

참치 톱밥의 첨가가 압출성형 인조육의 품질 특성에 미치는 영향

조선영 · 류기형
공주대학교 식품공학과

Effects on Quality Characteristics of Extruded Meat Analog by Addition of Tuna Sawdust

Sung Young Cho and Gi-Hyung Ryu

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

ABSTRACT In this study, tuna sawdust was added to extruded meat analog in order to develop a meat analog with high quality. Addition of tuna sawdust has merit for utilizing a byproduct from poultry processing. Physicochemical characteristics were examined through the extrusion cooking process. The basic mixture of sample mixed with 65% defatted soy flour 25% isolated soy protein, and 10% corn starch was setup as the raw material. Three kinds of samples were made in total by addition of 15% and 30% tuna sawdust to this mixture. The extrusion process had a screw speed of 250 rpm, die temperature of 140°C, and moisture content of 50%. As addition of tuna sawdust increased, breaking strength and density decreased, specific length increased, and integrity and water holding capacity decreased. Likewise, nitrogen solubility index and protein digestibility decreased as addition of tuna sawdust increased. DPPH radical scavenging activity increased as addition of tuna sawdust addition, whereas it decreased as storage period increased to 30 or 60 days. The value of rancidity decreased as addition of tuna sawdust increased. However, 60 days later, radical scavenging activity increased more or less, and a significant difference was detected 150 days later. In conclusion, addition of tuna sawdust increased soft texture, and nutrition of the basic mixture sample. The process promoting functionality such as improvement of antioxidant function was confirmed through this study.

Key words: defatted soy flour, isolated soy protein, tuna sawdust, meat analog, quality characteristics

서 론

삶의 질이 높아지면서 건강에 대한 인식이 증가하고 동물 집단에서 질병이 발생하며, 가축을 사육하는 데 있어 수반되는 환경오염을 신경 쓰고 동물에 대한 관심이 증가함에 따라 윤리의식이 강화되는 등의 이유로 사람들은 채식 지향적 생활을 원하게 되었다. 게다가 종교적인 이유로 육식을 하지 않는 사람들과 건강상의 이유로 식단에서 고기를 제한해야 하는 사람들도 있다. 그런 이들을 위한 대체음식으로 식물성 인조육에 대한 수요가 증가하고 있다. 육류보다 비교적 저렴한 대두 단백질 재료들로 후진국들의 영양실조를 개선하는데 지원되었던 인조육은 주로 조직대두단백과 소량의 밀 글루텐, 채소 등으로 만든 순식물성 제품이다(1,2). 식물성 식품이며 생리활성 기능성이 높은 대두 제품에 대한 시장수요가 해마다 증가하는 것은 세계적인 추세이다.

지금까지의 인조육 제품의 개념은 주로 탈지대두분을 사

용한 것으로 식품소재 중 육류를 부분적으로 대체하는 용도로 많이 사용되었으나 대두취가 항상 남아 있어 풍미에 문제점을 주고, 조직감에서도 안정된 품질유지가 어렵다고 평가되고 있다(3). 이에 단백질을 압출성형에 의해 조직화시킬 때 단백질의 함량을 증가시키면 압출 조직에 높은 전단력을 부여하여(4) 조직이 치밀하고 단단해지며, 대두 단백질에 탄수화물을 첨가하면 대두 단백질 압출성형물 구조의 조직화를 촉진한다고 알려졌다(5). 또한, 대두 단백질 압출성형물에 동물성 단백질을 첨가하면 인조육의 색감, 질감, 풍미와 같은 관능적 특성과 영양적인 측면을 개선하여 제품화를 위해 기존에 사용하던 과도한 조미, 착향, 착색의 과정을 간소화시킬 수 있으며 생선의 첨가는 육류보다 조직화에 더 용이하다(6). 특히, 참치는 농어목 고등어과의 고단백식품으로 영양학적으로 우수하며, eicosapentaenoic acid(EPA, 20:5n-3)와 docosahexaenoic acid(DHA 22:6n-3) 같은 불포화지방산을 다량 함유하고 있다(7). 또한, 혈중 콜레스테롤 농도를 낮추어 동맥 경화를 예방하며, 항암작용이 있다고 알려져 각광을 받는 식품 중의 하나가 되었다(8,9). 참치 톱밥은 이런 참치의 가공 공정에서 생기는 부산물로서 대부분 폐기물로 처리되는데, 이런 참치 톱밥의 회수 및 이용은 폐기 자원의 이용이라는 측면뿐만 아니라 환경보호의 측면에

Received 2 January 2017; Accepted 9 March 2017

Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Chungnam 32439, Korea

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr, Phone: +82-41-330-1484

서도 매우 필요하다(10). 현재는 대두 단백질 압출성형물에 쇠고기와 닭고기(11), 돼지고기 첨가(12)에 대한 연구만이 진행되어 있으며 어류의 첨가에 대한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 Liu 등(12)이 인조육의 조직감 품질 개선을 위해 가장 이상적 배합이라고 보고한 탈지대두분에 분리대두단백과 옥수수 전분을 혼합한 것을 기본 배합(base)으로 하여 참치 톱밥의 첨가가 기본 배합 인조육의 품질에 미치는 이화학적 특성에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 참치 톱밥은 참치의 가공 시에 분쇄되어 나온 잔여물로, 동원홈푸드(Asan, Korea)에서 지원되었으며 동결 건조하여 사용하였다. 그 외 탈지대두분(Samchang, Anseong, Korea), 옥수수 전분(CJ, Ansan, Korea), 미국산 분리대두단백(Solae Co., St. Louis, MO, USA)을 구입하여 사용하였다. 분석시약은 ninhydrin(Duksan Chemical Co., Ansan, Korea), ethylene glycol(Daejung Chemical Co., Goryeong, Korea), acetic acid(Daejung Chemical Co.), sodium acetate(Duksan Chemical Co.), stannous chloride(Kokusan Chemical Co., Kita-saiwai Nishi-ku, Japan)를 구입하여 사용하였다.

