UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE
Facultad de Ciencias Agrarias
Escuela de Ingeniería en Alimentos

Evaluación del Tiempo y Temperatura como Factores Determinantes en el Control de Exudado en el Ahumado de Salmón Atlántico(*Salmo salar*) y Trucha (*Onchorhynchus mykiss*).

Tesis presentada como parte de los
requisitos para optar al grado de
Licenciado en Ciencia de los Alimentos

Egon Arnoldo Hoffmann Soto

Valdivia Chile
2005

PROFESORES INFORMANTES

PROFESOR PATROCINANTE

Fernando Figuerola Rivas _____

Ingeniero Agrónomo, M.S. Food Science

Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos

PROFESOR INFORMANTE:

Erwin Carrasco Ruiz _____

Ing, Civil Químico

Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos

PROFESOR INFORMANTE:

Haroldo Magariños Hawkins _____

Técnico en Lechería, M.Sc. Ciencia y Tecnología de la Leche

Instituto de Ciencia y Tecnología de los alimentos

“Aquel que tiene imaginación,
pero carece de conocimientos,
tiene alas, pero no tiene pies."

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer en forma especial a mis padres, quienes han sido un ejemplo de vida a seguir, y me han apoyado siempre.

A mi hermana, por sus especiales consejos.

A mis abuelos por su cariño y preocupación.

A mi esposa y mi hijo, por su amor, paciencia, apoyo y comprensión.

A mi profesor guía. Sr. Fernando Figuerola, quien además de ser un consejero en temas académicos me ha enseñado mucho sobre la vida y lo considero un amigo.

Al Profesor Erwin Carrasco, quién además de ser un profesor espectacular, me entregó una formación de excelencia .

A mis compañeros de curso, en especial a Carolina, Paulina, Nicole y Gustavo. Quienes durante toda la vida universitaria fueron mis compañeros de estudio y amigos.

A mis compañeros y amigos de la Segunda Compañía de bomberos “Germania”.

ÍNDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	4
2.1	Ahumado	4
2.1.1	Producción de humo	5
2.1.1.1	Composición del humo	7
2.1.1.2	Factores que afectan la composición del humo	9
2.1.2	Hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH)	16
2.1.2.1	Formación de los PHA	16
2.1.2.2	Alimentos ahumados	17
2.1.3	Temperatura de ahumado	19
2.2	El congelado	21
2.2.1	Efecto del congelado en el exudado	21
2.3	Secado	24
2.4	Aceptación del producto	25
2.4.1	Textura	25
2.4.2	Sabor salmón	25
2.4.3	Sabor a ahumado	26
2.4.4	Contenido graso	26
2.4.5	Formación de color en los alimentos ahumados	27
2.4.6	Efectos endurecedores del ahumado	27
2.5	Microbiología	28
2.5.1	Aspectos generales	28
2.5.2	Listeria	29

3	MATERIAL Y MÉTODO	32
3.1	Materiales	32
3.2	Lugar de ensayo	32
3.3	Preparación de las muestras	32
3.4	Diseño experimental	33
3.5	Mediciones en terreno	33
3.6	Evaluación sensorial	33
3.7	Definiciones de las etapas involucradas en el proceso	36
3.8	Procedimiento para el análisis del exudado total	38
3.9	Análisis de datos	39
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
4.1	Resultados obtenidos para la especie trucha (*Onchorhynchus mykiss)*	40
4.1.1	Efecto de la temperatura sobre el exudado de las truchas	40
4.1.2	Efecto del tiempo sobre el exudado de las truchas	41
4.1.3	Efecto de la temperatura sobre la aceptación de las truchas	41
4.1.4	Efecto del tiempo sobre la aceptación de las truchas	42
4.1.5	Interacciones entre el tiempo de ahumado y la temperatura para el exudado de las truchas	43
4.1.6	Interacciones entre el tiempo de ahumado y la temperatura para la aceptación de las truchas	44
4.2	Resultados obtenidos para la especie salmón Atlántico *(Salmo salar)*	45
4.2.1	Efecto de la temperatura sobre el exudado del Salmón Atlántico	45
4.2.2	Efecto del tiempo sobre el exudado del salmón Atlántico	46
4.2.3	Efecto de la temperatura de ahumado sobre la aceptación del salmón Atlántico	47

4.2.4	Efecto del tiempo de ahumado sobre la aceptación del salmón Atlántico	48
4.2.5	Interacciones entre el tiempo de ahumado y la temperatura para el exudado del salmón Atlántico	48
4.2.6	Interacciones entre el tiempo y la temperatura sobre la aceptación del Salmón Atlántico	49
5	CONCLUSIONES	51
6	RESUMEN	52
	SUMMARY	53
7	BIBLIOGRAFÍA	54
	ANEXOS	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Mecanismo de formación del humo	7
2	Mayores constituyentes del humo de madera y su función en los alimentos	10
3	Composición de la madera y sus variaciones entre las especies	13
4	Evaluación sensorial de algunos fenoles	15
5	Influencia de la humedad de la madera en la composición del humo. Rendimiento por 100 g de aserrín de Asis	16
6	Ocurrencia de *Listeria monocytogenes (L.m.)* en filetes de salmón contaminados de forma natural, antes y después de ahumados, bajo diferentes condiciones en cuatro plantas procesadoras	31
7	Tratamientos para trucha y salmón del Atlántico	34
8	Resultados obtenidos para el exudado total y la aceptación del producto final, para ambas especies con los diferentes tratamientos	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Distintos tipos de ahumadores	6
2	Lignina, celulosa y hemicelulosa, su distribución en la madera	12
3	Constituyentes principales de las maderas “duras” y “blandas”	14
4	Estructura de algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos de importancia encontrados en el humo	18
5	Cambios físicos en el músculo inducidos por acción térmica	20
6	Temperaturas en el centro del filete mediante distintos congelados.	23
7	Efecto de las velocidades de congelado en la estructura de las células de la trucha	23
8	Alkyl furanoide, estructura responsable del aroma a salmón	26
9	Diagrama de flujo del proceso utilizado en los ensayos	35
10	Medias y desviación estándar para el exudado total, para truchas, con las diferentes temperaturas de tratamiento	41
11	Medias y desviación estándar para el exudado total, para truchas, con los diferentes tiempos de tratamiento	42
12	Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para truchas, con las diferentes temperaturas de tratamiento	43
13	Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para truchas, con los diferentes tiempos	44

14	Medias y desviación estándar para el exudado producto, para truchas, con sus interacciones entre tiempo y temperatura.	45
15	Medias y desviación estándar para el exudado producto, para truchas, con sus interacciones entre tiempo y temperatura	45
16	Medias y desviación estándar para el exudado total, para Salmón Atlántico, con las diferentes temperaturas de tratamiento	47
17	Medias y desviación estándar para el exudado total, para Salmón Atlántico, con los diferentes tiempos de tratamiento	47
18	Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para Salmón Atlántico, con las diferentes temperaturas de tratamiento	48
19	Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para Salmón Atlántico, con los diferentes tiempos de tratamiento	49
20	Medias y desviación estándar para el exudado producto, para Salmón Atlántico, con sus interacciones entre tiempo y temperatura.	50
21	Medias y desviación estándar para el exudado producto, para Salmón Atlántico, con sus interacciones entre tiempo y temperatura	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo		Página
1	Distintos cortes del salmón	60

1. INTRODUCCIÓN

El ahumado es un proceso milenario para la preservación de alimentos así como para darles sabor. El principio original de la preservación de los alimentos a través de este proceso era por la combinación de una reducción en la actividad de agua y una actividad bactericida y antioxidante de los componentes del humo. El objetivo secundario eran el sabor y color.

Desde los primeros productos ahumados en donde sólo se buscaba preservar los alimentos han ocurrido importantes cambios en el consumo y la distribución de alimentos. Esto ha estado asociado con la industrialización y las mejoras en la producción. En este contexto, el salmón ahumado, el cual en un comienzo estaba catalogado como un producto de lujo, ha cambiado gradualmente hasta convertirse en un producto de consumo general.

Este producto se comenzó a producir en la década de los años veinte con un salado y un sistema de ahumado en frío muy básico, hoy se ha convertido en un producto industrial con un alto grado de desarrollo. Esto, acompañado con el desarrollo de la acuicultura, ha contribuido en el crecimiento comercial.

Pero junto con el crecimiento comercial, el mercado se ha vuelto más exigente con el producto, lo que ha llevado al estudio de los parámetros que afectan el ahumado del salmón para así poder entregar un producto de mayor calidad, siendo estos más importantes que la materia prima utilizada.

Dentro de los parámetros más importantes encuentran:

- Fileteado
- Recorte (Trimming)
- Contenido de materia grasa
- Tipo de salado
- Tipo de ahumado
- Tiempo y concentración de los insumos usados en los procesos
- Temperatura y humedad de los procesos de ahumado
- Materias primas

Hoy en día, entre un 40 y 50% de los salmones atlánticos Noruegos son consumidos ahumados. Dentro de este proceso una de las características de calidad es la capacidad de retención de líquidos, por lo que siempre se ha tenido particular cuidado en el tipo de materia prima y el proceso de ahumado.

Estudios recientes en este aspecto han demostrado la importancia del control del proceso de ahumado, es decir de los parámetros tales como tiempo, temperatura, tipos de salado, etc., ya que son estos los que pueden marcar la diferencia dentro del proceso para obtener los mejores resultados de un producto en particular.

Objetivo General

Establecer si el exudado post descongelado es afectado por los parámetros de tiempo y temperatura del ahumado en filete de salmón del atlántico y trucha, así como su aceptación.

Objetivos específicos

- Establecer el efecto de la temperatura y el tiempo de ahumado sobre la cantidad de exudado final.

- Establecer el efecto del tiempo y temperatura de ahumado sobre la aceptación del filete rebanado de salmón del atlántico y trucha.

Hipótesis

La hipótesis nula de esta investigación es que el cambio en tiempo y la temperatura de ahumado afectan de forma notoria el exudado de las rebanadas de salmón.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ahumado

El ahumado consiste en someter los alimentos a los efectos de los gases y vapores de partes de plantas incompletamente quemadas, generalmente de maderas (combustión lenta). El ahumado tiene como propósito el aumento de la capacidad de conservación y la modificación adecuada de la textura, el aspecto (color), el aroma y el sabor de los alimentos. En los productos cárnicos se suele combinar el ahumado con otros tratamientos; casi siempre con el curado, pero a veces también con el secado y/o cocción.

El ahumado de alimentos puede llevarse a cabo de varias formas; los dos principales métodos son el ahumado en caliente o en frío, pero además están el ahumado electroestático y el tratamiento con humo liquido.

El ahumado consiste en someter los alimentos a la acción del humo, mediante diferentes técnicas basadas en el tipo de humo y la temperatura (LÜCK, 1981; HAYES, 1993). Es así que si se toma la temperatura como referencia, existen según MÖHLER (1980), ahumado en frío (12ºC – 18ºC) con un efecto preservante pequeño y ahumado en caliente (50ºC – 70ºC) cuyo efecto preservante es significativamente mayor.

En el ahumado en frío la temperatura del humo es regulada por aire o por el paso del humo a través de un intercambiador de calor. La duración del proceso puede ser desde unas pocas horas hasta varios días. Para productos secos, la tasa de circulación de humo tiene que ser controlada ya que una circulación

muy alta puede causar la formación de una costra en la superficie lo que puede retardar el proceso de secado.

Por otra parte, en el ahumado en caliente el producto final es cocido por lo que la duración del proceso es más corto.

El ahumado, como técnica de preservación, se sustenta en tres factores básicos: deshidratación, temperatura y sustancias químicas presentes en el humo. La deshidratación, especialmente en el ahumado en caliente, es un mecanismo por el cual la actividad de agua de la carne se ve disminuida. La temperatura contribuye a eliminar microorganismos tanto patógenos como saprófitos, además de producir modificaciones en el sustrato, que suelen ser irreversibles y ejerce una influencia considerable sobre la absorción de las sustancias del humo. (MÖHLER, 1980).

Los alimentos más frecuentemente ahumados son las carnes, pescado y queso, además de algunos snack. Carnes y pescado cocidos en un fuego abierto están expuestos al humo durante la cocción, pero estos no son considerados como alimentos ahumados.

Los equipos utilizados para ahumar productos difieren en tamaño, forma y tecnología, según su aplicación, pero los principios básicos se mantienen constantes. (FIGURA 1)

2.1.1 Producción de humo. El humo que se requiere para ahumar los productos cárnicos se produce en dos etapas; por pirolisis, que consiste en la descomposición térmica de los componentes de la madera y en la formación de nuevos productos de reacción; y por oxidación, con aporte de aire, de dichos productos en descomposición. En general, el humo es producido por un aumento sustancial de la temperatura de la madera y a la vez limitando el

suministro de aire para así prevenir la combustión, pero permitiendo la pirolisis. La temperatura ideal para la generación de humo es entre los 200 a 400ºC. Este humo difunde o es impulsado sobre los alimentos que se quieren ahumar, con diferentes grados de control dependiendo de la tecnología disponible.

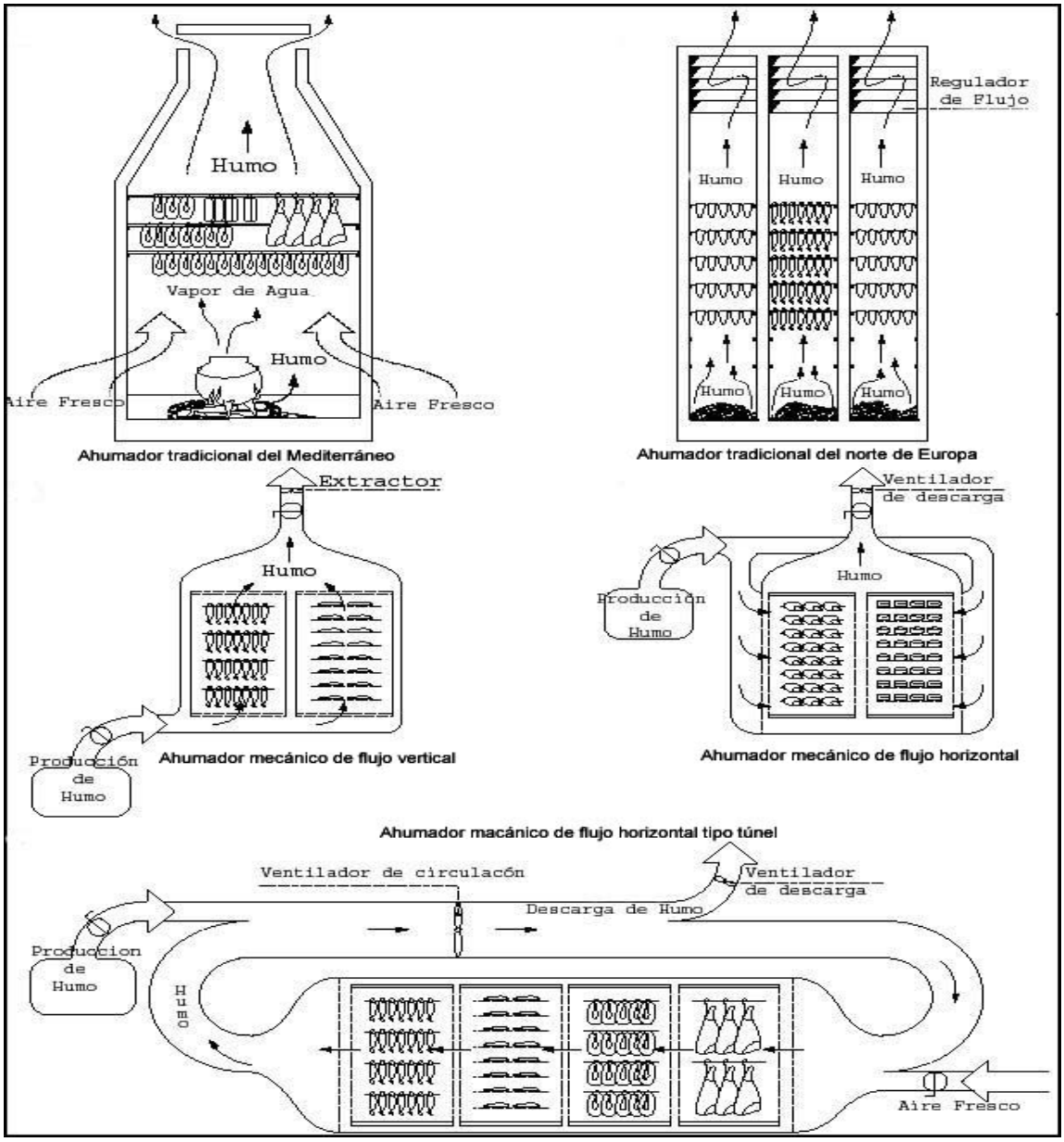


FIGURA 1. **Distintos tipos de ahumadores.**

FUENTE: VELHO (2003)

La descomposición de la madera, producto de la temperatura, puede ser influenciada por numerosos factores como la temperatura (CUADRO 1), la composición de la madera, cantidad de oxígeno presente, cantidad de vapor de agua presente en la pirólisis, humedad de la madera (CUADRO 5), etc. De todas estas variables, la temperatura es la más importante y varios de los constituyentes de la madera van reaccionando a distintas temperaturas.

