

명태건조방법에 따른 갈변화 관련 물질의 변화

최희선 · 김종환 · 김재철[†]

인제대학교 식품과학연구소, 식품생명과학부

Effects of Different Drying Methods on Fatty Acids, Free Amino Acids, and Browning of Dried Alaska Pollack

Heesun Choi, Jong Hwan Kim and Jae Cheri Kim[†]

Food Science Institute, School of Food and Life Science, Inje University, Gimhae 621-749, Korea

Abstract

Changes in composition of fatty acids and free amino acids in three differently dried Alaska pollack (sun dried, naturally cyclic freeze-thaw dried, and 1-year-aged cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack (Hwangtae)) were investigated to correlate them with browning reactions in drying and aging Alaska pollack. Major fatty acids of the sun dried Alaska pollack were palmitic acid, oleic acid, and eicosapentaenoic acid (EPA), and those in the Hwangtae were palmitic acid, oleic acid, and gondoic acid. Hwangtae showed the lowest amount of polyunsaturated fatty acids among the three types of dried Alaska pollack. Free amino acids content of sun dried Alaska pollack was higher than that of the cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack and Hwangtae. Lesser amount of histidine in Hwangtae (0.02%) than that in the cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack (0.087%) may indicate the degradation of histidine due to the browning reaction in aging the cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack. Significant changes in compositions of fatty acids and free amino acids among the dried products revealed the browning reaction resulted from carbonyl compounds produced by decomposition of lipid hydroperoxides and free amino acids. Aging the cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack for a year contributed to the development of browning.

Key words: Alaska pollack, drying, free amino acid, fatty acid, browning

서 론

명태(*Theragra chalcogramma* Lesson, Alaska pollack)는 대구목 대구과에 속하며, 기름기가 적고 담백한 맛으로 인해 예로부터 단백질 식량 공급원으로 커다란 역할을 한 우리나라 동해안의 대표적인 어류이다. 현재 우리나라에서 생산되고 있는 명태가공품은 태양열에 의해 상대적으로 단기간에 자연적으로 건조되어 만들어지는 북어와 특정 기후 조건을 갖춘 지형에서 겨울철에 건조한 뒤 일 년 정도 숙성하여 완성되는 황태, 냉동품인 동태 그리고 명태의 살점만 저며 fillet 형태로 만든 냉동 가공품들이 대부분을 차지한다. 그런데 북어와 황태는 건조 방식의 차이로 인해 조직감과 품질 특성에 큰 차이를 보인다. 황태는 자연적인 냉해동의 반복을 통한 독특한 건조 방식에 의해 주기적인 빙결정의 용해와 액즙의 유출로 스펀지 형태의 다공질을 형성하여 조직감이 매우 부드럽고 어육 결대로 쉽게 찢어지는 특성을 지닌다. 또한, 황태는 그 이름에서도 유래된 바와 같이 건조 후 일년간의 숙성과정에서 황금색을 띠어 북어의 색감과는

현저한 차이를 보인다.

식품의 색상 변화 중 갈변은 크게 두 가지로 구분할 수 있는데, 효소 작용에 의한 효소적 갈변과 폴리페놀의 산화, 카라멜화, amino-carbonyl 반응 등 비효소적 갈변으로 분류된다(1). 비효소적 갈변은 원래 식품에 색상이 없었는데, 이들 반응에 의해 갈변 물질이 생성되어 특유의 갈색을 형성하며 주로 가공 과정 중에 비효소적 갈변 반응이 일어난다. 특히, 수산 식품에서 일어나는 갈변 반응은 비효소적 작용 중 amino-carbonyl 반응에 의한 것으로 알려지고 있다(2). 근래까지 그 작용 기전은 크게 1) 지질 산화에 의하여 생성된 carbonyl 화합물과 질소 화합물과의 반응, 2) 산화 지질의 상호 반응 시 질소 화합물의 촉매 작용에 의한 것, 3) 지질 산화의 중간 과정에서 생기는 유리기와 질소 화합물과의 복합 반응 등으로 제안되었으나, 지질 산화의 2차 생성물인 carbonyl 화합물과 amino 화합물과의 반응이 갈변 반응의 주가 되는 것으로 밝혀졌다(3).

