ensayo TPA, un émbolo comprime dos veces consecutivas la muestra para simular el movimiento de la mandíbula durante la masticación. El análisis de las curvas fuerza-distancia o fuerza-tiempo permite obtener diferentes parámetros texturales.

d) 1. Preparación de la muestra

Los medallones mantenidos en congelación a $- 24\text{ }^{\circ}\text{C}$, y posteriormente se descongelaron a temperatura. Se retiró el envase al vacío y se procedió a la obtención de cilindros de $14 \pm 0,2$ mm de diámetro y 15 ± 1 mm de espesor (mediciones realizadas mediante un calibre).

d) 2. Medición de la textura

El Análisis de Perfil de Textura, se llevó a cabo con un Analizador de Textura Universal Stable Micro System TA -XT2, (SMS Ltd, Godalming, U.K.). Los datos se obtuvieron mediante el programa proporcionado por la casa fabricante.

En el análisis se empleó una sonda P 75 (plato circular de 75 mm de diámetro). Se aplicó una deformación de doble compresión a la muestra, bajo las siguientes condiciones operativas: deformación del 60%, velocidad de ensayo y de pre-ensayo: 1,00 mm s⁻¹; velocidad de post ensayo: 5 mm s⁻¹; tiempo de recuperación de 3 segundo. Se realizaron seis réplicas por cada muestra.

A partir de la curva, fuerza en Newton (N) vs. tiempo en segundos (s) se midieron las siguientes propiedades mecánicas: dureza (N), adhesividad (N x s), elasticidad, cohesividad, gomosidad (N) y masticabilidad (N).

Previamente a realizar el ensayo de TPA el equipo fue calibrado con una pesa de 5 kg según procedimiento normalizado.

2.5. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Mediante la Fig. 2 se integran los tratamientos estudiados y los ensayos realizados.

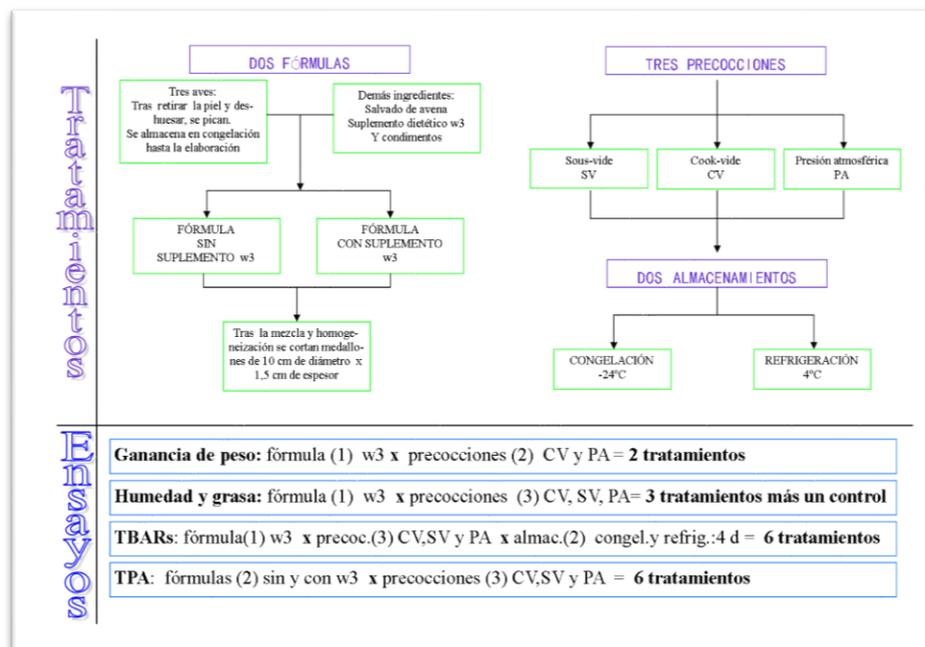


Figura. 2. Esquema de tratamientos y ensayos realizados

2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El diseño experimental elegido para estudiar el efecto de los tratamientos fue el diseño bifactorial, seleccionando los factores y los niveles de acuerdo al ensayo realizado. El análisis estadístico consistió en el análisis de ANOVA mediante el programa estadístico SYSTAT (SYSTAT, Inc., Evanston, IL). Cuando se presentaba intersección de factores la comparación de las medias se realizaba aplicando el test de Duncan.

En el análisis instrumental de textura los análisis de varianza fueron conducidos separadamente sobre cada variable dependiente (dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad, masticabilidad); ganancia de peso por unidad y valores TBARs. El error estándar, o la

desviación estándar (según el caso), de cada media fue informado. La diferencia de medias y F-test fue considerado significativo cuando $p < 0.05$.

III.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.a) Variación de peso por unidad debido a la cocción

Esta medición se encuentra relacionada a la capacidad de retención de agua y determina dos importantes parámetros económicos: las variaciones de peso y la calidad de los productos obtenidos. Las pérdidas de peso se producen en toda la cadena de distribución y transformación y pueden alcanzar al 4-5% del peso inicial, siendo corrientes pérdidas del 1,5 al 2 %. Por ello, el estudio de esta propiedad es muy importante a la hora de caracterizar la calidad de un producto cárnico.

En la tabla 4, se registran el peso crudo, el peso cocido, y la diferencia para $n=7$ unidades controladas en cada cocción al vapor (P. atm y cook-vidé).

Se encontró diferencia muy significativa ($p < 0.01$) en la variación de peso por unidad según las cocciones ensayadas. La ganancia de peso promedio por unidad ($n=7$) en la cocción al vapor a P-atm fue de 0.29 g mientras que para la cocción al vapor cook vide, la ganancia de peso fue 1.39 g, ambas con error estándar de 0.14. Esto significa una retención de agua 374 % mayor de un producto a otro, efecto causado por el método de cocción. Contribuyeron a poner en evidencia esta característica del método cook vide al vapor el hecho que la fórmula del reestructurado no incluye agua y que tiene un ingrediente, el salvado de avena, con elevada capacidad de absorción de agua.

Otros autores en innovación de productos cárnicos pero con otras precocciones estudiaron rendimiento del proceso, (Andrés et al., 2009); sin embargo no encuentran ganancia de peso tras la cocción.

Retener mayor proporción de agua se relaciona con otras propiedades de los productos, como la textura. Shao, Avens, Schmidt & Maga, (1999), informan que los cambios de composición acontecidos durante el procesado en productos de igual composición, influyen en las pérdidas de peso por cocción, y ha menor pérdida se obtienen productos más blandos.

En el tratamiento sous vide, la variación de peso no fue estudiada porque se envasa el alimento al vacío antes de la cocción y no hay contacto directo con el medio de cocción.

Tabla III.4. Comparación del efecto de los tratamientos al vapor, PA y CV, sobre el peso del producto cárnico crudo vs. precocido.

| Diferencia entre cocciones al vapor p<0.01 | | | | | | |
|--|------------------------|--------|-------------|-------------------------|--------|-------------|
| tratam. del reestructurado | (100°C) P. atm. | | | (80°C) Cook vide | | |
| | C (g) | PA (g) | dife-rencia | C (g) | CV (g) | dife-rencia |
| n = 7 | 226.42 | 228.48 | 2.06 | 202.30 | 212.06 | 9.76 |
| peso unitario promedio | 32.35 | 32.64 | 0.29 | 28.90 | 30.29 | 1.39 |
| ganancia peso | 0.91 % | | | 4.82 % | | |
| diferencia | 374 % | | | | | |

3.b) Grasa y Humedad

En la tabla 5 se registraron los valores encontrados en los reestructurados fórmula omega, de tres tratamientos diferentes de precocción y una muestra control de reestructurados crudos fórmula sin omega.

El análisis de la varianza (ANOVA) indicó diferencia significativa ($p < 0.05$) de medias de % de H₂O, distinguiendo 3 categorías según la cocción; el orden creciente de humedad fue: sous vide < crudo = presión atmosférica < cook vide; resultados que concuerdan con el control de peso (ver tabla 4. del apartado 3.1.).

Tabla III.5. Humedad y grasa en g /100g de reestructurado

| Muestras | % H₂O (n=3) | % Grasa (n=3) |
|------------------|-------------------------------|--------------------------|
| CVw3 | 63,3 ^a ± 0.2 | 3,94 ^a ± 0.7 |
| PAw3 | 62,9 ^b ± 0.3 | 3,07 ^a ± 0.8 |
| SVw3 | 62,2 ^c ± 0.09 | 3,97 ^a ± 1.0 |
| C (crudo sin w3) | 62,8 ^b ± 0.1 | 1,96 ^b ± 0.08 |

^{abc}Los superíndices dentro de una misma columna, indican los grupos con diferencias significativas ($p < 0.05$).

Respecto del % de grasa, no hubo diferencias significativas entre las 3 cocciones y como era de esperar, el resultado del reestructurado control (crudo sin omega añadido) dio significativamente ($p < 0.05$) menor a los demás (ver figura 3). Cabe destacar que los reestructurados de la fórmula con agregado de suplemento dietético omega 3 no superan el 5% de grasa.

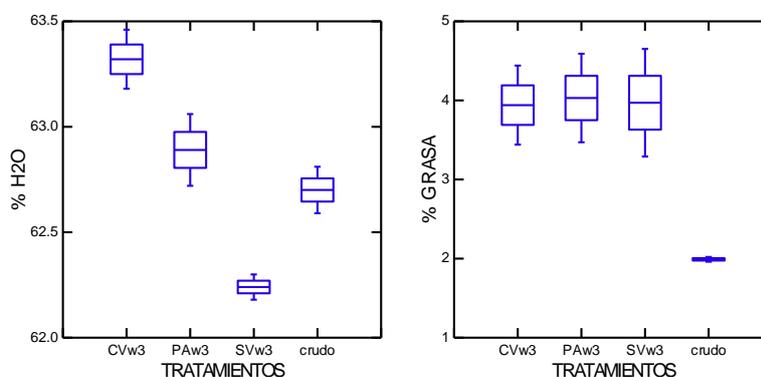


Figura III.3. Diagrama de cajas para humedad y grasa según tipo de tratamiento.

3.c) TBARs

En la Tabla 6 se registraron los resultados de medias de valores TBARs expresados como MDA en $\mu\text{g}/\text{kg}$ y la desviación estándar, de reestructurados de pollo para los 6 tratamientos.

Los resultados de TBARs obtenidos mostraron valores menores tras el almacenamiento en refrigeración que en las muestras conservadas en congelación a $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. La comparación de medias mediante el test de Duncan, mostró que dos tratamientos de precocción de muestras refrigeradas 4 días, presentaron disminución significativa ($p < 0,05$) de TBARs, respecto del resto, (ver tabla 6).

Los valores de TBARs obtenidos fueron más bajos que los reportados para carnes procesadas sin vacío (Patsias, Chouliara, Badeka, Savvaidis & Kontominas, 2006), sin embargo sobrepasan el valor que Cortinas, Barroeta, Villaverde, Galobart, Guardiola & Baucells, (2005); informan como umbral de detección de sabor recalentado en carne cocida de pollo, de TBARs = $800\text{ }\mu\text{g}$ de MDA / kg de carne.

Tabla III.6. Estabilidad oxidativa de los reestructurados omega 3 en dos almacenamientos.

| Estabilidad Oxidativa | | |
|------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Tratamientos | | MDA $\mu\text{g}/\text{kg}$ |
| almacenam. temp. y días | precocción y fórmula | media y desviac. st. (n=4) |
| 4°C 4 días refrigerado | CVw3 | 865 ^a $\pm 1.10^2$ |
| | SVw3 | 950 ^a $\pm 8.10^1$ |
| | PAw3 | 1097 ^b $\pm 2.10^2$ |
| -24°C 4 días congelado | CVw3 | 1412 ^b $\pm 8.10^1$ |
| | SVw3 | 1065 ^b $\pm 1,5.10^2$ |
| | PAw3 | 1170 ^b $\pm 1.10^2$ |

^{ab}Los superíndices dentro de una misma columna, indican los grupos con diferencias significativas.

Grau et al., (2000), y otros autores como Cecconi, Cargoni, Pasini, Condorelli, Curello & Ferrari (1991); Raharjo, Sofos & Schmidt, (1992,1993); publican que este método está siendo criticado por sus problemas de especificidad. Uno de los principales problemas del empleo de este método para determinar MDA en muestras de carnes es que otros compuesto diferentes al MDA que pueden estar presentes en la muestra, tal es el caso de las formulas probadas con agregado de salvado de avena, por ejemplo, debido a que los carbohidratos o sus productos de degradación, gliceraldehído, furfural, alcanales, alcaenales, alcadienales otros

aldehídos y cetonas, pueden reaccionar con el TBA dando un cromóforo amarillo con una banda de absorción entre 450 y 460 nm (Grau et al., 2000; Botsoglou, Fletouris, Papageorgiou, Vassilopoulos, Mantis & Trakatellis,1994). Las muestras de reestructurado analizadas presentaron color amarillo, y no color rosa del MDA-TBA, sin embargo al hacer un barrido espectral se observó que existe un pico de absorción a 532 nm correspondiente a la longitud de onda del MDA-TBA. Debido a esto se procedió a la cuantificación de TBARs como $\mu\text{g}/\text{kg}$ de MDA mediante la curva de calibración de absorbancia a 532 nm del patrón TEP-TBA.

Por limitaciones técnicas no fue posible cuantificar mediante la tercera derivada de los picos a 521,5 nm, que mejora el límite de detección, sin embargo el análisis es de gran utilidad por su sencillez y bajo costo para la comparación mediante determinación simultánea de las muestras. Estadísticamente permitió detectar que los tratamientos de cocción en calor moderado probados en este estudio no afectan de modo diferente las estabilidad oxidativa de los reestructurados, mientras que el tratamiento de almacenamiento si afectó significativamente los valores de TBARs ($p < 0,05$), como puede verse en la tabla 7 de resultados del análisis de varianza.

Tabla III.7. Valores p del ANOVA de TBARs según tratamientos de cocción

| ANALISIS DE VARIANZA de TBARs | | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|----|----------------|---|---|
| Variable | Suma de cuad.tipo III | gl | media cuad. | F | p |

| | | | | | |
|---------------|-------|----|-------|--------|-------|
| Cocción | 0.089 | 2 | 0.044 | 1.340 | 0.287 |
| Almacen. | 0.360 | 1 | 0.360 | 10.904 | 0.004 |
| Coc. * almac. | 0.276 | 2 | 0.138 | 4.183 | 0.032 |
| Error | 0.595 | 18 | 0.033 | | |

El test de Duncan de comparación de medias dio 2 grupos de medias. Los valores de TBARs de las cocciones P. atm. y cook-vidé disminuyeron significativamente tras 4 días de almacenamiento en refrigeración. Mientras que las muestras sometidas a precocción sous vide, que recibieron calor ya envasadas al vacío, no mostraron diferencias significativas de TBARs. Esto puede justificarse por la ausencia de oxígeno y contacto con vapor de agua. Ya que tanto el contacto con el oxígeno como con el vapor de agua en los otros dos procesos de precocción podrían ser la causa de posteriores reacciones de polimerización del MDA durante la refrigeración, que origina lecturas menores después de un período de refrigeración de las muestras.

También se encontró que las muestras de la fórmula con fibra y suplemento w3, al reaccionar con el TBA se colorearon de tono amarillo. Esto a simple vista podría interpretarse como ausencia de MDA-TBA, que se caracteriza por coloración rosa de lectura espectrofotométrica a 532 nm. Entonces se realizó un barrido espectral y se encontró absorción en un ancho de banda entre 440-470 nm de longitud de onda y también, aunque de menor dimensión, absorción a 510-550 nm de longitud de onda. Es decir que el color rosa se hallaba solapado por el amarillo. Entonces luego de verificar la presencia de absorbancia a 532 nm, se realizó la medición y los cálculos con la curva de calibración construida con el patrón TEP. Los otros compuestos de oxidación distintos del MDA y evidentemente

presentes por su coloración amarilla no fueron cuantificados en esta evaluación de la estabilidad oxidativa.

La figura 4 enseña la coloración adquirida por el patrón (rosado) y por las muestras (amarillo).



Figura III.4. Color que desarrollan el patrón TEP y las muestras al reaccionar con TBA.

La figura 5 exhibe dos barridos espectrales:

- línea superior: corresponde a una dilución de las muestras (en todos los tratamientos de las muestras predominó el color amarillo sobre el rosado del MDA-TBA)

- línea inferior: corresponde a una dilución del patrón de la curva de calibración, TEP, tras la reacción con el TBA.

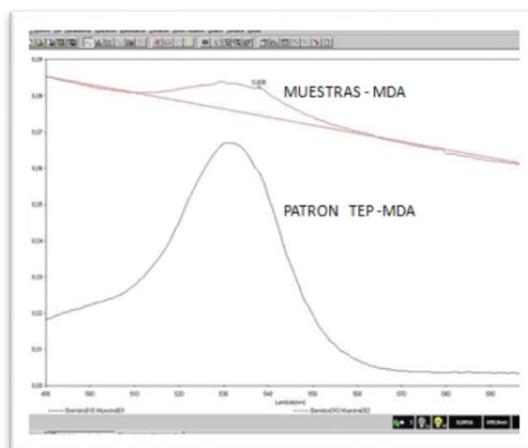


Figura III.5. Barrido espectral del patrón TEP y de las muestras al reaccionar con TBA

Es conocido que estos procesos de cocción y almacenamiento de la carne actúan promoviendo la degradación de la fracción lipídica (Cortinas et al., 2005; Grau et al., 2000).

En general, es difícil hacer comparaciones de los valores de TBARs entre los estudios, porque las diferencias en la magnitud de la variación de TBARs podría atribuirse a diversos factores tales como el método de análisis utilizado, la cocción y las condiciones de almacenamiento (tiempo, temperatura y el embalaje), el contenido de vitamina E y el perfil de ácidos grasos de la carne.

Los resultados concuerdan con los encontrados por Patsias et al., (2006), quienes evaluaron el efecto del envasado en atmósfera modificada sobre la extensión de la vida útil de un producto precocido de pollo almacenado a 4 °C e informan que los valores descienden hasta el día 8 de almacenado en refrigeración con valores de TBARs igual o menores a 3,0 mg/kg para todas las muestras.

Grau et al., (2000), también reportan una disminución en los valores de TBARs en la carne de muslo después de prolongada refrigeración.

Cortinas et al., (2005), y autores citados por ellos, han sugerido que la reducción observada en los valores de TBARs en función del tiempo de almacenamiento está asociado con mayores concentraciones de productos altamente polares, probablemente, resultantes de la polimerización de productos de oxidación secundaria. El MDA reaccionaría con una amplia gama de compuestos o puede formar dímeros o trímeros de MDA, lo que disminuye la cantidad de MDA disponibles para reaccionar con TBA y, en consecuencia, disminuyen los valores de TBARs. En este sentido, algunos autores han encontrado una disminución en los valores de TBARs pero sin una reducción en el total de compuestos volátiles y de hidroperóxidos de lípidos (Grau et al., 2000).