CUADRO 1 Mecanismos de la formación de humo.

Pirolisis de la Madera	
Hasta los 170°C	Secado
200–260°C	Pirolisis de la Hemicelulosa
260–310°C	Pirolisis de la Celulosa
310–500°C	Pirolisis de la Lignina
Reacciones secundarias, por sobre los 200ºC	Oxidación, Polimerización, condensación, pirolisis

FUENTE: WOODS (2003).

Los componentes del humo se pueden dividir en cuatro grandes clases. Los componentes ácidos, que contribuyen al sabor y a la formación de un endurecimiento superficial, los componentes fenólicos que proveen sabor y capacidad de preservación, los carbonílicos que reaccionan con proteínas y otras fuentes de nitrógeno que le dan el color a ahumado de los alimentos y por último los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) que son la porción indeseable del humo, ya que son considerados cancerígenos. (SHAHIDI, 1998).

2.1.1.1 Composición del humo. En la formación del humo en la combustión de la madera, se supone que los productos de descomposición se encuentran en dos estados. Una de ellas es en forma de gas, en estado invisible, y la otra es en forma de partículas, visibles en forma de humo. Las sustancias que se

encuentran en estado gaseoso son aquellas que pasan fácilmente a gas a las temperaturas de combustión; mientras que las sustancias en estado de partículas son sustancias de punto de ebullición más alto o sustancias sólidas que, al contacto con el aire, dan lugar a aerosoles. La relación cuantitativa entre las sustancias gaseosas y en partículas en los gases son variables, en el caso de la madera oscila en torno a 1:10. Esta relación se modifica dependiendo del aporte de aire, del contenido de humedad en el aire, de la temperatura de combustión y de la temperatura de la cámara de ahumado. El humo frío contiene más partículas, y el humo caliente más sustancias en estado gaseoso.

Dentro de las sustancia gaseosas encontramos:

- Fenoles
- Ácidos orgánicos
- Carbonilos.

Dentro de las sustancias no volátiles, en forma de partículas, se encuentran:

- Alquitranes
- Resinas
- Cenizas
- Hollín

Uno de los grupos de sustancias más importantes son los fenoles. Poseen una acción bactericida y contribuyen a conferirles a los productos el típico aroma a ahumado (SEROT, 2004). También hay que mencionar aquí el guayacol, que presenta una acción bactericida, así como creéoslo (metilguayacol).

Los carbonilos son otro grupo importante de sustancias, sobre todo los aldehídos alifáticos. El representante más destacado de este grupo es el formaldehído, que es la sustancia del humo que mayor acción bactericida presenta.

El grupo de los ácidos carbónicos está representado en el humo principalmente por el ácido fórmico y el ácido acético. El humo de las maderas duras presenta, por el mayor contenido de éstas en hemicelulosa y celulosa, una proporción mayor de estos ácidos. El humo también contiene ácido benzoico. Estos ácidos orgánicos también ejercen una cierta acción bactericida. Los ésteres de los ácidos carbónicos alifáticos se cree juegan un papel en la formación de aroma. La presencia de ésteres de este tipo se ha detectado tanto en humo y en los condensados de humo.

En resumen los componentes del humo se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- Componentes ácidos: responsables del sabor y formación de la corteza
- Componentes fenólicos: responsables del sabor y la preservación del producto. (SEROT, 2004)
- Componentes carbonílicos: responsables de las reacciones con proteínas y otras fuentes de nitrógeno para dar el color a ahumado.
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos: fracción indeseable del humo.

Todo lo anterior se puede observar en el CUADRO 2

2.1.1.2 Factores que afectan la composición del humo. Composición de la madera. Los principales constituyentes de la madera son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina (FIGURA 2), los cuales se descomponen a distintas temperaturas y aportan una gama muy amplia de constituyentes al humo. La distribución de estos componentes es variable dentro de las distintas especies lo cual se aprecia en el CUADRO 3.

El primer componente importante de la madera que sufre una descomposición producto de la temperatura es la hemicelulosa, la cual se descompone a los 260ºC produciendo furano y sus derivados, así como una serie de ácidos carboxílicos alifáticos.

CUADRO 2. Mayores constituyentes del humo de madera y su función en los alimentos.

		Función / Importancia	
Grupo de compuestos	***Compuesto Químico***	***Componente Especifico (*)***	**Grupo**
Compuestos Carbonílicos	Formaldehído(*)	Antimicrobiano	Antimicrobiano
	Otros aldehídos		Formación de película superficial
	Alcoholes		
Compuestos Fenólicos	Fenol(*)	Antioxidante	
	Guaiacol	Antimicrobiano	Antioxidante
	Syringol		Formación de película superficial
	Eugenol		Potenciador de aroma
	Isoeugenol		Potenciador de sabor
	Acetosyringone		Colorante
	Syringaldehyde		
	Vanillin		
	Acetovanillone		
	Cathecol		
Compuestos Ácidos	Ácido Fórmico(*)	Antimicrobiano	Antimicrobiano
	Ácido Acético(*)	Antimicrobiano	
Hidrocarbonos	Benzo(a)pyreno(*)	Cancerigeno	Colorante
	Alquitrán		Formación de película superficial
	Benzo(a)anthracene		
	Benzo(b)fluoranthene		
	Dibenz(ah)anthracene		
	Indeno(1,2,3-cd)pyrene		
Terpenos	Hemiterpenos		Potenciador de aroma
	Sesquiterpenos		Formación de película superficial
	Triterpenos		

FUENTE: OGBADU (2004).

La hemicelulosa es el mayor componente de la pared celular de la madera. Las hemicelulosas son polímetros cortos con un grado de polimerización de 50 a

200, en contraste la celulosa es un polímero mucho más largo con un grado de polimerización de 500 a 15000. La celulosa es un homopolímero de la glucosa mientras que la hemicelulosa es un heteropolímero compuesto de muchos azucares y azucares modificados

Los productos principales producidos por la degradación de la hemicelulosa son los furanos y sus derivados, así como una serie de ácidos alifáticos carboxílicos. Estos componentes contribuyen a dar el sabor entre otras propiedades químicas del humo.

La celulosa es el siguiente mayor componente que sufre una descomposición. La pirólisis ocurre entre los 260 y 310ºC, lo cual produce carbonilos, ácido acético y sus derivados, junto con agua y ocasionalmente una pequeña cantidad de furano y fenoles.

La celulosa es el componente biológico más abundante del mundo, la cual es un polímetro de monómeros de glucosa. Los ácidos alifáticos y aldehídos son los componentes importantes contenidos en el humo que se producen por la descomposición de la celulosa. Son estos aldehídos los responsables por la formación de color en los productos ahumados.

La lignina es la porción más resistente a la destrucción térmica. Esta ocurre entre los 310 y los 500ºC y los productos derivados incluyen fenoles y esteres fenólicos junto con sus derivados. Por lo tanto si la temperatura usada es baja, la lignina puede que no sea totalmente degradada por lo que el humo resultante va a tener una composición química diferente a un humo producido a temperaturas más altas (HOLTZAPPLE, 2003).

La lignina es un importante componente de la madera que sirve como pegamento natural. Esta no solo mantiene las paredes celulares juntas sino que

sus propiedades hidrofóbicas previenen la pérdida de agua del sistema vascular de las plantas. La lignina es altamente resistente a la degradación enzimática por lo que protege a las plantas de ataques de insectos y microorganismos.

La pirolisis de la lignina produce una serie de fenoles que juegan un rol fundamental dentro del humo ya que son los responsables de dar el sabor a ahumado a los alimentos (CARDINAL, 2004). Esto se muestra en el CUADRO 4.

Las maderas duras en comparación a las blandas tienen un gran contenido de hemicelulosa en cambio las maderas blandas tienen una mayor proporción de pentosanos y una mayor cantidad de lignina.

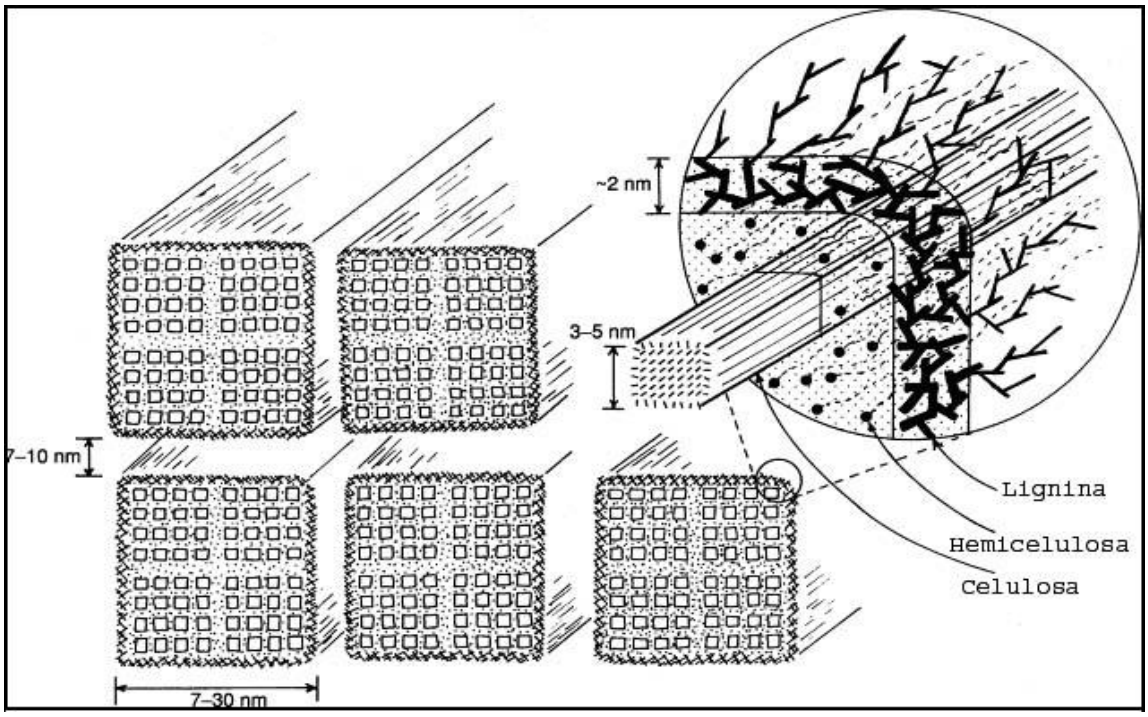


FIGURA 2. **Lignina, celulosa y hemicelulosa, su distribución en la madera**. FUENTE: HOLTZAPPLE (2003).

CUADRO 3 Composición de la madera y sus variaciones entre las especies.

	Celulosa (%)	Lignina (%)	Hemicelulosa (%)
Maderas duras			
Árbol de Aspen *Populus tremula*	53,3	16,3	26,2
Abedul papirífero *Betula papyrifera*	41,0	18,9	36,2
Arce Rojo *Acer rubum*	44,1	24,0	29,2
Maderas blandas			
Abeto *Abies balsamea*	44,8	29,4	23,6
Pino banksiano *Pinus banksiana*	41,6	28,6	25,6
Piceas Blancas *Picea Glauca*	44,8	27,1	26,1

FUENTE: WOODS (2003).

Las maderas duras generan más humos ácidos entre otras diferencias, debido a la diferencia estructural en la lignina y el mayor contenido de pentosanos en la hemicelulosa de las maderas duras. (FIGURA 3)

Humedad en el ahumador. Los componentes del humo entran al alimento principalmente por absorción en el agua intersticial del alimento, por lo menos en los alimentos de bajo contenido graso. La mayoría de los alimentos que son ahumados contienen alrededor de un 80% de humedad y tienen una alta actividad de agua, la cual va disminuyendo progresivamente durante el proceso de ahumado. Por lo que la absorción de los componentes del humo es mayor al inicio del ahumado y va disminuyendo a medida que el contenido de agua baja. La taza de pérdida de agua del alimento está fuertemente influenciada por la humedad del aire en el ahumador. Una mayor pérdida de agua por el uso de aire caliente y seco producirá un secado rápido de la superficie del alimento y una “piel firme” lo cual puede inhibir la absorción de los componentes del humo.

Por otro lado, una humedad excesiva en la cámara inhibirá el proceso de secado.

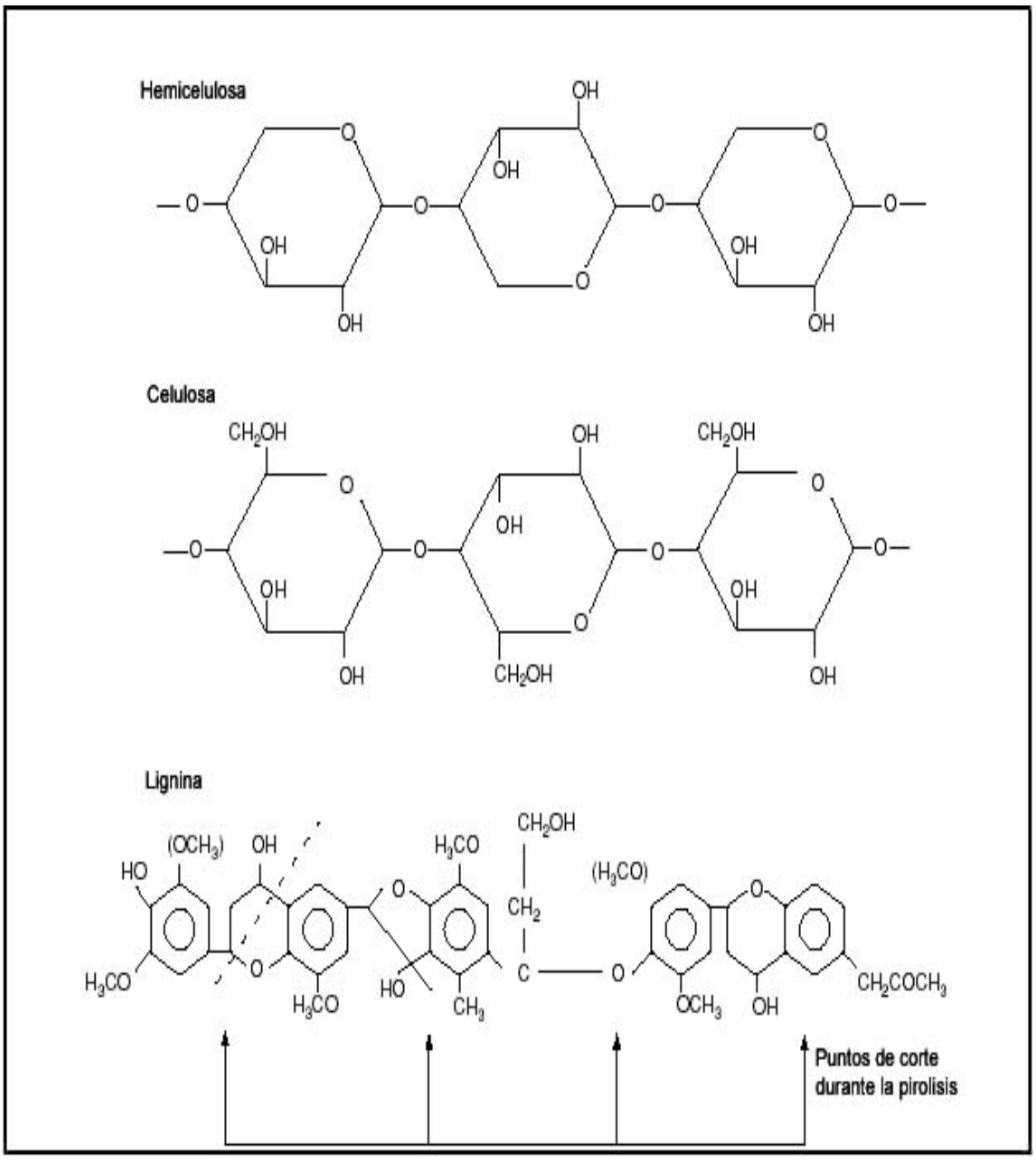


FIGURA 3. Constituyentes principales de las maderas "duras" y "blandas".

