

한국인 주요 단백질 급원식품 10종에 대한 동결건조 전후의 특성 연구

손양주 · 최수영 · 이금양 · 황 영 · 유경미¹ · 황인경[†]

서울대학교 식품영양학과 · 생활과학연구소, ¹승의여대 식품영양학과

Study on Major Korean Protein Sources Before and After Freeze Drying Processing

Yang-Ju Son · Soo-Young Choi · Keum-Yang Lee · Ying Huang · Kyung-Mi Yoo¹ · In-Kyeong Hwang[†]

Department of Food and Nutrition-Research Institute of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

¹Department of Food and Nutrition, Soong Eui Women's College, Seoul 100-751, Korea

Abstract

Freeze-drying process was used for 10 major protein foods referred by the Korea Health Statistics 2011 as follows; chicken, pork, beef, eggs, tofu, squid, soybean, mackerel, anchovy, and pollack/frozen pollack. Boiled samples and re-hydrated samples after freeze-drying were prepared for analysis. The weight variation, the chromaticity, the mechanical texture and sensory properties by eight trained panelists were measured. In the ratio of re-hydration, the anchovy showed the highest value(89.40%), followed by eggs, and squid showed the lowest value(35.51%). Changes of Hunter color value were observed among all samples. For rates on changes of hardness, every sample was increased except for eggs($p < .05$). Among the 9 samples, except for eggs, chicken showed the lowest rate of increase in hardness(125.44%) while squid showed the highest rate of increase in hardness(1335.1%). Except for eggs and pork, eight samples represented differences in sensory properties, especially in juiciness and tenderness($p < .05$). As a result, we found that egg is the most suitable for freeze-drying among 10 protein sources followed by pork and chicken.

Key words: freeze-drying, re-hydration, texture evaluation, sensory evaluation, major protein foods of Korean

I. 서론

단백질은 다량영양소로서 신체 조직 형성, 에너지제공, 체내 밸런스 조절 등의 중요한 역할을 담당하는 영양소이다(Byrd-Bredbenner C 등 2009). 그러나 단백질 식품은 조건에 따른 물리, 화학적인 변화가 심하며, 미생물에 의한 부패로 인해 보관성이 떨어지는 단점이 있다(Lambert AD 등 1991). 따라서 낮은 온도에서 보관하거나, 살균 후 밀봉하여 보관하는 등 다양한 보관법이 개발되었으며(Huh TR 2008), 단백질 식품을 건조하는 것도 개발된 방법 중 하나이다. 특히 건조 공정의 결과물은 보관 기간이 길고, 부피가 작으며, 무게가 가벼우므로 저장성과 휴대성이 모두 개선되는 장점이 있다. 또한 단백질 식품에서 수분을 제거하여 낮은 수분활성도를 유지하는 경우 보관 중의 물리, 화학적인 변화를 최소화할 수 있으며(Carpenter JF 등 2002), (Mayor L과 Sereno AM 2004),

특히 미생물에 의한 부패를 최소화할 수 있다(Krokida MK와 Marinos-Kouris D 2003).

상용화된 건조법들 중에서 각광받고 있는 방법은 동결건조 방법으로(Chang BS와 Patro SY 2004), 동결건조 된 식품은 진공건조, 공기건조, 마이크로파건조, 삼투 건조 등의 방법을 사용한 식품에 비해 우수한 향미 보존성, 높은 다공성과 높은 재수화 효율을 지닌다(Krokida MK 등 1998). 또한 다른 건조 방법과 다르게 기공 형성 과정에서 수분 이동 과정 중에 뒤틀림 현상이 쉽게 발생하지 않는다(Koç B 등 2008). 그러나 단백질은 다른 다량영양소인 탄수화물이나 지질에 비하여 동결건조 과정에서 안정하지 않은 것으로 알려져 있으므로(Chang L 등 2005, Roy I와 Gupta MN 2004, Kadoya S 등 2010), 보관 및 휴대성 향상을 위한 단백질 식품의 동결건조 중 특성의 변화에 대한 연구의 필요성이 있다. 단백질 식품의 동결건조에 대한 특성을 살펴 본 선행 연구로는 닭고기(Babić J 등 2009, Pavan MA 등 2012, Farkas와 Singh RP 1991), 돼지고기(Aitken A 등 1962, Penny IF 등 1964), 달걀(Jaekel T 등 2008)과 같은 축산물과 고등어(Sarkardei S와 Howell KN 2007)와 같은 수산물 및 두부(Fujii M 등 1999)와 같은 식물성 단백질 식품 등에 대한 연구가 진행

[†]Corresponding author: In Kyeong Hwang, Department of Food and Nutrition, College of Human Ecology, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea
Tel: +82-2-880-57082
Fax: +82-2-882-5708
E-mail: ikhwang@snu.ac.kr

되었다. 하지만 이러한 연구들 대부분은 단일 단백질 식품에 대한 연구이며, 여러 단백질 식품을 동시에 비교하지 않아 서로 다른 식품 간의 동결건조 공정에 의한 특성 변화를 비교하기가 어려웠다. 또한 최종적으로 섭취하게 되는 형태인 수화 복원 후의 특성에 대해 연구도 거의 진행되지 않아, 실제로 섭취하는 식품형태를 고려한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 이번 연구에서는 한국인들의 주요 단백질 급원식품들에 대해 동결건조 공정 전후에 대한 특성을 서로 비교해보고자 하였다.

한국인의 주요 단백질 급원 식품 10가지를 선정하기 위해 2011년 한국 국민건강통계의 단백질 섭취량의 주요 급원식품 조사 결과표를 참조하였으며, 이는 Table 1에 나타내었다. 높은 순위에 속하는 식품 중에서 백미, 김치(배추김치), 빵, 라면, 국수 등은 일반적으로 단백질 식품군에 속하지 않는 식품으로 본 연구에서 제외하였으며, 우유는 액체라는 특성 때문에 본 연구에서 제외하였다. 언급한 식품들을 제외하고는 순위가 높은 순으로 닭고기, 돼지고기, 쇠고기, 달걀, 두부, 오징어, 대두, 고등어, 멸치, 명태/동태의 10종류 식품을 선택하였다.