Los datos indican que el número de TBARs obtenido por el método realizado en este trabajo, fue útil para estudiar la evolución de la oxidación de los ácidos grasos ω_3 en refrigeración, y en particular para los productos sous vide porque no se evidenciaron reacciones de polimerización del MDA durante el almacenamiento probado.

3.d) TEXTURA

Estudiar el efecto sobre la textura de los factores fórmula (2) y precocción (3) dio un total de 6 tratamientos, identificados con los códigos siguientes:

En la tabla 8 se registraron los valores de los parámetros del perfil de textura instrumental que presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$). Las letras como superíndice dentro de una misma columna, indican diferencias de medias.

Tabla III.8. Parámetros del análisis TPA significativos (p<0,05) medias y error estándar

| TRATAMIENTOS | Dureza N | Gomosidad N | Masticabilidad N.mm |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| PA | 35,3 ^a ±0.7 | 10,6 ^a ±0.5 | 5,2 ^a ±0.3 |
| CV | 29,9 ^b ±0.7 | 8,8 ^a ±0.5 | 4,8 ^b ±0.3 |
| SV | 26,1 ^c ±0.7 | 6,7 ^b ±0.5 | 3,4 ^c ±0.3 |
| PAw3 | 23,3 ^d ±0.7 | 7,5 ^c ±0.5 | 4,4 ^b ±0.3 |
| CVw3 | 25,0 ^c ±0.7 | 9,1 ^a ±0.5 | 6,3 ^d ±0.3 |
| SVw3 | 33,9 ^a ±0.7 | 9,9 ^a ±0.5 | 5,9 ^d ±0.2 |

^{abcd} Los superíndices dentro de una misma columna, indican los grupos con diferencias significativas (p<0.05).

Los parámetros que no presentaron diferencias significativas (p>0.05) no se incluyeron en la tabla. Los valores promedio y error estándar de los mismos fueron Adhesividad: -39,0 ± 4,9; Elasticidad: 0,571 ± 0,009 y Cohesividad: 0,305 ± 0,007.

El análisis de los valores registrados en la tabla 8 reveló:

- Un cambio de tendencia para los parámetros dureza y gomosisidad, pues se modificaron valores de los mínimos cuadrados medios de la cocción a P atm. y sous vide.
- La variación que aparece en los 3 parámetros del TPA, tiene origen en el parámetro dureza (debido a que dureza es el único factor que presenta variación significativa debido a que la gomosisidad resulta del producto de dureza (p<0.05) y cohesividad (p>0.05); y masticabilidad es el producto de

dureza ($p < 0.05$), por cohesividad ($p > 0.05$) y por elasticidad ($p > 0.05$).

En los reestructurados con suplemento dietético que absorben agua en la precocción, CVw3 y PAw3, se observó disminución de la dureza. Los cambios de composición de la fórmula, con aumento de % grasa; y el aumento del % agua relacionado a la precocción; producen disminución de la matriz proteína-fibra. Dicha matriz parecería cumplir el papel más importante en la firmeza del producto cárnico terminado. Esto concuerda con lo informado en embutidos por Pietrasik, (1999), y por Jiménez Colmenero, Barreto, Mota & Carballo, (1995); y en nuggets de pollo por Bonato, Perlo, Teira, Fabre & Kueider, (2006); que a mayor contenido de proteína, mayor dureza del producto.

En la tabla 9 se registraron los valores TPA según fórmula y se calcula el % de variación del parámetro dureza entre las dos fórmulas probadas.

Tabla III.9. Parámetros del análisis TPA significativos ($p < 0,05$) de las dos fórmulas, con y sin w3. Medias y error estándar.

| Fórmulas | Dureza N | Gomosidad N | Masticabilidad N.mm |
|-----------|----------------|----------------|------------------------|
| 1) sin w3 | 30.4 \pm 0.4 | 8.71 \pm 0.3 | 4.49 \pm 0.2 |
| 2) con w3 | 27.4 \pm 0.4 | 8.82 \pm 0.3 | 5.52 \pm 0.2 |

Los resultados mostraron que el mínimo cuadrado medio de la Dureza (N) disminuyó un 10,05 % respecto de la formula sin el agregado de AGPI w3, (surge de los promedios de dureza por fórmula); la dureza para la cocción cook vide al vapor disminuyó en un 16% respecto de la formula sin AGPI w3 agregados; y que la cocción cuyo efecto produce menores valores de dureza es cook vide, lo cual coincide con otras determinaciones realizadas como la humedad. Esto podría deberse a que la absorción de agua del producto en este método de cocción es mayor respecto de las otras dos cocciones probadas: sous vide y a P. atm. (Ver tabla 5 del apartado 3.2).

Tomando en cuenta la textura, cook vide sería el tratamiento de elección pues el consumidor confiere una mayor importancia a la dureza como principal atributo de la textura, siendo uno de los criterios determinantes de la calidad (Onega Pagador, 2003).

Continuando el análisis de los resultados registrados en la tabla 9, se observó que la gomosidad no expresaba diferencias para cada factor por separado pero si dio diferencias altamente significativas en la interacción. La dureza y la masticabilidad también presentan diferencias altamente significativas cuando se analizan sus valores para los efectos combinados de formula y cocción.

Sustituir la grasa por un ingrediente no cárnico como el salvado de avena, con beta glucano como fibra soluble, además de aportar a la formula un ingrediente funcional de demostrada capacidad para reducir el colesterol sanguíneo, permite formar un producto de malla tridimensional resistente que liga no sólo la grasa y el agua natural de las materias primas, sino que favorece la absorción de agua durante la cocción. La incorporación de AGPI w3 mejora las características nutricionales y texturales del producto.

III.4. CONCLUSIONES

La interacción entre la matriz proteica y el salvado de avena rico en fibra soluble favorece la retención y absorción de agua del reestructurado formulado. Un aumento en la capacidad de retención de agua modifica otras propiedades físicas y químicas, por ejemplo humedad y dureza.

El betaglucano es un ingrediente funcional que puede ser efectivamente usado para mejorar las propiedades nutricionales y las características físicas y químicas de los reestructurados "bajos en grasa". Sustituir en el producto de innovación la grasa por un ingrediente funcional con capacidad para reducir el colesterol sanguíneo, permitió además formar un producto de malla tridimensional resistente, que liga las materias primas.

El control de la variación de peso crudo/cocido por unidad entre las cocciones al vapor ensayadas, cook vide y a presión atmosférica, revela en ambos casos ganancia de peso registrándose diferencia muy significativa ($p < 0.01$) entre estas, siendo un 374 % mayor la ganancia de peso crudo/cocido por unidad en la cocción cook vide al vapor.

La cocción cook vide al vapor, mejora muy significativamente el rendimiento del producto debido las características propias de esta cocción al vapor y en vacío, que favoreció la absorción de agua por el producto al restablecer la presión normal.

Las sustancias reactivas al ácido Tiobarbitúrico medidas después de cuatro días en refrigeración indican que no hubo procesos oxidativos en este tiempo, comparando con las muestras congeladas durante el mismo tiempo.

En los reestructurados con suplemento w3 precocinados sous vide, la protección del envase durante el tratamiento de calor y el

almacenamiento refrigerado 4 días, inhibió posteriores reacciones de los productos de oxidación lipídica, por ejemplo la polimerización de MDA, lo que podría deberse a que el envase limita la exposición del alimento al oxígeno y al vapor de agua durante la cocción.

Es posible incrementar la vida útil de estos productos combinando precocción, envasado al vacío y refrigeración. La tecnología de cocción al vacío permite prolongar la vida útil y preservar las propiedades sensoriales y nutricionales de los productos durante el almacenamiento refrigerado en comparación con las tecnologías tradicionales.

Las fórmulas preparadas (con y sin omega 3) representan una interesante opción en dietas para el control de peso, reducción del colesterol y triglicéridos, para madres en gestación o lactancia, prevención de cuadros de hipertensión y varias enfermedades, debido a una composición de grasa menor al 5%, sin sal agregada, con fibra dietética que contiene betaglucano y con el agregado opcional de omega 3. Esta combinación de factores constituye una excelente oportunidad de diversificación en un mercado emergente de productos cárnicos saludables.

III.5. BIBLIOGRAFÍA

- American meat science association (A.M.S.A) (1995). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Chicago IL. Amer. *Meat. Sci. Assoc.* pp 1-48.
- Anandh, M.A., Lakshmanan, V. & Anjaneluyu, A.S.R. (2003). Designer meat foods. *Indian Food Industry*, 22, 40-45.
- Andrés, S., Zaratsky, N. & Califano, A. (2008). Stress relaxation characteristics of low fat chicken sausages made in Argentina. *Meat Science*, 79, 589-594.
- Andrés, S., Zaratsky, N. & Califano, A. (2009). Innovations in the development of healthier chicken sausages formulated with different lipid sources. *Poultry Science*, 88, 1755-1764.
- AOAC. (1999). *Official Methods of Analysis of AOAC International* (16 ed. 5th rev.). Maryland: AOAC International.
- Baldwin, D.E. (2012). Sous vide cooking: a review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1, 15-30.
- Bello, J. (2006). La ciencia de los alimentos saludables: una panorámica actual. *Ars Pharm.*, 47 (2), 137 – 171.
- Bernheim, F., Bernheim, M.L.C. & Wilbur, K.M. (1948). The reaction between thiobarbituric acid and the oxidation products of certain lipids. *J. Biol. Chem.*, 174, 257-264.

- Bonato, P., Perlo, F., Teira, G., Fabre, R. & Kueider, S. (2006). Características texturales de nuggets de pollo elaborados con carne de ave mecánicamente recuperada en reemplazo de carne manualmente deshuesada. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 32, 219-239.
- Botsoglou, N.A., Fletouris, D.J., Papageorgiou, G.E., Vassilopoulos, V.N., Mantis, A.J. & Trakatellis, A.G. (1994). Rapid, sensitive, and specific thiobarbituric acid method for measuring lipid peroxidation in animal tissue, food, and feed-stuff samples. *J. Agric. Food Sci.*, 42, 1931-1937.
- Brown, L., Rosner, B., Willett, W.W. & Sacks, F.M., (1999). Cholesterol lowering effects of dietary fiber: a meta analysis. *Am J. Clin Nutr.*, 69, 30-42.
- Cambero, MI., López, MO; García de Fernando, GD., de la Hoz, L. & Ordoñez, JA. (1991). Restructured meats. II. Manufacture and marketing. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 31 (4), 447-458.
- Cecconi, C., Cargoni, A., Pasini, E., Condorelli, S., Curello, S. & Ferrari R. (1991). Evaluation of phospholipid peroxidation as malondialdehyde during myocardial ischemia and reperfusion injury. *Am. J. Physiol.* 260, 1057-1061.
- Claus, J.R., Hunt, M.C., Kastner, C.L. & Kropf, D.H. (1990). Low fat, high added water bologna: Effects of massaging, preblending, and time of addition of water and fat on physical and sensory characteristics. *Journal of Food Science*, 55 (2), 338-341.

Cortinas, L., Barroeta, A., Villaverde, C., Galobart, J., Guardiola, F. & Baucells, M.D. (2005). Influence of the Dietary Polyunsaturation Level on Chicken Meat Quality: Lipid Oxidation. *Poultry Science*, 84, 48–55.

Creed, P.G. & Reeve, W.G.Z., (1998). Principles and applications of sous vide processed foods. In: Ghazala, S. (Ed.), *Sous Vide and Cook Chill Processing for the Food Industry*. Aspen Publishers Inc., Gaithersburg, USA, pp. 25-56.

Dietary Guidelines for Americans. (2010). US Department of Health and Human Services (HHS) and the US Department of Agriculture (USDA).

(<http://health.gov/dietaryguidelines/dga2010/DietaryGuidelines2010.pdf>, accessed 22 February 2012).

FAO/WHO (World Health Organization). (2003). *Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases*. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series, No. 916 (TRS 916) (ed.). Genève, World Health Organization.

Fernández Ginés, J.M., Fernández López, J., Sayas Barberá, E. & Pérez Álvarez, J.A. (2005). Meat products as functional foods: A review. *Journal of Food Science*, 70, 37-43.

Fernández, J., Pérez Álvarez, J.A. & Fernández López, J.A. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59 (3), 345-353.

García Iñiguez de Ciriano, M., Rehecho, S., Calvo, M.I., Cavero, R., Navarro, I., Astiasarán, I. & Ansorena, D. (2010). Effect of lyophilized water extracts of *Melissa Officinalis* on the stability of

algae and linseed oil in water emulsion to be used as a functional ingredient in meat products. *Meat Science*, 85, 373-377.

Grau, A., Guardiola, F., Boatella, J., Barroeta, A., & Codony, R. (2000). Measurement of 2-Thiobarbituric Acid Values in Dark Chicken Meat through Derivative Spectrophotometry: Influence of Various Parameters. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 1155-1159.

Gregg, L.L., Claus, J.R., Hackney, C.R., & Marriott, N.G. (1993). Low fat, high added water bologna from massaged, minced batter. *Journal of Food Science*, 58 (2), 259-264.

Gurr, M.I., Harwood, J.L. & Frayn, K.N. (2002). *Lipid biochemistry. An introduction* (5th. Ed.). Oxford: Blackwell Science.

Hand, L.W., Crenwelge, C.H. & Terrell, R.N. (1981). Effects of wheat gluten, soy isolate and flavoring on properties of restructured beef steaks. *Journal of Food Science*, 46, 1004-1006.

Jiménez Colmenero, F. (2007). Healthier lipid formulation approaches in meat based functional foods. Technological options for replacement of meat fats by non meat fats. *Trends Food Sci. Technol.*, 18, 567-578.

Jiménez Colmenero, F., Barreto, G., Mota, N. & Carballo, J. (1995). Influence of protein and fat content and cooking temperature on texture and sensory evaluation of bologna sausage. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technology*, 28, 481-487.

Jiménez Colmenero, F., Reig, M. & Toldrá, F. (2006). New approaches for the development of functional meat products. Nollet, M.L. & Toldrá, F. (eds.), *Advanced Technologies for Meat Processing* (pp. 275-308). New York: Taylor & Francis Group.

- Jiménez Colmenero, F., Serrano, A., Ayo, J., Solas, M.T., Cofrades, S., & Carballo, J. (2003). Physicochemical and sensory characteristics of restructured beef steak with added walnuts. *Meat Science*, 65, 1391-1397.
- Lee, S., Decker, E.A., Faustman, C. & Mancini, R.A., (2005). The effects of antioxidant combinations on color and lipid oxidation in n-3 oil fortified ground beef patties. *Meat Sci.*, 70 (4), 683-689.
- Mandigo, R.W. (1988). Restructured meats. In Lawrie, R. (Ed.), *Developments in Meat Science-4* (pp 297-315). New York: Elsevier
- Marlett, JA., McBurney, MI., & Slavin, JL., (2002). Position of the American Dietetic Association Health: implications of dietary fiber. *J. Am. Dietet. Assoc.*, 102 (7), 993-1000.
- Martinez Monzó, J., Andrés, J., Torres, S., Sanjuán, N. & García Segovia, P., (2004). System for vacuum cooking of food. ES 1057342U.(A47J27/04), 10 QAugust 2004. U200400864, 1 April 2004. 8p.
- Matulis, R.J., McKeith, F., Sutherlan, J.W., & Brewer, M.S. (1995). Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt and pH. *Journal of Food Science*, 60 (1), 42-47.
- Melton, S.L. (1983). Methodology for following lipid oxidation in muscle foods. *Food Tech.*, 37, 105-111.
- Millar, M.F., Davis, G.W., Seideman, S.C., Wheeler, T.L. & Ramsey, C.B. (1986). Extending beef bullock restructured steaks with soy protein, wheat gluten or mechanically separated beef. *Journal of Food Science*, 51, 1169-1172.

- Onega Pagador, M.E. (2003). *Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria. España.
- Patsias, A., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, IN. & Kontominas, MG. (2006). Shelf-life of a chilled precooked chicken product stored in air and under modified atmospheres: microbiological, chemical, sensory attributes. *Food Microbiology*, 23, 423-429
- Pietrasik, K. (1999). Effect of content of protein, fat and modified starch on binding textural characteristics and color of comminuted scalded sausages. *Meat Science*, 51(1), 17-25.
- Raharjo, S., Sofos, J. & Schmidt, GR. (1992). Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *J. Agric. Food Chem.*, 40, 2182-2185.
- Raharjo, S., Sofos, J. & Schmidt, GR. (1993). Solid-phase acid extraction improves thiobarbituric acid method to determine lipid oxidation. *J. Food Sci.*, 58, 921-924.
- Schafheitle, J. & Light, N. (1989). Technical note: sous vide preparation and chilled storage of chicken ballotine. *International Journal of food Science and Technology*, 24, 199-205.
- Shao, C.H., Avens, J.S., Schmidt, G.R. & Maga, J.A. (1999). Functional, sensory and microbial properties of restructured beef and emu steak. *Journal of Food Science*, 64 (6), 1052-1054.
- Sheard, M.A. & Rodger, C. (1995). Optimum heat treatments for "sous vide" cookchill products. *Food Control*, 6(1), 53-56.

Su, Y.K., Bowers, J.A. & Zayas, J.F. (2002). Physical characteristics and microstructure of reduced fat frankfurters as affected by salt and emulsified fats stabilized with nonmeat proteins. *Journal of Food Science*, 65(1), 123-127.

Tarladgis, B.G., Watts, B.M., Younathan, M.T. & Dugan, L. (1960). A distillation Method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemist Society*, 37 (1), 44-48.

Vandendriessche, F. (2008). Meat products in the past, today and in the future. *Meat Sci.*, 78, 104-113.

Capítulo IV.

COMPOSICIÓN PROXIMAL, ANÁLISIS SENSORIAL
Y ESTUDIO PRELIMINAR DE VIDA ÚTIL DE
REESTRUCTURADOS DE POLLO DE PERFIL
LIPÍDICO MODIFICADO EN OMEGA 3.

IV. COMPOSICIÓN PROXIMAL, ANÁLISIS SENSORIAL Y ESTUDIO PRELIMINAR DE VIDA ÚTIL DE REESTRUCTURADOS DE POLLO DE PERFIL LIPÍDICO MODIFICADO EN OMEGA 3.

IV.1. INTRODUCCIÓN

La cocina con la aplicación de la ciencia adquiere otra dimensión, los científicos analizan cada vez más lo que comemos, por qué preferimos ciertos alimentos y lo que debemos comer para estar saludable, esto ayuda a mejorar la forma de preparar la comida en beneficio del placer gastronómico de la alta cocina, y de todos aquellos que gustan de cocinar. Las innovaciones se agrupan en tres categorías: ingredientes, utensilios y técnicas de procesamiento. (Cassi, 2011).

1.1. Alimentos saludables

En este trabajo la innovación en ingredientes la aportan la carne de pollo empleada como materia prima, cuyo perfil lipídico fue modificado con el fin de aumentar el contenido de AGPI de cadena larga omega 3. (Proporcionada por Claudia Gallinger de la planta experimental del INTA Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina).