일반 성분

압출성형 원료들의 일반 성분은 AACC 방법에 의하여 측정하였다(13). 탈지대두분(defatted soy flour)의 수분함량은 $7.31 \pm 0.82\%$, 조단백은 $70.12 \pm 0.31\%$, 조지방은 $0.18 \pm 0.57\%$ 였으며 분리 대두 단백질(isolated soy protein)의 수분함량은 $5.63 \pm 0.82\%$, 조단백은 $93.45 \pm 0.27\%$, 조지방은 0.35% 였고 옥수수 전분(corn starch)의 수분함량은 $12.5 \pm 0.95\%$, 조단백은 $0.35 \pm 0.53\%$, 조지방은 $0.94 \pm 0.24\%$ 였다. 참치 톱밥(tuna sawdust)의 수분함량은 $2.5 \pm 0.23\%$ 였으며 조단백은 $60.32 \pm 0.34\%$, 조지방은 $6.89 \pm 0.90\%$ 의 값을 나타내었다.

압출성형 공정

본 실험에 사용된 압출성형기는 실험용 동방향 쌍축압출성형기(THK31T, Incheon Machiney Co., Incheon, Korea)로 스크루 직경은 30.0 mm, 길이와 직경의 비(L/D ra-

tio)는 23:1이었고, 사출구는 막대형으로 길이가 약 4.4 cm, 사출 부분은 직사각형 형태로 너비 1 cm, 높이가 0.45 cm인 것을 사용하였으며, 스크루의 배열은 Fig. 1과 같다. 수분함량은 펌프로 원료 사입구에 직접 물을 주입하여 조절하였다. 용융물의 온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였다. 원료 사입량은 100 g/min, 스크루 회전 속도 250 rpm, 사출구 온도 140°C, 수분함량은 50%로 고정하였다.

압출성형물의 원료는 탈지대두분 65%, 분리대두단백 25%, 옥수수 전분 10%를 혼합한 것을 기본 배합비로 하여 기본 배합 100%, 기본 배합 85%에 참치 톱밥을 15%, 기본 배합 70%에 참치 톱밥을 30%를 각각 실온에서 수작업으로 혼합하여 60 mesh 체에 통과시켰으며 시료로 제작하기 위해 냉장온도에서 12시간 보관한 후 압출성형 하였다. 압출성형한 시료는 50°C에서 8시간 건조하여 물리적 특성을 측정하였고, 가정용 분쇄기(FM-909T, Hanil, Haman, Korea)로 분쇄한 14~30 mesh의 분말을 시료로 사용하여 화학적 특성을 측정하였다.

단면 팽화율

압출성형물의 단면 팽화율은 압출성형물의 가로와 세로의 직경을 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)로 10회 측정하여 사출구의 단면적을 압출성형물의 단면적 비의 평균값으로 산출하였다(14).

비길이

압출성형물의 비길이는 일정한 길이로 절단한 압출성형물의 길이와 무게의 비로 10회 측정한 후 식 (1)을 이용하여 평균값과 오차를 구하였다(15). 압출성형물의 길이는 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co.)를 이용하였고, 무게는 전자저울(MW-II, CAS Co., Gyeonggi, Korea)을 사용하였다.

$$\text{Specific length} = \frac{\text{Length of extrudate (cm)}}{\text{Weight of extrudate (g)}} \quad (1)$$

조각밀도

압출성형물의 조각밀도는 차조를 이용한 종자 치환법으로 총 10회 반복하여 식 (2)를 이용하여 계산하였다(16).

$$\text{PF} = \frac{M}{M + M_0 - M_1} \quad (2)$$

PF: Piece density of extrudate

P: Bulk density of waxy millet

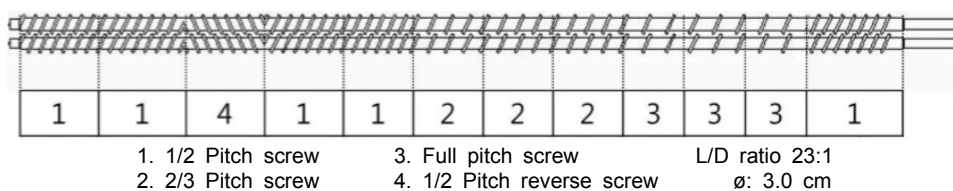


Fig. 1. Screw configuration used in this experiment (Model THK 31T).

M: Mass of waxy millet in 125 mL cup
 M₀: Mass of extrudate
 M₁: Mass of extrudate and waxy millet in 125 mL cup

파괴력

압출성형물의 파괴력은 Sun Rheo-meter(Compac-100 II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 10회 측정 후 평균값을 산출하였다. 측정조건은 probe angle type (65°), 최대응력 10 kg, 지지대 이동 속도 60 mm/min, 지지대 간의 거리 3 cm였다. 측정치를 Rye와 Ng(17)의 방법을 이용하여 파괴력(Fbs)을 식 (3)으로 계산하였다.

$$Fbs = \frac{Fm}{S} \quad (3)$$

Fbs: Breaking strength (N/m²)
 Fm: Maximum stress of extrudate
 S: Cross-sectional area (m²)

색도

조직화 압출성형물을 분쇄하여 14~30 mesh 사이의 시료를 색차계(Chroma Meter CR-300, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(red-ness, a), 황색도(yellowness, b) 값을 3회 측정 후 평균값으로 나타내고 식 (4)로 색 변화도(color, difference, ΔE) 값을 나타내었다. 표준색판의 값은 L=97.22, a=0.32, b=2.47 이었다.