FUENTE: AHMAD (2003).

CUADRO 4. Evaluación sensorial de algunos Fenoles.

Substancia	*Concentración mejor evaluada (mg por 100ml)*	*Aroma*	*Sabor*
Guaiacol	3,75	Ahumado, aromático, fuerte, dulce	Picante, " salchicha ahumada aromática ", caramelo, seco
Syringol	7,5	Ahumado, picante, aromático, " salchicha ahumada", dulce	Ahumado, como madera recién carbonizada, como whisky, seco, agudo
4-Methyl-guaiacol	1,9	Caramelo, como la vainilla, a fruta, como canela, algo ahumada, tonos de fenol	Dulce, como la vainilla, parecida a un caramelo, aromática, agradable, ahumado, tonos a quemado
i-Eugenol	9,8	Dulce a fruta, como la vainilla, como ruibarbo, tonos de fenol	Tonos de humo dulces, a fruta, suaves, secos
o-Cresol	7,5	Dulce a fruta, aromático, como caramelo, tonos de cecina ahumada	Caramelo, de manera, ahumado desagradable, quemado
Dimethyl-phenol	0,9	Como la tinta, aromática, dulce	Algo carbonizado, dulce, seco

FUENTE: AHMAD (2003).

El humo también se ve afectado por la humedad presente en la madera, lo cual produce distintos componentes y en distintas proporciones dentro del humo.

CUADRO 5. **Influencia de la humedad de la madera en la composición del humo. Rendimiento por 100 g de aserrín de Asis.**

Humedad (%)	Condensados (g)	Fenoles (mg)	Ácidos (mg)	Formaldehído (mg)
1,8	28,2	236	3203	122
21,5	41,5	136	3288	81
24,5	43,5	100	3003	78
31,2	32,8	33	890	

FUENTE: WOODS (2003).

2.1.2 Hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAH). Estos poseen una relevancia especial. Hasta el momento se ha comprobado la existencia de más de 40 compuestos de este tipo en el humo, siendo algunos de ellos cancerígenos. Los PAH son un gran grupo de componentes orgánicos que contienen dos o más anillos aromáticos. (FIGURA 4)

En particular PAH se refieren a componentes que contienen sólo carbón y átomos de hidrógeno. Los PAH tienen una muy baja solubilidad en el agua, son solubles en muchos solventes orgánicos y son altamente lipofílicos, además de presentar puntos de fusión por debajo de los 200ºC.

El Benzo [α] pireno (BaP) es el componente más estudiado, además de ser el indicador de niveles de contaminación y riesgo de cáncer (MENICHINI 2003).

2.1.2.1 Formación de los PHA. Los PHA se forman durante la combustión incompleta o pirolisis de material orgánico como la madera, aceites, basuras.

En alimentos no procesados su presencia se asocia a una contaminación ambiental ya sea por partículas en el aire, suelo o agua. Pero en alimentos procesados esto se asocia a procesos térmicos ya sea cocción a fuego directo, frituras o ahumado (MENICHINI 2003).

2.1.2.2 Alimentos ahumados. Hay una gran variación en el contenido de PAH en los alimentos ahumados, incluso dentro de un mismo alimento. Esto debido a las variaciones en la formación del humo, lo que incluye temperatura de producción, tipo de madera, tipos de generadores de humo, tiempo de ahumado y contenido graso del alimento. En general, mientras mayor es la temperatura de ahumado, mayor es la formación de PAH.

La cantidad de PAH formada durante la cocción, depende del método usado. En particular la formación de PAH durante la cocción a fuego directo depende del contenido graso, tiempo de cocción, y temperatura. Ahora, la formación de los PAH puede ser por varias causas, la combustión incompleta de la fuente de calor, la transformación de algunos componentes del alimento como triglicéridos y colesterol o la más común que es la fusión de las grasas del músculo, la cual cae sobre la fuente de calor donde se piroliza produciendo PAH que son volatilizados y se depositan sobre la superficie de la carne (STOLYHWO 2005).

Para que la producción de estas sustancias cancerígenas sea lo menor posible se ha de trabajar con bajas temperaturas de combustión. En este sentido también es ventajoso producir el humo fuera de la cámara de ahumado, debido a que el humo, en su recorrido hacia la cámara de ahumado, experimenta un enfriamiento. Este enfriamiento provoca que la mayor parte de los hidrocarburos aromáticos policíclicos se depositen con el alquitrán sobre las paredes internas de la conducción, no alcanzando a los alimentos. También se evita así que caigan gotas de grasa sobre la madera en combustión (la combustión de la grasa, como ya se ha mencionado, produce una gran cantidad de hidrocarburos

aromáticos policíclicos). Otra posibilidad consiste en instalar filtros para retener este tipo de sustancias indeseadas (STOLYHWO 2005). Haciendo pasar el humo a través de agua se condensan los compuestos policíclicos, pero también otros componentes muy deseados del humo.

En resumen, si se realiza el ahumado con los materiales adecuados y con temperaturas de combustión no demasiado elevadas, si se produce el humo fuera de la cámara de ahumado y se enfría durante el recorrido hacia los alimentos, se puede contar con que no van a llegar a los productos hidrocarburos aromáticos policíclicos en cantidades peligrosas, tanto si se realiza el ahumado de forma intensiva en caliente como si se realiza de forma más lenta en frío. El contenido de benzo(α)pireno es entonces inferior a 1µg/Kg., que es un valor que hoy en día muchos países consideran como valor limite (MENICHINI 2003).

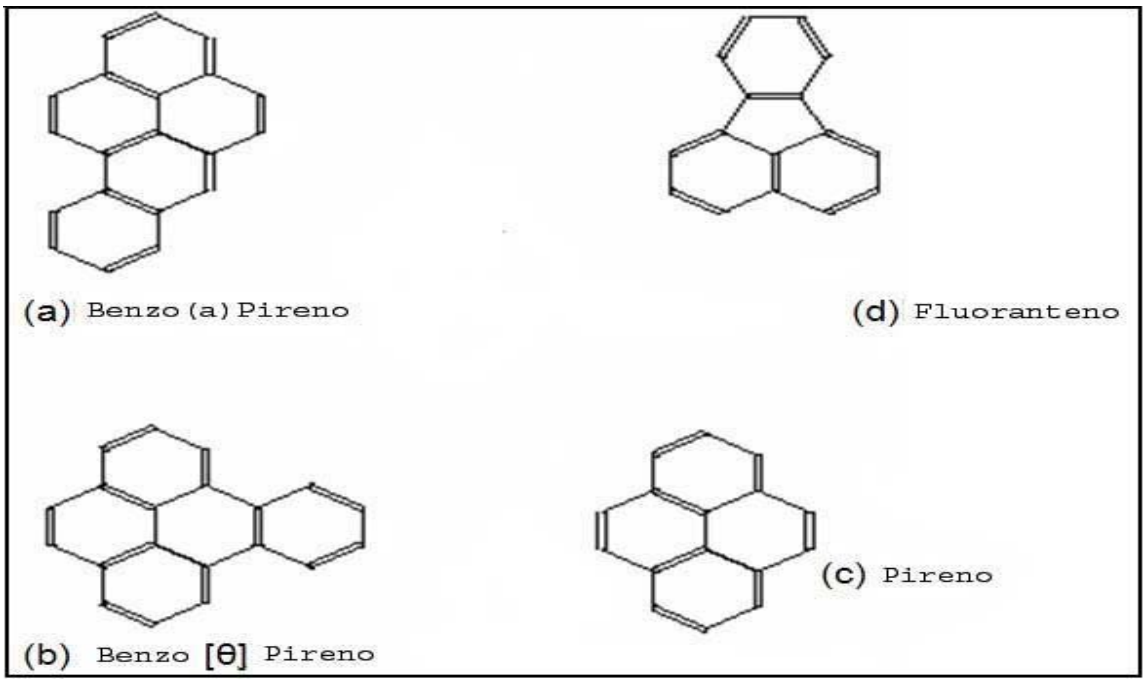


FIGURA 4. **Estructura de algunos hidrocarburos aromáticos policíclicos de importancia encontrados en el humo.**

FUENTE: AHMAD (2003).

2.1.3 Temperatura de ahumado. Al ir aumentando las temperaturas del ahumado se produce un incremento lineal en la pérdida de líquido desde el músculo, esto se explicaría ya que al aumentar la temperatura, la diferencia de humedad entre la superficie del producto y el ambiente de la cámara es mayor, lo que lleva a un incremento en la tasa de pérdida de líquido. Por otra parte al ahumar a temperaturas superiores a 40°C, producto de la desnaturalización de las miofibrillas, aumenta de forma significativa la pérdida de líquido, además de un notorio incremento de la fracción oleosa del líquido (ELVEVOLL, 1996).

Los principales cambios estructurales del músculo inducidos por acción térmica, se ilustran en la FIGURA 5 obtenida por OFSTAD, (1993). En la Figura 5 A (músculo crudo) los miofilamentos están separados por pequeños espacios y recubiertos por tejido conectivo. Al someter el músculo a temperaturas entre 20 y 30°C, el principal cambio estructural ocurre en el endomisio que rodea las células musculares. Las películas de endomisio (FIGURA 5 B) desaparecen y colágeno en forma liquida ocupa los espacios extracelulares. Según SIKORSKI, (1984), la desnaturalización y fluidización del colágeno ocurren entre los 20 a 40°C. En mamíferos, la desnaturalización térmica del colágeno produce liberación del agua intracelular y de glóbulos grasos. Por ello, la liberación de líquido entre los 20 y 35°C, es probablemente debido a la desnaturalización del colágeno, alterando las propiedades físicas de la película pericelular que actúa como sostén de los glóbulos grasos y representa una barrera física en la liberación de fluidos. Esto explicaría, según ELVEVOLL, (1996), la liberación de grasa a éstas temperaturas.

Los cambios en la estructura del colágeno durante el ahumado en frío, tendría algún efecto sobre el miosepto que también está en contacto con los depósitos de grasa (ZHOU, 2004).

Al aplicar temperaturas entre 45 a 50°C (FIGURA 5C), ocurre un encogimiento severo sobre las miofibrillas y consecuentemente la máxima liberación de líquido registrada. Al encogerse las miofibrillas, producto de la desnaturalización térmica, expulsan agua. Las fuerzas capilares se ven reducidas y el líquido pierde su fuerza de retención (OFFER, 1983).

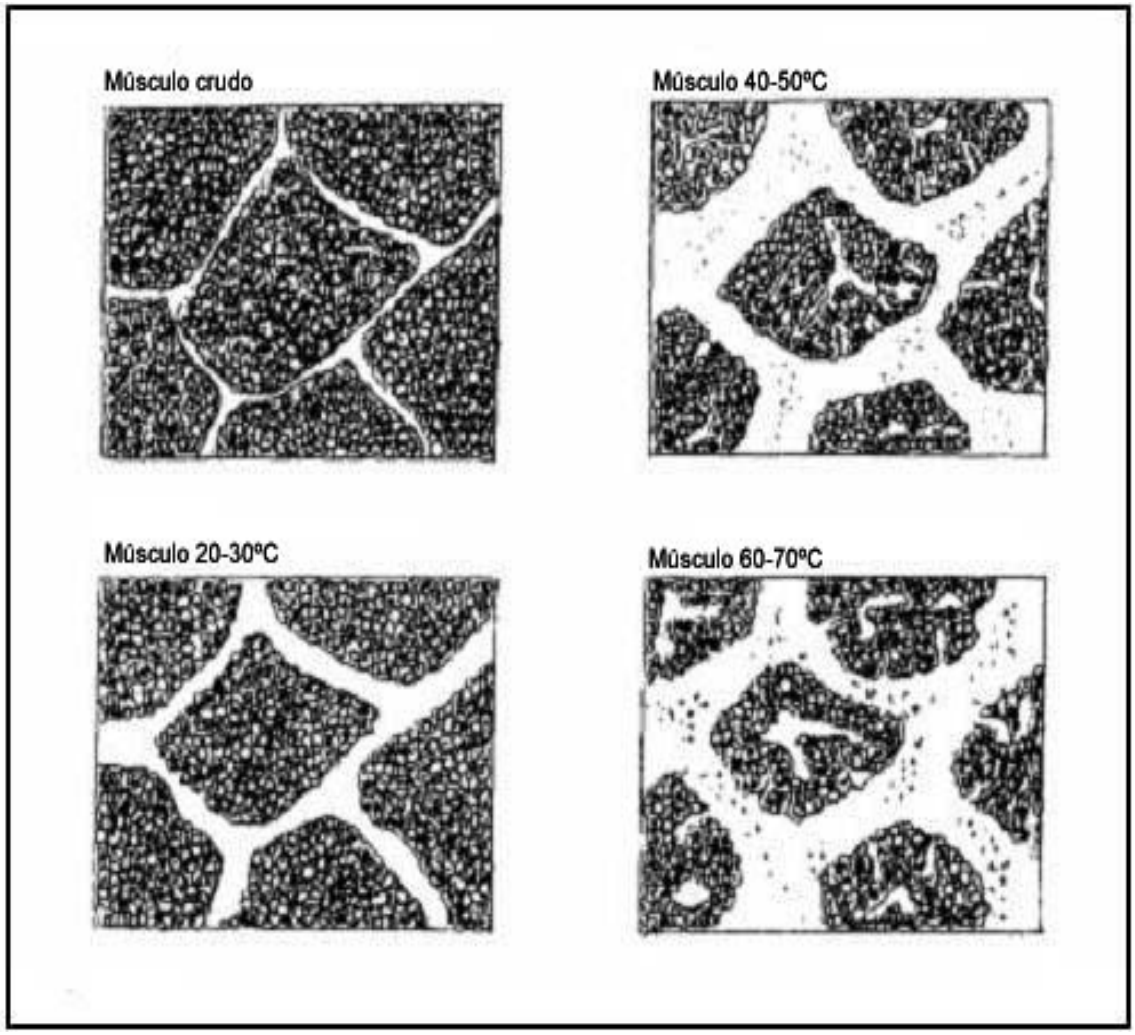


FIGURA 5. Cambios físicos en el músculo inducidos por acción térmica.

FUENTE: OFSTAD (1995).

A temperaturas elevadas (FIGURA 5 D), entre 60 a 70°C, se observa una estructura granular y una disminución en la liberación de líquido. Esto se debe a que a altas temperaturas, las proteínas sarcoplasmáticas al aglomerarse y mezclarse con gelatina, son capaces de formar una red capilar y retener agua (OFSTAD et al., 1995)

Para el ahumado en frío, según HULTMANN y BENCZE (2004) los cambios en la temperatura ya juegan un factor importante para la solubilidad y composición de las proteínas miofibrilares del salmón. Ya que al aumentar las temperaturas de ahumado se reduce la extractabilidad de las proteínas miofibrilares y su composición se ve afectada. Lo cual trae consigo un aumento en la fuerza de corte. Además la cantidad de agua en el músculo varía, los salmones ahumados a mayor temperatura tienen un contenido de agua menor y un leve incremento en el contenido de sal en la fase acuosa.