Amino-carbonyl 반응에 의한 어육의 갈변화 반응은 2단계로 진행되는데, 1차적으로 초기 중간생성물은 Schiff's

[†]Corresponding author. E-mail: jckim@inje.ac.kr
Phone: 82-55-320-3239, Fax: 82-55-321-0691

bases를 생성하며 밝은 색을 띤다. 이렇게 형성된 Schiff's bases는 매우 불안정하기 때문에 2차적으로 알데히드 산화물의 aldolization 반응으로 중합이 일어나면서 갈변 색소가 형성된다(2). 갈변의 강도는 산화된 지질 활성기와 단백질 amine기의 생성 정도에 영향을 받기 때문에 갈변이 짙어질수록 식품에 함유된 불포화지방산과 아미노산의 함량은 차츰 감소하고 imine 유도체가 나타나는 경향을 보인다(4). 특히, 어육의 갈변화에 관여하는 지질은 불포화지방산의 산화적 변패에 의한 것으로 불포화지방산 중 methyl arachidonate와 methyl docosahexaenate가 주로 관여하며, 이들 산화물이 아미노산 중 라이신과 반응하여 갈변 색소를 형성하는 것으로 알려져 있다(5). 라이신은 유리 아민기를 함유하고 있기 때문에 지방산화물과 반응하며 히스티딘 또한 갈변화 반응에 동일하게 관여한다(6). 그리고 갈변화 과정에서 다른 아미노산보다 cysteine, methionine, tyrosine, alanine, lysine 등이 상당 부분 손상되는데, 이는 지질의 과산화물이 이들 아미노산을 파괴하기 때문이다(7).

Amino-carboxyl 반응에 의한 어육의 갈변화는 여러 요인에 의해 영향을 받는데, 반응물 중 불포화지방산의 불포화도가 매우 중요한 요소로 작용하여 불포화도가 큰 지방산일수록 짙은 갈변화 색소를 생성한다고 발표되었다(8). 따라서 갈변화 정도는 지방산의 자동산화 정도, 지질의 산화 생성물과 비례함을 알 수 있다. 또한, 불포화지방산과 아민을 모두 함유하고 있는 인지질이 갈변화 반응과 밀접한 관련이 있어 식품 중 인지질 함량이 많을수록 갈변 강도가 짙어진다고 보고되었다(9). 그리고 어육의 갈변화에는 온도가 영향을 미치는 요인으로 밝혀졌는데, 25°C에서 Schiff's bases의 형성이 잘 이루어져 고온(50°C)보다 Schiff's bases의 형성에 더 효과적임을 시사하였다(10). 이는 어육의 갈변화는 상온에서 지방의 자동산화에 의한 카보닐화합물과 아미노산간의 반응에 의해 진행됨을 시사한다.

본 연구는 우리나라에서 이용하고 있는 북어와 황태의 품질 특성 중 두드러지는 색상 차이를 어육의 갈변화 반응과 연관하여, 명태 건조품들의 유리지방산과 아미노산 조성 변화를 조사하였다. 유통되고 있는 북어(sun dried Alaska pollack)와 미숙성황태(cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack), 황태(Hwangtae; cyclic freeze-thaw dried and 1-year-aged Alaska pollack)에 함유된 지방산 및 유리아미노산 조성과 갈변화 정도를 비교하였다. 그리고 황태의 생산과정 중 건조 이후 1여 년간의 숙성 과정이 갈변 물질의 생성에 미치는 영향을 알아보았다.

재료 및 방법

재료

황태와 미숙성황태는 강원도 대관령 용대리의 건조업체로부터 구입하였다. 황태는 2003년에서 2004년에 걸쳐 겨울

동안 건조한 뒤 1년간 숙성 기간을 거친 것이고, 숙성이 되지 않은 것은 2004년에서 2005년에 걸쳐 건조한 것이다. 북어는 2005년 1월 경남 김해시 소재의 상점에서 구입하여 사용하였다. 각 시료는 구입 후 밀봉하여 냉동 상태로 보관하면서 사용하였다.