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \quad (4)$$

조직잔사지수

조직화 압출성형물의 조직 정도를 평가하기 위해서 조직 잔사지수를 Han 등(18)의 방법을 응용하여 다음과 같이 측정하였다. 건조된 시료 5 g에 100 mL의 증류수를 섞은 후 80°C의 water bath에서 30분간 침지, 복원시킨 다음 121°C로 15분간 가압·가열하여 흐르는 물에 냉각시켰다. 냉각된 시료에 증류수를 부어 100 mL로 정용하고 homogenizer로 9,500 rpm으로 1분간 균질화시킨 후 20 mesh의 체로 걸러내었다. 잔사는 흐르는 물로 30초간 씻어낸 후 105°C에서 2시간 건조시킨 다음 건물량의 무게를 시료의 무게로 나눠주어 다음 식 (5)에 따라 산출하였다.

$$\text{Integrity index (\%)} = \frac{\text{Dry residue wt.}}{\text{Sample wt.}} \times 100 \quad (5)$$

보수력

조직화 압출성형물의 수분 보유능력을 측정하기 위하여 보수력을 다음과 같이 측정하였다(19). 건조된 시료 25 g에 100 mL의 증류수를 섞은 후 50°C의 water bath에 12시간 동안 침지 복원시키고 20 mesh 체에 걸러서 5분 동안 수분

을 배출시켰다. 수분이 빠진 시료의 무게를 재고 다음 식 (6)에 따라 산출하였다.

$$\text{Water holding capacity} = \frac{\text{Wet sample wt.} - \text{Dry sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}} \times 100 \quad (6)$$

조직감 분석

수화된 압출성형물의 조직감 분석을 위해 사용된 Texture analyzer는 Sun Rheo-meter(Compac-100 II, Sun Sci. Co.)로 100°C에서 20분간 수화시킨 압출성형물을 Bourne (20)의 분석 방법에 따라 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 10회씩 측정하여 평균값을 산출하였다. 측정조건은 probe angle type(65°), 최대응력 10 kg, 지지대 이동 속도 60 mm/min, 지지대 간의 거리 3 cm였다.

수용성 질소 지수

압출성형물의 수용성 질소 지수의 실험은 Caprita 등(21)의 방법을 사용하였다. 시료 1.5 g을 0.5%의 KOH 용액 75 mL에 넣고 30°C의 Shaker(SI-300R, Jeiotech, Seoul, Korea)에 120 rpm으로 교반하였다. 그중 50 mL를 취하여 2,000 rpm에서 20분 동안 원심분리 한 후 0.5 mL의 상등액을 최종적으로 취하여 Starcher(22)의 방법으로 ninhydrin을 사용하여 분자 값을 측정하였다. 총질소 함량 값은 시료 1.5 g을 6 N의 염산 100°C에 24시간 동안 완전히 가수분해하여 75 mL의 증류수에 녹인 후 상등액 0.5 mL를 취하여 ninhydrin 방법으로 측정하여 다음 식 (7)에 대입하였다.

$$\text{NSI (\%)} = \frac{\text{Soluble nitrogen content}}{\text{Total nitrogen content in sample}} \times 100 \quad (5)$$

단백질 소화율

압출성형물의 단백질 소화율 실험은 Mertz 등(23)의 방법을 사용하였다. 총단백질 함량은 시료 0.2 g을 취하여 ninhydrin 방법으로 측정하였다. 소화되지 않은 단백질의 값은 시료 0.2 g을 0.084 N의 염산을 가한 pepsin 용액에 넣고 37°C의 온도에서 150 rpm으로 교반한 후 2 M의 NaOH 용액 2 mL를 가하여 3,000 rpm으로 원심분리 하였다. 상등액을 제거 후 잔사에 0.1 M의 potassium phosphate buffer를 넣어 원심분리 하는 작업을 두 번 반복하였고 남은 잔사를 30°C의 드라이 오븐에 넣고 완전히 건조시킨 다음 잔사의 질소 함량을 ninhydrin 방법으로 측정하여 다음 식 (8)에 대입하였다.

$$\text{Protein digestibility (\%)} = \frac{\text{Total protein} - \text{undigested protein}}{\text{Total protein}} \times 100 \quad (7)$$

DPPH 라디칼 소거 활성

압출성형물의 DPPH 라디칼 소거 활성 실험은 Brand-Williams 등(24)의 방법을 사용하였다. 시료 1 g을 PBS 시약 10 mL에 넣고 2시간 동안 추출한 후 3,000 rpm으로 30분 동안 원심분리 하였다. 그중 상등액 0.1 mL를 취하여 메탄올에 녹인 DPPH 시약 3.9 mL에 넣고 실온의 암실에서 30분 동안 반응시킨 후 분광광도계 515 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 공시험도 같은 방법으로 시행하고 산출된 흡광도를 이용하여 다음 식 (9)에 대입하였다.

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \times 100 \quad (9)$$

A₀: Absorbance of the blank

A_i: Absorbance of the sample

산패도

압출성형물의 산패도 측정을 위한 TBA는 Pyun 등(25)의 방법을 사용하였다. 5 g의 시료를 시험관에 취하여 에탄올에 녹인 3% BHT 용액 0.3 mL와 pH 2.0의 과염소산용액 45 mL를 가한 후에 3,000 rpm으로 30분 동안 원심분리하여 상등액을 종이 여과하였다. 걸러진 여액 중 5 mL를 유리 시험관에 옮긴 후 glacial acetic acid 99.5%에 2-thio-barbituric acid 0.69%를 용해시킨 TBA 시약 5 mL를 각각의 시험관에 가하였다. 이를 100°C에서 35분 동안 중탕 가열하고 침지 냉각한 후에 분광광도계 531 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 공시험도 같은 방법으로 시행하고 산출된 흡광도를 이용하여 다음 식 (10)에 대입하여 시료 kg당 malonaldehyde의 양을 mg으로 표시하였다.

$$\text{TBARS (mg/kg)} = (a - b) \times 3 \times 100/s \quad (10)$$

a: Absorbance of the sample

b: Absorbance of the blank

s: Weight of sample (g)

통계처리

결과의 통계처리는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) version 23.0 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 실시한 후 유의적 차이가 있는 항목에 대해서 $P < 0.05$ 수준에서 그 결과를 Duncan's multiple range test 로 검정하였다.