En el decenio de 2010 los científicos de alimentos han estado estudiando activamente el procesamiento al vacío y ha aumentado el uso de la cocina al vacío en restaurantes y hogares (Baldwin, 2012). La cocina al vacío permite cocinar casi cualquier corte de carne de modo que resulte jugosa, tierna y sabrosa (Baldwin, 2010). La carne que se produce hoy es más magra y a menudo el resultado es un corte de carne seco y sin sabor, que proviene de animales más jóvenes.

Una desventaja que presenta la cocción al vacío es la escasa información microbiológica sobre las cocciones a bajas temperaturas (42-70°C). La Agencia de Seguridad Alimentaria (FSA), han reunido la información necesaria para evaluar correctamente los riesgos asociados a la cocción sous vide mediante un proyecto que llevan adelante Stringer, Fernández & Metris, (2012).

Aplicar esta tecnología como método de precocción en los reestructurados de pollos sometidos a una dieta rica en omega 3 persigue un objetivo tecnológico: Proteger los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga de la peroxidación lipídica; debido a que es el principal factor de deterioro de este alimento y responsable del rechazo del consumidor.

Debido al tratamiento térmico sous vide de los productos cárnicos se producen cambios fundamentales, entre ellos la prolongación de la vida útil, sin embargo el producto elaborado requiere ser almacenado en refrigeración, y para el consumo debe acondicionarse mediante un segundo tratamiento de calor destinado también al aseguramiento higiénico, pero principalmente a desarrollar un atributo fundamental en los productos cárnicos: la palatabilidad.

El horneado utiliza calor seco. En la mayoría de los casos, el alimento se coloca sobre una superficie y recibe calor de manera uniforme. En algunos casos resulta necesario dar vuelta los alimentos para una cocción más homogénea. En la carne es muy popular desarrollar la reacción de Maillard (el dorado de Maillard, 1912) debido a que aumenta considerablemente el sabor. La reacción de Maillard o de pardeamiento es una reacción muy compleja entre grupos amino y carbonilos. Después de la reacción inicial, se forma una estructura intermedia inestable que sufre más cambios y produce cientos de subproductos de reacción (Belitz, Grosch & Schierberle, 2004). Algunos productos, aminoras

heterocíclicas, formados en la reacción de Maillard, han demostrado ser cancerígenos en ratones, ratas y primates, no humanos. Estos mutágenos dependen en gran medida de la temperatura y tiempo: aumentan casi linealmente en el tiempo antes de nivelarse (después de 5-10 minutos); un aumento en la temperatura de 25 °C (de 150 °C a 175 °C o 175 °C a 200 °C) duplica, más o menos, la cantidad de mutágenos (Jâgerstad, Skog, Arvidsson & Solyakow, 1998). Es poco probable que la formación de mutágenos sea significativa, especialmente si el tiempo a estas altas temperaturas es muy corto (5-30 s) (Skog, 2009; citado en Baldwin, 2012).

1.2. Calidad orientada al consumidor

La inocuidad hace referencia a todos los riesgos que pueden hacer que los alimentos sean nocivos para la salud del consumidor. Se trata de un objetivo innegociable. La calidad abarca todos los demás atributos que influyen en el valor de un producto para el consumidor. (OMS/FAO, 2003).

En la medición de la calidad orientada al consumidor se torna de suma utilidad el análisis sensorial. Presenta numerosos usos y resulta muy útil especialmente hoy en día donde la calidad ha pasado a ser el factor muchas veces decisivo en la elección de alimentos. El análisis sensorial existió desde los comienzos de la humanidad, sin embargo el surgimiento como ciencia es reciente. Sus usos son numerosos, y su utilidad indiscutida según muchos autores, especialmente hoy en día donde la calidad ha pasado a ser el factor muchas veces decisivo en la elección de alimentos. El análisis sensorial requiere medidas cualitativas o cuantitativas. Las pruebas la deben llevar a cabo jueces entrenados o consumidores sin entrenar, y esto constituye una de las decisiones más importantes que se deben tomar cuando se planifica este estudio. Cuando no se

plantea claramente el problema o no se selecciona adecuadamente quienes lo van a llevar a cabo, el análisis sensorial puede aportar información errónea. Carpenter, Lyon, & Hasdell, (2009). La calidad sensorial de un alimento no es una característica propia de este, sino es el resultado de la interacción alimento-hombre y se puede definir como la sensación humana provocada por determinados estímulos procedentes del alimentos que depende no solo de la clase e intensidad del estímulo, sino también de las condiciones del ser humano. (Espinosa Manfugás, 2007).

Cuando se quiere evaluar la calidad sensorial de un alimento, es decir, el resultado de las sensaciones que el hombre experimenta al ingerirlo, parece que el camino más sencillo es preguntárselo a él mismo (Costell & Durán, 1981). Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Su importancia tecnológica y económica es evidente, ya que, en última instancia puede condicionar el éxito o el fracaso de los avances e innovaciones que se producen en la tecnología de alimentos. Por ejemplo para la tecnología sous vide es indispensable la evaluación sensorial, pues de que sirve prolongar la vida útil de un alimento, en unos límites microbiológicos aceptables, sino evita la pérdida de aceptación del producto por el consumidor. En los productos sous vide lo primero que se altera es el sabor y el olor propio, debido probablemente a fenómenos de oxidación, acompañado de moderados signos de enranciamiento y envejecimiento, junto con pérdida de exudados y la textura original. (Díaz Molin, 2009).

1.3. Pruebas Sensoriales

Las pruebas sensoriales suelen clasificarse en grupos. Entre los distintos criterios empleados para agruparlas, uno de los más útiles es considerar el tipo de información que proporcionan. De acuerdo a ello, se clasifican en: discriminativas, descriptivas y afectivas (Sancho, Bota & De Castro, 2002), (Anzaldúa Morales, 1994), (Costell et al., 1981).

Las pruebas afectivas son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o rechaza o si lo prefiere a otro (Anzaldúa Morales, 1994). Suelen responder a requerimientos de mercado y normalmente pretenden apreciar tendencias de consumo: se quiere saber si un determinado producto es el idóneo para el consumo en un grupo de población, si es competitivo con otros ya existentes o si alguna de sus características llega a producir fatiga tras cierto consumo. Otras veces se trata de modificaciones en la formulación o el envasado y lo que se pretende es evaluar la aceptación entre los consumidores ya habituales (Sancho et al., 2002). Entre las pruebas afectivas encontramos las pruebas de preferencia nivel de satisfacción y de aceptabilidad. Las pruebas de preferencia les permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras, indicando si prefieren una muestra sobre otra o si no tienen preferencia. La prueba de preferencia más sencilla es la prueba de preferencia pareada; las pruebas de ordenamiento y de categorías también se utilizan frecuentemente para determinar preferencia.

Los objetivos del presente capítulo fueron

- elaborar reestructurados con carne de pollos cuyo perfil lipídico fue modificado con tres dietas diferentes
- evaluar la composición del alimento desarrollado

- evaluar el efecto de las dietas y de las cocciones en la aceptabilidad y preferencia del consumidor
- y realizar un análisis preliminar de la vida útil de los reestructurados de pollo.

IV.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Obtención de la carne de pollo e identificación de las muestras

Los pollos parrilleros empleados fueron criados en la Estación Experimental INTA de Concepción del Uruguay por un período de 50 días aproximadamente.

En la alimentación de los mismos se emplearon 3 dietas:

- 1) dieta control con 4% aceite de soja. Los reestructurados elaborados con esta carne se identificaron como "control".
- 2) dieta w3/lino con 4% de aceite de lino. Los reestructurados formulados se identificaron como "lino".
- 3) una dieta w3/pescado con 2% de aceite de soja y 2% de aceite de pescado. A este grupo de reestructurados se llamó "pescado".

Todas las dietas estaban además suplementadas con 200 mg/kg de vitamina E como antioxidante.

2.2. Preparación de las muestras

La formulación de los reestructurados de pollo fue la misma descrita en el apartado: materiales y métodos del capítulo 1 (tabla 1). Todos los ingredientes fueron pesados al 0,01 g. Y en este capítulo, no se adicionó el suplemento dietético de omega 3 en los reestructurados, ya que este fue incorporado en la dieta de los pollos.

2.3. Pretratamientos

Los reestructurados elaborados con pollos control, dieta lino y dieta pescado fueron precocinados sous vide. De forma que una vez formulados fueron envasados en bolsas de vacío termorresistentes P7335 de 90 micrones mediante una envasadora VACPAC (International Cooking Concepts, Barcelona, España.) y colocados, en un baño de agua de temperatura controlada y con agitación, RONER COMPACT (Barcelona, España) a 80°C durante 10 minutos, (según Church & Parson, 2000). Tras la etapa de precocción, fueron enfriados en baño de agua fría (3-4°C) y almacenados en refrigeración o congelación hasta 1 hora antes del análisis.

La técnica de cocción sous-vide en el campo de las técnicas de procesamiento térmico presenta acción antioxidante. El control de la temperatura complementado con el envasado al vacío evita la oxidación (Cassi, 2011). En sous vide, para evitar la cocción insuficiente, es muy importante que las bolsas estén completamente sumergidas, que no estén dispuestos herméticamente o que se superpongan (Rybka Rodgers, 1999).

2.4. Tratamientos térmicos de regeneración para la evaluación sensorial del consumidor.

Se emplearon diferentes sistemas de regeneración, elegidas dentro de las convencionales destinadas a un consumidor individual y/o servicio de restauración colectiva.

2.4.a) Sous vide

Siguiendo la recomendación de Bello Gutiérrez, (1999) para la regeneración de productos cárnicos mediante sous vide, se empleó temperatura de 100°C-3 minutos en un baño de agua.

2.4.b) Horneado convencional

Tanto el tiempo como la temperatura se determinaron en este caso mediante pruebas previas hasta obtener leve apariencia de tostado. De este modo la regeneración se llevó a cabo a 180 °C durante 3 minutos por cada lado con el fin de desarrollar caracteres sensoriales como sabor tostado.

2.5. ANALISIS FÍSICO QUÍMICOS

Las determinación de composición proximal y pH se realizaron siguiendo métodos oficiales de la AOAC.

Humedad: método gravimétrico de secado en estufa.

Grasa: método gravimétrico de extracción con solvente, Soxlet.

Proteína: método Kjeldhal, después de la digestión y destilación del N₂ de las proteínas, con H₂SO₄ normalizado se valora el nitrógeno recogido en ácido bórico 4%. Factor de conversión 6,25.

Cenizas: determinación gravimétrica tras calcinación a 550°C.

Sodio y potasio: por análisis de fotometría de llama de una solución preparada con el residuo de las cenizas.

Medida de pH, en una solución al 10% del producto, mediante pHmetro (Orion, modelo 720, Beberky, USA) calibrado.

Como estudio preliminar para la determinación de la vida útil de los reestructurados se realizó una fácil prueba cuantitativa: la determinación de nitrógeno básico volátil (NBVT) que incluye el NH₃ y las aminas volátiles (Gallardo & Montemayor, 1982).

Para medir NBVT% se siguió el método volumétrico de Lucke y Geidel, con la variación de Antonacopoulos (Gallardo et al., 1982), que se basa en la liberación del nitrógeno volátil total por ebullición directa de la muestra con óxido de magnesio, el cual además impide la destilación de ácidos volátiles. Como además del nitrógeno volátil se produce alguna base volátil a partir de las proteínas, la velocidad

de ebullición y el tiempo de destilación se normalizan para poder interpretar los resultados comparativamente.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

2.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de los datos físico químicos se realizó mediante el programa estadístico Systat v.12. Se aplicó ANOVA para un nivel de confianza ($p < 0.05$) y se utilizó el test de Duncan para comparación de medias.

2.7. ANÁLISIS SENSORIAL

El panel de jueces consumidores, también denominados jueces afectivos (Espinosa Manfugás, 2007), estuvo conformado por 40 personas voluntarias de la Facultad de Bromatología, de las cuales 29 correspondían al sexo femenino y el resto al sexo masculino.

2.7.a) Aceptabilidad por ordenamiento

En esta prueba se pidió a los panelistas que ordenaran las muestras codificadas, en base a su aceptabilidad, (desde 1: la menos aceptada hasta 3: la más aceptada), considerando los atributos: color, olor y sabor (Ver Fig.1).

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD POR ORDENAMIENTO

PRODUCTO: Medallones de pollo con omega 3 y sin agregado de sal

Pruebe las 3 muestras y ordénelas de menor a mayor "ACEPTABILIDAD" según

| | ACEPTABILIDAD | NÚMERO de la muestra | OPINIONES Nos interesa la suya, muchas gracias! |
|-------|---------------|-------------------------|--|
| COLOR | 1. MENOR | | |
| | 2. MEDIO | | |
| | 3. MAYOR | | |
| | | | |
| AROMA | 1. MENOR | | |
| | 2. MEDIO | | |
| | 3. MAYOR | | |
| | | | |
| SABOR | 1. MENOR | | |
| | 2. MEDIO | | |
| | 3. MAYOR | | |

Figura IV.1. Planilla utilizada para prueba de aceptabilidad por ordenamiento de muestras: control, lino y pescado.

En la prueba se les dio a los jueces 3 muestras, acondicionadas para el consumo en horno de microondas (P100, 1 minuto), que diferían en la composición de las dietas de las aves (control, lino y pescado). Las muestras, identificadas mediante un código aleatorio de tres dígitos, se presentaron simultáneamente.

Los valores de posición otorgados a cada muestra, se tabularon y sumaron.

Luego se obtuvieron las diferencias entre los valores totales de pares.

La interpretación de los resultados se realizó empleando la tabla Diferencias Críticas Absolutas de las Sumas de Rangos para las comparaciones de todos los tratamientos ($p < 0.05$); (Watts, Ylimaki, Jeffery & Elias, 1992).

2.7.b) Prueba de Preferencia pareada sobre regeneración para el consumo: al horno vs. sous vide.

Esta prueba tenía como objetivo conocer cuál de estos dos tipos de procedimientos de regeneración preferían los jueces. Se incluyó en el cuestionario una sección para comentarios con el fin de identificar preferencia de las muestras.

El análisis se realizó con muestras regeneradas en sous vide y horno (procedimiento descrito en materiales y métodos):

Las muestras se sirvieron en platos plásticos de color blanco codificados con un número de 3 dígitos (elegidos aleatoriamente).

PRUEBA DE PREFERENCIA

Pruebe por favor las dos muestras de medallones de pollo que tiene ante usted, comenzando por la muestra 371 y luego la muestra 180.

Diga cuál de las dos prefiere

Prefiero la muestra _____

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS

Figura IV.2. Planilla utilizada en prueba de preferencia de medallones de pollo cocido a horno (muestra nº 371) y sous vide (muestra nº 180).

La interpretación estadística de los resultados se realizó empleando la tabla Roessler, Baker & Amerine, (1956). Dicha tabla da el número mínimo de respuestas coincidentes, en función del número de jueces y del nivel de significación para que la preferencia sea significativa.

2.8. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

Mediante la Fig. 2 se integran los tratamientos estudiados y los ensayos realizados.

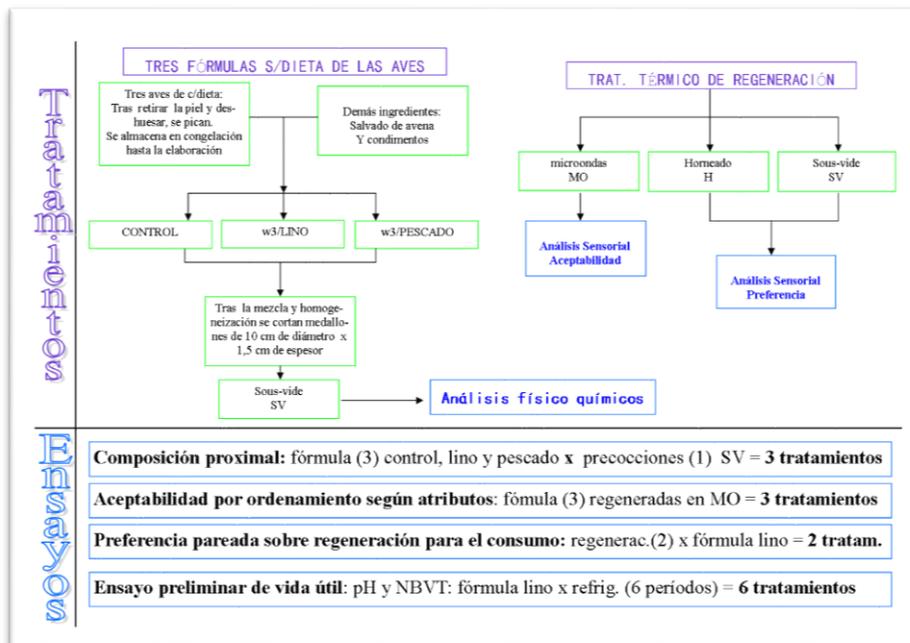


Fig. IV.3. Esquema de tratamientos y ensayos realizados

IV.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. COMPOSICIÓN PROXIMAL

En la tabla 1 se registraron los valores promedio y desviación de la composición proximal de los reestructurados. Se encontraron diferencias significativas en la humedad, en el contenido de sodio y en el contenido de potasio, entre reestructurados de pollo de dietas diferentes.

3.1.a) Humedad

El valor de humedad del producto precocido sous vide presentó diferencias significativas ($p < 0.05$). La media menor fue la del reestructurado pescado y las medias de humedad de los reestructurados lino y control, son mayores en un 0,9 %.

Debido a que no aparecieron pérdidas de humedad dentro de la bolsa termosellada al vacío, y que todos los reestructurados recibieron idéntico tratamiento, la variación de humedad del producto podría deberse a diferencias de humedad de la carne de pollo empleada, y por tanto este podría ser un efecto de las diferentes dietas de las aves.

3.1.b) Minerales: sodio y potasio

No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para las cenizas totales, sin embargo si se encontró diferencia significativa de sodio y potasio en reestructurados de dieta diferente.

Comparando los valores obtenidos con los valores de sodio y potasio en pollo, publicados por Moreiras et al., (2005) (ver tabla en la Introducción general: 64 mg y 248 mg por 100 g comestibles

respectivamente); se encontró menor contenido de sodio y aumento en el contenido de potasio en los reestructurados de las 3 dietas.

En principio, bajos valores de sodio y potasio en todos los reestructurados concuerda con la formulación, descrita en el apartado materiales y métodos, sin el agregado de sal (NaCl), ni de otras sales de sodio o de potasio.

Que los reestructurados tengan diferente contenido de Na y K que la carne de pollo (Moreiras et al., 2005), puede deberse al agregado del 15 % de salvado de avena de la fórmula. Sin embargo, esto no explica las diferencias significativas ($p < 0.05$) de sodio y potasio, encontradas entre reestructurados de pollo de dietas diferentes. Las variaciones de los iones ocurren en diferente magnitud según la dieta, y hubo más variación del contenido de sodio. El reestructurado que presentó la menor concentración de ambos iones fue el dieta control.

Al comparar reestructurados de distinta dieta, se encontró diferencias muy significativas ($p < 0.00$) en los valores de sodio y las 3 medias fueron diferentes. La media menor de sodio fue del reestructurado control, y respecto de esta, la del reestructurado pescado fue un 13% mayor, y un 23% mayor la del reestructurado lino.