지방산 분석

시료를 Schreiber 등(11)의 방법으로 지방질을 추출 정제한 후 검화하여 메틸화하였다. Chin 등(12)의 방법을 변형하여 지방산을 분석하였으며, 지방산 분석은 GCMS (Q2010cn, Shimadzu, Japan)로 DB-WAX column(30 M long×0.32 mm inner dia×0.25 µm thick film, 007-CW-30-0.25F, Quadrex, NJ, USA)을 사용하였다. 검출기는 불꽃이온화검출기(FID)로 하였으며, 주입기 온도는 200°C, 검출기 온도는 250°C, column oven 온도는 50°C에서 1분간 유지한 후 120°C까지 3°C/min로 5분간 유지, 170°C까지 2°C/min로 25분 유지하였다. 이후 200°C까지 1°C/min로 2분간 유지하였다. 헬륨을 1.0 mL/min의 속도로 흘려보냈으며, split ratio는 1:20으로 하였다. 지방산의 정성은 37종의 표준지방산(18919-1 AMP, Supelco Co., Bellefonte, PA, USA)의 체류시간과 비교하였으며, 지방산 조성은 크로마토그램의 각 피크 면적을 총면적에 대한 백분율로 나타내었다.

유리아미노산 분석

시료 0.5~1 g에 95% 알코올(Baker, Edo de Mex, Mexico) 30 mL를 넣고 냉장고에서 1시간 방치한 다음 균질화(Laboratory blender 61BL30, Torrington, USA)하여 원심분리(Supra 22K, Hanil Sci Ind Co. Ltd, Incheon, Korea)하였다. 분리된 상층액을 40°C 이하에서 감압농축한 후 플라스크에 증류수와 에테르로 순차적으로 씻어 분액깔대기에 붓는 과정을 2번 반복하였다. 분액깔대기를 잘 흔들어 층을 분리시킨 후 증류수층을 취하여 감압농축하고, 증류수를 넣어 한 번 더 감압 농축하였다. 농축한 시료는 pH 2.2의 구연산염 완충용액(sodium citrate buffer)으로 녹인 후 25 mL로 정용하였다. 여기에 sulphosalicylic acid 1 g을 넣어 잘 혼합한 후 암실에서 1시간 방치하고 나서 여과(0.45 µm, membrane filter) 후 분석하였다. 아미노산 자동분석기(S433, Sykam, Germany)로 유리아미노산 조성을 얻었으며, 세린과 글라이신, 히스티딘을 내부 표준물질로 사용하였다. 다른 모든 시약들은 분석용 특급이었다.

갈변도 측정

갈변도는 Chung과 Toyomizu(13)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 5 g에 핵산 50 mL씩을 가하여 3회 탈지 후 여과하였다. 지용성 갈변 물질은 핵산으로 탈지하고 남은 잔사에 클로로포름-메탄올(2:1, v/v) 혼합액 50 mL로 3회 추출하여 지용성 갈변물질을 얻었다. 수용성 갈변 물질은 탈지 후 여과한 잔사에 메탄올-증류수(1:1, v/v) 혼합액 50 mL를 가하

여 5°C에서 48시간 추출한 것으로 하였다. 갈변도는 각각 400 nm (황색계)와 460 nm(적색계)에서 흡광도를 측정하여 상호 비교하였으며, 3회 반복 실험하였다.