2.2 El congelado

El proceso de congelado es un factor determinante para poder obtener un producto de buena calidad. Es por esto que la tasa de congelado esta muy relacionada con parámetros de calidad finales.

La metodología y la técnica usadas para congelar juegan un rol muy importante en la preservación de la calidad de los productos congelados. La mantención de la característica “frescura” es el principal objetivo esperado por los consumidores de los productos congelados (NGAPO, 1999).

El mayor inconveniente del congelado es la formación de cristales de hielo, no tan solo porque afecten de forma mecánica la membrana de la célula, sino que

también se produce una denaturación de las proteínas debido al incremento de la fuerza iónica por la deshidratación de las fibras (SANZ, 1999).

Tasas bajas de congelado, tradicionalmente han dado como resultado una formación de cristales extracelulares de gran tamaño, lo que causa severos daños en los tejidos de los alimentos congelados. Por lo cual, mejorar el proceso de congelado esta usualmente asociado a aumentar la tasa de congelado, lo que se puede lograr con un sistema de refrigeración más eficiente. (BELLO, 1982) (FIGURA 6)

Según ZHU, (2004) demostró que hay una diferencia significativa en el exudado en los filetes de salmón congelados por el sistema convencional de aire forzado y el de congelado por nitrógeno liquido. El uso de nitrógeno liquido es un método ultra rápido de congelado, debido a la gran diferencia de temperatura entregada por el nitrógeno liquido (-195ºC), además de la rápida transferencia por la ebullición del nitrógeno.

En la FIGURA 7, se aprecian dos cortes de salmón congelados con distintos procesos. El corte de la izquierda muestra una estructura celular prácticamente intacta, gracias a un congelado muy rápido obtenido con nitrógeno. En cambio la figura de la derecha muestra un rompimiento de las paredes celulares debido al gran tamaño de los cristales que se forman por fuera de las paredes celulares, los cuales se forman en procesos de congelado más lentos.

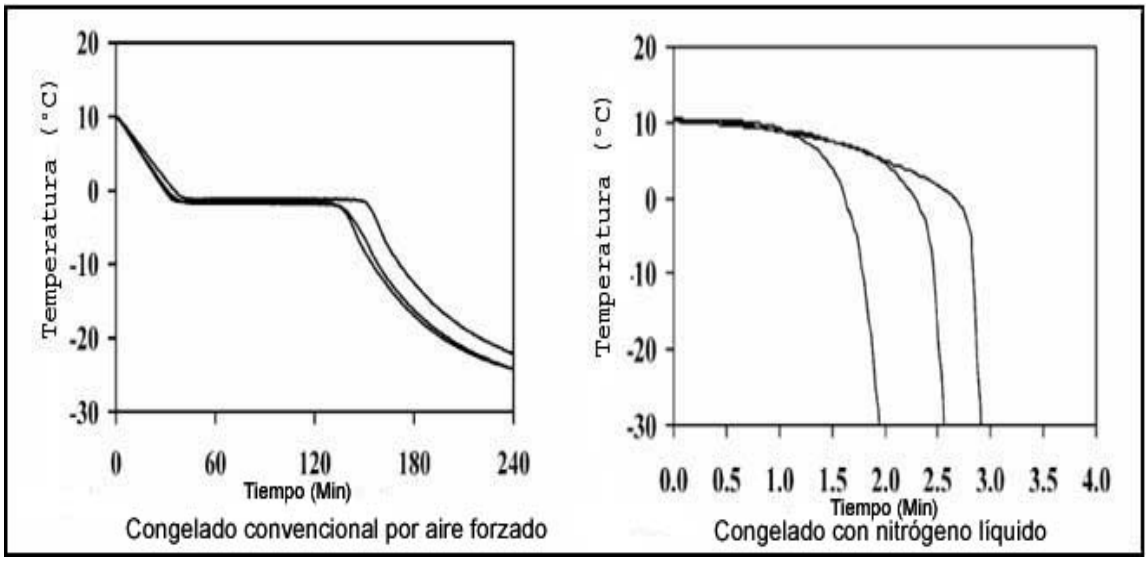


FIGURA 6. Temperaturas en el centro del filete mediante distintos congelados.

FUENTE: BELLO (1982).

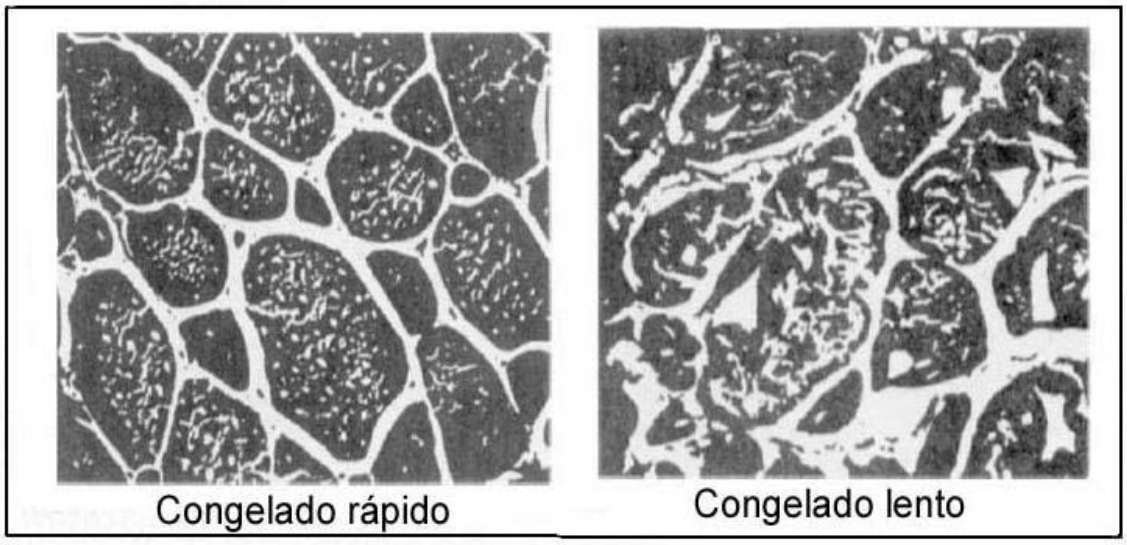


FIGURA 7. Efecto de las velocidades de congelado en la estructura de las células de la trucha.

FUENTE: ZHU (2004).

2.3 Secado

Desde un punto de vista físico, en el ahumado hay un proceso de secado que ocurre en la superficie del producto y consta de dos etapas de migración del agua: primero, la evaporación de agua superficial y luego la difusión del agua del interior del músculo hacia la superficie del filete (CHEFTEL y CHEFTEL, 1977). Uno de los factores que afecta los mecanismos de migración del agua dentro de la carne, es la composición química, en especial el contenido lipídico. La velocidad de difusión del agua en carne magra es más rápida que en un pescado graso, lo que conlleva a un secado más rápido y mayores pérdidas (CARDINAL, 2001).

El ahumado y secado a 20°C provoca mayores pérdidas que a 30°C. De hecho la humedad, en el interior de la cámara, es más fácil de controlar a 20°C obteniendo un secado favorable. El secado industrial, bien realizado, supone una diferencia de humedad relativa óptima de 10% entre la superficie del producto y el ambiente, la que puede ser asegurada a 20°C pero no a 30°C (KNOCKAERT, 1990, citado por CARDINAL et al, 2001). De hecho a 30°C la diferencia de humedad relativa está entre 15-20%, lo que acelera la evaporación superficial. En éstas condiciones, la velocidad de difusión del agua en pescado graso es menor que la velocidad de evaporación superficial, lo que provoca un desequilibrio y consecuentemente un endurecimiento superficial y con ello un bloqueo de la transferencia disminuyendo la pérdida de peso por evaporación. BIMBENET (1978), describió este fenómeno y notó que al disminuir la humedad relativa junto con aumentar la temperatura se alteran las curvas de secado. Se produce una concentración de solutos en la superficie de la carne que tapa los poros capilares y con ello la llegada de agua a la superficie, lo que impide completamente la evaporación de agua. Este efecto de endurecimiento superficial puede ser determinante en la calidad final del producto produciendo una disminución de la vida útil.

2.4 Aceptación del producto

Si bien los beneficios del ahumado en caliente son numerosos, hoy en día, este proceso ya no busca su función principal que es la conservación de los alimentos. Atributos como frescura, sabor apariencia y textura están por sobre la conservación del producto, por lo cual el ahumado en frío ha desplazado al ahumado en caliente (MARIT, 2000).

2.4.1 Textura. La textura de la carne en sí está asociada al estado de rigidez muscular, capacidad de retención de agua, grasa intramuscular y cantidad de tejido conectivo (WARRIS, 2000)

Productos Europeos ahumados en frío, por lo general tienen una textura que es suave y tierna, mientras los ahumados en caliente tienen una textura firme y una superficie seca, con un interior suave, siendo más suculentos mientras mayor sea el contenido graso.

Los factores determinantes en la textura son:

- Cantidad y tasa de pérdida de agua, mientras mayor sea la pérdida, más firme será la textura y mientras más rápida sea la pérdida, mayor será la diferencia de la textura entre el interior y el exterior del alimento.
- La cantidad de denaturación de tejido conectivo y estructural. La denaturación es mayor a mayor temperatura y a mayor contenido de sal, en el pescado en general es más susceptible que la carne.

2.4.2 Sabor salmón. El salmón es reconocido por tener un sabor muy distintivo, el cual puede ser descrito como “gusto a salmón”. Este sabor distintivo se cree esta asociado con los pigmentos carotenoides y otras sustancias lipídicas. Los carotenoides sirven como precursores para el sabor a salmón o modulan reacciones que convierten ácidos grasos o precursores lipídicos en componentes que dan el sabor tipo salmón. Este componente que da el aroma

es uno de los alkyl furanoides que se muestran en la FIGURA 8 (SHAHIDI, 1998).

FIGURA 8. Alkyl furanoide, estructura responsable del aroma a salmón.
FUENTE : SHAHIDI (1998).

2.4.3 Sabor a ahumado. El sabor producido por el ahumado de alimentos es una combinación de componentes sin reaccionar y reacciones humo–proteína. Los compuestos fenólicos son los mayores sin reaccionar que contribuyen al sabor a ahumado.

Muchos investigadores consideran que dentro de los compuestos fenólicos del humo, especialmente el 4-metil- guaiacol, guaiacol y eugenol son particularmente importantes al momento de dar los sabores a ahumado que son únicos en estos productos.

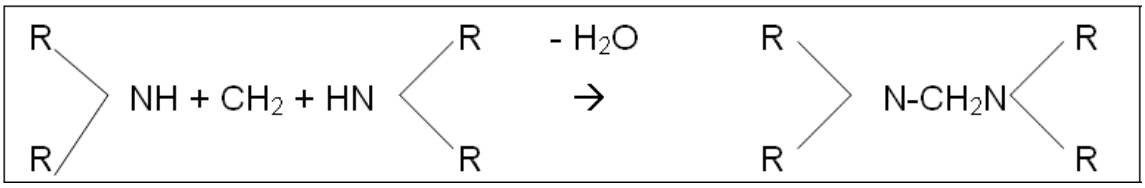
2.4.4 Contenido Graso. La palatabilidad es un factor determinante en la impresión final de un alimento. Si un alimento no tiene buen sabor, es muy poco probable que el consumidor vuelva a comprarlo. Es por esto, que es muy importante entender los parámetros que causan un mayor impacto en el momento de degustarlos. Esto ha sido bien estudiado en muchos alimentos de origen animal, y es el contenido de lípidos en la carne el cual ha sido identificado como el que causa un mayor efecto. WOOD, (1990) citado por ROBB (2002).

La aceptación del pescado está también determinada por su composición. KESTIN (1995) citado por ROBB (2002) muestra que el contenido de lípidos afecta la aceptación en el Salmón Atlántico. El incremento en el nivel de lípidos en el salmón fresco cocinado, esta asociado con un incremento en la aceptación general por el producto.

2.4.5 Formación de color en los alimentos ahumados. La mayor reacción que forma color en los alimentos, causada por el humo es la reacción de aldehídos con grupos aminos. Esta reacción es conocida como la reacción de Maillard. Dentro de los componentes del humo el Hidroxy acetaldehído es el agente activo de mayor pardeamiento en el humo.

En general las reacciones que ocurren para dar el color oscuro en el alimento ahumado son dependientes del tiempo y la temperatura, por lo que a mayor temperatura estas reacciones son más rápidas.

2.4.6 Efectos endurecedores del ahumado. La acción endurecedora del ahumado se debe al formaldehído y consiste en una concatenación de las macromoléculas proteicas por unión de dos grupos NH y una simultánea liberación de agua, lo cual se observa en la siguiente reacción:



Los complejos proteicos formados por acción del formaldehído presentan una solubilidad y una capacidad de imbibición muy reducida. Los aldehídos más elevados también poseen propiedades curtidoras, pero el endurecimiento es más débil (PRÄNDL 1994).

2.5 Microbiología

No solo los aspectos organolépticos son importantes en el producto final, la calidad microbiológica juega un papel fundamental en los productos ahumados. Sobretodo los productos que no están sometidos a altas temperaturas en ninguna etapa del proceso.

2.5.1 Aspectos generales. La estabilidad microbiológica de los alimentos ahumados depende de los ingredientes, aditivos y proceso. En un extremo tenemos los productos ahumados tradicionales, usualmente con un nivel de curado alto y ahumados, que pueden ser estables por un periodo de tiempo bastante largo (varios meses) a temperatura ambiente. En el otro extremo tenemos los productos que son curados suavemente y ahumados, su estabilidad depende de condiciones ajenas al alimento, como la refrigeración, el vacío o la atmósfera modificada. La duración de los productos ahumado en frío es mucho más corta, debido a que en ningún momento una temperatura de pasteurización es alcanzada durante el proceso.

Debido a las temperaturas y tiempos de proceso usados en el ahumado en frío, se producen las condiciones muy favorables para la proliferación de microorganismos. La mayoría de los productos ahumados vendidos en los países del occidente están sellados al vacío y mantenidos a una temperatura de refrigeración.

Productos ahumados en frío o cualquier producto ahumado en el cual las temperaturas de proceso no alcancen los 50ºC por un tiempo significativo, tienen una microflora residual diferente a los productos ahumados en caliente.

La temperatura alcanzada en el ahumado en caliente elimina a los microorganismos, pero no todas las esporas, por lo que lo más probable es que las esporas sean las causantes del deterioro.

En cambio, los productos ahumados en frío contienen una microflora representativa de la materia prima, por lo que las buenas practicas de manufactura son fundamentales, esto acompañado de otros sistemas de aseguramiento de calidad tal como el HACCP. Esto acompañado de un contenido de sal en la fase acuosa no inferior al 3% ayuda a evitar el crecimiento del *Crostridium botulinum*, entre otros microorganismos.