결과 및 고찰

팽화 특성

팽화율, 비길이, 조각밀도는 압출성형물의 조직감에 영향을 미치는 인자로 압출성형물의 품질을 결정하는 데 중요하다(26). 단면 팽화율은 기본 배합 시료의 값이 6.91 ± 0.11 로 가장 낮았고 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 7.42 ± 0.51 , 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 8.01 ± 0.01 로 가장 높았다. 비길이 역시 기본 배합 시료의 값이 40.09 ± 0.81 cm/g으로 가장 낮았고, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 43.89 ± 0.52 cm/g, 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 48.21 ± 0.23 cm/g으로 참치 톱밥 첨가 함량이 높을수록 증가하였다(Table 1). 조각 밀도는 기본 배합 시료의 값이 0.70 ± 0.13 g/cm³로 가장 높았으며, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 0.55 ± 0.22 g/cm³, 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 0.49 ± 0.13 g/cm³로 참치 톱밥 함량이 높을수록 감소하였다(Table 1). Gui 등(27)의 연구 결과에 따르면 조직화 압출성형물의 밀도가 낮으면 팽화율이 커진다고 보고된 바 참치의 첨가로 인하여 기본 배합 시료의 밀도가 감소하고 기공 조직이 커지면서 팽화가 일어난 것으로 생각된다.

파괴력

파괴력은 팽화율, 밀도, 기공 구조에 영향을 받으며 압출성형물의 품질을 결정하는 중요한 인자다(28). 참치 톱밥 첨가 함량에 따른 파괴력의 변화 값은 Table 1과 같다.

기본 배합 시료의 파괴력은 87.90 ± 0.52 N/cm²로 가장 높았으며, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 70.25 ± 0.16 N/cm², 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 62.38 ± 0.28 N/cm²로 가장 낮았다. 이는 첨가된 참치 톱밥으로 인해 조직에 기공 구조가 증가하고 조밀도가 낮아져 입자층이 단단하게 유지되지 못하기 때문이며, 또한 기본 배합 시료의 파괴력 값이 가장 높은 것은 탈지대두분과 분리대두단백의 조단백 수치가 참치 톱밥보다 크기 때문으로 생각된다. 이는 단백질의 농도가 증가할수록 제품의 조직이 단단하고 치밀했다는 Saio(29)의 보고와도 일치하는 것이다.

색도

참치 톱밥 함량 변화에 따른 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값의 변화는 Table 2와 같다. 명도는 기본 배합 시료의

Table 1. Expansion properties and breaking strength of extruded mixture and mixtures with added tuna sawdust

Formula	Expansion ratio (cross-section)	Specific length (cm/g)	Density (g/cm ³)	Breaking strength (N/cm ²)
Mixture 100%	$6.91 \pm 0.11^{(1)(2)}$	40.09 ± 0.81^c	0.70 ± 0.13^a	87.90 ± 0.52^a
Mixture 85%+tuna sawdust 15%	7.42 ± 0.51^b	43.89 ± 0.52^b	0.55 ± 0.22^b	70.25 ± 0.16^b
Mixture 70%+tuna sawdust 30%	8.01 ± 0.01^a	48.21 ± 0.23^a	0.49 ± 0.13^c	62.38 ± 0.28^c

¹⁾Mean±SD.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

Table 2. Change in color value of extruded mixture and mixtures with added tuna saw dust

Formula		L	a	b	ΔE
Mixture 100%	Extrudates	53.60±0.91 ^{c(1)2)}	6.01±0.32 ^a	25.90±0.83 ^a	3.05±0.31 ^c
	Raw	65.01±0.09 ^c	0.94±0.83 ^a	5.47±0.07 ^a	
Mixture 85%+tuna sawdust 15%	Extrudates	54.23±0.83 ^b	5.70±0.91 ^b	25.21±0.83 ^b	3.21±0.15 ^b
	Raw	68.34±0.01 ^b	0.64±0.15 ^b	4.87±0.53 ^b	
Mixture 70%+tuna sawdust 30%	Extrudates	58.12±0.32 ^a	5.26±0.15 ^c	24.83±0.53 ^c	3.97±0.09 ^a
	Raw	74.93±0.09 ^a	0.53±0.08 ^c	4.05±0.02 ^c	

L: lightness, a: redness, b: yellowness.

¹⁾Mean±SD.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

값이 53.60±0.91로 가장 낮았고, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 54.23±0.83, 참치 톱밥 30%를 첨가한 것의 값은 58.12±0.32로 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 증가하는 경향을 보였으며 적색도는 감소하였다. 황색도는 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 다소 감소하였지만 유의적인 색 차이를 보이지 않았다. 참치 톱밥 첨가 함량이 높을수록 명도 값이 증가한 것은 참치 톱밥 원료가 지닌 고유의 윤기와 높은 명도 때문에 압출성형 공정을 통한 조직화 과정에서 일어난 갈변화가 적색도와 황색도보다는 명도에 영향을 준 것으로 생각된다.

총색도 변화에서는 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 명도는 증가하고 적색도와 황색도는 감소하여 시료들 간에 유의적인 차이가 없었다.

조직화 특성

조직잔사지수와 보수력, 조직감 분석은 수화시킨 압출성형물의 조직화 특성을 나타내주는 인자이다(30).