통계처리

유의성 검증은 SPSS(Version 12, Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

지방산 조성

복어와 황태의 주요 지방산조성을 Table 1에 나타내었다. 불포화도에 따른 지방산군별 조성을 보면 복어는 포화지방산(saturated fatty acids)이 가장 높은 비율을 차지하여 36.35%였으며, 다음으로 단일불포화지방산(monoene)이 32.70%이었으며, 다가불포화지방산(polyene)은 30.95%로 가장 적었다. 반면 황태는 단일불포화지방산 함량이 가장 많아 54.99%를 차지하였으며, 포화지방산은 27.15%, 다가불

Table 1. Fatty acid compositions of Alaska pollack (raw), sundried Alaska pollack (SD), cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack (CFT), and Hwangtae (Area %)

Fatty acid	Raw ¹⁾	SD	CFT	Hwangtae
Caprylic acid (8:0)	0.14			
Lauric acid (12:0)	0.09			
Myristic acid (14:0)	1.46	1.71	2.16	4.7
Pentadecanoic acid (15:0)	-	-	-	0.41
Palmitic acid (16:0)	23.67	17.12	21.89	21.77
Heptadecanoic acid (17:0)	-	0.51	-	0.27
Stearic acid (18:0)	4.55	4.40	1.97	-
Arachidic acid (20:0)	0.01	4.38	1.39	-
Heicosanoic acid (21:0)	-	3.48	1.41	-
Behenic acid (22:0)	-	2.68	2.51	-
Tricosanoic acid (23:0)	-	1.69	-	-
Lignoceric acid (24:0)	-	0.38	-	-
Saturated	29.92	36.35	31.33	27.15
Myristoleic acid (14:1)	0.12	-	-	-
Palmitoleic acid (16:1)	2.45	3.76	7.56	9.86
Heptadecanoic acid (17:1)	-	0.83	1.29	1.19
Oleic acid (18:1)	9.14	20.73	29.01	26.24
Eicosenoic acid (20:1)	0.34	4.70	4.65	11.26
Eruic acid (22:1)	-	2.26	1.19	6.04
Nervonic acid (24:1)	-	0.42	0.79	0.40
Monoene	12.05	32.70	44.49	54.99
Linoleic acid (18:2)	0.10	-	0.34	0.38
Linolenic acid (18:3)	0.03	0.67	-	0.63
Arachidonic acid (20:4)	-	0.81	1.10	0.59
Eicosapentaenoic acid (20:5)	9.44	15.67	11.51	9.08
Docosadienoic acid (22:2)	14.75			
Docosahexaenoic acid (22:6)	33.73	13.80	11.23	7.18
Polyene	58.05	30.95	24.18	17.86
Total	100	100	100	100

¹⁾Referred from Kim (15).

포화지방산은 17.86%로서 복어보다 포화지방산과 다가불포화지방산은 적고 단일불포화지방산은 많게 나타났다. 미숙성황태(cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack)의 지방산 군별 조성은 황태와 같은 양상을 보여, 단일불포화지방산, 포화지방산, 다가불포화지방산 순서로 적은 함량을 보였다. 그러나 미숙성황태의 단일불포화지방산 함량은 황태보다 낮고 복어보다 높았으며, 다가불포화지방산함량은 황태보다 높고 복어보다 낮았다. 이러한 결과들은 어류의 건조과정에서 대체적으로 단일불포화지방산은 증가하고 다가불포화지방산은 감소하는 것으로 보고된 내용들(14-17)과 대체로 일치하는 경향을 보여주고 있다.

황태에 함유된 다가불포화지방산의 함량이 복어와 미숙성황태에 비해 적은 것은 건조 과정 중 갈변화에 관여되기 때문이며, 이는 갈변도가 클수록 다가불포화지방산의 감소가 크고 갈변화에 포화지방산보다는 불포화지방산이 더 깊이 관여하기 때문이라는 연구와도 일치한다(16). 따라서 시료로 사용한 명태의 종류별 지방산 함량 차이를 감안하더라도, 미숙성황태를 실온에서 저장할 때 일어나는 다가불포화지방산의 손실은 갈변화 반응에 의한 황태의 특징적인 색상 형성을 설명해 주고 있는 것으로 보인다. Waissbluth 등(18)은 어류의 저장 중 불포화지방산인 linoleic acid(C18:2), eicosapentaenoic acid(EPA, C20:5), docosapentaenoic acid(C22:5), docosahexaenoic acid(DHA, C22:6)는 산화에 불안정하여 그 함량이 급격히 감소한다고 보고하였다. 황태의 경우에도 불포화지방산 중 DHA의 감소가 가장 많이 일어나 명태의 함유량(33.73%)에 비해 훨씬 낮은 수치(7.18%)를 보였다. 송어를 2°C에서 저장하면서 지방산 구성을 살펴본 연구(19)에서도 저장 2주 후 다가불포화지방산 함량은 7.54% 감소한 반면 DHA 함량은 20% 감소하였다고 보고하였다.