2.5.2 Listeria. El salmón ahumado en caliente o en frío, es un alimento listo para su consumo que por lo general es vendido en envases al vacío con una vida útil en refrigeración de algunas semanas. El contenido de sal, pH y actividad de agua están por lo general dentro de los rangos para el desarrollo de *Listeria monocytogenes.* (RORVIK, 2000)

Listeria monocytogenes es una de las principales preocupaciones en pescados ahumados. Esta es capaz de desarrollarse en concentraciones de sal superiores al 10% y a temperaturas tan bajas como 1ºC. Ya que los nitritos no son permitidos en los productos derivados de los peces en la Comunidad Europea, no hay proceso que evite su desarrollo en el ahumado en frío. Por lo que es fundamental en este tipo de productos usar materia prima de primera calidad, usar GMP, mantener la cadena de frío y reducir la vida útil a 3 semanas (en caso de no ser congelados) para mantener controlado los brotes de Listeria. En el caso del salmón ahumado en frío, envasado al vacío, este es un producto listo para comer, el cual es procesado por un método que no inactiva la *Listeria monocytogenes*. Después de procesado, el producto es envasado y almacenado por un periodo que difiere según si es congelado o refrigerado. Lo cual permite el potencial desarrollo de este microorganismo. Estos productos son comúnmente comidos sin un tratamiento térmico, con el riesgo de ingerir un producto contaminado con listeria. Sin embargo, no se han producido intoxicaciones por listeriosis, asociadas al consumo de salmón ahumado,

excepto un caso con un reducido impacto, el cual asociado a “Gravad”. BESSE (2004). El Gravad es salmón crudo, marinado.

Pero lo anterior no significa que no ocurra ya que una asociación entre una esporádica listeriosis y el consumo de salmón ahumado en frío es sugerida, basada en la caracterización de la listeria aislada de pacientes y de salmones ahumados en frío. Si bien el proceso de ahumado en frío no inactiva la *L. monocytogenes,* esta se ve disminuida notablemente, (CUADRO 6) pero se puede recuperar durante el periodo de almacenamiento. (RORVIK y CAUGANT, 1995).

En cambio, el ahumado en caliente es un proceso en el cual la combinación de temperatura y tiempo son bactericidas para *L. monocytogenes*. Esto fue confirmado en un estudio realizado por JEMMY, (1992). *L. monocytogenes* fue eliminada después del ahumado con una temperatura del centro del producto de 65ºC por 20 minutos, y no fue encontrada durante el almacenamiento por 20 días. POYSKY (1997), descubrió que si el ahumado es aplicado durante todo el proceso de calentamiento, la temperatura letal para la *Listeria monocytogenes* es de 67,2ºC.

Estos procesos aseguran la calidad de los productos ahumados en caliente, pero para los procesos de ahumado en frío, es fundamental tener un aseguramiento de calidad en toda la línea productiva ya que es la única forma de obtener un producto final de buena calidad microbiológica.

CUADRO 6 Ocurrencia de *Listeria monocytogenes (L.m.)* en filetes de salmón contaminados de forma natural, antes y después de ahumados, bajo diferentes condiciones en cuatro plantas procesadoras.

Planta procesadora	**Tiempo (h)**	**Temperatura (ºC)**	**Numero de muestras**	***L.m.* pos. antes del ahumado**	***L.m.* pos. después del ahumado**
A	3	20	25	6	0
B	10	19	65	52	6
C	4	20	30	24	9
C	7	20	30	21	4
D	6	22	50	5	0

FUENTE: RORVIK (1997)

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1 Materiales

Materia prima:

Salmón Atlántico (*Salmo salar*) y trucha (*Onchorhynchus mykiss*)

Sal

Azúcar rubia

Equipos:

Estufa Memmert, modelo ULE 600

Balanza Mettler Toledo, modelo PM300

Túnel Criogénico, Marca CES

Horno Ahumador, Marca Foodco

Rebanador Bizerba A400

3.2 Lugar de ensayo

El ahumado y posterior análisis de los salmones ahumados se realizó en la s instalaciones de la planta procesadora de salmones “Ventisqueros S.A.” ubicado en Río Negro-Hornopiren, X Región, Chile.

3.3 Preparación de las muestras

En la FIGURA 9 se indica el diagrama de flujo, el cual especifica los pasos utilizados en el procesos de ahumado de los salmones.

3.4 Diseño experimental

Para evaluar la respuesta del músculo a diferentes factores de procesos, se diseñó un experimento, el cual contó con tres factores:

- Especie a dos niveles: Salmón Atlántico(*Salmo salar*) y trucha (*Onchorhynchus mykiss*)
- Temperatura a 4 niveles: 14, 20, 25 y 30ºC
- Tiempo de ahumado a 2 niveles: 3 horas y 5 horas

Los filetes derechos fueron destinados al tratamiento de ahumado a por 3 horas.

Los filetes izquierdos fueron destinados al tratamiento de ahumado por 5 horas.

Los tratamientos del experimento se realizaron en triplicado, para lo cual se emplearon 60 truchas y 60 salares los cuales se distribuyeron en los diferentes tratamientos. En el CUADRO 7 se indican los tratamientos con sus respectivas claves.

La variable de respuesta será el exudado medido como masa en relación a la masa total del filete

3.5 Mediciones en terreno

- Medición de masa. Balanzas de precisión 1g.

3.6 Evaluación sensorial

Se utilizó un panel sensorial semi-entrenado de 9 jueces, evaluando aceptabilidad sensorial mediante escala hedónica estructurada de 9 puntos.

CUADRO 7. Tratamientos para trucha y salmón del Atlántico.

Clave	Cantidad de Filetes	Ahumado	
		Tiempo (horas)	Temperatura (°C)
TI-t1-14	15	5	14
TD-t2-14	15	3	14
TI-t1-20	15	5	20
TD-t2-20	15	3	20
TI-t1-25	15	5	25
TD-t2-25	15	3	25
TI-t1-30	15	5	30
TD-t2-30	15	3	30
SI-t1-14	15	5	14
SD-t2-14	15	3	14
SI-t1-20	15	5	20
SD-t2-20	15	3	20
SI-t1-25	15	5	25
SD-t2-25	15	3	25
SI-t1-30	15	5	30
SD-t2-30	15	3	30

TI = Trucha izquierda

TD = Trucha derecha

SI = Salmón izquierda

SD = Salmón derecha

t1 = 5 horas de humo

t2 = 3 horas de humo

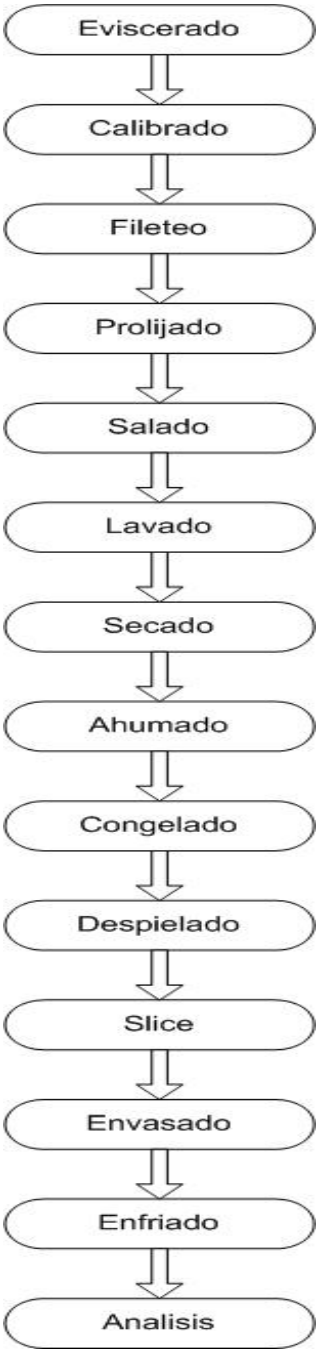


FIGURA 9. Diagrama de flujo del proceso utilizado en los ensayos.

3.7 Definiciones de las etapas involucradas en el proceso.

- Eviscerado: eliminación de todos los intestinos, y la cabeza
- Calibrado: Clasificación de los salmones ya eviscerados según su peso en kilogramos
- Fileteo: Corte del salmón en dos canales con la eliminación del esquelón y las aletas. Arreglo del corte según su destino (Anexo 1). En este caso los filetes de trucha y de salar quedan en Trim D.
- Repasado: Arreglo de los filetes, con cortes más precisos para obtener una buena presentación.
- Salado: Proceso en el cual los filetes son sometidos a la acción de la sal hasta alcanzar una concentración determinada. En este caso en particular se usó salado en seco.
- Lavado: Eliminación del exceso de sal.
- Secado: Eliminación de exceso de agua en la superficie del filete, para así evitar manchas en el proceso de ahumado por acumulación de agua.
- Ahumado: Consiste en someter los filetes a los efectos de los gases y vapores de la madera incompletamente quemada.
- Congelado: Proceso llevado a cabo con túnel criogénico, para disminuir al máximo la formación de cristales.
- Despielado: Eliminación de la piel. Trim E
- Envasado: Envasado al vacío en bolsas de polietileno.
- Análisis: Análisis de exudado total.
- Rebanado: Parte de las muestras son sometidas a un proceso de rebanado para su posterior análisis sensorial.
- Envasado: Envasado al vacío en bolsas de polietileno.
- Enfriado: Cortes rebanados son enfriados nuevamente para su posterior análisis

- Panel sensorial: Las rebanadas de salmón son analizadas por un panel semientrenado.

3.8 Procedimiento para el análisis del exudado total

Para determinar la cantidad de exudado de los filetes procesados, se empleo la siguiente metodología:

- Se descongeló a temperatura ambiente (18 a 20°C) por un tiempo no superior a 5 horas, las 19 horas restantes se descongelaron en el refrigerador a temperaturas de 7 a 9°C en posición vertical.

- Concluido este tiempo se procedió a mantener por un tiempo no mayor a 5 horas el filete en una estufa a 20 – 25°C.

- Una vez transcurrido el tiempo, cuando el filete esta ya descongelado, se pesaron y se registró como peso bruto (peso bandeja + bolsa).

- Se abrió la bolsa y con el papel absorbente (que ha sido previamente secado en estufa a 65°C por un tiempo de 12 horas verificando su peso constante, y registrando en él su peso seco en gramos) se seca el filete, logrando, en la medida que sea posible capturar el exudado de total del filete, de la bandeja y de la bolsa por lo demás.

- Se pesó la bolsa, y la bandeja y se descontó al peso bruto por diferencia estos valores, de esta forma se obtuvo el peso neto del filete.

- Se volvió a pesar el papel absorbente con exudado, y por diferencia de peso, se obtuvo el exudado total del filete.

- Los resultados se expresaron como gramos de exudado total por Kilogramo de filete.
- El papel utilizado en secar los filetes, se identificó claramente, indicando a cual filete corresponde.

- Con estos datos se puede calcular el porcentaje de exudado, por diferencia de peso (forma antes descrita) (RORA, 1999)

3.9 Análisis de datos

Para la comparación de los tratamientos de cada experiencia se realizó un análisis estadístico de Andeva usando un nivel de significancia de un 95% con el paquete estadístico Statgraphics 5.1. Para las diferencias significativas se uso el test de rango múltiple de Tukey al mismo intervalo de confianza de 95%.

4. PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos después de los experimentos con sus respectivas repeticiones son los siguientes:

CUADRO 8. Resultados obtenidos para el exudado total y la aceptación del producto final, para ambas especies con los diferentes tratamientos

Temperatura de ahumado	Tiempo de ahumado	Especie	Drip (*)	Aceptación (*)
14	5	Salar	6,52 ± 1,04	3,67 ± 0,58
20	5	Salar	3,80 ± 0,75	5,00 ± 0,00
25	5	Salar	5,07 ± 0,72	6,00 ± 0,00
30	5	Salar	12,48 ± 1,21	6,67 ± 0,58
14	5	Trucha	4,88 ± 0,95	7,00 ± 1,00
20	5	Trucha	4,93 ± 0,71	8,00 ± 0,00
25	5	Trucha	6,20 ± 0,99	8,67 ± 0,58
30	5	Trucha	8,67 ± 1,02	9,00 ± 0,00
14	3	Salar	6,28 ± 0,78	2,67 ± 0,58
20	3	Salar	4,73 ± 1,29	4,67 ± 0,58
25	3	Salar	5,72 ± 0,86	5,33 ± 0,58
30	3	Salar	13,83 ± 1,16	5,67 ± 0,58
14	3	Trucha	4,63 ± 0,41	6,33 ± 0,58
20	3	Trucha	4,99 ± 0,54	6,67 ± 0,58
25	3	Trucha	5,58 ± 0,48	7,33 ± 0,58
30	3	Trucha	7,54 ± 1,20	7,67 ± 0,58

(*) Valor representa la media de tres repeticiones y su desviación estándar.

4.1 Resultados obtenidos para la especie trucha (*Onchorhynchus mykiss)*

En este capítulo se presentan los resultados del experimento relativo a la especie trucha, tanto para las variables estudiadas como para sus interrelaciones.

4.1.1 Efecto de la temperatura sobre el exudado de las truchas. Como se observa en la FIGURA 10, al ir aumentando la temperatura, el exudado se incrementa, dando un máximo de exudado con temperaturas de 30ºC, lo cual concuerda con BIRKELAND (2004). Cabe destacar que los resultados obtenidos a temperaturas de 14, 20 y 25ºC se presentan como un grupo homogéneo, es decir sin diferencias estadísticamente significativas con un nivel de 95% de confianza, siendo el exudado a 30ºC el único grupo distinto. Esto concuerda con los resultados obtenidos por SIGURGISLADOTTIR (2000), quien comparó el rendimiento de los filetes ahumados con dos niveles de temperatura, 20 y 30ºC.

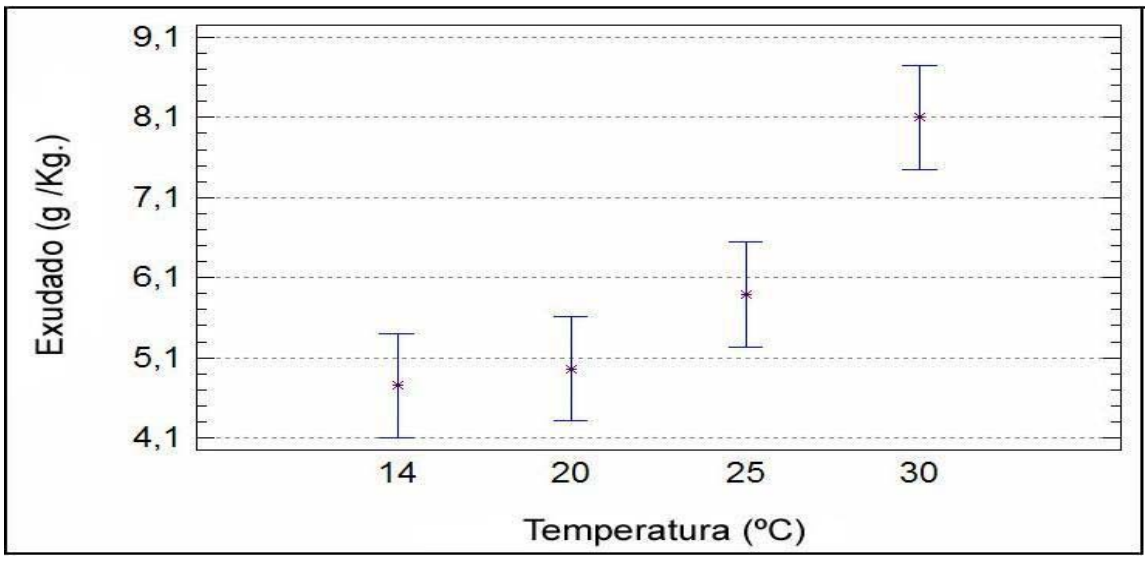


FIGURA 10. Medias y desviación estándar para el exudado total, para truchas, con las diferentes temperaturas de tratamiento.

4.1.2 Efecto del tiempo sobre el exudado de las truchas. El tiempo de ahumado en las experiencias realizadas indican que no hay una diferencia significativa en exudado (FIGURA 11), manteniéndose para ambos tiempos un nivel de exudado de 5.7 a 6.2 gramos por kilo. Esto se podría deber a que la diferencia en el tiempo de proceso no es la suficiente. Tal vez con tiempos más prolongados si se apreciarían cambios notorios en el exudado.