참치 톱밥의 첨가가 조직화 압출성형물의 조직 정도에 미치는 영향에 대하여 알아보기 위해 측정된 조직잔사지수는 Table 3과 같다. 참치 톱밥을 첨가하지 않는 기본 배합 시료가 55.00±0.91%로 가장 높았고, 기본 배합에 15%의 참치 톱밥을 첨가한 시료가 51.57±0.25%, 기본 배합에 30%의 참치 톱밥을 첨가한 시료가 46.52±0.52%로 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 조직잔사지수는 감소하였다. 이는 참치 톱밥의 첨가가 파괴력을 감소시킨 것과 같이 압출성형물의 조직화 정도를 다소 약화시킨 것으로 생각된다.

보수력과 pH는 상호 연관성을 지니고 있는데, pH가 높을수록 단백질 구조 중 음전하의 수가 많아지고 이로 인해 육 단백질 구조 사이의 수분을 함유할 수 있는 공간이 넓어져서

보수력은 점차 증가하게 된다(31). 반대로 pH가 낮아지면 육단백질 구조 사이의 수분을 함유할 수 있는 공간이 좁아져 보수력이 감소한다. 이는 Fig. 2에서 압출성형 시료들의 보수력과 pH는 상관성이 있음을 알 수 있다. 보수력에서 가장 높은 값을 나타낸 것은 기본 배합 시료로 3.04±0.23이었으

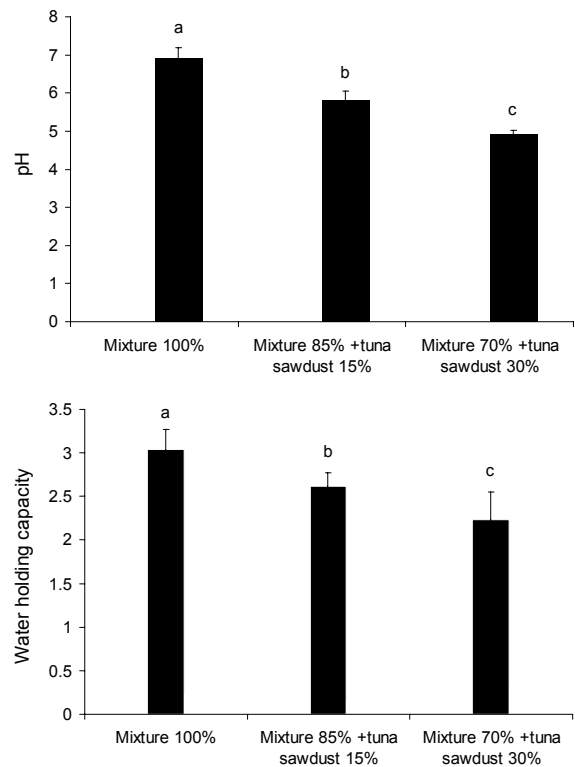


Fig. 2. The pH and water holding capacity of extruded mixture and mixtures with added tuna sawdust. Values with different letters (a-c) above the bars differ significantly ($P<0.05$).

Table 3. Textural properties of extruded mixture and mixtures with added tuna sawdust

Formula	Integrity index (%)	Water holding capacity	Hardness (N/cm ²)	Cohesiveness (%)	Springiness (%)	Chewiness (kg·f)
Mixture 100%	55.00±0.91 ^{a(1)2)}	3.04±0.23 ^a	4.69E+05 ^a	41.45±0.09 ^a	13.45±0.09 ^a	47.49±0.01 ^a
Mixture 85%+tuna sawdust 15%	51.57±0.25 ^b	2.64±0.15 ^b	2.89E+05 ^b	32.02±0.12 ^b	11.19±0.21 ^b	34.55±0.01 ^b
Mixture 70%+tuna sawdust 30%	46.52±0.52 ^c	2.23±0.32 ^c	1.81E+05 ^c	24.84±0.81 ^c	8.36±0.08 ^c	26.77±0.24 ^c

¹⁾Mean±SD.

²⁾Means with different letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

며, 기본 배합에 15%의 참치 톱밥을 첨가한 것이 2.64 ± 0.15 , 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 2.23 ± 0.32 로, 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 값은 감소하였다 (Table 3). 이는 식물성인 대두분이나 옥수수 전분보다 낮은 산도를 지닌 참치 톱밥의 첨가가 기본 배합 시료의 pH를 낮추어 보수력이 감소한 것으로 생각된다.

조직감 분석에서 경도는 기본 배합 시료가 $4.69E+05$ N/cm²로 가장 높았고, 참치 톱밥 15%를 첨가한 것과 30%를 첨가한 것이 각각 $2.89E+05$ N/cm², $1.81E+05$ N/cm²로 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 경도가 감소하였으며, 응집성은 기본 배합 시료가 $41.45 \pm 0.09\%$ 였고 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 $32.02 \pm 0.12\%$, 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 $24.38 \pm 0.81\%$ 로 가장 낮은 값을 나타내었다. 탄성 역시 기본 배합 시료가 $13.45 \pm 0.09\%$ 로 가장 높은 값을 나타낸 반면에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 $11.19 \pm 0.21\%$, 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 $8.36 \pm 0.08\%$ 로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 참치 톱밥의 첨가가 내부적 결합의 힘인 조직화 정도를 약화시키며 힘을 제거하였을 때 힘을 가하기 전의 원상태로 되돌아가는 성질인 탄성을 떨어뜨리는 요인으로 생각된다. 또한, Guinee(32)는 씹힘성은 경도와 응집성, 탄성을 곱한 것에 비례한다고 정의내린 바 기본 배합 시료의 씹힘성이 47.49 ± 0.01 kg·f, 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 34.55 ± 0.01 kg·f, 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 26.77 ± 0.24 kg·f로 이와 일치하였다. 참치 첨가 함량이 높을수록 경도, 응집성, 탄성, 씹힘성은 감소하여 수화된 압출성형물의 조직감 분석은 파괴력 및 조직잔사지수와 같은 경향을 나타내었다. 이는 기본 배합 시료에 돼지고기를 첨가하였을 때 조직의 응집성이 감소하고 부드러워졌다는 Liu 등(12)의 보고와도 일치하는 것이다. 또한, 돼지고기 첨가 함량이 30%일 때 기본 배합 시료의 견고성은 감소하였으나 관능평가에서는 가장 높은 조직감을 보인 것과 같이(12), 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 압출성형 기본 배합 시료의 조직감 선호도가 향상된 것으로 생각된다.