황태 건조장에 주기적으로 내리는 눈과 어육 표면의 냉동-해동은 어육에 수분막을 형성하여 산소와의 접근성을 더욱 증대시켜 주는 결과를 유도한다. 그리고 갈변 물질은 주로 불포화지방산 산화물과 아미노산과의 상호 작용에 의해 형성되므로 자유상태로 존재하거나 지질의 가수분해에 의해 생성된 불포화지방산은 갈변화 반응의 주요 기질이 된다. 이후 숙성 과정에서 지속적으로 갈변화 반응이 진행되어 황태의 특징적인 색상을 띠게 된다.

유리아미노산 함량

명태 건조품인 복어(sun-dried Alaska pollack)와 자연적 반복 냉해동에 의한 냉동 건조품들의 유리아미노산 함량은 Table 2와 같다. 총 유리아미노산 함량은 복어가 가장 높아 2901.96 mg%였으며, 미숙성황태(1543.34 mg%)와 황태(1451.16 mg%) 순으로 나타났다. 명태를 1~2일간 인공건조법에 의해 열풍건조하면서 유리아미노산의 함량을 살펴본 연구(20)에서, 명태(1422 mg%)에 비해 열풍건조 시(1701 mg%) 유리아미노산 함량이 증가한다고 보고하여 본 연구의 복어 유리아미노산 함량이 높은 것과 일치하였다. 유리아

Table 2. Free amino acid contents of sundried Alaska pollack (SD), cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack (CFT), and Hwangtae (mg%, dry basis)

Free amino acid	SD	CFT	Hwangtae
Phosphoserine	61.51	53.41	29.16
Taurine	1190.80	624.24	677.36
Aspartic acid	68.89	67.88	30.28
Threonine	129.17	33.38	42.62
Serine	162.38	48.96	63.92
Glutamic acid	107.02	75.67	94.20
Proline	134.09	41.17	49.34
Glycine	193.14	155.78	82.99
Alanine	273.10	150.22	145.79
Citrulline	17.22	16.69	5.61
Aminobutyric acid	98.41	35.61	44.86
Valine	-	-	-
Cystine	-	-	-
Methionine	-	-	-
Isoleucine	63.97	22.25	28.04
Leucine	94.72	36.72	41.49
Tyrosine	47.98	20.03	17.94
Phenylalanine	52.90	15.58	20.19
Ornithine	7.38	6.68	5.61
Lysine	27.06	23.37	21.31
Histidine	137.78	96.81	22.43
Arginine	34.45	20.03	28.04
Total	2901.96	1543.34	1451.16

미노산 중 taurine이 가장 높은 비율을 차지하여, 북어에는 41.03%, 미숙성 황태에는 40.45%, 황태에는 46.68%로 대부분을 구성하고 있어, 기존의 연구 결과(21)와 일치하였다. 북어에는 taurine 이외에 alanine, glycine, serine 등의 함량이 높아 전체 유리아미노산의 62.7%를 차지하였다. 황태는 alanine이 145.79 mg%, 맛난 맛을 내는 glutamic acid가 94.20 mg%를 차지하여 정미 성분을 많이 함유하였으며, 미숙성황태는 glycine이 155.78 mg%, alanine이 150.22 mg%,

histidine이 96.81 mg%의 비율로 이루어졌다. 수산 동물의 체단백 구성 아미노산은 종류에 따라 크게 변하지 않는 것으로 밝혀졌지만, 유리아미노산은 한 두 종류의 아미노산이 전 아미노산의 절반 이상을 차지하는 경우가 많다(21).