El contenido de potasio también presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre reestructurados de diferente dieta, menor contenido de potasio en el control y los otros dos, que no presentaron diferencias significativas entre sí, registraron medias de potasio 1,2 % mayores.

Se ha publicado que la alimentación de las aves, modifica además del perfil lipídico de las aves, otros microcomponentes. Vieira & Lima, (2014), informan que las dietas de maíz-harina de soja pueden tener tres veces más potasio que su requerimiento, y pueden ser

alrededor de 20 % más altas que una dieta normal de pollos de engorde. Esto se debe a que la harina de soja tiene un alto contenido de potasio, (James & Wheeler, 1949; Smith, Rose, Wells & Pirgozliev, 2000).

Tabla IV.1. Contenido en humedad, proteínas, grasas, cenizas, Na⁺ y K⁺ de los reestructurados de pollo w3

| Composición proximal de los reestructurados de pollo | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|----|
| g ó mg /100 g | Control | Pescado | Lino | error estándar | p |
| Humedad | 65,5 ^b | 64,9 ^a | 65,5 ^b | 0,07 | ** |
| Proteína | 21,7 | 21,5 | 21,6 | 0,1 | ns |
| Grasa | 3,0 | 3,1 | 3,1 | 0,07 | ns |
| Cenizas | 1,5 | 1,7 | 1,5 | 0,06 | ns |
| K+ (mg) | 366 ^a | 372 ^b | 369 ^b | 1,0 | * |
| Na+ (mg) | 41,8 ^a | 47,1 ^b | 51,6 ^c | 0,3 | ** |
| Subtotal | 92,1 | 91,7 | 92,2 | - | - |
| Fibra g % ¹ | 7,9 | 8,3 | 7,8 | - | - |

Valor energético promedio por porción de 120 g
136 kcal= 574 Kj

¹Fibra calculada por diferencia.

Con ^{abc}superíndices se indican las diferencias significativas, que se analizan por fila.

Valores p: *p<0.05; **p<0.00; ns>0.05

Destacan en la composición además de los w3

! Alto contenido

- de fibras (10 g por porción)
- y de proteínas (26 g por porción)

! Sin el agregado de sal/es

! Bajo en sodio (50 mg por porción)

3.2. Resultados de deterioro físico-químico: NBVT

En la figura 4 se registraron los valores medios de los índices de deterioro de las proteínas durante el almacenamiento en refrigeración: el análisis de Nitrógeno Básico Volátil Total (NBVT) y el pH; ambos medidos los días 0, 6, 24, 34, 53, 59, contados desde la elaboración.

Los valores de NBVT muestran una tendencia en ascenso durante este período sin llegar a sobrepasar el valor umbral de no cumplimiento de la norma determinado en 30 mg % para productos cárnicos en la legislación de Argentina.

Se midió también, con el fin de disponer de una referencia, el valor de NBVT de la carne de pollo, el mismo que se empleó como materia prima pero sin mezclar con demás ingredientes, cocido sous vide, (igual que los demás reestructurados), y congelado inmediatamente hasta el análisis; dio 17,5 mg %.

En refrigeración estuvo solo una hora antes del análisis (por ello se lo denomina: 0 día de refrigeración). También el reestructurado 0d en refrigeración se mantuvo en congelación a -18 °C hasta el momento del análisis.

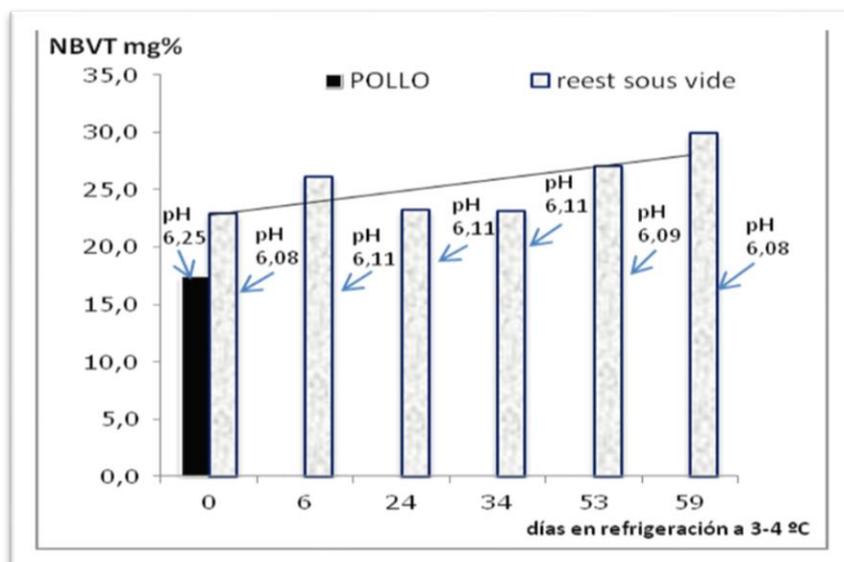


Figura IV.4. Evolución de los valores de pH y NBVT mg% durante 59 días de almacenamiento refrigerado, de reestructurados de pollo de perfil lipídico modificado en omega 3, precocinados sous vide 10 min a 80°C.

Ambos datos se obtuvieron para disponer de una referencia que permita apreciar los cambios debidos a la conservación en refrigeración.

Los resultados de las determinaciones de NBVT y pH se emplean como evaluación preliminar de la vida útil de los reestructurados precocinados mediante el uso de la tecnología sous vide. Con la precocción de los reestructurados se obtuvo una ampliación de la durabilidad de los reestructurados refrigerados. Durante el paso de los días en refrigeración, se vio incrementada la concentración de sustancias nitrogenadas volátiles aunque no llegaron a sobrepasar en 59 días los 30 mg por cien gramos establecidos para declarar los productos cárnicos "no aptos para consumo" según la legislación vigente en Argentina (Código Alimentario Argentino Actualizado,

Cap. VI. Art. 253). Las variaciones detectadas del pH y NBVT, no aportan información relevante sobre las causas de la alteración. No hubo fenómenos de acidificación propios de fermentaciones anómalas. Tampoco manifestaciones en el producto originadas en la pérdida de las propiedades barrera del envase. Variaciones en los atributos de color y olor fueron inapreciables durante todo el periodo de conservación estudiado, observándose mínimas variaciones en el pH.

No se encontraron datos publicados sobre NBVT para este tipo de productos. Se discuten datos sobre vida útil sensorial que otros autores han encontrado, que concuerdan con datos aceptables de pH y NBVT obtenidos en las muestras, en períodos de almacenamiento refrigerado similares. Armstrong & McIlveen, (2000), informan que recetas sous vide de platos a base de carne, retienen en gran medida su nivel de calidad sensorial y aceptación durante 40 días. (Betts & Gaze, 1995; Sheard & Rodger, 1995) informan que el proceso sous vide ofrece protección de la oxidación lipídica, facilita la manipulación en condiciones higiénicas y extiende la vida útil.

La mayoría de los estudios de sous vide se han centrado sobre la calidad sensorial y la influencia de tiempo de almacenamiento e indican que la máxima calidad de los productos sous vide es dependiente de la condiciones de anaquel del producto. Productos a base de carne roja se ha informado que mantienen su calidad sensorial por 23 ± 35 días (Hansen, Knochel, Juncher & Bertelsen, 1995; Simpson, Smith, Simpson, Ramaswamy & Dodds, 1994); y para los productos cárnicos a base de carne blanca, durante 14 a 30 días (Bertelsen & Juncher, 1996; Ligth, Hudson, Williams, Barrett & Schafheitle, 1988; y Schafheitle & Ligth, 1989; Shamsuzzaman, Chuaqui-Offermans, Lucht, McDougall & Borsa, 1992). El tratamiento térmico estrictamente controlado junto con un estrecho

seguimiento y condiciones reguladas de almacenamiento refrigerado son importantes en el mantenimiento de la calidad sensorial y la aceptación de los consumidores de los productos almacenados por largos periodos de tiempo al vacío. En general, la calidad sensorial y la aceptación de los consumidores, de estos productos, puede ser satisfactoria durante un mínimo de 40 días de almacenamiento. (Armstrong et al., 2000)

Sería conveniente también para este parámetro realizar nuevas investigaciones y ponderar con cantidad y tipo de proteínas o de algún/os aminoácidos; para que en verdad la medida de NBVT represente un indicador útil para este tipo de productos; correlacionar con análisis sensorial y/o buscar una determinación de reemplazo. Las determinaciones físico químicas de rutina son parámetros valiosos para la industria que necesita disponer de métodos objetivos, rápidos y económicos para el seguimiento y trazabilidad de los productos durante el período asignado de vida útil.

La medida de pH no mostró variaciones importantes y demuestra que no hubo procesos de alteración acidificantes o proteolíticos intensos.

3.3. Resultados de Análisis Sensoriales

3.3.a) Aceptabilidad por ordenamiento

Cuarenta panelistas evaluaron el grado de aceptabilidad empleando un rango de 1 a 3 para los atributos color, olor y sabor de 3 muestras de medallones de pollo que diferían en la dieta de las aves empleadas en la elaboración de los mismos.

La interpretación de los resultados se realizó empleando la tabla Diferencias Críticas Absolutas de las Sumas de Rangos para las

comparaciones de todos los tratamientos ($p < 0.05$); consultada en Watts, Ylimaki, Jeffery & Elias, (1992). El valor crítico encontrado en la tabla ($p < 0.05$) para 40 panelistas y 3 muestras fue = 21.

Los valores de posición otorgados a cada muestra, se tabularon y sumaron dando los resultados que se muestran en la tabla 2.

Tabla IV.2. Aceptabilidad por ordenamiento según atributos color, olor y sabor. Sumatoria de los resultados para muestras de dieta control, lino y pescado.

| ATRIBUTO | control | lino | pescado |
|----------|---------|------|---------|
| COLOR | 58 | 94 | 88 |
| AROMA | 69 | 81 | 90 |
| SABOR | 73 | 86 | 81 |

Luego se obtuvieron las diferencias entre los valores totales de pares. En la tabla 3 se registraron las diferencias entre los valores totales de pares.

Tabla IV.3. Aceptabilidad por ordenamiento según atributos color, olor y sabor. Diferencias entre los valores totales de pares de muestras.

| PARES de muestras | DIFERENCIAS | | |
|-------------------|-------------|------|-------|
| | COLOR | OLOR | SABOR |
| pescado - control | 30 | 21 | 8 |
| lino -pescado | 6 | -9 | 5 |
| lino - control | 36 | 12 | 13 |

De acuerdo a los valores críticos para $p < 0.05$, los resultados indican que los jueces encontraron diferencias significativas de color y que las muestras de pescado y de lino poseen mayor color que la muestras control; y que entre las dos primeras no distinguen diferencias, a un nivel de significancia de $p < 0.05$. En cambio, para los atributos olor y sabor, los panelistas no encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las 3 muestras.

La prueba de ordenamiento tiene la ventaja de ser rápida y de permitir la evaluación de un número de muestras mayor que las otras pruebas, su aplicación en la industria alimentaria es muy común dada su sencillez, facilidad y rapidez (Anzaldúa-Morales, 1994).

3.3.b) Preferencia entre medallón control cocido al horno y sous vide.

En la tabla 4 se registró el nº de jueces que participó en la prueba y el grado de preferencia que manifestaron.

Tabla IV.4: Preferencia de los jueces. Medallones de pollo lino cocidos por dos métodos.

| Jueces n =34 | Medallones lino | |
|-----------------|--------------------------|---|
| | Sous vide 3 ´ a 100°C | Horneado 180 °C 3 ´ min de cada lado |
| Preferencia | 13 | 21 |

La interpretación de las respuestas se realizó consultando la tabla de Roessler et al., (1956). El valor crítico de jueces; en "prueba de

2 colas" para ($p < 0.05$); con respuestas coincidentes para que haya diferencia significativa fue: valor crítico = 24. Indica cuántos jueces deben haber preferido una cierta muestra para que en realidad haya preferencia significativa. Ninguna muestra evaluada alcanzó este número de preferencia. De lo expuesto resulta que no hubo preferencia significativa ($p < 0.05$) por un tipo de cocción de los ensayados.

IV.4. CONCLUSIONES

Los reestructurados preparados presentan características que los hacen apropiados en una dieta saludable y en su cumplimiento como la palatabilidad, variedad, posibilidades gastronómicas y comodidad de uso.

El reestructurado desarrollado es apropiado para satisfacer las necesidades del consumidor actual que debe incorporar mayor proporción de fibra, que reconoce la necesidad de aumentar la ingesta de omega 3, que desea diversificar su menú mediante productos fáciles de preparar de una alta aceptación y calidad higiénica adecuada.

La frágil estabilidad que acompaña a la presencia de los omega 3 puede ser resuelta mediante un adecuado sistema de producción.

Durante el tratamiento térmico de los reestructurados de pollo w3 con betaglucanos sin sal y reducidos en grasa y sodio, se producen cambios fundamentales, emerge una malla tridimensional resistente que liga la matriz cárnica con los demás ingredientes, en una formulación que favorece la retención de agua.

Las posibilidades de reformulación modificando micronutrientes dentro de una matriz estable, como la que resultó de combinar carne

con salvado de avena, es un campo de posibilidades de innovación empleando el mismo sistema de producción.

Los reestructurados desarrollados pertenecen a una categoría de alimentos funcionales y además delicados y especiales, a los que el consumidor tradicional no puede tener acceso por sí mismo.

La combinación de estrategias nutricionales y tecnologías de múltiples barreras, podría solucionar la conservación de platos de creciente importancia en restauración colectiva de centros de salud y también en el mercado gastronómico.

El tratamiento sous vide (80 °C - 10 minutos) fue eficaz para conseguir una alta calidad sensorial inicial y una correcta pasteurización de los reestructurados de pollo.

Sous vide garantiza que los reestructurados se conserven en refrigeración durante un tiempo adecuado para el manejo en góndola y en los sistemas de catering.

El procesado en bolsa de vacío termoestable protegió la estabilidad físico-química no detectándose problemas que pudieran sugerir una pérdida de sus propiedades barrera.

La tecnología sous vide previene la contaminación posterior al tratamiento térmico de saneamiento higiénico en la elaboración, pues el producto se mantiene aislado en su envase individual hasta el consumo.

Los reestructurados pueden ser almacenados durante varias semanas en las cámaras frigoríficas anexas a las cocinas centrales, con el objeto de disponer de reserva suficiente para poder acometer picos de demanda de platos preparados en un breve espacio de tiempo.

No se observaron signos de acidificación ni hinchamiento y el envase mantuvo su efecto barrera durante todo el período que duro el estudio.

El acondicionamiento para el consumo en sous vide dentro envase es el método recomendado por facilidad, higiene y protección al pardeamiento y oxidación de los lípidos.

Aplicar vacío fue eficaz para conservar estabilidad oxidativa y la aceptabilidad de los reestructurados.

La magnitud ensayada del enriquecimiento de la carne de pollos con ácidos grasos poliinsaturados w3 no condiciona la aceptabilidad por parte de los consumidores.

Asegurar una correcta pasteurización y envasado de los reestructurados sous vide a base de carne de pollo omega 3 y salvado de avena, así como mantenerlos en almacenamiento refrigerado no produce pérdidas de calidad sensorial.

Las cocciones de acondicionamiento para el consumo, horno y sous vide podrían ser utilizadas para los medallones de pollo enriquecidos con ácidos grasos w3 y no condicionarían la aceptabilidad del producto, estas cocciones no resaltan características organolépticas rechazables.

Las cocciones de los medallones de pollo enriquecidos con ácidos grasos w3, no exaltan la percepción de los posibles productos de oxidación generados.

No hubo preferencia por el horneado. La calidad buscada por los productores de alimentos saludables no es antagónica a la percepción del consumidor.

El análisis sensorial es una herramienta muy valiosa que valora la calidad de los alimentos orientada al consumidor.

El análisis sensorial es un método irremplazable por la tecnología y muy valorado para tomar decisiones en el desarrollo de nuevos productos.

4.1. VIDA UTIL

El análisis de NBVT mg% permitió observar algún signo de deterioro de la carne sous vide durante su almacenamiento.

El tratamiento culinario debe procurar un equilibrio entre la calidad sensorial del plato recién cocinado y la prevención microbiológica, asegurando una adecuada conservación y las mejores características nutricionales y organolépticas posibles.

La reducción de la actividad de agua en el reestructurado precocido sous vide, debido a la formulación sin agregado de agua y con un 15% de salvado de avena, contribuyó a la conservación del producto.

4.2. Sugerencias para futuras investigaciones

Estudiar en profundidad el grado de degradación de las proteínas así como la formación de aminas heterocíclicas en estos productos alimenticios.

En estudios de vida útil de los reestructurados ensayar la prueba de la Aminopeptidasa: consiste en el análisis de las superficies como índice de su contaminación bacteriológica. Según los autores López Tomas et al., (2008), es una prueba rápida (aproximadamente 2,5 horas), sencilla, barata y de valor microbiológico (mo psicrotrofos) predictivo.

Determinar el tipo y proporción de grasas, ácidos grasos, colesterol y vitamina E, para completar la declaración de propiedades nutricionales.

Realizar estudios sensoriales de vida útil del producto.

IV.5. BIBLIOGRAFÍA

- Anzaldúa Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza: Editorial Acribia.
- Armstrong, G.A. & McIlveen, H. (2000). Effects of prolonged storage on the sensory quality and consumer acceptance of sous vide meat-based recipe dishes. *Food Quality and Preference* 11, 377-385.
- Baldwin, DE (2010). *Sous vide for the Home Cook*. Paradox Press.
- Baldwin, DE (2012). Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1, 15-30. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>
- Barrios, E.X. & Costell, E. (2004). Methods of Research into Consumers' Opinions and Attitudes in Food Research. *Food Science and Technology International*, 10, 359 – 371.
- Belitz, H.D., Grosch, W. & Schieberle, P. (2004). *Food Chemistry*, (third ed.). Ciudad: Ed. Springer.
- Bello Gutiérrez, José. (1998). Cap. 7. Los tipos de cocción. Cocciones especiales. *Ciencia y Tecnología Culinaria*. (pp. 179-187). Madrid: Ediciones Díaz de los Santos.
- Bertelsen, G. & Juncher, D. (1996). *Oxidative stability and sensory quality of sous vide cooked products*. In Proceedings of the Second European Symposium on Sous Vide (pp. 133-145). Leuven: Alma Sous Vide Competence Centre.