수용성 질소 지수 및 단백질 소화율

우리 몸을 구성하고 있는 단백질은 아미노산 질소 화합물로, 질소는 우리 몸의 면역 체계와 호르몬 조절 등을 관장하는 필수 구성 성분이며 순수한 단백질뿐만 아니라 핵산, 퓨린, 피리미딘 등에도 포함되어 있다(33). 그중 강한 수용성의 성질을 가지고 있는 아미노산을 선택적으로 검출할 수 있는 방법으로 수용성 질소 지수의 측정이 널리 사용된다.

수용성 질소 지수가 가장 높은 것은 기본 배합 시료로 $80.42 \pm 0.02\%$ 를 나타내었고 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 $75.20 \pm 0.09\%$, 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 $71.33 \pm 0.01\%$ 로 참치 톱밥 첨가 함량이 높을수록 값은 감소하는 경향을 보였다(Fig. 3). 이는 참치의 첨가로 인하여 참치보다 상대적으로 높은 단백질 함량을 나타내는 탈지대두분과 분리대두단백의 함량이 줄어들었기 때

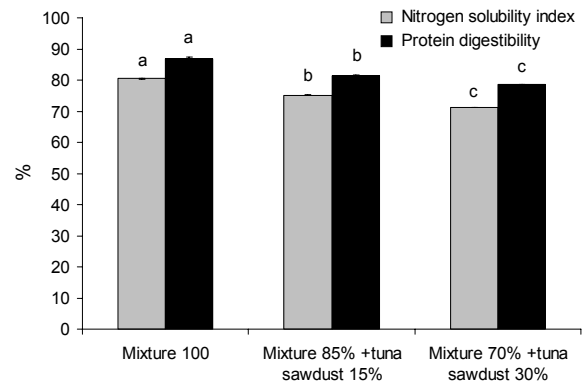


Fig. 3. Nitrogen solubility index and protein digestibility of extruded mixture and mixtures with added tuna sawdust. Values with different letters (a-c) above the bars differ significantly ($P < 0.05$).

문인 것으로 생각된다.

단백질 소화율은 인체에서 배설되지 않고 흡수되는 단백질 양을 측정하는 실험으로 영양 연구의 기초자료 및 원료의 영양학적 가치를 결정하는 데 매우 필수적인 자료가 된다(34).

단백질 소화율은 기본 배합 시료가 $86.98 \pm 0.31\%$ 로 가장 높은 값을 나타내었으며, 기본 배합에 15%의 참치 톱밥을 첨가한 것이 $81.34 \pm 0.23\%$, 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 $78.54 \pm 0.18\%$ 로 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 단백질 소화율은 감소하는 경향을 보였다. 이는 수용성 질소의 패턴과 거의 일치하였다(Fig. 3). 단백질 소화율이 수용성 질소 지수 값보다 다소 높은 것으로 보아 수용성 성질을 지닌 아미노산 질소는 인체에 모두 흡수되는 것으로 생각된다.

DPPH 라디칼 소거 활성

압출성형 당일 냉장 보관하였던 시료의 DPPH 라디칼 소거 활성의 값은 기본 배합 시료의 값이 $25.40 \pm 0.32\%$ 로 가장 낮았고, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 $28.37 \pm 0.19\%$, 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 $31.55 \pm 0.15\%$ 로 가장 높았다. 30일 이후와 60일 이후 측정 결과 값도 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 DPPH 라디칼 소거 활성의 값이 증가하였다. 이는 참치 고유의 항산화능 개선 기능성과 압출 열로 인해 참치에 함유되어 있는 단백질 펩타이드가 가수분해되면서 항산화 활성 능력이 향상되었기 때문인 것으로 생각된다(35).

저장 기간 변화에 따른 DPPH 라디칼 소거 활성 값은 Fig. 4에 나타내었다. 30일 후에는 기본 배합 시료가 $14.11 \pm 0.52\%$ 로 감소하였으며, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 $15.22 \pm 0.21\%$, 기본 배합에 참치 30%를 첨가한 것이 $18.83 \pm 0.12\%$ 였다. 60일 이후에는 기본 배합 시료가 $7.31 \pm 0.12\%$, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 $8.11 \pm 0.21\%$, 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이

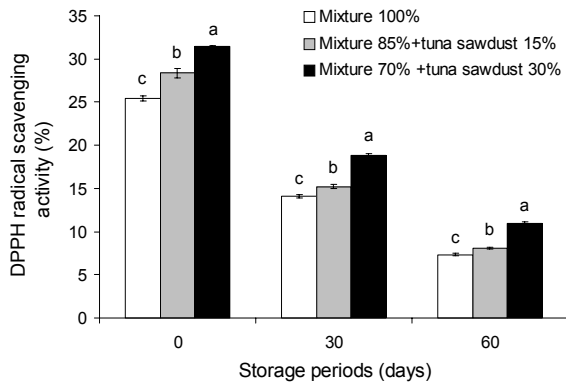


Fig. 4. Change of DPPH radical scavenging activity of extruded mixture and mixtures with added tuna sawdust during storage periods. Values with different letters (a-c) above the bars differ significantly ($P<0.05$).