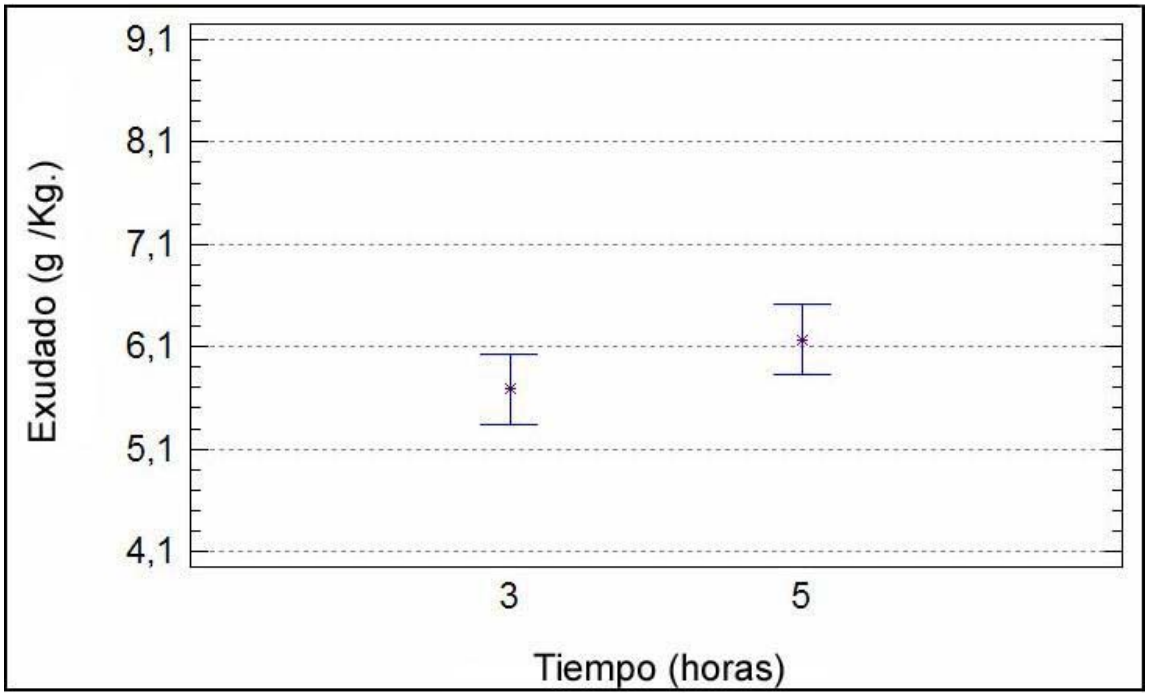


FIGURA 11. Medias y desviación estándar para el exudado total, para truchas, con los diferentes tiempos de tratamiento.

4.1.3 Efecto de la temperatura sobre la aceptación de las truchas. Los resultados obtenidos indican que la aceptación de la trucha se incrementa al aumentar la temperatura de proceso. Los mejores resultados se obtuvieron con la trucha ahumada 30ºC, y los más bajos a 14ºC. De los resultados se desprende que el proceso a 25 y a 30ºC, se presenta como un grupo homogéneo, lo mismo pasa con las temperaturas 14 - 20ºC y 20 - 25ºC. Lo cual indica que el consumidor no es capaz de notar diferencias si el proceso de

ahumado tiene una variación de 5ºC, lo cual facilita el proceso en sí ya que no es necesario un control tan estricto en lo que a temperatura se refiere. (FIGURA 12)

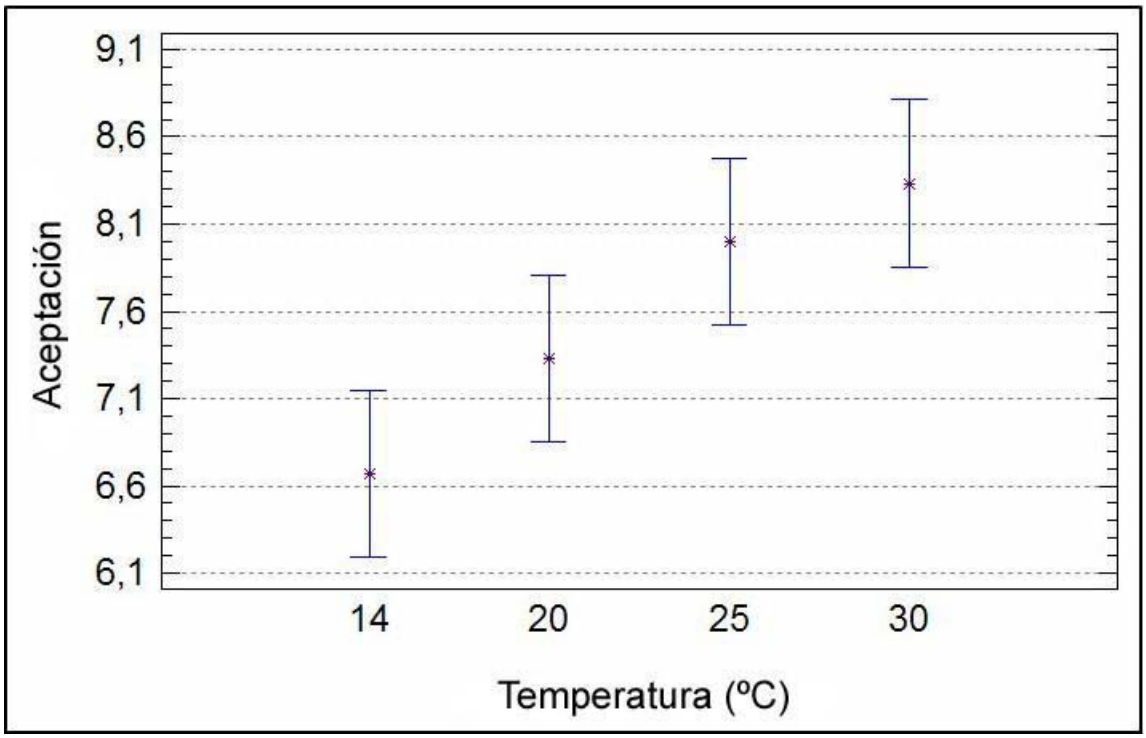


FIGURA 12. Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para truchas, con las diferentes temperaturas de tratamiento.

4.1.4 Efecto del tiempo sobre la aceptación de las truchas. El tiempo de proceso jugó un papel fundamental en el caso de la aceptación del producto final, dando diferencias significativas entre los tiempos de ahumado, en promedio más de un punto de diferencia en la aceptación del producto. (FIGURA 13)

Esto está relacionado con la exposición del producto al humo ya que procesos más largos presentan sabores más intensos, lo cual es una de las características buscadas en productos de este tipo. Por otro lado, los procesos

más largos favorecen la coloración de los filetes, los cuales se presentan mucho más atractivos al consumidor.

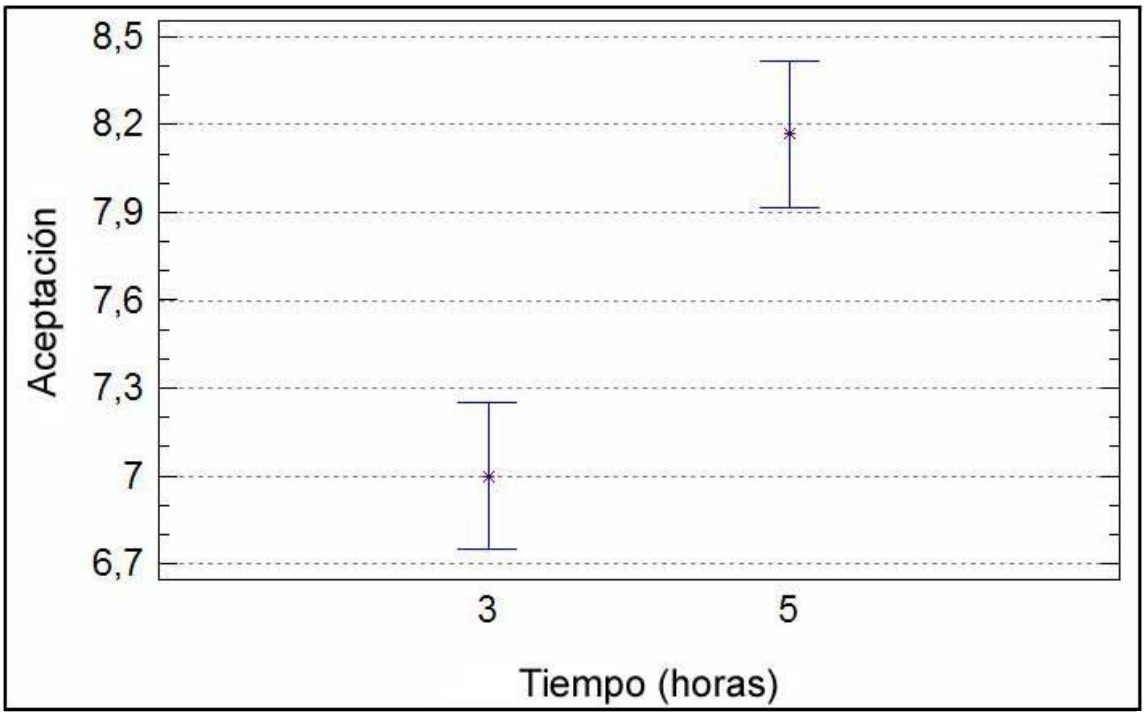


FIGURA 13. Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para truchas, con los diferentes tiempos de tratamiento.

4.1.5 Interacciones entre el tiempo de ahumado y la temperatura para el exudado de las truchas. Los pares tiempos y temperatura no se comportaron de la misma manera durante todo el proceso. A medida que se emplean temperaturas más altas, las diferencias de exudado entre los tiempos se incrementan. Llegando al punto en que el proceso a 30ºC por 5 horas es estadísticamente diferente a todos los otros, lo cual no sucede con el proceso a 30ºC por 3 horas, ya que este se comporta de la misma manera que el proceso a 25ºC por 3 y 5horas. (FIGURA 14)

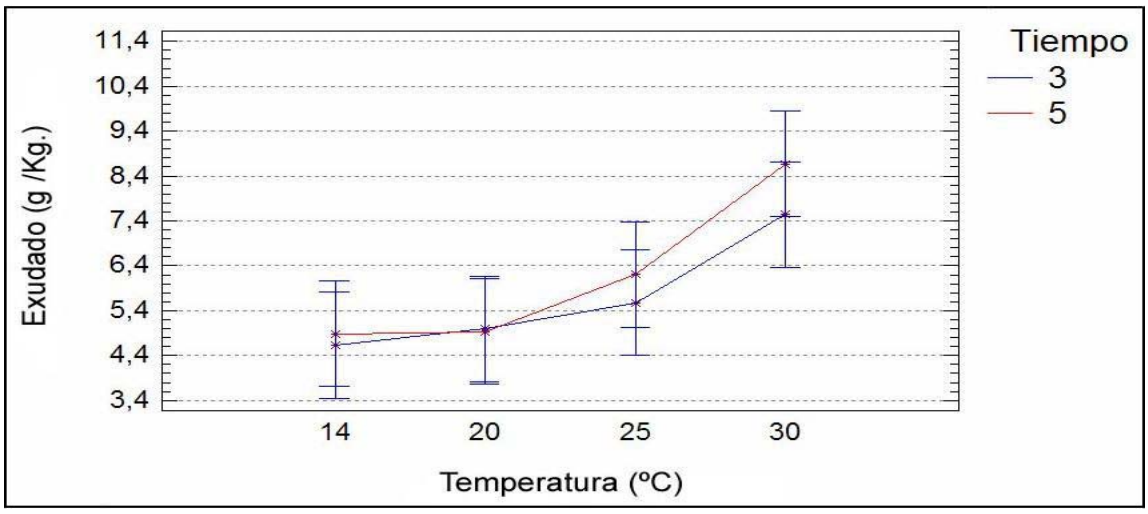


FIGURA 14. Medias y desviación estándar para el exudado producto, para truchas, con sus interacciones entre tiempo y temperatura.

4.1.6 Interacciones entre el tiempo de ahumado y la temperatura para la aceptación de las truchas. Al ir cambiando las temperaturas de procesos no se observan variaciones entre los distintos tiempos, es más, los pares tiempo y temperatura no indican diferencias significativas entre sí. Solo el proceso por 5 horas a 30ºC indica una diferencia con el proceso a 14ºC por 3 horas. (FIGURA 15)

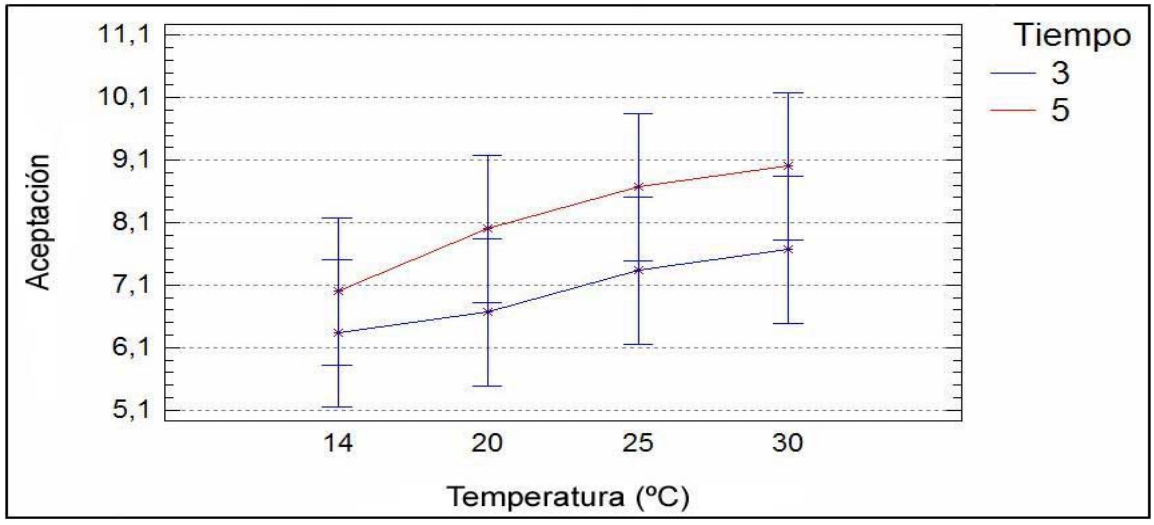


FIGURA 15. Medias y desviación estándar para el exudado producto, para truchas, con sus interacciones entre tiempo y temperatura.

4.2 Resultados obtenidos para la especie Salmón Atlántico (*Salmo salar*).

En este capítulo se presentan los resultados del experimento relativo a la especie salmón del Atlántico, tanto para las variables estudiadas como para sus interrelaciones.

4.2.1 Efecto de la temperatura sobre el exudado del Salmón Atlántico. En la FIGURA 16 se observa que al ir aumentando la temperatura de 14 a 20°C el exudado baja, luego este comienza a aumentar levemente para obtener un máximo de exudado a los 30°C. Si bien a temperaturas intermedias (20-25ºC) se obtuvo el menor exudado, en estas temperaturas no se pudieron obtener diferencias significativas, presentándose como grupos homogéneos. Las diferencias se encuentran entre 14 -20ºC y 30ºC que son completamente distintas a todas las anteriores. Si bien estos resultados no concuerdan con los obtenidos por CARDINAL (2001), quien obtuvo un rendimiento mayor a 30ºC. Cardinal indica que estos se debe a que a mayor temperatura, es más difícil controlar la humedad dentro de la cámara de ahumado por lo que una baja en este parámetro provocaría una formación de costra en la superficie lo que impediría la eliminación de agua durante el proceso. En este caso al emplearse tiempos mas prologados que los usados por Cardinal, esta disminución del rendimiento se debería a no tan solo la pérdida de agua del filete sino que también al exudado graso. Cabe señalar que en las temperaturas más bajas el salar se comporto de manera similar que la trucha, pero a temperaturas de 30ºC las diferencias son de casi 5 gramos por kilo.