황태의 숙성 과정은 유리아미노산 함량 및 조성에 영향을 미치는 것으로 나타나, 미숙성황태에 비해 황태의 총 유리아미노산 함량은 다소 감소하였다. 이 중 histidine의 함량이 가장 많이 감소하여 미숙성황태(96.81 mg%)에 비해 77% 감소한 22.43 mg%를 함유하였다. 또한, glycine은 155.78 mg%에서 82.99 mg%로, aspartic acid는 67.88 mg%에서 30.28 mg%로 황태의 숙성 과정 중 감소하였는데, 이는 지방산과 반응하여 갈변 물질을 생성하기 때문으로 판단된다. Nicolas 등(22)은 당의 부재 하에서 histidine의 분해가 Maillard 반응을 이루는 것으로 보고하였으며, Yong과 Karel(6)은 지방 산화로 인해 생성된 hexanal과 histidine이 Schiff's base를 형성하여 갈변화 과정에 관여한다고 하였다. 북어의 유리아미노산 함량이 미숙성황태와 황태보다 높은 것은 상대적으로 높은 건조 온도에 의해 아미노산 분해가 많이 일어났으나, 갈변화 반응에 의한 손실이 크지 않기 때문으로 여겨진다.

갈변화 물질

갈변도를 흡광도로 수용성 획분과 지용성 획분으로 나누어 측정된 결과, 미숙성황태(CFT)의 황색도(400 nm)를 나타내는 물질을 제외한 모든 건조품에 있어서 수용성 획분의 값이 지용성 획분의 갈변도에 비해 더 크게 나타났다(Fig. 1). 이는 갈변 물질은 대부분 수용성이고, 소량만이 지용성이라고 밝힌 연구 결과와 유사한 경향을 보여 주었다(10). 물은 단백질질을 용해하여 불포화지방산의 알데히드와의 반응을 이룸으로써 갈변화 반응을 촉진하며, 이 반응을 통해 수용성

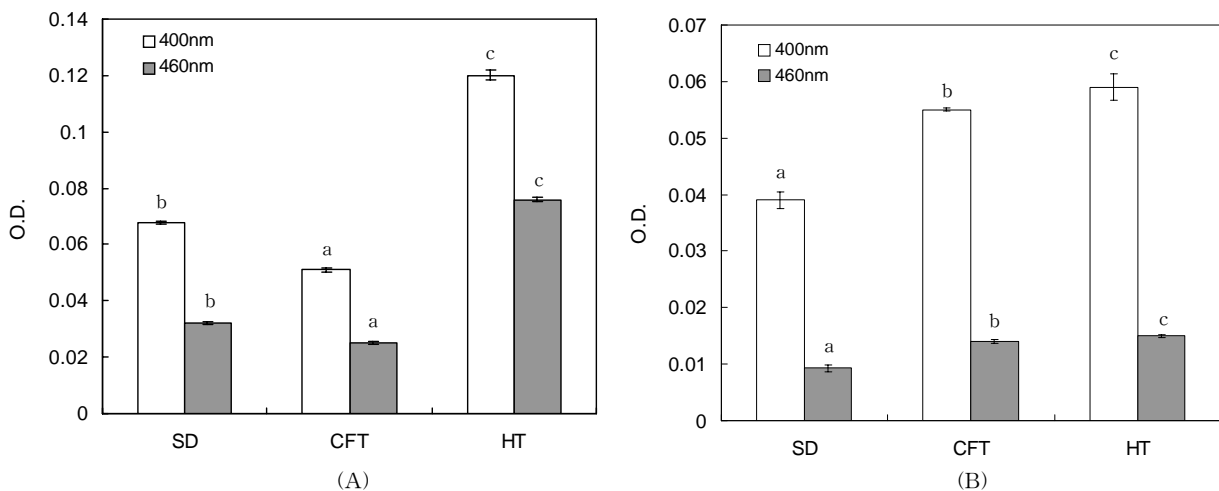


Fig. 1. Hydrophilic (A) and lipophilic (B) brown pigment formation in sundried Alaska pollack (SD), cyclic freeze-thaw dried Alaska pollack (CFT), and Hwangtae (HT).