- Betts, G.D. & Gaze, J.E. (1995). Growth and heat resistance of psychrotropic *Clostridium botulinum* in relation to sous vide products. *Food Control* 6, 57-63.
- Carpenter, R.P., Lyon, D.H. & Hasdell, T.A. (2009). *Análisis sensorial de Alimentos*. (2da. ed.). Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- Cassi, Davide (2011). Ciencia y Cocina: la era de la cocina molecular. *EMBO Rep.*, 12 (3), 191-196. Consultado el 24 de octubre de 2013 en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3059914/>
- Código Alimentario Argentino*. Cap. VI. Alimentos Cárneos y Afines. Actualizado al 7/2013. Disponible en http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp
- Costell, E. & Durán, L. (1981). El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. I. *Introducción*. *Rev Agroquím Tecnol. Aliment.*, 21, 1-10.
- Church, I.J. & Parson, A.L. (2000). The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous vide methods. *International Journal of Food Science and Technology*, 35, 155-162.
- Diaz Molin, P. (2009). *Calidad y deterioro de platos sous vide preparados a base de carne y pescado y almacenados en refrigeración*. Tesis doctoral. Universidad de Murcia. Dto.de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología. España.
- Espinosa Manfugás, J.C. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. La Habana: Editorial Universitaria.

- Gallardo, J.M. & Montemayor, M.I. (1982). Métodos generales de análisis utilizados en el examen de pescado con referencia a su alteración. *Inf. Tec. Ins. Inv. Pesq.* CSIC nº 95.
- Hansen, T.B., Knochel, S., Juncher, D. & Bertelsen, G. (1995). Storage characteristics of sous vide cooked roast beef. *International Journal of Food Science and Technology*, 30, 365-378.
- Higgs J, Pratt J. (1998). *Meat, poultry and meat products*. En: Sadler MJ, Strain JJ, Caballero B (eds.). *Encyclopaedia of Human Nutrition*. Academic Press.
- Jägerstad, M., Skog, K., Arvidsson, P. & Solyakow, A. (1998). Chemistry formation and occurrence of genotoxic heterocyclic amines identified in model system and cooked foods. *Zeitschrift Für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, A* 207, 419-427.
- James, Jr.E.C. & Wheeler, R.S. (1949). Relation of dietary protein content to wáter intake, wáter elimination and amount of cloacal excreta produced by growing chickens. *Poult Sci.*, 28, 465-467.
- Light, N., Hudson, P., Williams, R., Barrett, J. & Schafheitle, J. (1988). A pilot study on the use of sous vide vacuum cooking as a production system for high quality foods in catering. *International Journal of Hospitality Managagement*, 7, 21-27.

- Lopez Tomas, L.A., Ordoñez, J.A., Mediavilla, C., Rodriguez Marín, J.L., Sarmiento, P., Zamora, A. & García de Fernando, G. (2008). Effect of growth temperature and pH on the aminopeptidase activity of *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens* and *Flavobacterium odoratum*; the 4-nitroaniline test is reliable. *Folia Microbiologica*, 53 (5), 423-426.
- Maillard, L.C. (1912). Action des acides amines sur les sucres: formation des melanoidines par voie methodique, C. R. Hebd. Seances Acad. Sci., 154, 66-68.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., Cuadrado, M. (Eds). (2005). *Tablas de composición de alimentos*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación, FAO. (2003). Garantía de la inocuidad y calidad de los alimentos: Directrices para el fortalecimiento de los sist. Nac. de control de los Alimentos. *Publicación conjunta FAO/OMS*. Disponible en http://www.who.int/foodsafety/publicacions/capacity/en/Spanish_Guidelines_Food_control.pdf.
- Roessler, E., Baker, G. & Amerine, M. (1956). One tailed and two tailed test in organoleptic comparisons. *Food Res.*, 21, 117.
- Rybka Rodgers, S. (1999) Developing a HACCP plan for extended shelf life cook-chill ready to eat meals. *Food Australia*, 51, 430-433.
- Sancho, J., Bota, E. & De Castro, J.J. (2002). *Introducción al análisis sensorial de los alimentos*. Ciudad. Alfa omega, grupo Editor

- Schafheitle, J.M. & Light, N.D. (1989). Technical note: sous vide preparation and chilled storage of chicken ballotine. *International Journal of Food Science and Technology*, 24, 199-205.
- Shamsuzzaman, K., Chuaqui-Offermanns, N., Lucht, L., McDougall, T. & Borsa, J. (1992). Microbiological and other characteristics of chicken breast meat following electron-beam and sous vide treatments. *Journal of Food Protection*, 55 (7), 528-533.
- Sheard, M.A. & Rodger, C. (1995). Optimum heat treatments for sous vide cook-chill products. *Food Control*, 6, 53-56.
- Simpson, M.V., Smith, J.P., Simpson, B.K., Ramaswamy, H. & Dodds, K.L. (1994). Storage studies on a sous vide spaghetti and meat sauce product. *Food Microbiology*, 11, 5-14.
- Smith, A., Rose, S.P., Wells, R.G., Pirgozliev, V. (2000). Effect of excess dietary sodium, potassium, calcium and phosphorus on excreta moisture of laying hens. *Br. Poul. Sci.*41 (5), 598-607.
- Stringer, S.C., Fernandez, M.A., & Metris, A. (2012). *Final Report Safety of sous vide foods: feasibility of extending combase to describe the growth/ survival/death response of bacterial foodborne pathogens between 40-60°C. S102028*. Disponible en http://www.foodbase.org.uk/results.phpf_report_id=800?
- Vieira, S.L. & Lima, I.L. (2014). *Desempeño vivo, consumo de agua y características de las excretas de pollo alimentados con dietas totalmente vegetales a base de maíz y harina de soja.*

Disponible en
<http://74.220.215.75/avicultu/articulos/?seccion=ver&categoria=nutricion&nda=nut004>.

Watts, B.M., Ylimaki, G.L., Jeffery, L.E. & Elias, L.G. (1992). *Métodos Sensoriales Básicos Para La Evaluación De Alimentos*. Disponible en <http://ide-bnc-idrc.cat>.

Capítulo V

REESTRUCTURADOS DE POLLO CON
DIETAS OMEGA 3: EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN
ANTIOXIDANTE DE LAS TECNOLOGÍAS
EMPLEADAS EN LA REGENERACIÓN PREVIA AL
CONSUMO.

V. REESTRUCTURADOS DE POLLO CON DIETAS OMEGA 3: EVALUACIÓN DE LA ACCIÓN ANTIOXIDANTE DE LAS TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA REGENERACIÓN PREVIA AL CONSUMO

V.1. INTRODUCCIÓN

1.1. Alimentación saludable - Seguridad química

Los esfuerzos para fomentar la salud entre la población general enfatizan la importancia de los modelos de alimentación saludables para prevenir enfermedades crónicas nutricionales, entre ellos limitar la ingesta diaria de grasas saturadas y grasas totales.

A la hora de seleccionar las comidas como fuente de grasas hay que considerar aspectos de seguridad química, porque las grasas son susceptibles a la peroxidación lipídica formando compuestos perjudiciales para la salud; y porque son componentes estructurales de los tejidos, especialmente de los tejidos neuronales, como los ácidos grasos esenciales w3 y w6, que deben proporcionarse en la dieta. Los problemas de seguridad pueden aparecer debido a la forma en la que se almacenan, distribuyen o preparan para el consumo. Los suplementos dietéticos de ácidos grasos esenciales listos para el consumo son sin ninguna duda, la elección más segura, pero más cara; aunque serían menores los posibles efectos adversos de recomendar un aumento de la ingesta del pescado graso como fuente de EPA y DHA, tales como la contaminación con agentes medioambientales como el metilmercurio (Innis, Palaty, Vaghri & Lockitch, 2006).

Los resultados de estudios experimentales indican que el riesgo de peroxidación lipídica puede aumentar con consumos elevados de

AGPI (>11% E), especialmente cuando la ingesta de tocoferol es baja (Elmadfa & Schawalbe, 1989).

El oxígeno ejerce su actividad desfavorable para la calidad de los lípidos de dos formas: directa produciendo especies reactivas del Oxígeno -ROS- y de forma indirecta generando off flavor, que provocan el rechazo del consumidor. La importancia relativa de los procesos oxidantes que entran en escena hasta que el producto está listo para el consumo, dependen del tipo de ROS que se forma y de la intensidad del daño. Para evaluar el efecto de las acciones antioxidantes se empleó la medida de TBARs, sustancias reactivas al ácido Tiobarbitúrico.

1.2. Alteración durante los procesos de elaboración y conservación

Durante los procesos de elaboración y conservación hasta que el producto llega al plato del consumidor se producen procesos de oxidación, tanto el fenómeno de fotooxidación mediante la participación del oxígeno singlete ($^1\text{O}_2$) como el de autooxidación mediante la participación del oxígeno triplete ($^3\text{O}_2$). Estos procesos de oxidación influyen sobre la calidad nutritiva del alimento y generan ciertos productos de oxidación potencialmente tóxicos (Riemersma, 2002; Billek, 2000).

La fotooxidación generalmente se da con menor frecuencia (Frankel, 1998), y queda generalmente minimizada (Marsh, 2004). Por tanto, la autooxidación se convierte en el mecanismo principal de la aparición de sabores y olores anómalos (Gupta, 2005; Nawar, 2000; Min, 1998).

En este proceso de autooxidación de elevada complejidad en los sistemas lipídicos constituidos por los alimentos, se originan los hidroperóxidos que son productos primarios de autooxidación lipídica

relativamente inestables. Éstos participan en numerosas reacciones de elevada complejidad generando un elevado número de compuestos de diferente peso molecular, umbral de percepción y significado biológico. (Nawar, 2000).

Una oxidación excesiva del producto, origina rancidez acompañada de la aparición de sabores y olores no deseables. Por ello, cobra una mayor importancia la presencia de antioxidantes en el medio como factores de conservación del producto.

Gutteridge & Halliwell, (1994), definieron "antioxidante" como cualquier sustancia que, cuando está presente a bajas concentraciones respecto a las de un sustrato oxidable, retrasa o previene significativamente la oxidación de este sustrato", luego esta definición se simplificó a "cualquier sustancia o acción que retrasa, previene o elimina el daño oxidativo de una molécula diana" (Halliwell, 2007).

Una de las principales dianas de los procesos de oxidación inducidos por los radicales libres son los ácidos grasos poliinsaturados presentes, mayoritariamente, en las membranas celulares. El daño a los lípidos consta de tres etapas, iniciación, propagación y terminación (Halliwell & Chirico, 1993).

La reacción en cadena (ver Fig. 1), finalizará cuando se cumpla alguna de las siguientes condiciones, (1) se consume una de las moléculas reactivas, es decir, los ácidos grasos o el oxígeno, (2) se forma un radical relativamente poco reactivo o (3) dos radicales al reaccionar forman un par no radical. Entre los productos formados durante la peroxidación lipídica se incluyen, entre otros, el 4-hidroxi-2-alquenal y el malondialdehído (MDA); este último presenta una elevada capacidad de reaccionar con las bases de ADN, por lo que puede causar lesiones mutagénicas que pueden estar implicadas en la patogenia de varias enfermedades (Spiteller, 2006).

El estrés oxidativo y el daño que produce a la salud habitualmente se han relacionado con el proceso de envejecimiento (asociado a la acumulación de componentes celulares oxidados como ácidos nucleicos, proteínas y lípidos). Actualmente se consideran un factor clave en el desarrollo de diversas enfermedades crónicas y desórdenes neurodegenerativos relacionados con la edad como el Alzheimer o el Parkinson. (Urquiaga & Leighton, 2000). El oxígeno es venenoso y los organismos aeróbicos sobreviven en su presencia sólo porque disponen de defensa antioxidantes. (Halliwell, 2009). Los radicales libres más conocidos son los radicales del oxígeno, ROS. Los Radicales Libres (RL)

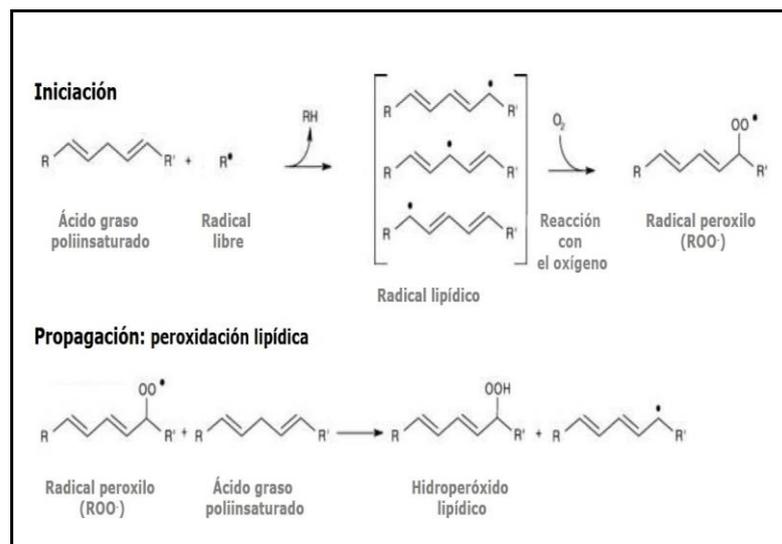


Figura V.1. Proceso de peroxidación lipídica iniciada por el radical R. (adaptada de Boots et al., 2008).

son moléculas que en su estructura atómica presentan un electrón no apareado (aquél que ocupa una órbita atómica o molecular por sí mismo), pueden existir de forma independiente y debido a la inestabilidad de su configuración electrónica, son generalmente muy

reactivos. Esta reactividad es la base de su toxicidad y de su corta vida media (Boots, Haenen & Bast, 2008). La generación de RL no se ha de relacionar siempre con su toxicidad debido a que la función que desarrollan presenta dos caras opuestas, por un lado actúan como mediadores y reguladores a concentraciones fisiológicas, mientras que a concentraciones elevadas pueden actuar como potentes oxidantes citotóxicos.

La dieta es la herramienta clave para luchar contra las situaciones de estrés oxidativos y evitar los daños en estructuras y funciones celulares que conlleva, se sabe que llevar una dieta más rica en grasas lo potencia (Urquiaga & Leighton, 2000).

Los ácidos grasos poliinsaturados que provienen de la dieta son uno de los posibles agentes oxidantes exógenos a los que está expuesto nuestro organismo (Lachance, Nakat & Jeong, 2001), mientras que la vitamina E inhibe la oxidación de lípidos mediante la reacción con radicales intermedios generados a partir de ácidos grasos poliinsaturados: interrumpe la cadena de peroxidación lipídica (Power & Lennon, 1999).

Es habitual que se produzcan una serie de especies químicas o sustancias prooxidantes (moléculas o radicales libres altamente reactivos) que son capaces de dar lugar a múltiples reacciones con otros compuestos, debido a que el oxígeno es capaz de generar en el alimento desarrollado sustancias tóxicas a lo largo del proceso de elaboración, almacenaje y hasta el consumo, en principio a partir de la peroxidación lipídica de los ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (AGPI-CL).

Los objetivos de este trabajo fueron:

- 1) Evaluar la acción antioxidante de la tecnología sous vide aplicada en la regeneración previa al consumo, midiendo las

sustancias reactivas al ácido Tiobarbitúrico, TBARs antes y después de este tratamiento.

2) Comparar el efecto del tratamiento sous vide sobre los TBARs con otros tratamientos térmicos convencionales como microondas (MO), horno, cook vide o presión atmosférica al vapor.

V.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Las muestras

Para estudiar el efecto del segundo tratamiento térmico, regeneración previa al consumo, se seleccionaron los siguientes:

Sous vide, 100°C-3 min dentro del envase, recomendado por Bello Gutiérrez, (1999).

A presión atmosférica al vapor, 100°C durante 3 min. sobre una rejilla con tapa. Debido a que el vapor es menos eficiente en la transferencia de calor (Sheard & Rodger, 1995).

Microondas, P100%-1 minuto, porque esta tecnología reduce en 3-4 el tiempo de las convencionales. (Bgh-quickchef, manual del usuario).

Horneado, 180 °C durante 3 minutos de cada lado, para desarrollar caracteres sensoriales como sabor tostado. Se pusieron a punto las condiciones de esta cocción para los reestructurados, hasta obtener leve apariencia de tostado.

Se compararon los datos obtenidos de TBARs antes y después del acondicionamiento para el consumo para ello se analizaron 4 reestructurados por muestra (n=4).

Estos productos fueron elaborados con pollos obtenidos en la Estación Experimental del INTA de Concepción del Uruguay, E.R., Ana.; y alimentados con tres tipos diferentes de dietas omega 3 (control, lino o pescado). Los reestructurados recién elaborados

(cuya formulación y procesos son similares a los descritos anteriormente en materiales y métodos del cap. 1 y 2), se envasaron al vacío sometidos a una precocción sous vide (80°C-10 min.) tras lo cual se almacenaron congelados (-18°C) durante 35 días hasta el análisis de TBARs.

Las muestras una vez sacadas del congelador se mantenían a temperatura ambiente durante una hora antes de iniciar el análisis.

Un rasgo característico del análisis de TBARs es que el almacenamiento da lugar a reacciones de polimerización entre moléculas de MDA, debido a esto se obtienen valores de TBARs más bajos después de un cierto período de almacenamiento y luego vuelven a subir. (Raharjo & Sofos, 1993; Vaudagna et al., 2002; Cortinas, Barroeta, Villaverde, Galobart, Guardiola & Baucells, 2005; Patsias, Chouliara, Badeka, Savvaidis & Kontominas, 2006).

Para evitar o disminuir errores por efecto del almacenaje, las muestras a comparar, según diseño experimental, recibieron idénticas condiciones de elaboración, almacenaje, y se realizó el análisis de TBARs el mismo día.

2.2. Método de TBARs

Descrito anteriormente en materiales y métodos del cap. III.

3.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los experimentos se realizaron por duplicado con un tamaño muestral de $n=4$ en cada replica. Se realizó ANOVA de los datos obtenidos mediante el programa Systat v.12. Las medias y desviaciones estándar se calcularon y cuando F-values fue significativo al nivel de $p<0.05$ se realizó el test de comparación de medias de Duncan.

2.4. DISEÑO DE LOS EXPERIMENTOS

Las siguientes figuras explican el plan de trabajo seguido en el presente capítulo.

a) Estabilidad oxidativa según dieta del ave

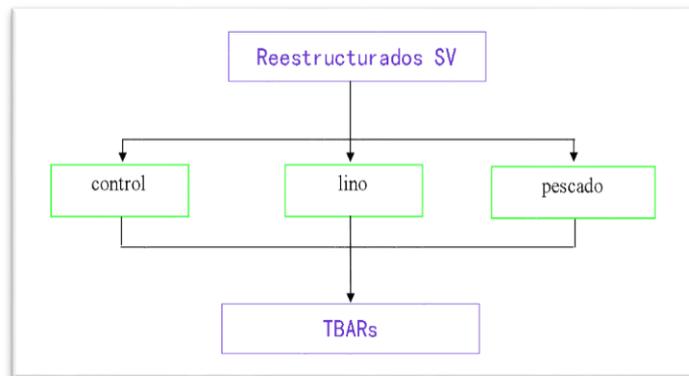


Figura V.2. Esquema del ensayo 1 de TBARs

b) Estabilidad oxidativa según precocción SV y CV al vapor

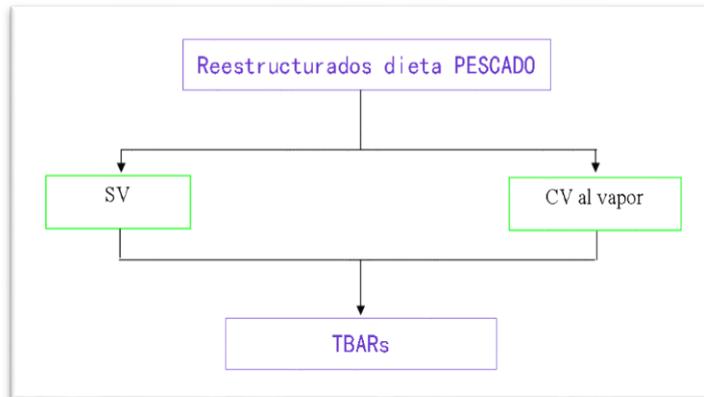


Figura V.3. Esquema del ensayo 2 de TBARs

c) Estabilidad oxidativa según dieta del ave y tratamiento térmico de regeneración para el consumo.