10.92±0.25%로 저장 기간이 길어질수록 유의적인 감소를 보였다. 이는 저장 기간이 길어지면서 지방 산패로 인해 free radical 물질인 과산화지질이 형성되었고 참치 톱밥의 항산화 기능은 감소하였기 때문인 것으로 생각된다(36).

산패도

압출성형 당일 냉장 보관하였던 시료의 산패도 값은 기본 배합 시료가 66.92±0.01 mg/kg으로 가장 높았으며 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 시료가 34.53±0.25 mg/kg으로 가장 낮았다. 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 산패도는 감소하는 경향을 보였는데, 이는 DPPH 라디칼 소거 활성 실험 결과(Fig. 4)에서 알 수 있듯이 참치 톱밥에 함유된 항산화 성분이 과산화 지질의 형성을 막아 산패도를 감소시켰기 때문인 것으로 생각된다. 이는 항산화력과 과산화물 사이에는 역상관관계가 있다는 Kim 등(37)의 보고와도 일치하는 것이다.

저장 기간 변화에 따른 산패도 값은 Fig. 5에 나타내었다. 30일 후까지는 참치 톱밥 첨가 함량이 높을수록 시료의 산패도 값은 감소하였으나 60일 이후부터는 기본 배합 시료의

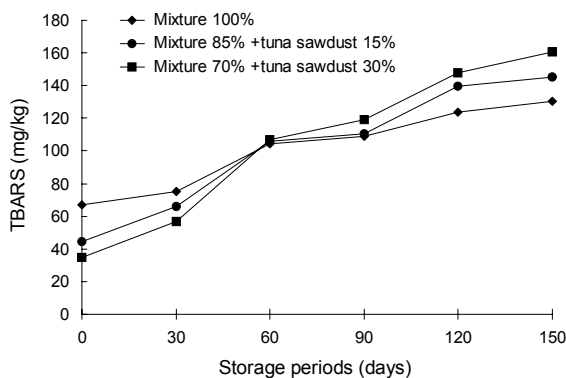


Fig. 5. Change of TBARS (2-thiobarbituric acid reactive substances) of extruded mixture and mixture with added tuna sawdust during storage periods.

값이 104.4±0.38 mg/kg, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 105.72±0.18 mg/kg, 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 106.72±0.15 mg/kg으로 참치 톱밥 첨가 함량이 높을수록 산패도 값이 다소 증가하였다. 90일 이후부터는 이 결과 값 패턴의 차이가 좀 더 증가하여 150일 이후에는 기본 배합 시료의 값이 130.21±0.21 mg/kg, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것이 145.31±0.15 mg/kg, 기본 배합에 참치 톱밥 30%를 첨가한 것이 160.53±0.23 mg/kg으로 증가하는 경향을 보였다. 이는 참치 톱밥 첨가 함량이 높은 초기 시료의 산패도는 낮았으나 참치 톱밥에 함유되어 있는 지방 성분이 산패를 촉진하여 저장 기간이 길어지면서 참치의 항산화 활성이 감소하고 반대로 과산화 지질이 형성되어 산패도가 높게 나타난 것으로 생각된다 (38).