Values are mean±standard deviations of triplicate determinations.

^{a-c}Different superscripts on the same color bars indicate significant differences at p<0.05.

물질은 증가한다고 하였다(23). 그리고 수용성 획분에 관여하는 물질은 단백질과 산화 지질, 2,4-decadienal에 의해 생성되는 것으로 보고되었으며, 지용성 획분은 산화된 arachidonic acid, DHA와 dipalmityl phosphatidyl ethanolamine 간의 반응에 의해 생성된다고 알려졌다(5,24).

수용성과 지용성 획분 모두 황색도(400 nm)가 적색도(460 nm)에 비해 높은 값을 나타내었으며 유의적인 차이를 보여($p < 0.05$), Pokorný(25)의 지질-단백질 반응에 대한 실험 결과와 유사한 양상을 보였다. 미숙성황태의 수용성 획분은 황태에 비해 낮은 값을 보였고, 지용성 획분은 북어, 미숙성황태, 황태 순서로 높아졌으며 미숙성황태와 황태 사이에도 유의적 차이($p < 0.05$)가 있는 것으로 나타났다. 이로써 황태의 갈변 물질은 수용성 물질이 대부분임을 알 수 있으며, 수용성과 지용성 획분 모두 황색도는 황태가 가장 높은 값을 띠어 황태의 갈변화가 상당 부분 숙성 과정에서 진행됨을 알 수 있었다.

산화된 지질과 단백질 및 인지질에 함유된 아민기간의 반응에 의해 생성되는 갈변 물질의 중간생성물은 결국에는 melanoidin을 형성하여 갈색을 띠며, 갈변 물질은 반응 온도와 갈변 물질을 만들 수 있는 전구체의 존재 여부에 따라 갈변 정도가 결정된다(23). 이러한 점에서 미숙성황태의 갈변화 전구물질은 북어보다 적지만, 북어보다 낮은 건조 온도와 햇볕이 차단된 상태에서 오랜 숙성기간 동안 자연적으로 서서히 일어나는 갈변 반응에 의해 황태는 특유의 짙은 노란색을 나타나게 되는 것으로 판단된다.

요 약

건조된 명태들은 전반적으로 다가불포화지방산이 감소하고 단일불포화지방산은 증가하는 경향을 보였다. 특히 주기적인 자연냉동과 해동을 반복하면서 건조된 명태(미숙성황태)를 장기간 숙성하여 완성한 황태의 지방산 조성은 북어나 미숙성황태와 비교해 볼 때, 원료시료(명태)간의 차이를 감안하더라도 특징적인 차이를 보였다. 총 유리아미노산 함량도 황태가 북어나 미숙성황태보다 낮게 나타나 불포화지방산과 유리아미노산의 반응에 의한 점진적인 갈변화 현상을 설명해 주는 것으로 판단된다. 황태의 수용성 갈변물질은 주로 숙성단계에서 많이 형성되는 것으로 추정되었다.

감사의 글

본 논문은 2005년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임.