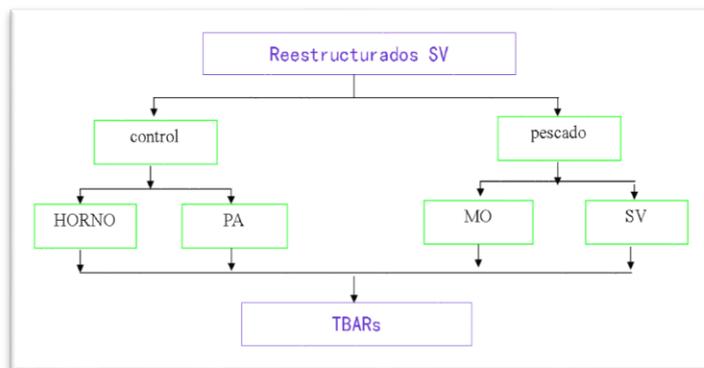


Figura V. 4. Esquema del ensayo 3 de TBARs

V.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de TBARs y la desviación estándar se registraron en la tabla 1, y con letras minúsculas como superíndices se indican diferencias significativas.

a) Efecto de la dieta de las aves empleadas como materia prima en la elaboración de los reestructurados.

El empleo de aceite de lino como fuente de omega 3 hace los reestructurados sean más sensibles a la oxidación lipídica. Los valores TBARs fueron significativamente mayores (tabla 1) respecto del promedio de TBARs entre los reestructurados dieta control y pescado, que no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). Cabe aclarar que todas las dietas contienen 200 mg/kg de vitamina E como suplemento antioxidante. La vitamina E reacciona con los radicales intermedios generados a partir de ácidos grasos poliinsaturados e interrumpe la cadena de peroxidación lipídica (Power & Lennon, 1999).

Tabla V.1. Estabilidad oxidativa de los reestructurados de pollo según dieta de las aves y tratamiento térmico, en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de MDA.

| Sustancias reactivas al ácido Tiobarbitúrico. TBARs | | | | | |
|---|-------------------------------|------------------|-----------------------------|---------|---------|
| tratamientos térmicos | tipo de trat. y dieta del ave | | MDA $\mu\text{g}/\text{kg}$ | | valor p |
| precocción | SV | Pescado | 255 ^a | (0.010) | 0.005 |
| | | Control | 273 ^a | (0.025) | |
| | | Lino | 347 ^b | (0.040) | |
| | Pescado | SV CV al v. | 271 ^a | (0.035) | 0.302 |
| | | 302 ^a | (0.035) | | |
| precocción (SV) + regeneración | Control MO | | 428 ^c | (0.027) | 0.317 |
| | Control PA | | 386 ^{bc} | (0.068) | |
| | Pescado H | | 464 ^d | (0.033) | 0.031 |
| | Pescado SV | | 377 ^{be} | (0.061) | |

^a^c^d^eDiferente letra como superíndices indica medias diferentes.

Los resultados concuerdan con los publicados por Rymer, Gibbs & Givens, 2010 y por Elmore, Mottram, Enser & Wood, 1999: la mayoría de los compuestos volátiles producidos durante la cocción se derivan de presencia más abundante en la carne de ácidos grasos mono y diinsaturados en lugar de AGPI, aunque la autooxidación parece ser promovida por aumento en la concentración de AGPI.

Incluir en el alimento un precursor de cadena más corta (C18:3n-3) que es común en los aceites vegetales como el de lino, no da lugar a la deposición de AGPI en la carne en un grado nutricionalmente significativo. Sin embargo el uso de aceite de pescado en la dieta de los pollos es caro, puede no ser sostenible y ser causa de problemas de estabilidad oxidativa en la carne. (Rymer et al., 2010). La carne que se enriquece con AGPI, puede ser aceptable cuando está recién preparada pero cuando es recalentada desarrolla sabores extraños, por tanto debe ser protegida contra la oxidación tanto en su estado crudo como cocido. (Rymer et al., 2010).

b) Comparación de 2 métodos de precocción con vacío: SV y CV al vapor

Se realizó sobre los reestructurados de pollo dieta w3/pescado y no se encontró diferencias significativas ($p > 0.05$) en la estabilidad oxidativa por efecto de las precocciones que emplean vacío. Wang, Chang & Chen, (2004), encontraron en alas de pollo cocidas sous vide menores valores de TBARs ($p < 0.05$) comparadas a muestras control cocidas también sous vide pero no envasadas al vacío. Es decir que en términos de protección a la oxidación cualquiera de los dos métodos SV ó CV, de cocción en vacío ejerce acción antioxidante

al punto que las muestras procedentes de pollos que han sido alimentados con dieta pescado, presentan la misma estabilidad oxidativa que las muestras con dieta control.

c) Efecto del segundo tratamiento térmico

En este estudio de estabilidad oxidativa mediante los valores de TBARs, se analizaron las muestras menos susceptibles a la oxidación: los reestructurados de dieta control y dieta pescado. Resultó que un nuevo tratamiento térmico produce aumento significativo ($p < 0.05$) de los valores de TBARs debido al acondicionamiento térmico previo al consumo.

Veasé en la tabla 1 que para los reestructurados dieta control no hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el acondicionamiento mediante horno de microondas (100% de potencia durante 1 minuto) y calentamiento al vapor de los reestructurados suspendidos sobre una rejilla en un baño de agua hirviendo durante 3 minutos. En los reestructurados de dieta control el aumento del valor TBARs originado por el segundo tratamiento térmico fue del 57% cuando se elige el microondas, y del 41% cuando se elige el acondicionamiento para el consumo calentando los reestructurados a PA.

En los reestructurados de dieta pescado el aumento del valor TBARs originado por el segundo tratamiento térmico fue del 82% cuando se elige el horno convencional, mientras que el incremento de los TBARs fue del 47% cuando el acondicionamiento para el consumo se hizo mediante tecnología sous vide. Patsias et al., (2006), quienes evaluaron el efecto del envasado en atmosfera modificada sobre la extensión de la vida útil de un producto precocido de pollo almacenado a 4 °C mediante varios análisis,

afirman que la presencia de oxígeno es el factor más crítico que influye sobre la estabilidad oxidativa.

Valores de TBARs mayores en un 82% por el acondicionamiento en horno pone en evidencia el efecto del tratamiento térmico sobre la estabilidad oxidativa de una muestra que pese a tener omega 3 ya ha demostrado ser poco susceptible a la oxidación lipídica (ver tabla 1 Valores TBARs de la precocción) mientras que el efecto del calentamiento sous vide produce valores que crecen en un 47% lo cual evidenció la acción antioxidante de sous vide que concuerda con la barrera al oxígeno del envase. La comparación de la producción de sustancias reactivas entre horno y sous vide guardó una relación de 1,7 : 1 en el acondicionamiento para el consumo.

Altas temperaturas provocan la reducción de la energía de activación de la reacción de oxidación de lípidos y se descomponen hidroperóxidos preformados a radicales libres, lo cual estimula los procesos de autooxidación y el desarrollo de off flavor (Min & Ahn, 2005).

De lo anterior es posible inferir que si se pretende proteger el alimento de la oxidación hasta el consumo, la elección del segundo tratamiento térmico cobra mayor importancia en los productos enriquecidos en omega 3.

Cabe aclarar que en los enriquecimientos con omega 3 estudiados en el presente trabajo no hubo desarrollo de procesos oxidativos intensos y ninguna muestra supero el valor 800 μ g/kg de MDA considerado umbral de off flavor, resultados que concuerdan con los resultados sensoriales informados en el capítulo IV, donde los jueces no manifestaron rechazo por los reestructurados ni detección de sabores extraños.

Por limitaciones tecnológicas no se pudo hacer el mismo estudio en las muestras de reestructurados de pollo con dieta w3/lino, sin

embargo de los datos que se dispone pudo inferirse algunas hipótesis:

- la media del reestructurado w3/lino precocido SV (que ha recibido un solo tratamiento térmico), esta ya es igual a las medias de los reestructurados con 2 tratamientos térmicos: control al vapor y w3/pescado sous vide. Entonces, se puede inferir que un segundo tratamiento térmico aumentará y en mayor proporción los valores de TBARs, debido a dos características, mayor inestabilidad a la oxidación de los reestructurados de pollo dieta lino, a lo que se suma el efecto relacionado al tratamiento térmico elegido; si el segundo tratamiento fuera el horneado y se repitiera el efecto de un 80% de incremento de TBARs aproximadamente, los valores TBARs se elevarían cercanos al umbral de detección y rechazo por sabor a recalentado (MDA 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$) informado por Cortinas et al., (2005).

V.4. CONCLUSIONES

El perfil lipídico del pollo empleado como materia prima en la elaboración de los reestructurados determina la estabilidad oxidativa del producto elaborado. Siendo mayores los valores de TBARs de los reestructurados de pollo dieta omega 3 con aceite de lino.

El segundo tratamiento térmico previo al consumo aumenta los valores de TBARs en todos los reestructurados incluso en los reestructurados de pollos con dieta control.

El tipo de tratamiento térmico empleado, microonda y al vapor, en el acondicionamiento de los reestructurados control, no influye en los valores de TBARs.

El tipo de tratamiento térmico empleado en el acondicionamiento de los reestructurados de pollo dieta omega3 pescado, horno y sous

vide, influye en los valores de TBARs. Siendo el tratamiento recomendado sous vide por la acción antioxidante de esta tecnología que se pone de manifiesto al dar valores menores de TBARs.

Los reestructurados de pollo dieta omega3/lino precocinados sous vide dan valores de TBARs significativamente mayores que los elaborados con pollo dieta control y que recibieron la misma precocción.

Por motivos de rendimiento, seguridad e higiene y protección antioxidante la combinación de tecnologías que conviene sería la precocción cook vide al vapor, envasado al vacío y previo al consumo el acondicionamiento sous vide.

La tecnología sous vide permite controlar con precisión el tiempo y la temperatura y mantiene la protección del envase al vacío durante el segundo tratamiento térmico, que protege el producto con omega 3 de la oxidación lipídica, limitando la formación de sustancias reactivas al ácido Tiobarbitúrico a valores equivalentes a los reestructurados control calentados al vapor y menores valores de TBARs que los reestructurados control calentados en microondas.

Los valores obtenidos indican que no hubo procesos oxidativos intensos, ningún producto superó los 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$ MDA considerado umbral de detección de sabor recalentado en carne cocida de pollo, (Cortinas et. al, 2005).

Los valores de TBARs aumentan con la intensidad en T, tiempo o presencia de oxígeno del tratamiento de acondicionamiento térmico previo al consumo.

La determinación de TBARs es un método rápido, barato y efectivo para estudios comparativos de procesos oxidativos en alimentos.

V.5. BIBLIOGRAFÍA

- Bello Gutiérrez, José. (1999). Cap. 7. Los tipos de cocción. Cocciones especiales. *Ciencia y Tecnología Culinaria*. (pp. 179-187). Madrid: Ediciones Díaz de los Santos.
- BGH Quick Chef. *Manual del usuario*. Disponible en <http://bgh-quickchef.com.ar>
- Billek, G. (2000). Health aspects of thermoxidized oils and fats. *Eur.J.Lipid Sci.Technol.*, 102, 587-593.
- Boots, A., Haenen, G. & Bast, A. (2008). Health effects of quercetin: From antioxidant to nutraceutical. *Eur J Pharmacol.*, 585 (2-3), 325-337.
- Cortinas, L., Barroeta, A., Villaverde, C., Galobart, J., Guardiola, F., & Baucells, M.D. (2005). Influence of the Dietary Polyunsaturation Level on Chicken Meat Quality: Lipid Oxidation. *Poultry Science*, 84, 48-55.
- Elmadfa, I. & Schawalbe, P. (1989). Some aspects of alpha-tocopherol bioavailability. *Fat Sci. Technol.*, 91, 402-407.
- Elmore, J.S., Mottram, D.S., Enser, M. & Wood, J.D. (1999). Effects of the polyunsaturated fatty acid composition of beef muscle on the profile of aroma volatiles. *J. Agric. Food Chem.*, 47, 1619-1625.
- Frankel, E.N. (1998). *Lipid Oxidation*. (Frankel, E.N. Ed.). Scotland: The Oily Press, Dundee.

- Gupta, M.K. (2005). *Frying Oils en Bailey's Industrial and Fat products*. (Vol. 6) (Shahidi, F. Ed.). New York: Wiley & Sons Inc.
- Gutteridge, J.M. & Halliwell, B., (1994). *Antioxidants in nutrition, health, and disease*. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press.
- Halliwell, B. & Chirico, S. (1993). Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. *Am J Clin Nutr.*, 57, 715-724.
- Halliwell, B. (2007). Dietary polyphenols: Good, bad, or indifferent for our health? *Cardiovasc. Res.*, 73, 341-347.
- Halliwell, B. (2009). The wanderings of a free radical. *Free Radic. Biol Med.*, 46, 531-542.
- Innis, S.M., Palaty, J., Vaghri, Z. & Lockitch, G. (2006). Increased levels of mercury associated with high fish intakes among children from Vancouver, Canada. *J. Pediatr.*, 148, 759-763.
- Lachance, P.A., Nakat, Z. & Jeong, W. (2001). Antioxidants: an integrative approach. *Nutrition*, 17, 835-838.
- Marsh, K.S. (2004). *Fried foods and their interaction with packaging en Frying Technology and Practices* (Gupta, M.K., Warner, K., White, P.J. Eds.). AOCS Press Champaign, IL.
- Min, B. & Ahn, D.U. (2005). Mechanism of lipid oxidation in meat and meat products, a review. *Food Sci. Biotechnol*, 14, 152-163.
- Min, D.B. (1998). *Lipid oxidation of edible oils en Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology* (Akoh, C.C, Min D.B. Eds.). New York: Mercel Dekker Inc.

- Nawar, W.W. (2000). *Lípidos en Química de los Alimentos*. 2ª Edición (Fennema, O.R. Ed.). Zaragoza: Acribia S.A.
- Patsias, A., Chouliara, I., Badeka, A., Savvaidis, I.N., & Kontominas, M.G. (2006). Shelf life of a chilled precooked chicken product stored in air and under modified atmospheres: microbiological, chemical, sensory attributes. *Food Microbiology*, 23, 423-429.
- Powers, S. & Lennon, S. (1999). Analysis of cellular responses to free radicals: focus on exercise and skeletal muscle. *Proceed Nutr. Soc.*, 58, 1025-1033.
- Raharjo, S. & Sofos, J.N. (1993). Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: a review. *Meat Science*, 35, 145-169.
- Riemersma, R.A. (2002). Analysis and possible significance of oxidised lipids in food. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 104, 419-420.
- Rymer, C., Gibbs, R.A. & Givens, D.I. (2010). Comparison of algal and fish sources on the oxidative stability of poultry meat and its enrichment with omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Science*, 89, 150-159.
- Sheard, M.A. & Rodger, C. (1995). Optimum heat treatments for sous vide cook-chill products. *Food Control*, 6, 53-56.
- Spiteller, G. (2006). Peroxyl radicals: inductors of neurodegenerative and other inflammatory diseases. Their origin and how they transform cholesterol, phospholipids, plasmalogens, polyunsaturated fatty acids, sugars and proteins into deleterious products. *Free Rad Biol Med.*, 41, 362-387.

- Urquiaga, I. & Leighton, F. (2000). Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol. Res.*, 33, 55-64.
- Vaudagna, S.R., Sánchez, G., Neira, M.S., Insani, E.M., Picallo, A.B., Gallinger, M.M., et al. (2002). Sous vide cooked beef muscles effects of low temperature long time (LT-LT) treatments on their quality characteristics and storage stability. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 425-441.
- Venero Gutierrez, J.R. (2002). Rev. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Cubana Med Milit*; 31(2), 126-133.
- Wang, S.H., Chang, M.H. & Chen, T.C. (2004). Shelf-life and microbiological profiler of chicken wing products following sous vide treatment. *International Journal of Poultry Science*, 3(5), 326-332.

Capítulo VI

COLOR INSTRUMENTAL DE LOS
REESTRUCTURADOS DE POLLO ALIMENTADOS
CON DIETAS RICAS EN OMEGA 3, FORMULADOS
CON BETAGLUCANOS, SIN GRASA, NI AGUA NI
SALES AGREGADAS.

VI. COLOR INSTRUMENTAL DE LOS REESTRUCTURADOS DE POLLO ALIMENTADOS CON DIETAS RICAS EN OMEGA 3, FORMULADOS CON BETAGLUCANOS, SIN GRASA, NI AGUA, NI SALES AGREGADAS.

VI.1. INTRODUCCIÓN

1.1. El color y el Sector Carne

La apariencia de los productos cárnicos es un factor básico por el que los consumidores juzgan su aceptabilidad.

Es fundamental la composición química del alimento, porque determina el perfil sensorial característico de cada producto cárnico (Prandl & Fisher, 1994), que a su vez depende de las distintas especies empleadas como materia prima o mezclas, o debido al tratamiento tecnológico. Son muchos los atributos que describen un producto. En un producto cárnico cocido se evalúan la apariencia determinada por la forma, color, brillo y opacidad. El color de la carne está determinado casi en su totalidad (80%) por su contenido en mioglobina que es el pigmento predominante en carne. Las principales diferencias aportadas en el color por la carne dependen de su estado químico. Debido al tratamiento térmico de los productos cárnicos, se produce en general una disminución en el color rosa y un aumento en el color marrón. Comúnmente tras el tratamiento térmico de la carne se observan modificaciones en su aroma y sabor que variarán en función de la temperatura alcanzada, tales como una disminución del sabor metálico o el sabor tostado de la reacción de Maillard.

Si se cocina la carne de modo que la temperatura nunca supere el punto de ebullición del agua (100 °C), no se llevarán a cabo las reacciones de Maillard. La carne estará cocida, pero no tendrá sabor.

Esta es la razón por la que en las recetas casi siempre primero dan instrucciones para oscurecer la carne por todos lados, para desarrollar el sabor típico de la carne. Las reacciones de Maillard ocurren sólo en la superficie de la carne. (Baldwin, 2012).