요 약

본 연구에서는 고품질 인조육의 개발을 위하여 압출성형 인조육에 가공 부산물의 활용 측면에서도 장점을 지닌 참치 톱밥을 첨가하여 압출성형 공정을 거친 후 이화학적 특성에 대하여 살펴보았다. 압출성형 원료는 탈지대두분 65%에 분리대두단백 25%, 옥수수 전분 10%를 혼합한 것을 기본 배합시료로 설정하였고, 기본 배합 100%, 기본 배합에 참치 톱밥 15%를 첨가한 것과 참치 톱밥 30%를 첨가한 것, 세 가지 시료를 제작하였다. 원료 사입량은 100 g/min, 스크루 회전 속도 250 rpm, 사출구 온도 140°C, 수분함량은 50%로 고정하여 압출성형한 후 비길이, 밀도, 파괴력, 조직간사지수, 보수력, 조직감 분석, 수용성 질소 지수, 단백질 소화율, DPPH 라디칼 소거 활성을 실시하였다. 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 파괴력과 밀도는 감소하였고 단면 팽화율과 비길이는 증가하였다. 또한, 참치 톱밥 첨가 함량이 높을수록 조직간사지수와 보수력은 감소하였으며 수용성 질소 지수와 단백질 소화율도 다소 감소하였다. DPPH 라디칼 소거 활성에서는 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 값이 증가하였으나 저장 기간이 30일과 60일로 길어짐에 따라 값이 감소하는 경향을 보였다. 산패도의 측정값은 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 감소하는 경향을 보였으나 60일 이후부터는 참치 톱밥의 첨가 함량이 높을수록 다소 증가하여 150일 이후에는 유의적 차이를 보였다. 기본 배합 시료에 참치 톱밥을 첨가하면 유연한 조직감과 영양적 가치를 보존하면서 항산화 기능이 증진되었다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 2016년도 지역혁신창의인력양성사업(2016H1C1A1035974)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Kinsella JE, Franzen KL. 1978. Texturized proteins: Fabrication, flavoring, and nutrition. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 10: 147-207.
- Haper JM. 1978. Food extrusion II. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 11: 155-215.
- Han O, Park YH, Lee SH, Lee HY, Min BL. 1989. The texturization properties of textured extrudate made by a mixture of rice flour and isolated soybean protein. *Korean J Food Sci Technol* 21: 780-787.
- Maurice TJ, Stanley DW. 1978. Texture-structure relationships in texturized soy protein IV. Influence of process variables on extrusion texturization. *Can Inst Food Sci Technol J* 11: 1-6.
- Hager DF. 1984. Effects of extrusion upon soy concentrate solubility. *J Agric Food Chem* 32: 293-296.
- Ledward DA, Taylor AJ, Lawrie RA. 1983. Texturization of recovered proteins. In *Upgrading Waste for Feeds and Food*. Butterworth-Heinemann Publisher, Norman, OK, USA. p 163-172.
- Kim KH, Choi MW, Choi HM, Lim SY. 2013. Effect of tuna extracts on production of nitric oxide and inflammatory cytokines. *Korean J Food Sci Technol* 45: 385-390.
- Carroll KK. 1986. Biological effects of fish oils in relation to chronic diseases. *Lipids* 21: 731-732.
- Mehta J, Lopez LM, Wargovich T. 1987. Eicosapentaenoic acid: Its relevance in atherosclerosis and coronary artery disease. *Am J Cardiol* 59: 155-159.
- Ebitani KT, Takahashi K. 1992. Development of taurine collection technology from sardine cooking wastes. In *National Conference Materials for Fisheries Utilization and Processing*. Takahashi K, ed. Central Fisheries Institute, Tokyo, Japan. Vol 19, p 81-90.
- Mégard D, Kitabatake N, Cheftel JC. 1985. Continuous restructuring of mechanically deboned chicken meat by HTST extrusion-cooking. *J Food Sci* 50: 1364-1369.
- Liu SX, Peng M, Tu S, Li H, Cai L, Yu X. 2005. Development of new meat analog through twin-screw extrusion of defatted soy flour-lean pork blend. *Food Sci Tech Int* 11: 463-470.
- AACC International. 1999. *Approved methods of analysis*. 11th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Method 08-01, 30-25, 46-10, 56-20.
- Alvarez-Martinez L, Kondury KP, Harper JM. 1988. A general model for expansion of extruded products. *J Food Sci* 53: 609-615.
- Kim CH, Tie J, Rye GH. 2012. Effects of moisture content on physical properties of extruded cereal flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1603-1610.
- Jin T, Gu BJ, Ryu GH. 2010. Manufacturing of hemp seed flake by using extrusion process. *Food Eng Prog* 14: 99-105.
- Ryu GH, Ng PKW. 2001. Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch-Stärke* 53: 147-154.
- Han O, Lee SH, Lee HY, Oh SL, Lee CH. 1989. The effects of screw speeds and moisture contents on soy protein under texturization using a single-screw extruder. *Korean J Food Sci Technol* 21: 772-779.
- Lin S, Huff HE, Hsieh F. 2002. Extrusion process parameters, sensory characteristics, and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. *J Food Sci* 67: 1066-1072.
- Bourne MC. 1978. Texture profile analysis. *Food Technol* 32: 62-66.
- Caprita R, Caprita A, Cretescu I. 2010. Protein solubility as quality index for processed soybean. *Anim Sci Biotechnol* 43: 375-378.
- Starcher B. 2001. A ninhydrin-based assay to quantitate the total protein content of tissue samples. *Anal Biochem* 292: 125-129.
- Mertz ET, Hassen MM, Cairns-Whittem C, Kirleis AW, Tu L, Axtell JD. 1984. Pepsin digestibility of proteins in sorghum and other major cereals. *Proc Natl Acad Sci* 81: 1-2.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci Technol* 28: 25-30.
- Pyun CW, Hong GE, Jang SH, Kim JM, Kim SK, Lee CH. 2012. A method for measuring lipid peroxidation of freeze-dried egg yolk by using chemiluminescence analyzer. *Korean J Food Sci Ani Resour* 32: 98-102.
- Gu BJ, Norajit K, Ryu GH. 2010. Physicochemical properties of extruded defatted hemp seed and its energy bar manufacturing. *Food Eng Prog* 14: 127-134.
- Gui Y, Gil SK, Ryu GH. 2012. Effects of extrusion conditions on the physicochemical properties of extruded red ginseng. *Prev Nutr Food Sci* 17: 203-209.
- Gil SK, Ryu GH. 2013. Effects of die temperature and CO₂ gas injection on physical properties of extruded brown rice-vegetable mix. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1848-1856.
- Saio K. 1987. Expansion and texturization mechanisms of soybean protein, relating to the microstructures. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 34: 407-416.
- Ning L, Villota R. 1994. Influence of 7S and 11S globulins on the extrusion performance of soy protein concentrates. *J Food Process Preserv* 18: 421-436.
- Moon SH, Jeong JY, Kim GD, Cho IC, Jeon JT, Joo ST, Park GB. 2009. The relationship between measurements of color and water-holding capacity in pork loin. *J Anim Sci Technol* 51: 329-336.
- Guinee TP. 2002. The functionality of cheese as an ingredient: A review. *Aust J Dairy Technol* 57: 79-91.
- Yoo G, Bai SC. 2014. Effects of different dietary protein sources on apparent digestibility and growth in juvenile river puffer *Takifugu obscurus*. *Kor J Fish Aquat Sci* 47: 383-389.
- Matthews DE. 1999. Proteins and amino acids. In *Modern Nutrition in Health and Disease*. 9th ed. Shils ME, Olson JA, Shike M, Ross AC, eds. Lippincott Williams & Wilkins, Baltimore, MD, USA. p 11-19.
- Choi JI, Kim JH, Lee JW. 2011. Physiological properties of tuna cooking drips hydrolysate prepared with gamma irradiation. *Process Biochem* 46: 1875-1878.
- Lee YM, Chin KB. 2012. Effects of phosphate addition alone or in combined with dipping in trisodium phosphate solution on product quality and shelf-life of low-fat sausages during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 32: 84-90.
- Kim AR, Lee JJ, Lee MY. 2009. Antioxidative effect of *Angelica acutiloba* Kitagawa ethanol extract. *J Life Sci* 19: 117-122.
- Lee S, Kang SH, Kim MK, Song SR, Yoon HJ, Lee MW, Kang HJ, Hwang IK. 2012. Degree of rancidity and sensory characteristics of frying oils with reuse and storage at home. *Korean J Food Cook Sci* 28: 265-273.