본 실험에서는 선발된 10가지 단백질 식품들에 대하여

자숙과정 및 동결건조 후 재수화 과정을 거치는 동안 무게 증량의 변화, 색도의 변화, 텍스처의 변화, 관능적인 요소를 측정하였으며, 이를 토대로 동결건조 공정에 적합한 단백질 식품을 모색해보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시료 준비

1) 재료 구입

본 실험에 사용된 식재료는 시중 대형 마트에서 구입하였다. 닭고기(가슴살), 돼지고기(전지), 쇠고기(사태), 달걀, 두부(부침용), 오징어, 고등어는 생것으로, 대두와 멸치(볶음용)는 건조제품을, 명태는 반 건조시킨 형태인 코다리를 이용하였다. 모든 시료는 구입 후 3°C에서 냉장보관하면서 24시간 이내에 사용하였다.

2) 시료의 전처리

대두와 멸치, 오징어, 달걀을 제외한 모든 재료는 기름기가 적은 부위로 엄선하여 가로, 세로, 높이 모두 2.5 cm 의 정육면체 형태로 잘라 준비하였다. 조리 전 무게를 잰

Table 1. Major protein foods consumed by Koreans

(N=7,704)

Ranking	Protein ingredient	Amount of intake (g)	Amount of intake ratio (%)	Accumulated fraction (%)
1	Polished rice	12.0±0.1	16.3	16.3
2	Chicken	5.9±0.4	8.0	24.2
3	Pork	5.6±0.2	7.7	31.9
4	Beef	3.7±0.2	5.0	36.9
5	Egg	3.1±0.1	4.3	41.1
6	Milk	2.5±0.1	3.3	44.5
7	Tofu	2.0±0.1	2.7	47.2
8	Kimchi	1.4±0.0	1.9	49.0
9	Squid	1.3±0.1	1.8	50.8
10	Bread	1.3±0.1	1.7	52.5
11	Ramen	1.2±0.1	1.7	54.2
12	Soybean	1.2±0.1	1.6	55.8
13	Noodles	1.1±0.1	1.5	57.3
14	Mackerel	1.1±0.1	1.4	58.8
15	Anchovy	1.0±0.0	1.4	60.2
16	Semi-dried pollack	0.9±0.1	1.2	61.4
17	Duck meet	0.8±0.1	1.1	62.4
18	Fish cake	0.8±0.1	1.1	63.5
19	Tuna	0.8±0.1	1.1	64.6
20	Soybean paste	0.7±0.0	1.0	65.6

Each value is mean ± S.D.

Ministry of health & welfare, Korea centers for disease control & prevention. 2011

대두는 3°C의 물에 10시간 동안 불린 후, 낱알 형태 그대로 사용하였으며, 멀치는 건조된 상태에서 전처리 과정 없이 그대로 사용하였다. 오징어는 표피의 제1층과 제2층을 제거하고, 몸통부분만을 사용하였으며, 가로, 세로, 높이가 2.5 cm × 2.5 cm × 0.3cm 크기로 손질하였다. 달걀은 노른자와 흰자를 함께 섞고 알끈을 제거한 뒤, 체에 걸러 준비하였다.

3) 시료의 자숙

Oikonomopoulou VP 등(2011)은 동결건조 전 삶기 시간에 따라 다공성과 밀도에 변화가 있다고 하였으며, 따라서 모든 재료에 대해 동일한 시간 자숙하는 것으로 하였다. 자숙 시간은 USDA(1994)의 안전 보증을 위한 조리 후 내부온도 기준을 참고하여 정하였으며, 모든 재료가 안전한 상태인 내부온도 77°C 이상의 조건을 충족하는 최소한의 시간으로써 예비실험결과 3분으로 결정되었다.

재료의 자숙을 위하여 동일한 크기의 냄비에 재료 무게의 20배인 2000 g의 끓는 물을 준비하여, 달걀을 제외한 모든 재료는 체에 담은 상태에서 끓는 물에 재료가 충분히 잠기도록 하여 3분간 자숙하였으며 달걀은 알끈을 제거한 후 체에 내린 것을 사기그릇에 담아 내부온도가 77°C 이상이 되도록 5분간 중탕하였다. 익힌 재료들은 겉면의 수분을 제거하고 상온으로 식힌 뒤, 시료별로 일정한 크기(Table 2)로 잘라 경도측정 및 관능평가에 이용하였다.

Table 2. Dimension of protein foods for texture analysis and sensory evaluation

food	Dimension of samples (width x length x height) (cm)	
	Texture analysis	Sensory evaluation
Chicken	1 × 1 × 1	1 × 1 × 1
Pork	1 × 1 × 1	1 × 1 × 1
Beef	1 × 1 × 1	1 × 1 × 1
Egg	1 × 1 × 1	1 × 1 × 1
Tofu	1 × 1 × 1	1 × 1 × 1
Soybean	1 bean	1 bean
Squid	2 × 2 × 0.3	1 × 1 × 0.3
Mackerel	2 × 2 × 1	1 × 1 × 1
Anchovy ¹⁾	50g anchovies	1 anchovy
Semi-dried pollack	2 × 2 × 1	1 × 1 × 1

¹⁾ Size : 3cm length

4) 동결건조 및 수화

달걀찜 시료와 자숙한 시료들을 -78°C에서 24시간 동안 급속 동결한 뒤 동결건조기(FDI 06-85, 소리테크)를 이용하여 72시간 동안 동결건조 하였다. 동결건조 된 재료는 밀봉 후 실험에 사용 될 때까지 -78°C에서 보관하였다.