문 헌

1. Cho JS. 1979. Browning development and inhibition in food.

- Food Sci* 12: 10-14.
2. Pokorný J, El-Zeany BA, Janíček G. 1974. Browning reactions of oxidized fish lipids with proteins. *Proc IV Int Congr Food Sci Technol* 1: 217-223.
3. Fujimoto K. 1970. Lipid oxidation and oxidized oil stain of aquatic products. *Bull Japan Soc Sci Fish* 36: 850-853.
4. Pokorný J, El-Zeany BA, Luan NT, Janíček G. 1976. Nonenzymic browning. XV. Effect of unsaturation on browning reactions of oxidized lipids with protein. *Z Lebensm Unters -Forsch* 161: 271-272.
5. Dillard CJ, Tappel AL. 1973. Fluorescent products from reaction of peroxidizing polyunsaturated fatty acids with phosphatidyl ethanolamine and phenylalanine. *Lipids* 8: 183-189.
6. Yong SH, Karel M. 1978. Reactions between peroxidizing lipids and histidyl residue analogues: enhancement of lipid oxidation and browning by 4-methylimidazole. *Lipids* 13: 1-5.
7. Roubal WT. 1971. Free radicals, malonaldehyde and protein damage in lipid-protein systems. *Lipids* 6: 62-64.
8. Fujimoto K, Maruyama M, Kaneda R. 1968. Studies on the brown discoloration of fish products. I. Factors affecting the discoloration. *Bull Japan Soc Sci Fish* 34: 519-523.
9. Gardner HW. 1979. Lipid hydroperoxide reactivity with proteins and amino acids: a review. *J Agric Food Chem* 27: 220-229.
10. Gillian S, Michael H. 1991. Browning of salted sun-dried fish. *J Sci Food Agric* 55: 291-301.
11. Schreiber GA, Schulzki G, Spiegelberg A, Helle N, Bogl KW. 1994. Evaluation of a gas chromatographic method to identify irradiated chicken, pork, and beef by detection of volatile hydrocarbons. *J AOAC Int* 77: 1202-1217.
12. Chin SF, Liu W, Storkson JM, Ha YL, Pariza MW. 1992. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. *J Food Compos Anal* 5: 185-197.
13. Chung CY, Toyomizu M. 1968. Studies on discoloration of fish products. V. Mechanism of rusting in amino acid reducing sugar-lipid system. *Bull Japan Soc Sci Fish* 34: 857-862.
14. Oh KS. 1994. Changes in lipid components of pollack during sun-drying. *Korean J Food Sci Technol* 26: 123-126.
15. Kim CI. 2001. Development of nutrient database: 1. Fatty acid composition of foods. In *Data bases set-up for nutritional value in foods*. Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), Seoul. p 141-143.
16. Lee KH, Suh JS, Jeong IH, Song SH, Lee JH, Ryu HS. 1987. Lipid oxidative browning in dried fish meat. 1. Oxidation of fish oil and browning. *Bull Korean Fish Soc* 20: 33-40.
17. Lee HI, Park YH. 1985. Effect of relative humidity on the changes of lipids in freeze-dried fish during storage. *Bull Korean Fish Soc* 18: 519-528.
18. Waissbluth MD, Guzman L, Plachco FP. 1971. Oxidation of lipids in fish meal. *J Am Oil Chem Soc* 48: 420-424.
19. Kolakowska A, Zienkiewicz L, Domiszewski Z, Bienkiewicz G. 2006. Lipid changes and sensory quality of whole-and gutted rainbow trout during storage in ice. *Acta Ichthyol Piscatoria* 36: 39-47.
20. Lee EH, Han BH, Kim YG, Yang ST, Kim KS. 1972. Studies on the processing method and taste compounds of dehydrated Alaska pollack. 1. Changes of nucleotides and their related compounds and free amino acid composition of Alaska pollack during hot-air dehydration. *Bull Pusan Fish Coll* 12: 25-36.
21. Kōnosu S, Hashimoto Y. 1959. Change of free amino acids

- during the manufacturing process of "KATSUWOBUSHI" (DRIED BONITO). *Bull Japan Soc Sci Fish* 25: 307-311.
22. Nicolas L, Frédéric J, Victurnien F, Pierre L. 2004. A novel colorimetry analysis used to compare different drying fish processes. *Food Control* 15: 327-334.
 23. El-Zeany BA. 1975. Oxidized lipids-proteins browning reactions. I. Reaction of aldehydes with amino acids and proteins. *Egypt J Food Sci* 3: 81-89.
 24. Leake L, Karel M. 1985. Nature of fluorescent compounds generated by exposure of protein to oxidizing lipids. *J Food Biochem* 9: 117-136.
 25. Pokorný J. 1981. Browning from lipid-protein interactions. *Prog Fd Nutr Sci* 5: 421-428.

(2007년 4월 11일 접수; 2007년 9월 4일 채택)