1.2. Colorimetría

El color puede ser definido como la interpretación por el cerebro de una señal luminosa procedente de una muestra. La señal luminosa entra en el ojo e incide sobre la retina. El ojo humano solo percibe el color cuando la iluminación es adecuada. En él hay células receptoras de luz en forma de cono y barra. Los receptores en forma de cono son responsables de la luz de día y la visión del color. Existen tres tipos de estos receptores sensibles al rojo/magenta, verde/amarillo y azul. Los receptores en forma de barra en el ojo son los responsables de la visión nocturna, para la iluminación de día se presentan "saturados", (Giménez Amaya, 2000).

La ventaja del empleo de métodos instrumentales para cuantificar el color es que estos son repetibles y objetivos. La visión artificial incluye la captura, el procesado y el análisis de los datos facilitando la evaluación de las características de manera rápida, objetiva y no destructiva.

En la actualidad la mayoría de los colorímetros son espectrofotómetros. Los hay desde instrumentos sencillos, con una variedad de cabezas para la exposición y la medida en diferentes aplicaciones; hasta espectrofotómetros sofisticados que pueden generar datos en los cuatro sistemas de visualización, la reflectancia desde 400 a 700 nm, siete escalas de color, 15 escalas especializadas, seis fuentes de iluminación y memoria y presentación variada.

La colorimetría puede ser una ciencia en si misma pero requiere la inventiva del operario para medir muestras de manera que se puedan obtener datos significativos (Francis, 2003).

Las mediciones de color en este trabajo se realizaron con los siguientes objetivos:

- Caracterizar los cambios de color que se producen en los reestructurados de pollo en función de los diferentes tratamientos empleados, e investigar su utilidad para reflejar los cambios producidos por los tratamientos de cocción.
- Construir curvas de distribución del parámetro L* para estudios relacionados a la aparición de productos de reacciones de Maillard, en los reestructurados de pollo de 3 dietas, precocinados sous vide y regenerados para el consumo.
- Probar diferentes reducciones de datos que permitan alguna clasificación objetiva relacionada a la apariencia del producto.

VI.2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Medidas de color

La medida de color de las muestras se realizó con un colorímetro Hunterlad modelo MiniScan EZ (Hunter Associates Laboratory, Inc. Asociados Laboratory, Inc., Virginia, EEUU). Se obtuvieron las coordenadas de color CIE L*, a* y b* a partir del espectro de reflexión de las muestras. Y Chroma, H*, ΔE, IA e IB fueron calculados:

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$H^* = \arctg (b^*/a^*) \quad \text{Ecuación 2}$$

$$\Delta E_{r,s} = ((\Delta L^*_{r,s})^2 + (\Delta a^*_{r,s})^2 + (\Delta b^*_{r,s})^2)^{1/2} \quad \text{Ec. 3}$$

$$IB = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$IA = 142,86 \times (b^*/L^*) \quad \text{Ecuación 5}$$

2.2. Muestras

Los ensayos se realizaron sobre reestructurados precocidos y sobre regenerados listos para el consumo.

Las cocciones probadas se eligieron dentro de las posibles a un consumidor individual y para un servicio de restauración colectiva. Las variables de cocción: tiempo, temperatura y exposición al oxígeno seleccionadas, debían satisfacer primero la condición de llegar a 74°C en el interior del producto, por seguridad alimentaria, y en segundo lugar mantener la barrera antioxidante al cocinar, como ocurre en la tecnología sous vide, o desarrollar caracteres sensoriales como sabor a tostado en el horneado.

Los tratamientos de regeneración empleados en este estudio, y los códigos, son los mismos que fueron definidos en el capítulo V: SV: sous vide (dentro del envase) 100°C-3'; PA: Patm. al vapor: 100°C-3'; MO: microondas P100%-1' y H: horneado a 180°C-6' (3' de cada lado).

Como se ha indicado en materiales y métodos del capítulo IV y V, estas aves fueron criadas en las instalaciones de la Estación Experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (EE INTA), con 3 diferentes dietas identificadas como control, lino y pescado.

Los reestructurados fueron elaborados con la misma fórmula general descrita en materiales y métodos del capítulo III y IV.

Fueron envasados al vacío, precocinados sous vide (80°C-10 min.) y almacenados en congelación (-18°C) hasta el análisis (35 días después).

Se compararon reestructurados de pollo según 3 dietas precocinados SV, y cuatro tratamientos de cocción del alimento, (ver en diseño de experimentos las figuras explicativas).

Las mediciones de color se realizaron cuando el producto, colocado sobre una rejilla, alcanzaba la temperatura ambiente.

Se tomaron aproximadamente 35-40 medidas de la cara superior, por cada reestructurado, de los $n=4$ que representaban cada muestra, lo que hace un mínimo de 140 datos por tratamiento. Los autores Rodríguez Pulido, González Miret, Gómez Robledo & Heredia, (2010), emplearon 140 datos del parámetro L^* para estudios de heterogeneidad cromática.

2.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Los datos se analizaron mediante ANOVA para un nivel de confianza del 95 % mediante el programa estadístico Systat v.12 y la comparación de medias se realizó mediante el test de Duncan.

Se realizó ANOVA solo de los valores de L^* , C^* y H^* siguiendo la recomendación de Francis, (2003); quien argumenta que publicar los datos de color en forma de las tres coordenadas verdaderas, L , a , b , y llevar a cabo un análisis de varianza sobre cada uno de los tres parámetros no es lo indicado porque un análisis de varianza presupone que las componentes son variables independientes. En realidad, no son independientes dado que tanto a como b dependen de L . Por analogía a^* y b^* dependen de L^* .

Las curvas de distribución normal del parámetro L^* para representar el grado de heterogeneidad en la apariencia de los reestructurados de pollo se realizaron mediante gráficos del programa estadístico Systat v.12.

2.4. DISEÑO DE EXPERIMENTOS

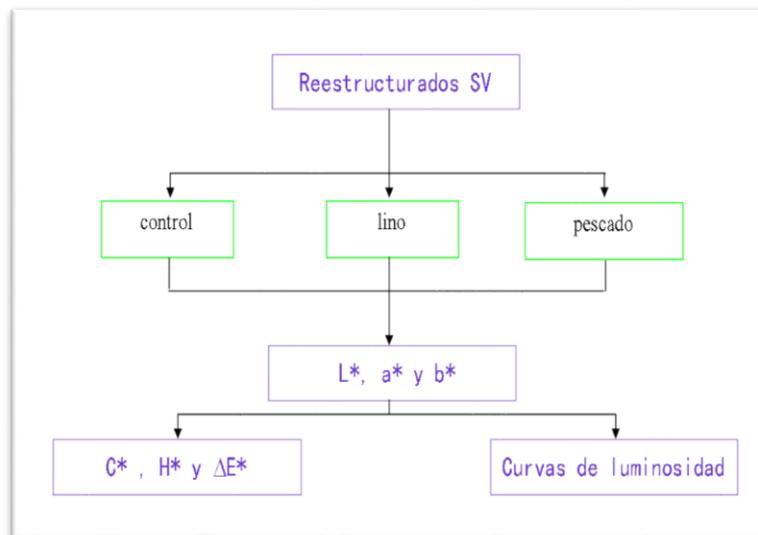


Figura VI.1. Esquema de medidas de color en reestructurados de pollo de diferentes dietas, precocidos SV.

Las Figuras 1 y 2 resumen los diferentes tratamientos de las muestras de reestructurados analizadas. Los cálculos y relaciones presentadas en este capítulo se realizaron a partir de las coordenadas de color CIE L^* , a^* y b^* .

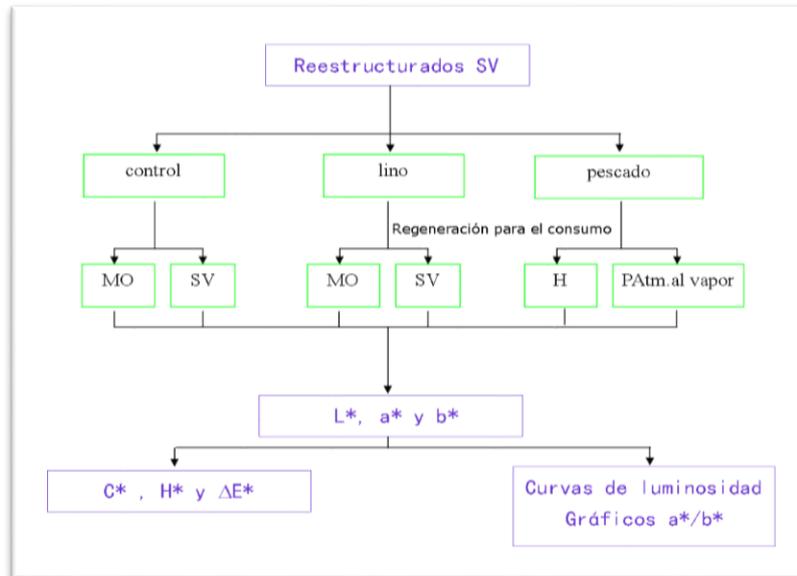


Figura VI.2. Medidas de color en reestructurados de pollo de 3 dietas y 4 tratamientos de regeneración para el consumo.

VI.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diferencias de color en reestructurados precocidos

En la tabla 1 se registraron los parámetros de color para los reestructurados de pollo, precocidos y elaborados con pollo de las 3 dietas de crianza. El ANOVA y la comparación de medias por el test de Duncan, indican que hay diferencias muy significativas para el valor de luminosidad de cada muestra.

Tabla VI.1. Parámetros de color de los reestructurados de pollo de 3 dietas de crianza, precocinados sous vide (80°C-10´).

| Reestructurados precocinados SV | L* | a* | b* | C* | H* |
|---------------------------------|----------------------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| lino | 71,7 ^a (0,8) | 2,9 (0,2) | 21,5 (0,8) | 21.7 (0.8) | 1.44 (0.01) |
| pescado | 70,3 ^b (1) | 2,9 (0,2) | 21,6 (0,8) | 21.8 (0.8) | 1.44 (0.01) |
| control | 71,1 ^c (0,6) | 2,8 (0,1) | 21,9 (0,4) | 22.1 (0.4) | 1.44 (0.01) |

Letras diferentes en superíndice indica medias estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

En la tabla 2 se registraron el valor ΔE^*_{ab} y el valor p de la comparación de medias para el parámetro L* (ver valores de L* en tabla 1). Estadísticamente se encontraron diferencias significativas de L* no apreciables a simple vista por el ojo humano pero sí con el colorímetro.

Tabla VI.2. Diferencias de color detectables en reestructurados precocinados de pollos de dietas diferentes

| ΔE^* (al ojo humano > 3) | | L* valor p |
|--------------------------------------|------|---------------|
| lino vs pescado | 1,41 | 0.000 |
| lino vs control | 0,70 | |
| pescado vs control | 0,88 | |

El valor de estos resultados se relaciona a futuros desarrollos tecnológicos en líneas de producción de reestructurados, empleando como sensor un colorímetro. Sería posible detectar cambios de materia prima en una línea de producción con el dato de luminosidad.

A continuación se representan los gráficos de distribución normal de los datos (140 lecturas por muestra). Si se caracteriza cada muestra al inicio de la producción, es posible mediante el parámetro L^* detectar el cambio de materia prima empleada en la elaboración.

En la Figura 3 se presentan los valores de luminosidad (L^*) de los reestructurados precocidos mediante curvas de distribución normal; los 3 tratamientos en una misma gráfica para facilitar la comparación.

Dos cuestiones interesa destacar de los resultados: 1) la posición de la altura máxima del pico, en la escala descendente de L^* , que coincide con la media de luminosidad de la muestra; y 2) la forma del pico: un pico más achatado se debe a una dispersión mayor de los valores de L^* , e indica aumento de heterogeneidad cromática.

En principio, representar con un pico cada tratamiento, permitió disponer de una descripción, gráfica y objetiva, sobre el desarrollo de color debido a la precocción; así como la identificación del producto y el estudio del efecto que las cocciones producen sobre el color de las muestras.

En la tabla 3 se presentan los valores de L^* , a^* , b^* , C^* (croma, saturación o pureza de color), H^* (tono angular). Entre paréntesis se registra la desviación estándar.

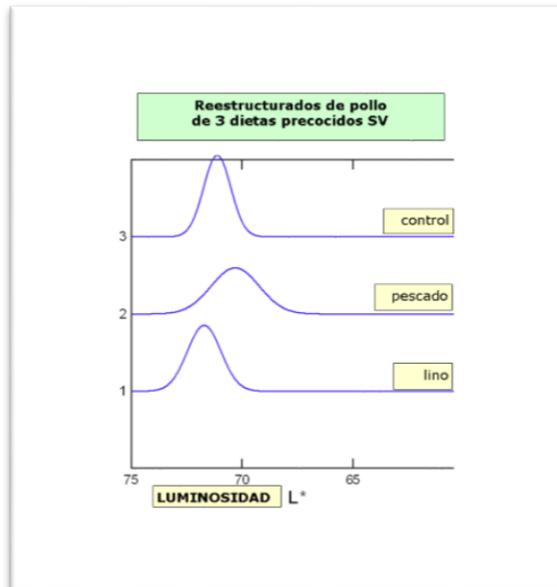


Figura VI.3. Curvas de distribución normal del parámetro L* para representar el grado de heterogeneidad en la apariencia de los reestructurados de pollo precocinados.

3.2. Diferencias de color en reestructurados regenerados para el consumo

Para L* las medias de todos los tratamientos fueron significativamente diferentes a un nivel $p < 0.05$. El croma de los reestructurados omega lino y pescado regenerados en horno y microondas, no presentaron diferencias significativas; y el parámetro H*, no mostró en ningún tratamiento diferencias. Cabe aclarar que en el ANOVA, el factor dieta registró un valor $p > 0.05$; en cambio el factor cocción ($p < 0.05$) sí afectó las diferencias significativas de la intersección dieta*cocción.

Tabla VI.3. Parámetros de color de los reestructurados de pollo de 3 dietas, regenerados para el consumo

| Dieta - cocción | L* | a* | b* | C* | H* |
|-----------------|----------------------------|--------------|---------------|----------------------------|------------------------------|
| Control PA | 65.7 ^a (2) | 4.3 (0.4) | 26.9 (1) | 27.3 ^a (1) | 1.41 ^a (0.01) |
| Control MO | 63.0 ^b (1) | 5.4 (0.4) | 29.6 (0.8) | 30.1 ^b (0.9) | 1.39 ^a (0.01) |
| Pescado SV | 68.8 ^c (0.8) | 3.0 (0.1) | 22.6 (0.6) | 22.8 ^c (0.6) | 1.44 ^b (0.004) |
| Pescado H | 60.3 ^d (0.8) | 6.6 (0.3) | 31.3 (0.5) | 32.0 ^d (0.5) | 1.36 ^c (0.01) |
| Lino MO | 61.6 ^e (0.9) | 6.7 (0.7) | 31.4 (0.8) | 32.1 ^d (0.8) | 1.36 ^c (0.02) |
| Lino PA | 70.1 ^f (1.2) | 3.5 (0.3) | 23.9 (1) | 24.2 ^f (1) | 1.42 ^a (0.006) |

Las letras diferentes en superíndices indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Los valores de ΔE (diferencia de color) indican cambios de color ocurridos en cada formulación a causa del tratamiento de cocción.

En la tabla 4 se presentan los valores de ΔE^*_{ab} correspondientes a los tratamientos de regeneración aplicados.

En los reestructurados regenerados para el consumo se repite la observación que se realizó para lo precocinados sobre el parámetro L*. Mientras L* presenta diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.000$), los valores calculados de diferencia de color ΔE^* indican que los cambios de color son inapreciables a simple vista por el ojo humano (ver tabla 4), lo cual resalta la importancia de la

colorimetría. Un ensayo no destructivo, rápido y económico, permitió detectar diferencias en el efecto del tratamiento térmico de regeneración aplicado a este alimento, mediante el parámetro L*.

Tabla VI.4. Diferencia de color ΔE^*_{ab} en reestructurados regenerados para el consumo

| ΔE^* (apreciable por el ojo humano > 3) | | L* valor p |
|---|------|---------------|
| lino PA vs lino MO | 11,8 | 0.000 |
| control PA vs control MO | 4,0 | |
| lino PA vs control PA | 5,4 | |
| lino MO vs control MO | 2,6 | |
| pescado H vs pescado SV | 12,7 | |
| lino MO vs pescado H | 1,3 | |
| lino al PA vs pescado SV | 1,9 | |

3.3. Diferencias de color de reestructurados precocidos vs. cocidos

También se compararon los datos de precocidos vs. cocidos, registrados en las tablas 1 y 3 respectivamente, por ejemplo: el valor de L* de la muestra de reestructurado de pollo con dieta lino precocido, tras la cocción de regeneración, disminuye. En general la disminución de L* (que equivale a un reestructurado más tostado) se relaciona con la exposición al oxígeno, la temperatura y el tiempo de cocción.

Al comparar el valor de C^* del reestructurado dieta-pescado precocinado-SV (21,8) respecto del regenerado al horno-H (32,0), la variación de C^* equivale al 32%. En cambio al comparar con la cocción SV (22,8), la variación de C^* fue de un 4 %.

Estudios realizados por Mac Dougall, (1982), proponen que la saturación del croma es útil para definir y determinar la vida media de la carne fresca de vacuno, que se puede relacionar a la evolución de la oxidación de la mioglobina, reacción que se acelera durante la cocción en presencia de oxígeno. Es decir que, este parámetro también podría ser un indicador en medidas del efecto antioxidante de las tecnologías de cocción de vacío.

El valor del tono de color H^* no presenta diferencias significativas según tratamiento de regeneración, y respecto del reestructurado precocido varía en sentido inverso a C^* .

Los valores de tono angular son muy semejantes y este parámetro no sería de utilidad para diferenciar las muestras, a punto que el tono angular para los reestructurados control cocidos al vapor y en microondas tienen medias iguales y el reestructurado lino MO con el pescado H, también tienen medias iguales de tono H^* .

3.3.a) Luminosidad

En la Figura 4 se presentan los valores de luminosidad (L^*) de 7 tratamientos. Se informan en la misma figura para facilitar la comparación del parámetro L^* . En este ensayo nuevamente dos cuestiones son interesantes de observar en los resultados: la posición y la forma del pico. Similar a la representación de los analitos en una cromatografía, mediante un cromatograma, salvando las diferencias, entre otras: este es un ensayo no destructivo.

La escala invertida de L* indica que los picos hacia la derecha corresponden a las muestras que han desarrollado más color, debido a reacciones de Maillard durante los tratamientos de cocción; información que coincidió con la apreciación visual de las muestras, y que es imposible de describir sin introducir la incertidumbre propia de las observaciones subjetivas, mientras que el parámetro L* reflejó de modo objetivo e inequívoco el grado de tostado del producto. Esta observación podría ser de utilidad en ensayos futuros para este o para otros alimentos, aplicable por ejemplo en la situación inversa, es decir, primero definir sensorialmente el grado de tostado que el consumidor prefiere y luego determinar su correspondencia con L*. Definir el valor L* de un producto permitiría disponer de un parámetro físico, fácil de medir, para análisis no destructivo de la muestras, apropiado para controlar una línea de producción.