시료의 수화를 위해 동일한 크기의 냄비에 2000 g의 끓는 물을 준비하였으며, 동결건조 된 재료들을 체에 담은 상태에서 끓는 물에 넣어 2분 30초간 자숙하여 수화시켰다. 수화된 재료들은 겉면의 수분을 제거하고 상온으로 식힌 뒤 시료별로 일정한 크기(Table 2)로 잘라 경도 측정 및 관능평가에 이용하였다.

2. 실험방법

1) 물리적 측정

시료의 무게는 조리 전, 자숙 후, 동결건조 후, 수화 후 총 4번에 걸쳐 3반복으로 측정하였다.

각 시료의 색도는 색차계(Colorimeter, CM-3500d, Minolta, Japan)를 이용하여 최소 3반복 측정하여 이를 Hunter Lab Scale에 의한 L(Lightness), a(redness), b(yellowness) 값으로 나타내었다.

시료의 경도 측정을 위해 Texture analyzer(TA-XT Plus, Stable Micro Systems, UK)를 이용하였다. Table 3에 명시된 크기로 자른 자숙한 시료 및 수화된 시료에 대해 Test speed 1.0 mm/s, Trigger force 5 g, Strain 50%의 조건으로 경도(hardness)를 측정하였다. 모든 실험은 최소 3반복으로 측정하였으며, 시료의 조직 특성에 따라 probe를 달리하여 실험하였다(Table 3).

2) 관능검사

10명의 대학원생을 평가자로 모집하여 훈련을 진행한 후 사전검사를 거쳐 8명의 평가자를 선발하였다. 시료는 각각 난수표에 의해 부여된 번호를 지정한 후 5가지씩 2번에 나누어 제시하였으며, 하나의 시료에 대한 검사가 끝날 때마다 물로 입을 행구도록 하였다. 평가된 특성은 외관(표면의 매끄러움), 향미(재료 고유의 향미, 이취), 질감(매끄러움, 연한 정도, 다즙성, 씹힘성, 기름진 느낌)으로 총 8가지의 특성을 평가하였다. 척도는 7점 척도를 사

Table 3. Three types of Probes of texture test for protein foods

Probe	P/75 “Compression platen” 75mm radius	P/0.5S “Spherical probe” 0.5 inch radius	HDP/KS5 “Kramer shear cell”
Samples	chicken, pork, beef, egg, tofu, soybean	squid, mackerel, semi-dried pollack	anchovy

용하였으며, 1점으로 갈수록 약한 정도를, 7점으로 갈수록 강한 정도를 나타내도록 하였다.

3) 통계분석

동결건조 전 자숙한 시료와 동결건조 후 재수화한 시료 간에 색도와 텍스처, 관능적인 차이가 있는지 검증하기 위하여 t-test를 실시하였다. 관능검사 결과에 대해서는 평가자 간 서로 유의적인 차이가 있는지 보기 위하여 분산분석(ANOVA)을 추가로 실시하였다. 또한 자숙한 시료와 재수화한 시료간의 무게 비율이 10가지 재료 간에 차이가 있는지 확인하기 위하여 분산분석을 진행한 뒤, 사후분석으로 Duncan의 다중범위시험을 실시하였다. 모든 통계 분석은 SPSS(ver.20) program을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 시료의 무게 변화

시료의 무게 변화는 자숙 전, 자숙 후, 동결건조 후, 복원 후의 총 4번에 걸쳐 측정하였으며, 이 결과는 Table 4에 나타내었다. 모든 시료의 조리 전 무게는 100.00 g으로 통일하였다.

자숙 후 대부분의 시료는 원재료 무게보다 감소하였지만, 건조 상태로 준비한 시료인 대두와 멸치의 경우에는 100.00 g에서 각각 205.18 g, 141.20 g으로 변화하여 205.18%와 141.20%의 무게 변화율을 나타냈다. 대두의 결과는 So KH 등(2000)이 대두 15종을 침지 하였을 때의 무게 변화율인 202.82% ~ 233.63% 범위 내에 속하여 비슷한 경향을 나타냈다. 대두와 멸치를 제외하고 조리 후

중량의 손실이 가장 적었던 재료는 달걀이었으며, 1.18%의 손실이 나타났다. Kim KS 등(2005)은 조리 방법 중 끓이기보다 찌기보다 식품에 대한 영향이 크고 수용성 성분의 유출도 큰 것을 언급하고 있는데, 달걀의 경우 자숙을 하는 대신 따로 그릇에 담아 증탕을 한 것으로써, 끓이기 대신 찌기를 사용함으로써 수분의 손실이 적었던 것으로 사료된다. 이외의 재료는 대부분 20-40%의 무게 손실이 있었는데, 근육이 열을 받게 되면서 생기는 섬유질의 뒤틀림과 근육의 분해 등으로 더 낮은 수분 보유력을 지니게 된 것으로 생각된다(Bowers JA 등 1987). 근육의 열분해는 내부 온도 70℃를 기점으로 급격히 증가한다고 보고되었는데(Hegarty와 Allen 1975, Dubé G 등 1972), 이번 실험에서는 시료들을 끓는 물에서 3분간 자숙함으로써 모든 재료의 내부 온도가 80℃이상으로 가열되었다(data not shown). 따라서 근육의 분해 등으로 인해 수분이 용출되고 몇몇 수용성 성분이 빠져나가면서 무게가 가벼워진 것으로 사료된다. 관찰 값 중 흥미로웠던 요소로써 오징어, 고등어 등의 어패류가 닭고기, 돼지고기, 쇠고기 등의 육류보다 자숙에 의한 무게의 손실이 적었다. 무게의 손실에 가장 크게 관여하는 수분량을 살펴보면, McGee H(2004)에 따르면 일반적으로 저지방 육류는 75%의 수분과 20%의 단백질, 3%의 지질로 이루어져 있다고 하였으며, Park SY(2009)는 생고등어의 수분량이 69.90%, 조단백 함량이 20.65%, 조지방 함량이 9.93%라 하였고, Cho SY 등(2004)은 한국산 오징어 몸통 부위의 수분량이 75.9%라 하여 원재료간 수분량의 차이가 그리 크지 않음을 알 수 있다. 또한 Yoo 등(2002)은 가열감량이 가열방법이나 재료의 크기, 온도, 시간에 따라 달라진