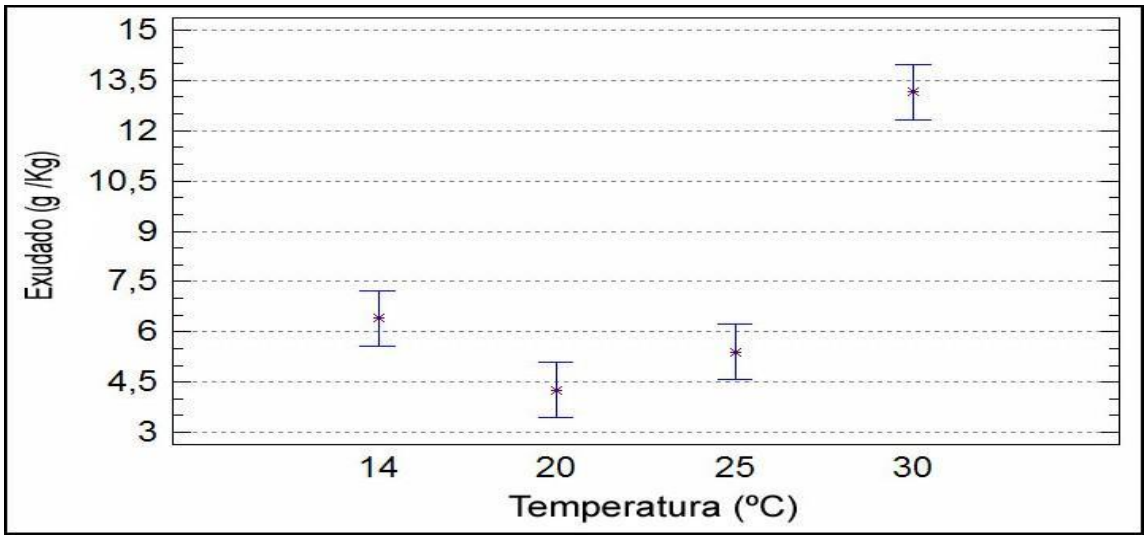


FIGURA 16. Medias y desviación estándar para el exudado total, para Salmón Atlántico, con las diferentes temperaturas de tratamiento.

4.2.2 Efecto del tiempo sobre el exudado del salmón Atlántico. Al igual que en las truchas, el tiempo no jugó un papel determinante en el exudado total, lo cual rechaza la hipótesis de que los tiempos empleados afectan notoriamente el exudado.

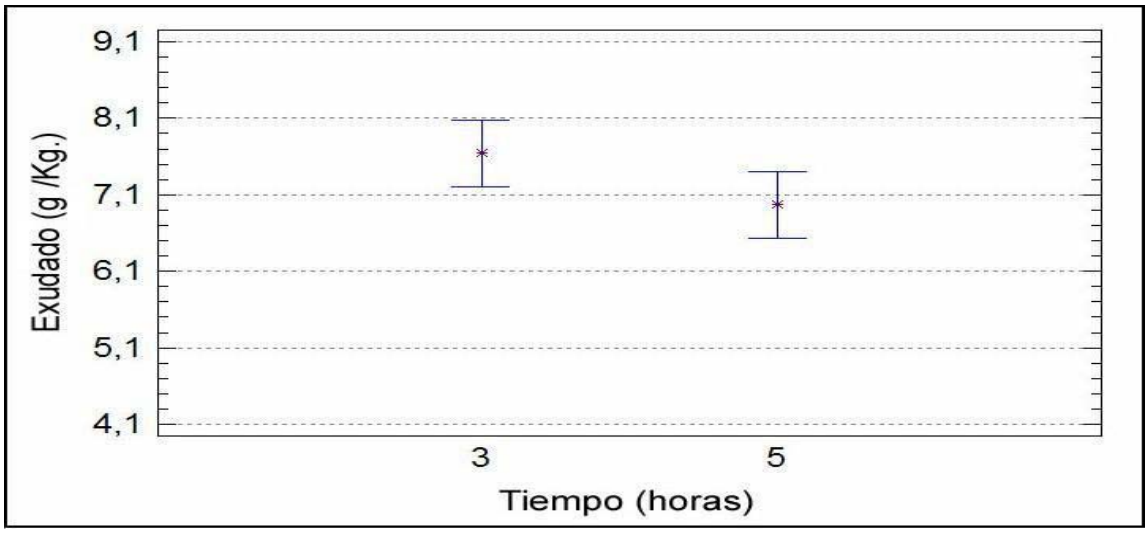


FIGURA 17. Medias y desviación estándar para el exudado total, para Salmón Atlántico, con los diferentes tiempos de tratamiento.

4.2.3 Efecto de la temperatura de ahumado sobre la aceptación del salmón Atlántico. Al igual que en las truchas, al aumentar la temperatura se obtuvo un producto más aceptado, pero no lo suficiente ya que en general los puntajes obtenidos para el salar son deficientes (FIGURA 18). Esto concuerda con ROBB (2001) quien señala que el contenido graso de los salmones juega un papel fundamental en la aceptación del producto. Ahora, al preguntar a los panelistas él por qué el bajo puntaje, ellos en general respondían que se debía a un bajo sabor a ahumado o porque el producto esta desabrido.

Por otro lado, los panelistas también pudieron haberse visto influenciados por la diferencia de color que existe entre las dos especies. Siendo el Salar inferior que la trucha, lo cual jugaría de forma negativa en la aceptación de estos filetes al aparecer más “blancos”, lo que haría recomendable un análisis sensorial con bloqueo de color.

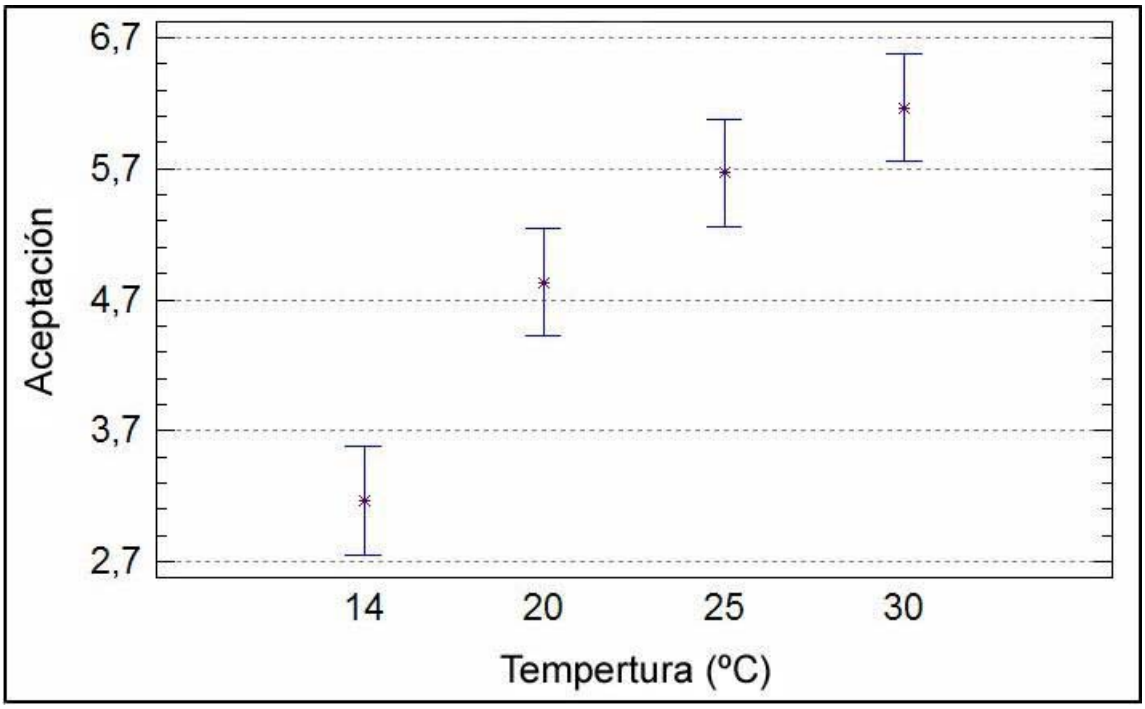


FIGURA 18. Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para Salmón Atlántico, con las diferentes temperaturas de tratamiento.

4.2.4 Efecto del tiempo de ahumado sobre la aceptación del salmón Atlántico. Los resultados obtenidos en la aceptación del producto según su tiempo de ahumado son muy similares, es decir, no se obtuvo una gran diferencia como en las truchas los cuales reportaron una diferencia de aproximadamente 1.2 puntos en la escala hedónica, mientras que en el salar esta diferencia fue tan solo de 0.8 puntos. El comportamiento de la aceptación fue similar al de las truchas, a mayor tiempo de ahumado, mejor aceptación, esto por el sabor a ahumado del producto final. (FIGURA 19)

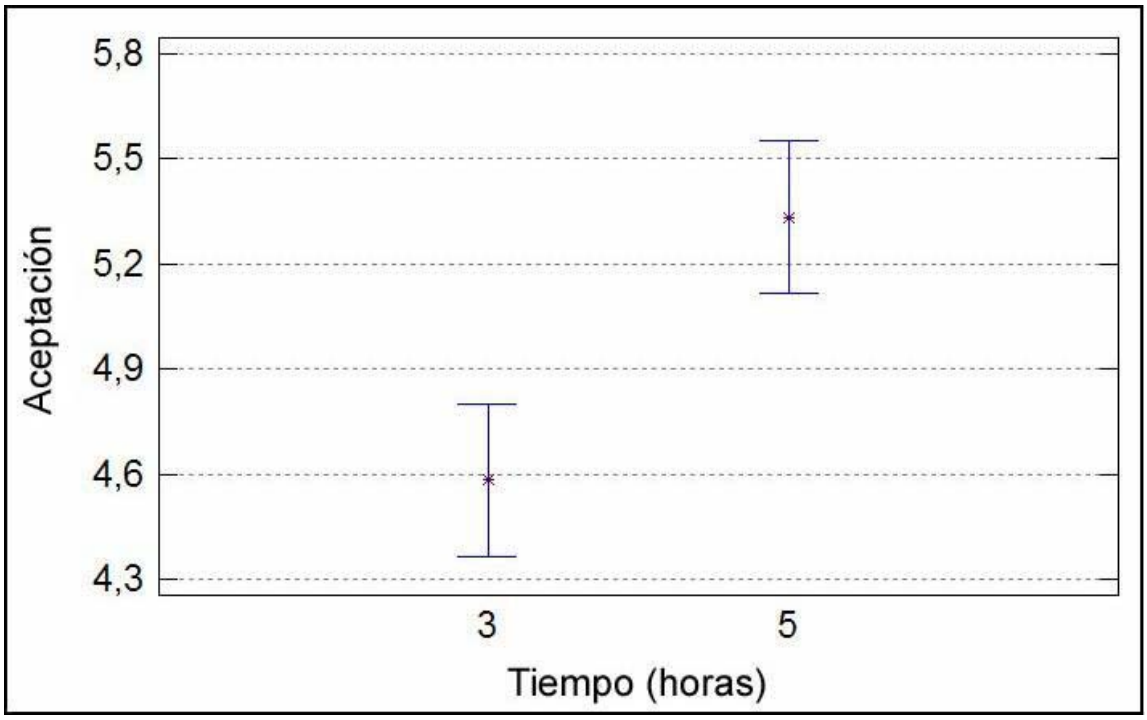


FIGURA 19: Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para Salmón Atlántico, con los diferentes tiempos de tratamiento.

4.2.5 Interacciones entre el tiempo de ahumado y la temperatura para el exudado del salmón Atlántico. Los pares tiempo temperatura para el exudado se presentan muy similares a lo largo del proceso, comportándose de manara homogénea para cada par. (FIGURA 20)

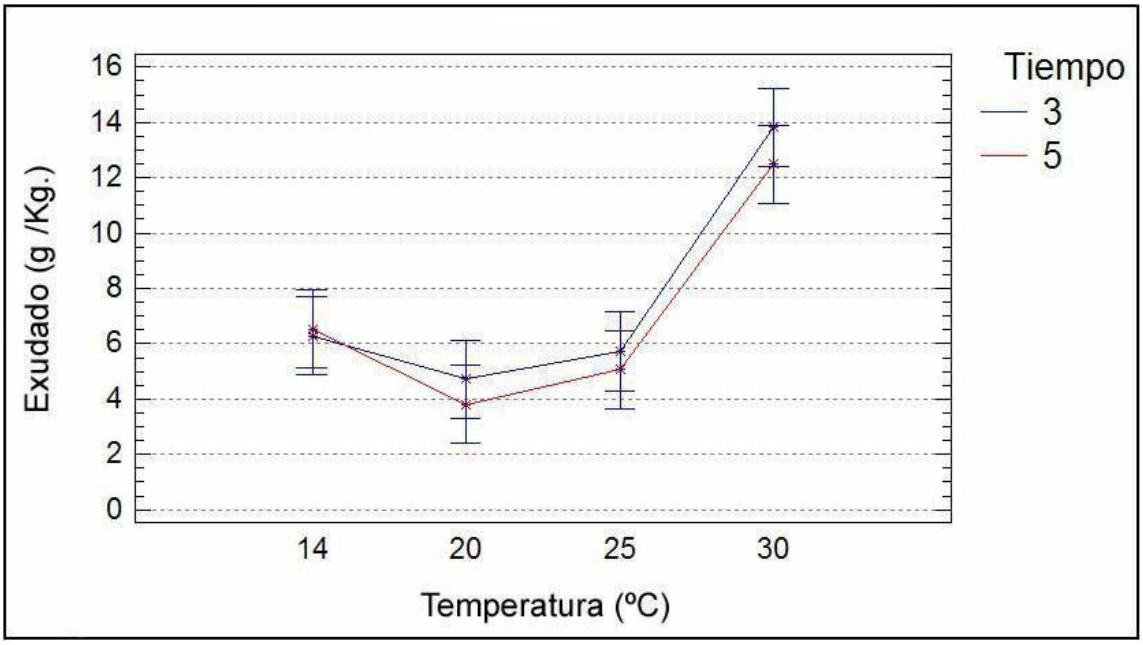


FIGURA 20. Medias y desviación estándar para el exudado producto, para Salmón Atlántico, con sus interacciones entre tiempo y temperatura.

4.2.6 Interacciones entre el tiempo de ahumado y la temperatura para la aceptación del Salmón Atlántico. Los pares tiempo y temperatura se presentan de manera similar para la aceptación del producto, no presentándose grandes diferencias entre ellos. En general, si se observan los resultados obtenidos en la aceptación de las truchas, ésta es mucho mejor que los resultados obtenidos por el salar. Lo cual concuerda con los resultados obtenidos por ROBB (2002), quien demostró que la aceptación del salmón está directamente relacionado con su contenido graso. Salmones con un contenido graso superior son mejor evaluados por el consumidor. En este caso, la diferencia en el contenido graso puede estar afectando al panelista dando un mejor sabor, ya sea por la composición de los salmones o por su capacidad de retener distintos compuestos desde el humo en la carne.