Los valores ANOVA a un nivel de $p < 0.05$ para L* indicaron diferencias muy significativas ($p < 0.05$) debido al factor cocción y la interacción cocción*dieta; y diferencias no significativas debidas al factor dieta.

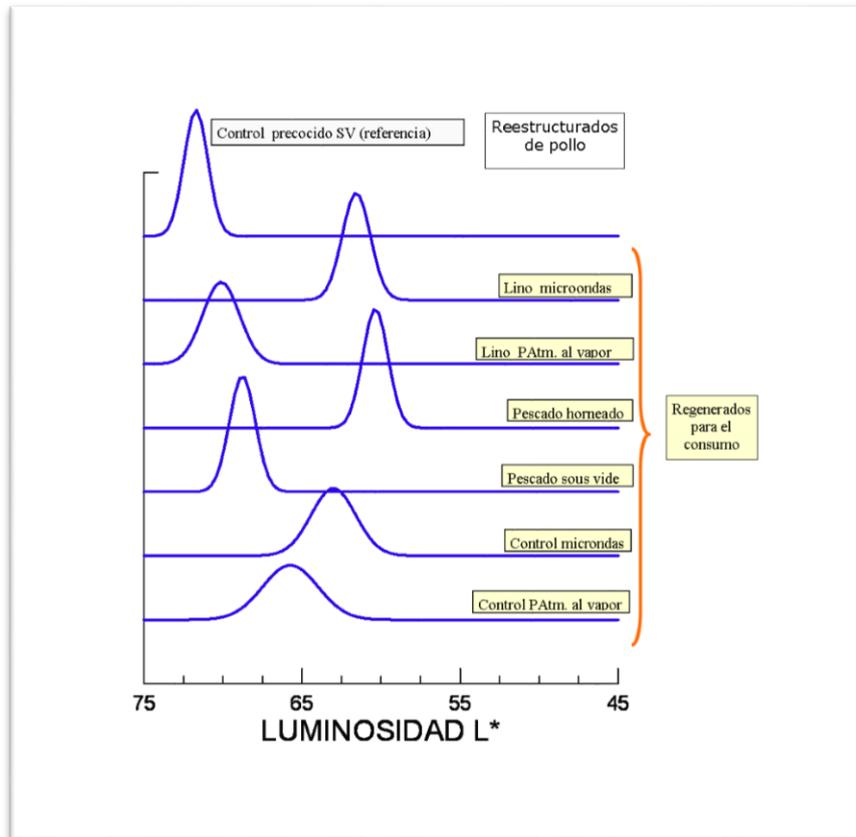


Figura VI.4. Curvas de distribución normal del parámetro L^* para representar el grado de heterogeneidad en la apariencia de los reestructurados de pollo regenerados para el consumo.

Los valores de este atributo (L^*), oscilan entre 60.4 y 68.7 para los 4 reestructurados cocidos y 71.7 es el valor L^* del reestructurado que solo recibió la precocción sous vide. Menores valores de L^* corresponden a tratamientos de cocción más intensos (mayor tiempo, temperatura, ó exposición al oxígeno). Durante la cocción los componentes lipídicos se pueden degradar a compuestos volátiles, como aldehídos, cetonas, alcoholes e hidrocarburos,

constituyendo el flavor de la carne cocida, acentuando favorablemente sus características organolépticas en las que influyen también reacciones de Maillard (Fennema, 1992).

En cambio el valor más alto de L^* , lo presentó la precocción sous vide, concuerda con menor exposición a acciones oxidantes y menor desarrollo de la reacción de Maillard, debido a la protección que realiza el envase al vacío y demás condiciones de la tecnología sous vide.

También es interesante la observación de la dispersión en la distribución de L^* (achatamiento de los picos de reestructurados en la Figura 4) porque concuerda con las diferencias de pardeamiento relacionadas a la cantidad y distribución del color y a la formación de productos de la reacción de pardeamiento de Maillard. Cuanto más alto y estrecho dio el pico de L^* , más homogéneo se vio el color del producto.

3.3.b) Plano cromático a^*b^*

Otra manera de apreciar los cambios de color de un alimento es la proyección de las coordenadas de color en el plano cromático a^*b^* . En las Figuras 5 se presentan los gráficos de los valores de distribución de a^* y b^* , para las distintas cocciones y dietas estudiadas.

En los diagramas de dispersión a^*b^* se aprecia el aumento general del tono y el croma relacionado al tipo de tratamiento de cocción. Aumentaron en proporción a la exposición al oxígeno, el tiempo y la temperatura de cocción, en relación con el tostado, reacciones de pardeamiento de Maillard y reacciones de oxidación de los lípidos.

No se encontraron publicaciones de estudios de color relacionados a tratamientos térmicos de regeneración para el consumo de reestructurados de pollo. En general los estudios de color se realizan para ver variaciones en el tiempo de vida útil y en estudios de proporción de ingredientes como Acevedo Hernández, (2004), para nuggets de pollo, informa la utilidad de la tonalidad a^* en estudios sobre proporción de agregado de harina, ya que a^* disminuye debido a la reducción de la proteína mioglobina.

Resulta interesante comparar estos resultados con los obtenidos en el capítulo V, donde se midió la estabilidad oxidativa. Las medias de TBARs (ver tabla V.1.), expresadas en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de MDA, y la relación a^*/b^* , presentan igual orden creciente según la cocción de regeneración aplicada. Los reestructurados regenerados de los cuales se dispone de valor de TBARs, presentaron MDA ($\mu\text{g}/\text{kg}$) en este orden: pescado SV: 377; control PA: 386; control MO: 428 y pescado H: 464.

Se aprecia, debido a la tostación o reacciones de oxidación del producto cárnico en contacto con el oxígeno, diagramas de dispersión a^*b^* que indican un ascenso del croma y escasa variación en el tono. El aumento de valores a^*/b^* concuerda con la intensidad de la cocción en tiempo, temperatura y contacto con el oxígeno, en el siguiente orden: SV 100°C-3'; PA 100°C-3'; MO P100%-1' y H 180°C- 6' (3' de cada lado).

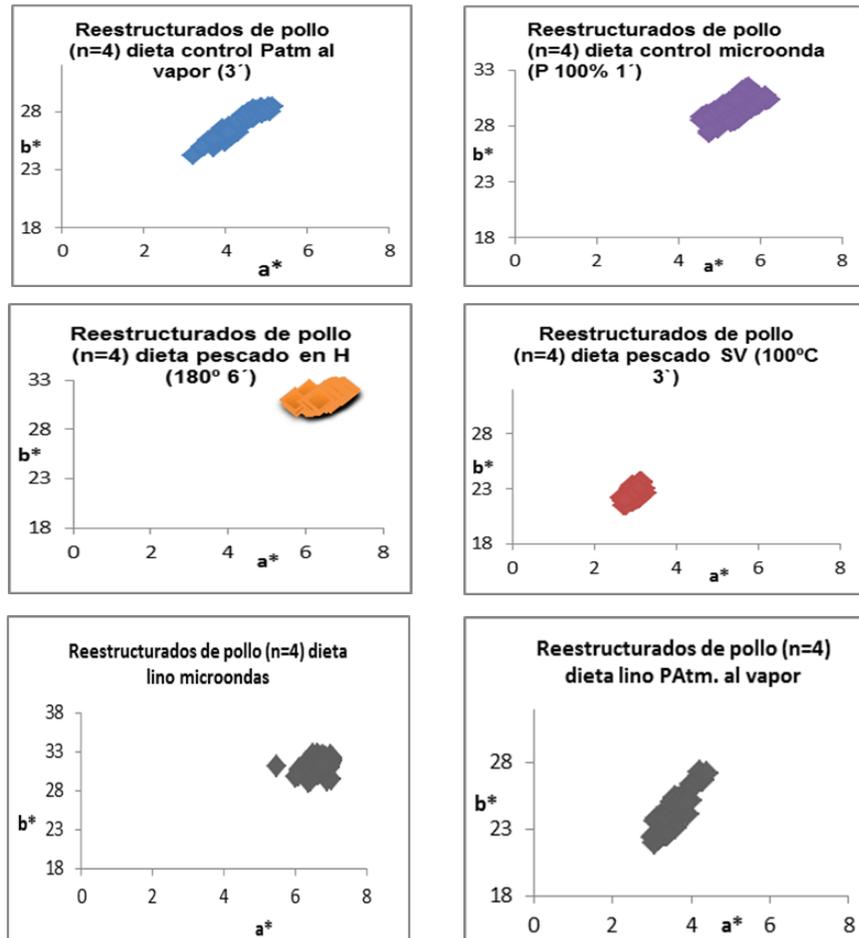


Figura VI.5. Diagramas de dispersión a*b* de los reestructurados de pollo.

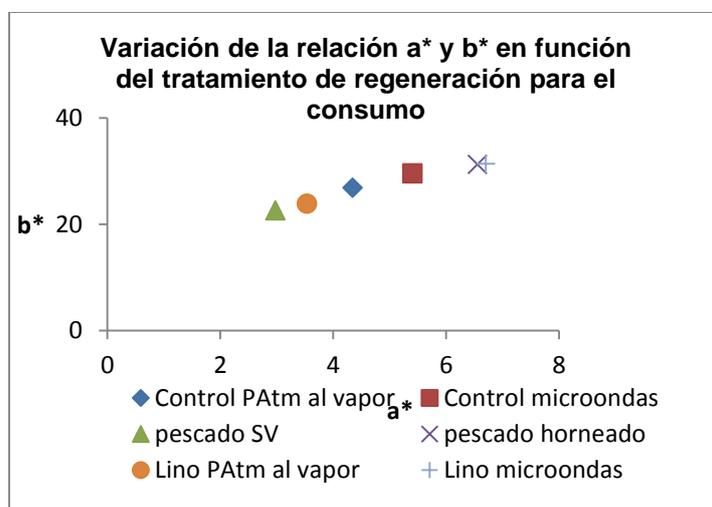


Figura VI.6. Relación a^*b^* de los tratamientos de regeneración para el consumo

En futuros estudios la correlación entre reacciones de Maillard, TBARs y color podría llegarse a definir un índice a^*b^* como criterio de calidad de los reestructurados de pollo como los desarrollados en este trabajo. Los sistemas de calidad en la producción de alimentos requieren en la actualidad de sensores rápidos, y precisos para los controles en líneas de producción.

En la tabla 5 se presentan dos columnas de diferencias de color, basadas en los cálculos a partir de los parámetros L^* , a^* y b^* . Como se explicó en materiales y métodos, las 3 muestras de reestructurados, lino, pescado y control, precocinados SV se regeneraron cada uno por dos tratamiento térmicos 1) más suave y 2) otro más intenso. Se calcularon los ΔE^* para demostrar que hay casos en que visualmente e instrumentalmente es posible detectar el cambio producido en el producto al regenerarlo para el consumo,

pero en otros, como el reestructurado de pescado precocido o regenerado SV, solo pueden diferenciarse instrumentalmente.

Tabla VI.5. Diferencias de color en reestructurados precocidos vs regenerados para el consumo.

| Reestructurados precocido sous vide | ΔE^* según tratamiento regeneración | | | |
|--|--|------|----------------|------|
| | 1) menos intenso | | 2) más intenso | |
| lino | 2,9 | (PA) | 14,6 | (MO) |
| control | 7,5 | (PA) | 11,5 | (MO) |
| pescado | 1,8 | (SV) | 14,4 | (H) |

Entre paréntesis el código de la cocción.

Los valores obtenidos de ΔE^* permiten concluir que objetivamente que:

- Todas las cocciones producen cambios de color, aunque no todas son obvias para el ojo humano, considerando que la diferencia debe superar el valor 3 ó umbral de percepción. (Bodart, de Peñaranda, Deneyer, & Flamant, 2008).

- La cocción que menos modifica el color, tomando como referencia ΔE^* de la tabla 5, es la cocción sous vide (1,8). La comparación pone en evidencia el efecto protector del envase para el desarrollo de color. Esto es debido a la protección del envase sellado al vacío, que limitó la exposición al oxígeno, la oxidación y el pardeamiento, y solo se evidencia instrumentalmente al compararlo con el producto no regenerado.

3.3.c) Índices de blancura y de amarillo/azul.

Analizar los datos del índice de amarillo/azul nos permite reforzar algunas conclusiones porque este valor indica el grado en que la superficie de la muestra es diferente del blanco ideal en el sentido del amarillo.

El índice de amarillo/azul también evidenció que la cocción sous vide protegió los reestructurados del pardeamiento (ver tabla 6).

Tabla VI.6. Índices de blancura y de amarillo/ azul de reestructurados de pollo w3.

| MUESTRAS | IB blancura | IA amarillo/azul |
|------------|----------------|---------------------|
| control PA | 56.2 | 58.5 |
| control MO | 52.3 | 67.2 |
| pescado SV | 61.3 | 47.0 |
| pescado H | 49.1 | 74.1 |
| lino PA | 61.6 | 48.9 |
| lino MO | 49.9 | 72.8 |

El efecto del tratamiento de cocción que favorece la disminución del blanco de la carne de ave precocinada en el sentido del amarillo, fue corroborado objetivamente con el índice de amarillo/azul que dio el siguiente orden creciente de valores de desarrollo de color amarillo: precocido SV < cocción SV < PA al vapor < MO < horno.

El deterioro de la apariencia de los productos cárnicos se relaciona con cambios de color. (Mead, 2004; y Antoniewski,

Barringer, Knipe & Zerby, 2007). Una aplicación comúnmente encontrada de la colorimetría es el seguimiento o evolución del producto en el tiempo. Villegas, O'Connor, Kerry, & Buckley, (1999); Antoniewski et al., (2007); estudian el deterioro del color en el almacenamiento y métodos de protección del color. Otros autores aplican la colorimetría para evaluar el efecto debido a cambios de ingredientes o de proporciones en la fórmula (Acevedo Hernández, 2004); o para caracterizar de manera objetiva los productos desarrollados, (Andrés, Zaritzky & Califano, 2009; García Iñiguez et al., 2010; Cori Carillo, 2012; Morales Irigoyen, Severiano Pérez, Rodríguez Huevo & Totosaus, 2012); sin embargo no se encontraron publicaciones en las que realizaran curvas de distribución de L* como indicador de heterogeneidad debidas a tratamientos de cocción en productos cárnicos de pollo.

En futuras investigaciones sería conveniente estudiar si existe correlación entre parámetros de color y la formación TBARs en los productos cárnicos con las características del reestructurado desarrollado ya que el reemplazo de un parámetro por el otro implicaría ahorro de tiempo y dinero gastados en la determinación química de TBARs.

Relacionar los resultados obtenidos en esta investigación con el análisis sensorial realizado por consumidores sobre las mismas muestras de reestructurados tuvo gran importancia porque el consumidor prefiere el producto de color tostado. Un mayor contenido de color se valoró positivamente. Y según los valores de TBARs (ver cap. V.) no habría riesgo de seguridad química en los tratamientos de regeneración estudiados.

VI.4. CONCLUSIONES

Los diagramas de dispersión de L^* indican que es un parámetro adecuado para indicar el grado de pardeamiento y la evolución de la apariencia de este producto cárnico.

Los valores de L^* y las relaciones a^*b^* , producidas por las condiciones de tiempo-temperatura y exposición al oxígeno del tratamiento de cocción, permiten identificar los tratamientos de cocción probados en este trabajo.

El efecto de los parámetros de cocción en alimentos con omega 3 mediante medidas colorimétricas podría encontrar una alta correlación considerando el parámetro L^* .

Continuar con estudios de correlación entre medidas de color, reacciones de Maillard y la estabilidad oxidativa en este tipo de productos, serían de gran utilidad para definir criterios básicos de calidad y herramientas para tomar decisiones.

El perfil sensorial característico y por ende el color del producto cárnico, depende de la composición química del alimento que a su vez depende del tratamiento tecnológico al que ha sido sometido.

VI.5. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Hernández, C.J., (2004). *Desarrollo, optimización y estudio de vida útil de nugget de pollo liviano en calorías y con calcio*. Tesis doctoral. Facultad de Cs. Qcas. Y Farmacéuticas. Universidad de Chile.
- Andrés, S., Zaratsky, N. & Califano, A. (2009). Innovations in the development of healthier chicken sausages formulated with different lipid sources. *Poultry Science*, 88, 1755-1764.
- Antoniewski, M.N., Barringer, S.A., Knipe, C.L. & Zerby, H.N. (2007). *Journal of Food Science*, 72(6), 382-387.
- Baldwin, DE (2012). Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 1: 15-30. Disponible en www.sciencedirect.com.
- Bodart, M., de Peñaranda, R., Deneyer, A., & Flamant, G. (2008). Photometry and colorimetry characterisation of materials in daylighting evaluation tools. *Building and Environment*, 43, 2046-2058.
- Cori Carillo, M.E. (2012). *Factibilidad de uso de la carne de codorniz macho en la elaboración de productos cárnicos para el consumo humano*. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Fennema, O.R. (1992). *Química de los Alimentos*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.

- Francis, F.J. (2003). Análisis del Color. En Nielsen S. (Eds.) *Análisis de los Alimentos* (3ª. ed.), (pp. 619-631). Zaragoza: Editorial Acribia S.A.
- García Iñiguez de Ciriano, M., Rehecho, S., Calvo, M.I., Cavero, R., Navarro, I., Astiasarán, I. & Ansorena, D. (2010). Effect of lyophilized water extracts of *Melissa Officinalis* on the stability of algae and linseed oil in water emulsion to be used as a functional ingredient in meat products. *Meat Science*, 85, 373-377.
- Giménez-Amaya, J.M. (2000). Anatomía funcional de la corteza cerebral implicada en los procesos visuales. *Rev. Neurol.*, 30 (19), 656-662.
- Mac Dougall, D.B. (1982). Changes on the color and opacity of meat. *Food Chemistry*, 9, 75-88.
- Manresa A, Vicente I. (2007). *El color en la industria de los alimentos*. Torricella (Eds). Ciudad de La Habana. Editorial Universitaria (pp 29-38).
- Mead, G.M. (2004). Keeping poultry meat fresh. *Food Sci.i Technol.*, 19(1), 20-21.
- Morales Irigoyen, E.E., Severiano Perez, P., Rodriguez Huevo, M.E. & Totosa, A. (2012). Textural, physicochemical and sensory properties compensation of fat replacing in pork liver paté incorporating emulsified canola oil. *Food Science and Technology International*, 18(4) 413-421.

Prandl, O. & Fisher, A. (1994). *Tecnología e Higiene de la Carne*. Zaragoza: Editorial Acribia S.A.

Rodriguez Pulido, F.J., Gonzalez Miret, M.L., Gomez Robledo, L. & Heredia, F.J., (2010). Seguimiento de la maduración de variedades de uva mediante colorimetría y análisis de imagen de semillas. *Libro de actas IX Congreso Nacional del color* (pp 339-342). Alicante. España.

Villegas, R., O'Connor, T.P., Kerry, J.P., Buckley, D.J. (1999). Effect of gelatin dip on the oxidative colour stability of cooked ham and bacon pieces during frozen storage. *Journal of Food Science Technol.*, 34(4), 385-389.