Table 4. Weights of protein foods for each process steps

Ingredient	Weight (g)				After boiling- After rehydration ratio (%)
	Before cooking	After boiling (Before FD)	After FD ¹⁾	After rehydration	
Chicken	100.00 ± 0.00	67.86 ± 4.66	21.88 ± 1.14	45.06 ± 3.93	66.41 ± 3.73 ^{de}
Pork	100.00 ± 0.00	62.87 ± 6.89	23.65 ± 2.68	44.29 ± 3.11	70.30 ± 8.94 ^d
Beef	100.00 ± 0.00	67.30 ± 3.05	26.34 ± 0.51	40.00 ± 2.45	59.52 ± 4.70 ^{ef}
Egg	100.00 ± 0.00	98.82 ± 5.57	23.93 ± 0.97	83.57 ± 5.48	84.55 ± 2.47 ^{ab}
Tofu	100.00 ± 0.00	79.30 ± 3.80	15.28 ± 1.32	45.27 ± 2.07	57.10 ± 0.96 ^f
Soybean	100.00 ± 0.00	205.18 ± 4.52	77.49 ± 0.60	135.16 ± 2.40	65.88 ± 0.28 ^{de}
Squid	100.00 ± 0.00	74.94 ± 2.18	17.81 ± 0.44	26.59 ± 0.44	35.51 ± 1.33 ^g
Mackerel	100.00 ± 0.00	80.23 ± 6.72	25.84 ± 1.11	61.79 ± 4.15	77.19 ± 5.25 ^c
Anchovy	100.00 ± 0.00	141.20 ± 10.02	57.40 ± 4.06	126.20 ± 8.88	89.40 ± 2.00 ^a
Semi-dried pollack	100.00 ± 0.00	92.33 ± 6.13	21.16 ± 1.53	73.89 ± 5.21	80.02 ± 1.17 ^{bc}

Each value is mean ± S.D.

Means with different letters within a column are significantly different (p<0.05)

¹⁾ Freeze Drying

다고 하였으나, 이번 실험에서는 이러한 조건들을 통일하여 큰 영향을 주지 않은 것으로 나타났다. 따라서 어패류가 육류보다 무게 손실률이 낮았던 결과는 근육조직의 특성 차이가 가장 크게 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. McWilliams M(2001)은 끓이기, 삶기 공정에서는 재료의 건조가 일어나지 않는다고 하였으며, 육류의 경우 장시간 조리를 하지 않는 경우에는 근섬유의 수축이 생선보다 훨씬 강하므로, 서로간의 조리 특성의 차이가 있다고 하였다. 본 실험에서 육류인 닭고기, 돼지고기, 쇠고기의 수분 유출량이 고등어, 명태 등 생선보다 높았던 이유가 이러한 근섬유 수축 정도의 차이에 의한 것이라 판단된다.

동결건조 후 무게는 대부분 15-26g 정도로 나타났으나, 원래 건조제품 형태였던 대두와 멸치의 경우는 원재료 대비 무게 중량이 가장 무거워 각각 77.49g, 57.40g를 나타냈다.

동결건조 된 시료를 다시 복원한 후, 모든 시료가 처음 자숙하였을 때보다 복원 후의 무게가 감소하였다. 자숙 후 시료와 재수화 시료간의 무게 비율은 멸치가 89.40%로 가장 높게 나타났고, 뒤를 이어 달걀이 84.55%로 높았으며, 가장 낮은 복원율을 보인 시료는 오징어로 34.51%를 나타냈다. 대체적으로 육류가 고등어나 명태에 비해 복원력이 낮았으며, 두부가 오징어 다음으로 가장 복원율이 낮았다.

동결건조 된 시료를 수화시킬 때는 기공의 구조와 크기가 복원력에 큰 영향을 주게 되는데(Schoof H 등 2001), 특히 기공의 구조와 크기가 균일하면서도 고루 분포하게 되면 복원력이 좋아진다고 보고 하였다(Sabiani 등 2007). 달걀의 경우에는 다른 시료들에 비해 상대적으로 조직이 부드럽고, 난황과 난백을 섞어서 조리하여 조성이 가장 균일하였으므로, 동결건조 공정에 의해 기공의 구조와 크기가 비교적 균일하게 생성되었을 것으로 예상할 수 있으며, 이에 의해 달걀의 복원력이 높았을 것으로 사료된다. 그러나 달걀과 비슷하게 조직이 부드러우면서, 시료 전체의 부분적 조성이 균일한 편인 두부의 경우는 복원력이 낮은 것으로 나타났다. Farkas BE와 Singh RP(1991)는 기공을 모두 합한 부피도 중요하지만 전체적인 기공 부피에 대한 미세 공극 부피가 중요하다고 하였다. 미세 공극은 직경이 100 μm 이하인 기공이며, 두부의 경우에는 원시료의 기공이 다른 시료에 비해 불균일하면서, 큰 기공이 많아 결과적으로 복원력이 비교적 낮았던 것으로 사료된다. 멸치의 경우에는 이러한 조건들을 충족시키지 않으나 가장 복원율이 높게 나타났는데, 이는 뼈를 제거하지 않았기 때문으로 생각된다. 뼈의 경우에는 건조 공정 및 수화 공정에 의해 고유의 특성에 별다른 변화가 없으므로, 뼈를 제거한 멸치 시료를 이용한다면 결과가 달라질 것으로 예상된다. 10가지 식품 중 가장 복원력이 낮았던 식품은 오징어으로써, 자숙한 시료와 수화한

시료간의 무게 비율이 35.51%였다. 김기숙 등(2005)은 오징어의 근육 조직은 서로 직각으로 교차하고 있으며, 매우 강한 수축력을 나타낸다고 하였다. 따라서 오징어의 경우에는 강한 근육 수축력이 작용하였고, 이 때문에 재수화 과정을 거쳐도 전체적인 구조가 다시 이완되지 않아 수분을 보유할 수 있는 용량이 줄어드는 것으로 사료된다.