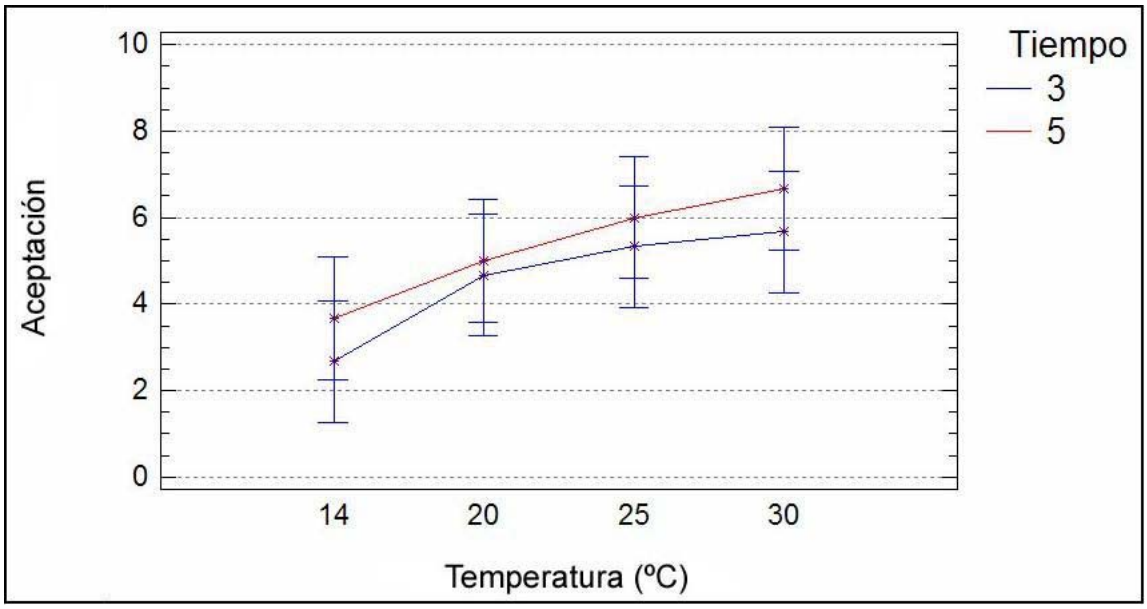


FIGURA 21. Medias y desviación estándar para la aceptación del producto, para Salmón Atlántico, con sus interacciones entre tiempo y temperatura.

5. CONCLUSIONES

Si bien se pudo demostrar que las temperaturas de ahumado afectan notoriamente el exudado de los filetes de las dos especies de salmón, no pudo demostrarse que el tiempo afectara notoriamente a este defecto.

Para la aceptación de los filetes de salmón, el tiempo y la temperatura juegan un papel fundamental, obteniéndose resultados óptimos con temperaturas altas y procesos más largos.

La aceptación de los filetes es inversamente proporcional al exudado ya que con tiempos máximos la aceptación del producto fue la mejor, pero el defecto exudado también obtuvo los niveles más altos.

Para la especie Salar, seria recomendable usar periodos de ahumado aun más prolongados, ya que esta especie es la que obtuvo resultados generales más deficientes en lo que aceptación se refiere. Periodos más prolongados de ahumado podrían jugar un papel fundamental en su aceptación, esto acompañado de una temperatura de 20ºC, para así asegurar un bajo exudado.

Los resultados obtenidos indican que las temperaturas juegan un papel fundamental en el exudado.

Para obtener un resultado ideal, que seria un mínimo de exudado con un máximo de aceptación, los filetes de salmón debieran ahumarse a 25ºC por un tiempo de 5 horas, independiente de la especie.

6. RESUMEN

El crecimiento de la industria del salmón en los últimos años ha llevado a que se busquen nuevas y mejores alternativas para dar al producto final un mayor valor agregado. En este aspecto el salmón ahumado a tenido un gran desarrollo, pasando de un producto catalogado como de lujo a ser un producto de consumo general.

Dentro de las características no deseadas del producto terminado se encuentra el exudado. Este defecto se presenta por diversas razones, ya sean por motivos de materia prima o de proceso.

Se estudió el efecto de las temperaturas y los tiempos de ahumado sobre el exudado de los filetes de dos especies de salmones, Salmón Atlántico (*Salmo salar*) y trucha (*Onchorhynchus mykiss*), así como la aceptación del producto final. Los factores estudiados fueron las temperaturas de ahumado en cuatro niveles, 14, 20, 25 y 30°C y los tiempos de proceso en dos niveles, 3 y 5 horas, esto para cada especie.

Los tiempos de proceso no afectaron notoriamente el exudado, pero si la aceptación del producto. Tiempos de proceso más prolongados fueron mejor evaluados para ambas especies. Las temperaturas de ahumado marcaron la diferencia, ya que las temperaturas más altas de proceso presentaron la mayor cantidad de exudado, pero también fueron las mejor evaluadas. Para obtener un resultado ideal, que seria un mínimo de exudado con un máximo de aceptación, los filetes de salmón debieran ahumarse a 25°C por un tiempo de 5 horas, independiente de la especie.

SUMMARY

The grow of salmon industry in the last years had taken to search new and better alternatives to give to the final product a higher added value. In this aspect smoked salmon had a great development, passing from a luxury product to be a product of general consumption.

One of the not wanted characteristics of the smoked salmon is the drip. This defect is presented by diverse reason, for raw matrial or of process.

The effect of temperatures and time of smoking over the drip of the fillets were studied for two species of salmon, Atlantic salmon (*Salmo salar*) and trout (*Onchorhynchus mykiss*), as well as the acceptance of the final product. The studied factos were the temperatures of smoking at four levels, 14, 20, 25 and 30°C and the times of process at two levels, 3 and 5 hours, this for each species. The time of process didn't affect significant the drip, but affect the aceptance of the product. Longer times of process were better evaluated for both species. The temperatures of smoking marked the difference, the higher temperatures of process presented the biggest quantity of drip, but they were also the best evaluated. To obtain an ideal rsult whit a minimum of drip and with a maximum of acceptance, the salmon fillets should be smoked at 25°C for 5 hours, independent of the species.

7. BIBLIOGRAFÍA

AHMAD J. I. 2003. Smoked Foods, Applications of Smoking. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Institute of Food Research, Norwich, U.K. pp. 5309-5316

BELLO R. A. 1982.Ultrastructural Study of Skeletal Fish Muscle after Freezing at Different Rates, *Journal of Food Science* 47: 1389-1394.

BENCZE A. M. 2004. Effects of cold smoking procedures and raw material characteristics on product yield and quality parameters of cold smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. Food Research International. 37: 273-286

BENCZE A. M. 2003. Liquid holding capacity, texture and fatty acid profile of smoked fillets of Atlantic salmon fed diets containing fish oil or soybean oil. Food Research International. 36: 231-239

BENCZE A. M. 1999. Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to raw material characteristic. Food Research International. 31: 601-609

BESSE, N. G. 2004. A contribution to the improvement of *Listeria monocytogenes* enumeration in cold-smoked salmon. International Journal of Food Microbiology. 91: 119-127

BIMBENET, J. J. 1978. Le séchage dans les industries agricoles et alimentaires. In: Cahiers du Génie Industriel Alimentaire. Ed. …….Paris, France. pp. 439-446

BIRKELAND, S. 2004. Effects of cold smoking procedures and raw material characteristics on product yield and quality parameters of cold smoked Atlantic salmon *(Salmo salar)* fillets. Food Research International. 37: 273-286

BUGUEÑO, G. 2002. Influence of storage conditions on some physical and chemical properties of smoked salmon (*Salmo salar*) processed by vacuum impregnation techniques. Food Chemistry. 81: 85-90

CARDINAL, M. 2004. Sensory characteristics of cold-smoked Atlantic salmon *(Salmo salar)* from European market and relationships with chemical, physical and microbiological measurements. Food Research International. 37: 181-193

CARDINAL, M. 2001. Relation of smoking parameters to the yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*). Food Research International. 34: 537-550

CHEFTEL, J. C., CHEFTEL H. 1977. Traitements physiques. In: Introduction à la biochimie et à la tecnologie des aliments. Ed. Paris, France. pp. 199-219

ELVEVOLL, E. O. 1996. Processing of Marine Foods. Meat Science. 43: 265-275

HANSEN, L. T. 1995. Effects of salt and storage temperature on chemical, microbiological and sensory changes in cold-smoked salmon. Food Research International. 28: 123-130

HANSEN, L. T. 1996. Importance of autolysis and microbiological activity on cuality of cold-smoked salmon. Food Research International. 2: 123-130

HAYES, P. R. 1993. Microbiologia e higiene de los alimentos. Editorial Acriba, Espeña. pp. 369

HOLTZAPPLE M.T. 2003. Lignin. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Institute of Food Research, Norwich, U.K. pp. 3535-3542

HULTMANN, L. 2004. Proteolityc activity and properties of proteins in smoked salmon (*Salmo salar*) – effects of smoking temperature. Food Chemistry. 3: 377-387

JEMMY,. T. 1992. Behavior of *L. monocytogenes* during processing and storage of experimentally contaminated hot-smoked trout. International Journal of Food Microbiology. 15: 339-346

KESTIN, S. 1995. The effect of muscle fat content of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) on texture, flavour and acceptability. Quality in Aquaculture. 23: 184-185

KNOCKAERT, C. 1990. Le fumage du poisson. Service de la documentation et des publications, Brest: Ifremer, Paris, France.pp.

LÜCK, E. Conservación química de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España; 1981. 243 p.

MARIT, E. 2001. Atlantic salmon *(Salmo salar)* as raw material for the smoking industry. I: effect of different salting methods on the oxidation of lipids. Food Chemistry. 75: 411-416

MENICHINI, E.2003. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Institute of Food Research, Norwich, U.K. pp. 4616-4625

MÖHLER, K. El ahumado. Editorial Acribia, Zaragoza, España; 1980. 74p.

NGAPO, T. M. 1999. Freezing rate and frozen storage effects on the ultrastructure of samples of pork. Meat Science. 53: 159-168

OFSTAD R. 1995. Liquid-holding Capacity and Structural Changes in Comminuted Salmon *(Salmo salar)* Muscle as Influenced by pH, Salt and Temperature. Lebensm. Wiss. U. Technol. 28: 329-339

OFFER G. 1983. On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils. Meat Science. 4: 245-281

OGBADU L. 2004. Preservatives, Traditional Preservatives, Wood Smoke. In: Encyclopedia of Food Microbiology. Cornell University, Department of Food Science, Ithaca, New York, U.S.A. pp 1737-1743

POYSKY, F.T. 1997. Inactivation of *Listeria monocyitogenes* on hot-smoked salmon by interaction of heat and smoke or liquid smoke. J. Food Prot. 60: 649-654

PRÄNDL, O. 1994. Tecnología e higiene de la carne. Editorial Acribia, España. pp 852

ROBB, D.H.F. 2002. Muscle lipid content determines the eating quality of smoked and coked Atlantic salmon (*Salmo Salar*). Aquaculture.3: 345-358

RORVIC, L.M., CAUGANT, D.A. 1995. Contamination pattern of *Listeria monocytogenes* and other *Listeria* spp. in a salmon slaughterhouse and smoked salmon processing plant. International Journal of Food Microbiology. 25: 19-27

RORVIC, L.M., SKJEVE, E., 1997. Evaluation of risk factors for contamination of smoked salmon with *Listeria monocytogenes*. International Journal of Food Microbiology. 37: 215-219

RORVIC, L. M. 2000. *Listeria monocytogenes* in the smoked industry. International Journal of Food Microbiology. 62: 183-190.

SANZ, P. D. 1999. Freezing rate simulation as an aid to reducing crystallization damage in foods. Meta Science. 52: 275-278

SEROT, T. 2004. Effect of smoking processes on the contents of 10 major phenolic compounds in smoked fillets oh herring *(Cuplea harengus)*. Food Chemistry. 85: 111-120

SHAHIDI F. 1998, Flavour of Meat, Meat Products and Seafoods. Blackie Academic. London, England. 417p.

SIGURGISLADOTTIR, S. 2000. Effects of different salting and smoking processes on the microstructure, the texture and yield of Atlantic salmon *(Salmo salar)* fillets. Food Research International. 33: 847-855

SIKORSKI Z. E. 1978. Protein changes in muscle foods due to freezing and frozen storage. International Journal of Refrigeration. 1: 173-180

STOLYHWO A. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish – a critical review. Food Chemistry. 91: 303-311

VELHO, M. V.2003. Smoked Foods, Production. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Institute of Food Research, Norwich, U.K. pp 5302-5309

WANG, D. 2000. Salt diffusivities and Salt diffusion in farmed Atlantic salmon muscle as influenced by rigor mortis. Journal of Food Engineering. 2: 115-123

WARRIS, P. D. 2000. Meat Science. An introductory text. CABI Publishing. Londres, Inglaterra. 310 p.

WOOD, J. D. 1990. Consequences for meat quality of reducing carcass fatness. In: Reducing Fat in Meat Animals. Elsevier, London, pp. 344-397

WOODS, L. 2003. Smoked Foods, Principles. In: Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition. Institute of Food Research, Norwich, U.K. pp. 5296-5301

ZHOU, S. 1996. Adipocytes and lipid distribution in the muscle tissue of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53: 326–332

ZHU, S. 2004. Effect of high pressure versus conventional thawing on color, drip loss and texture of Atlantic salmon frozen by different methods. Lebensm. Wiss. U. Technol. 3: 291-299

ANEXO 1

DISTINTOS CORTES DEL SALMON

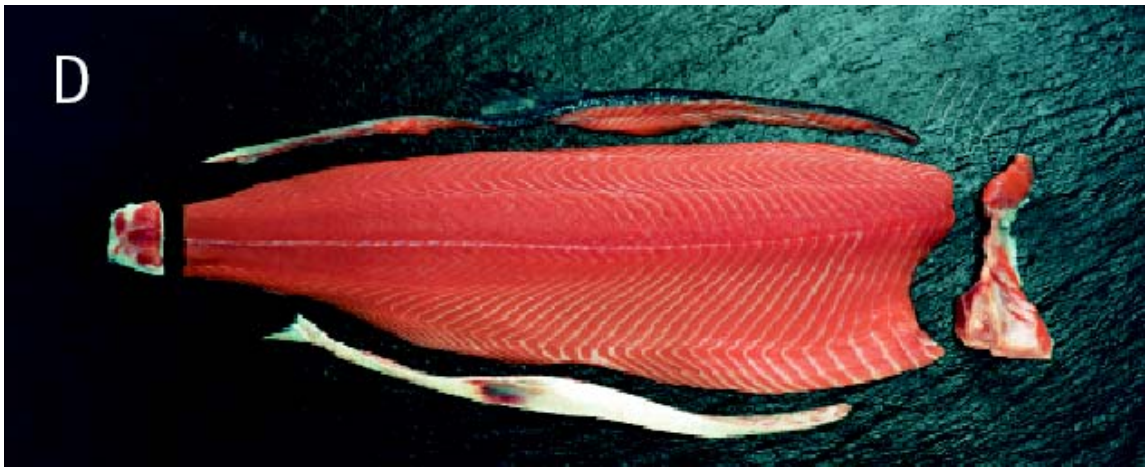
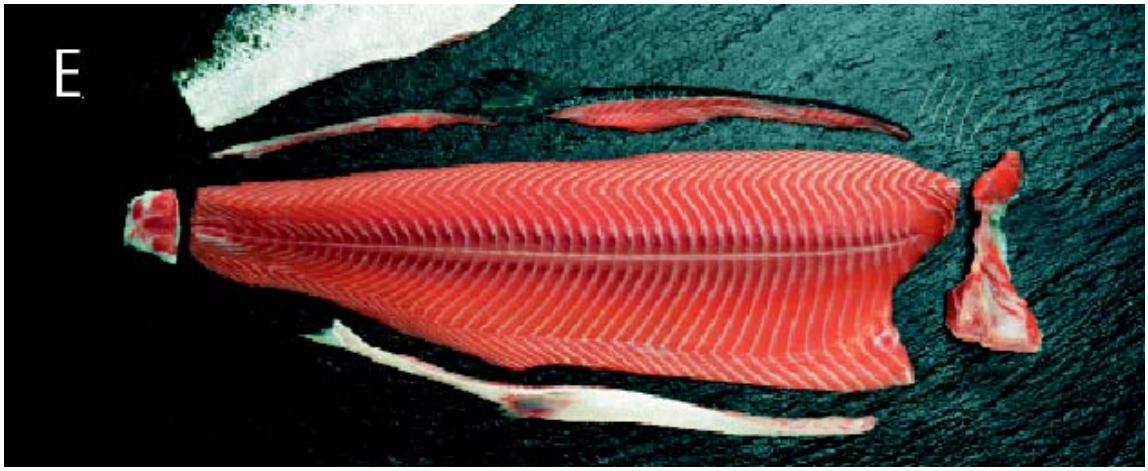
Trim A

Trim B

Trim C

ANEXO1 (continuación)

Trim D



Trim E