종합적으로 복원력을 통해 시료를 평가하면, 강한 수축 등 조직의 구조 변화가 크게 일어나지 않고 시료 자체의 보수력이 뛰어나며, 전체적으로 부분적 조성이 균일하여 동결건조 시 기공의 구조와 크기가 비슷하게 생기는 상태로 시료를 제작하는 것이 가장 복원력이 좋을 것으로 예상되었다. 이러한 의미에서 달걀이 다른 시료들보다 복원력이 높게 나타났으며, 다른 시료들의 경우에도 한 번 갈아준 후, 보수력이 뛰어난 물질을 첨가하여 제작하면 더 높은 복원력을 보일 것으로 사료된다.

2. 색도

자숙 후의 시료와 동결건조 후 재수화 과정을 거친 시료의 색도를 측정된 결과는 Table 5와 같았다. 동결건조 후 L값(Lightness)이 가장 많이 증가한 시료는 멸치였으며, 명태, 고등어, 콩, 달걀이 그 다음이었다. 닭고기, 돼지고기, 두부의 경우에는 동결건조 전후에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 쇠고기, 오징어는 동결건조 후에 L값이 낮아진 결과를 나타냈다. 여러 시료에서 L값이 증가한 이유는 색소의 용출과 공극 형성에 따른 빛의 투과량 증가에 의한 L값의 증가를 생각해볼 수 있다. Shin ES 등(1985)는 검정콩의 안토시아닌 색소의 용출이 높은 온도의 물에서 끓일 경우 가장 활발하게 일어난다고 하였으며, 따라서 재수화 과정에서 다시 한 번 끓는 물에 가열하면 재료의 색소가 다시 용출되었을 것이라 사료된다. 또한 공극의 형성에 따라 시료에 대한 빛의 투과량이 높아져 L값이 높게 측정되었을 가능성이 있는데, Pierson B 등(1987)의 연구결과에서도 시료에 공극이 생기므로써 빛의 투과량이 높아짐을 확인할 수 있다. 특히 쇠고기와 오징어만이 재수화 후에 L값이 더 낮아졌는데, 두 시료 모두 복원율과 경도 증가율을 보았을 때, 가장 강하게 수축한 시료이므로 공극의 형성에 의한 L값의 증가 보다 수축에 의한 L값의 감소가 더 컸음을 예상할 수 있다. 또한 쇠고기의 경우에는 특히 헤마틴 색소를 더 많이 가지고 있어 동결건조 된 소고기가 공기 중에 노출되면서 헤마틴 색소(hematin pigment)의 산화적 변색 현상도 색도의 변화에 영향을 준 것으로 생각된다(Tappel AL 1956).

a값(redness)은 멸치를 제외한 모든 식품에서 동결건조 처리 후에 증가하였으며, 멸치는 유의적인 차이를 보이지 않았다. 가장 많은 변화를 보인 시료는 달걀이었고 두부, 닭고기, 콩, 고등어, 오징어, 돼지고기, 소고기, 명태 순으

Table 5. Hunter color value of boiled protein foods and rehydrated ones after freeze-drying

food	L			a			b		
	B ¹⁾	R ²⁾	t-value	B	R	t-value	B	R	t-value
Chicken	71.23 ± 0.23	76.79 ± 3.88	-2.478 ^{NS}	-2.14 ± 0.33	-0.05 ± 0.24	-8.841 ^{***}	8.17 ± 0.54	14.98 ± 1.18	-9.089 ^{***}
Pork	54.84 ± 1.99	57.53 ± 2.74	-1.380 ^{NS}	0.54 ± 0.22	2.34 ± 0.88	-3.425 [*]	12.09 ± 0.72	16.10 ± 0.72	-6.831 ^{**}
Beef	41.66 ± 0.11	26.56 ± 0.15	138.815 ^{***}	2.52 ± 0.23	4.06 ± 0.77	-3.336 [*]	11.58 ± 0.70	8.92 ± 0.49	5.359 ^{**}
Egg	65.75 ± 2.64	71.72 ± 1.26	-3.534 [*]	-2.51 ± 0.22	0.87 ± 0.31	-15.527 ^{***}	26.68 ± 2.54	31.04 ± 2.08	-2.295 ^{NS}
Tofu	79.57 ± 1.34	78.88 ± 0.71	.791 ^{NS}	-1.38 ± 0.24	1.14 ± 0.18	-14.331 ^{***}	9.30 ± 0.78	14.93 ± 0.54	-10.280 ^{***}
Soybean	61.08 ± 0.28	70.68 ± 1.90	-8.655 [*]	-0.99 ± 1.02	4.81 ± 0.90	-7.403 ^{**}	17.21 ± 4.12	31.54 ± 5.25	-3.718 [*]
Squid	73.22 ± 0.94	61.94 ± 3.49	5.405 ^{**}	-3.22 ± 0.20	7.25 ± 3.87	-4.678 [*]	-0.47 ± 1.93	20.03 ± 1.07	-16.071 ^{***}
Mackerel	55.30 ± 0.79	72.93 ± 1.68	-16.438 ^{***}	-3.13 ± 0.57	-0.57 ± 0.47	-5.962 ^{**}	4.24 ± 1.00	15.61 ± 0.50	-17.652 ^{***}
Anchovy	32.57 ± 0.53	53.61 ± 1.41	-24.217 ^{***}	-0.73 ± 0.85	0.63 ± 0.79	-2.022 ^{NS}	-1.19 ± 1.05	9.22 ± 1.47	-9.988 ^{***}
Semi-dried pollack	45.23 ± 1.67	72.92 ± 1.34	-22.386 ^{***}	-4.16 ± 0.83	-2.78 ± 0.17	-2.839 [*]	2.12 ± 2.17	9.24 ± 1.37	-4.807 ^{**}

Each value is mean ± S.D.

*p<.05, **p<.01, ***p<.001, ^{NS} Not Significant

¹⁾ Boiled samle

²⁾ Rehydrated sample after freeze drying

로 변화 정도가 감소하였다. 이러한 결과는 오징어를 15 시간 동안 냉동건조 했을 시 a값이 증가하였다는 연구 (Hong JH 등 2006)와 결과와 유사하였으며, Chin KB 등 (2012)의 연구에서는 시료의 수분 보유력이 낮을수록 적 색도가 증가한다고 하여 전체적으로 낮아진 수분 보유력에 의해 a값이 높아졌을 가능성이 있다. b값(yellowness)은 쇠고기를 제외한 모든 시료들이 동결건조 후에 증가하였다. 가장 큰 폭으로 증가한 시료는 고등어였으며 그 다음으로 오징어, 두부, 멸치, 닭고기, 돼지고기, 명태, 콩의 순서로 나타났다. 달걀 또한 증가하였으나 유의적인 차이는 없었다. 동결건조 이후 b값의 증가는 Park HY 등 (1989)이 멸치 조미육 제품에 대하여 행한 연구와 Kang NS 등(2007)이 양파에 대해 행한 연구 등에서도 같은 결과가 나타났다.

a값과 b값의 증가에 대하여 첫 번째 이유로는 색소의 변화를 들 수 있다. 식품의 색은 조리나 저장과정 중 물리화학적인 변화에 의해 쉽게 변색된다(Hwang IK 등 2013). 또 다른 가설로 기공 형성에 의한 적색도와 황색도의 증가를 생각해 볼 수도 있는데, Wang X 등(2011)은 알루미늄 코팅 과정에서 공극의 깊이를 조절함으로써 표면의 색을 바꿀 수 있음을 보여주었다. 이들의 실험 결과 공극의 깊이가 250nm 근처에서는 노란색을, 310nm 깊이에서는 적색을 띠는 현상을 보여주었다. 따라서 동결건조에 의해 시료의 공극 깊이가 변한다면 색도의 변화를 가져올 수도 있음을 예상할 수 있다. 이에 대해서는 추후에 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

색도 측정 결과 모든 시료에서 색도의 변화가 있어, 변화를 방지하기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3. 경도 측정

자숙 후와 재수화 후 시료의 경도를 측정한 결과는 Table 6에 나타내었다. 시료 간에 서로 측정 조건이 달라 모든 시료를 한꺼번에 비교하는 것은 불가능하였다. 하지만 같은 조건으로 측정한 닭고기, 돼지고기, 쇠고기, 달걀, 두부의 시료만을 비교해보면, 두부와 달걀이 비교적 경도가 낮고, 육류의 경도가 더 높은 것으로 나타났다.

자숙 후 시료와 재수화 후 시료의 경도 변화율은 10가지 시료 중 달걀만이 유의적인 차이가 없었으며, 나머지 시료들은 모두 경도가 증가하는 것으로 나타났다. 달걀을 제외한 시료들의 경도 변화율은 125.44~1335.1%를 나타냈다. 이 중 가장 낮은 변화율을 보인 시료는 닭고기로 나타났고, 오징어가 1335.1%로 가장 큰 증가율을 나타내었다. 동결건조에 의한 시료의 경도 증가는 Farkas와 Singh RP(1991)의 닭고기에 대한 연구와 Aitken A 등 (1962)의 돼지고기에 대한 연구 등에서도 같은 결과를 찾아볼 수 있으며, 조직의 변성과 수분 보유력의 감소 등이 그 이유라고 보고하였다. 이 중 오징어의 경우에는 특히 조직의 변성이 크게 관여하는 것으로 보이며, 오징어는 다른 시료들과 구별되는 특이한 조직 단백질 구조를 가져 강한 수축력을 지니기 때문으로 생각된다. 이외에도 쇠고기와 닭고기 등에서도 근육 조직의 수축에 의해 경

Table 6. Hardness and change ratio of hardness for protein foods on before and after freeze drying

Food	Hardness (g)		t-value	Change ratio (%)
	boiled sample	rehydrated sample		
Chicken	1945.260 ± 58.176	2438.674 ± 54.187	-10.750 ^{***}	125.4
Pork	1758.891 ± 236.566	3467.516 ± 517.447	-5.201 ^{**}	197.1
Beef	2729.215 ± 103.467	4760.203 ± 844.023	-4.137 [*]	174.4
Egg	575.043 ± 30.109	540.660 ± 33.572	1.321 ^{NS}	94.0
Tofu	171.537 ± 31.031	289.884 ± 34.294	-4.432 [*]	169.0
Soybean	332.853 ± 82.791	2560.429 ± 144.346	-23.186 ^{***}	769.2
Squid	228.707 ± 22.536	3053.422 ± 522.333	-9.358 ^{***}	1335.1
Mackerel	212.931 ± 18.781	327.582 ± 53.470	-3.504 [*]	153.8
Anchovy	2562.189 ± 239.892	8485.843 ± 715.860	-14.228 ^{***}	331.2
Semi-dried pollack	90.744 ± 9.705	637.401 ± 95.950	-9.818 ^{**}	702.4

Each value is mean ± S.D.

*p<.05, **p<.01, ***p<.001, ^{NS} Not Significant

도의 증가가 일어난 것으로 생각되며, 이러한 점에서 볼 때 닭을 갈아 근육 조직을 파괴한 뒤, 몇몇 물질을 첨가하여 동결건조 특성을 본 Detura FI와 Haard NF의 연구(2008)에서는 근육 조직의 수축이 거의 관여하지 않아 동결건조에 의한 텍스처의 변화가 매우 적었음을 볼 수 있다.

수분 보유력의 감소는 조직의 변성에 의해서 일어날 수도 있지만, 시료내의 친수성 물질들이 감소하면서 나타날 수 있다. 특히 삶기 공정을 거치고 나면 많은 수용성 물질들이 용출되는데, 이에 의해 시료 내의 친수성의 물질 함량이 줄어들게 되며, 수분 보유력의 감소가 나타났 다. 대두가 769.2%의 경도 변화율을 보여 두 번째로 변화율이 높았던 이유로 친수성 물질의 용출이 다른 시료들 보다 많이 일어났기 때문이라 사료된다. Lee BY 등(1990)에 따르면, 대두는 수용성 단백질의 함량이 높아 전체 중량의 12%정도를 차지하며, 끓는 물에서 10분정도 삶는 조건이 최적의 수용성 단백질 용출 조건이라 보고하였다 (Lee BY 등 1990). 따라서 처음 자숙 때는 3분간 삶아서 크게 수용성 단백질의 용출이 없었으나, 동결건조에 의해 공극이 생긴 후 재수화를 위해 다시 삶으면서 수용성 단백질의 용출이 급격히 일어났을 가능성이 있다. 이는 대두의 수분 보유력을 낮추었을 것으로 보이며, 결과적으로 경도가 크게 증가되었을 가능성이 있다.

4. 관능검사

총 8명의 훈련된 평가자가 시료의 외관, 향미, 텍스처에 대하여 평가한 결과를 Table 7에 나타내었다. 시료의 동결건조 전후 특성 차이를 보기 전에 패널들 간 평가치에 차이가 있는지 검증하기 위해 ANOVA 분석을 시행하였으며, 그 결과 유의한 차이를 나타내지 않았다(data not

shown).

관능검사 결과 달걀과 돼지고기를 제외한 모든 식재료는 8가지의 질문항목 중 적어도 한 가지 이상에서 동결건조 전후에 유의한 차이를 나타내었다. 닭고기의 경우 이취(p<.05)와 연한 정도(p<.001), 그리고 다즙성(p<.001)이 감소하였으며, 쇠고기는 다즙성(p<.01)만 감소하였다. 두부는 매끄러움(p<.05)과 다즙성(p<.01)이 감소하였으며, 콩(p<.05)과 오징어(p<.001)는 연한정도가 감소하여 동결건조 후에 시료가 좀 더 단단해짐을 알 수 있었다. 고등어의 경우에는 재료 자체의 향미(p<.05)와 표면의 매끄러움(p<.05)이 감소하였고, 멸치는 씹힘성(p<.05)이 증가하였으며, 명태는 재료 고유의 향미(p<.05)가 감소하였다. 가장 많은 시료에서 유의적인 차이가 나타난 항목은 다즙성 항목과 연한 정도 항목이었다. 다즙성과 연한 정도에 대한 변화는 Karel M(1968)이 동결된 육류나 동결건조된 육류에서 가장 크게 변화하는 부분이라고 언급하고 있다. 닭고기와 쇠고기, 두부에서 차이를 관찰할 수 있었던 항목인 다즙성은 재료가 보유하고 있는 수분이 가장 중요한 영향을 주는 항목이므로, 전체적인 복원성에 큰 영향을 줄 수 있다. 또한 Kim BK 등(2013)과 Jeon MR과 Choi SH(2012)가 각각 쇠고기와 돼지고기에 대해 실험한 결과를 보면 다즙성은 시료에 대한 전반적 기호도와 높은 상관관계를 보이므로, 기호도와 중요한 연관이 있는 항목으로 생각할 수 있다. 이러한 관점에서 동결건조 이후 많은 시료에서 수분 보유력이 낮아져 다즙성이 감소하였으며, 이는 전반적인 기호도를 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다. 이로 인해 수분 보유력을 보완하여 더욱 좋은 품질의 동결건조식품을 얻기 위한 연구들이 진행되었으며, 당류 및 하이드로콜로이드를 첨가하는 등

Table 7. Sensory scores of protein foods with boiling and rehydrating after freeze drying

Food	Characteristics	Term	boiled sample	rehydrated sample	t-value
Chicken	Appearance	Slickness	4.88±1.13	4.75±1.04	.231 ^{NS}
		Flavor	Flavor of ingredient	4.38±0.92	5.00±0.93
	Off flavor		3.00±1.31	1.88±0.64	2.183 [*]
	Slippery		4.25±0.71	3.88±0.64	1.111 ^{NS}
	Texture	Tenderness	4.75±0.71	3.13±0.83	4.202 ^{***}
		Juiciness	4.88±0.83	2.38±0.74	6.325 ^{***}
		Chewiness	4.75±0.71	5.00±0.93	-.607 ^{NS}
Fatty		3.00±0.76	2.38±1.06	1.357 ^{NS}	
Pork	Appearance	Slickness	4.50±1.07	3.63±1.41	.231 ^{NS}
		Flavor	Flavor of ingredient	4.25±1.91	4.25±1.16
	Off flavor		3.88±1.46	2.88±1.25	1.475 ^{NS}
	Slippery		3.38±0.74	2.88±1.13	1.048 ^{NS}
	Texture	Tenderness	2.38±0.52	2.25±1.04	.306 ^{NS}
		Juiciness	2.38±0.92	2.13±0.83	.571 ^{NS}
		Chewiness	5.63±0.52	5.63±0.74	.000 ^{NS}
Fatty		3.25±1.04	3.00±0.53	.607 ^{NS}	
Beef	Appearance	Slickness	4.88±1.36	4.00±1.77	1.109 ^{NS}
		Flavor	Flavor of ingredient	3.38±1.41	4.63±1.69
	Off flavor		3.13±1.46	2.75±1.49	.509 ^{NS}
	Slippery		3.13±1.13	3.00±0.76	.261 ^{NS}
	Texture	Tenderness	2.25±0.71	2.00±0.76	.683 ^{NS}
		Juiciness	3.00±0.93	1.75±0.46	3.416 ^{**}
		Chewiness	6.13±0.64	6.25±0.71	-.370 ^{NS}
Fatty		2.88±1.36	3.00±0.93	-.215 ^{NS}	
Egg	Appearance	Slickness	5.13 ± 1.46	4.25 ± 1.16	1.326 ^{NS}
		Flavor	Flavor of ingredient	4.38 ± 1.19	4.25 ± 1.28
	Off flavor		2.38 ± 1.30	2.38 ± 1.19	.000 ^{NS}
	Slippery		5.75 ± 0.46	5.00 ± 1.20	1.655 ^{NS}
	Texture	Tenderness	5.13 ± 0.99	4.25 ± 0.71	2.033 ^{NS}
		Juiciness	3.38 ± 1.06	3.38 ± 0.74	.000 ^{NS}
		Chewiness	4.00 ± 0.93	4.38 ± 1.19	-.704 ^{NS}
Fatty		2.38 ± 0.92	2.88 ± 0.83	-1.141 ^{NS}	
Tofu	Appearance	Slickness	3.25 ± 1.39	4.75 ± 1.49	-2.084 ^{NS}
		Flavor	Flavor of ingredient	4.38 ± 1.19	3.88 ± 1.55
	Off flavor		1.38 ± 0.74	2.25 ± 1.39	-1.571 ^{NS}
	Slippery		5.50 ± 0.76	4.25 ± 1.16	2.546 [*]
	Texture	Tenderness	5.13 ± 1.73	5.13 ± 0.99	.000 ^{NS}
		Juiciness	5.00 ± 0.76	3.38 ± 0.92	3.870 ^{**}
		Chewiness	2.38 ± 0.92	3.13 ± 1.25	-1.371 ^{NS}
Fatty		1.88 ± 0.64	2.38 ± 0.74	-1.440 ^{NS}	
Soybean	Appearance	Slickness	5.50 ± 1.77	5.13 ± 1.46	.462 ^{NS}

	Flavor	Flavor of ingredient	4.88 ± 0.64	4.63 ± 1.30	.487 ^{NS}
		Off flavor	1.88 ± 0.99	2.00 ± 0.76	-.284 ^{NS}
	Texture	Slippery	5.00 ± 0.76	4.50 ± 0.93	1.183 ^{NS}
		Tenderness	2.88 ± 1.13	4.38 ± 1.06	-2.743*
		Juiciness	2.88 ± 1.25	3.00 ± 1.51	-.180 ^{NS}
		Chewiness	4.25 ± 0.89	4.50 ± 0.76	-.607 ^{NS}
		Fatty	2.88 ± 0.83	2.88 ± 1.13	.000 ^{NS}
Appearance	Slickness	6.75 ± 0.46	5.63 ± 1.51	2.020 ^{NS}	
Squid	Flavor	Flavor of ingredient	5.88 ± 0.35	5.38 ± 1.06	1.265 ^{NS}
		Off flavor	1.88 ± 0.64	2.13 ± 0.83	-.672 ^{NS}
	Texture	Slippery	6.00 ± 0.76	5.13 ± 1.13	1.825 ^{NS}
		Tenderness	4.38 ± 1.19	1.63 ± 0.74	5.550***
		Juiciness	3.25 ± 0.89	3.13 ± 1.36	.218 ^{NS}
		Chewiness	5.25 ± 0.71	5.75 ± 0.71	-1.414 ^{NS}
		Fatty	2.63 ± 0.74	2.75 ± 0.89	-.306 ^{NS}
Mackerel	Appearance	Slickness	5.00 ± 1.07	3.63 ± 1.30	2.308*
	Flavor	Flavor of ingredient	6.13 ± 0.83	4.88 ± 1.36	2.220*
		Off flavor	2.38 ± 0.92	2.50 ± 1.20	-.235 ^{NS}
	Texture	Slippery	4.75 ± 0.46	4.38 ± 1.06	.917 ^{NS}
		Tenderness	5.13 ± 0.83	4.63 ± 0.52	1.440 ^{NS}
		Juiciness	4.63 ± 0.74	4.38 ± 0.74	.672 ^{NS}
		Chewiness	3.88 ± 0.99	3.88 ± 0.64	.000 ^{NS}
Fatty		4.50 ± 1.07	4.88 ± 1.25	-.646 ^{NS}	
Anchovy	Appearance	Slickness	5.13 ± 1.36	5.25 ± 1.49	-.176 ^{NS}
	Flavor	Flavor of ingredient	5.13 ± 1.25	4.00 ± 1.60	1.567 ^{NS}
		Off flavor	2.13 ± 0.64	2.13 ± 0.83	.000 ^{NS}
	Texture	Slippery	5.13 ± 0.64	4.88 ± 0.83	.672 ^{NS}
		Tenderness	4.88 ± 0.99	5.00 ± 0.76	-.284 ^{NS}
		Juiciness	4.63 ± 0.74	4.00 ± 1.07	1.357 ^{NS}
		Chewiness	3.00 ± 0.53	3.63 ± 0.52	-2.376*
Fatty		2.88 ± 1.13	3.25 ± 0.71	-.798 ^{NS}	
Semi-dried pollack	Appearance	Slickness	4.13 ± 1.13	4.13 ± 1.25	.000 ^{NS}
	Flavor	Flavor of ingredient	3.88 ± 1.13	2.50 ± 1.41	2.151*
		Off flavor	1.75 ± 0.71	2.13 ± 0.83	-.970 ^{NS}
	Texture	Slippery	4.75 ± 0.71	4.25 ± 1.28	.966 ^{NS}
		Tenderness	5.38 ± 0.74	5.38 ± 0.52	.000 ^{NS}
		Juiciness	4.00 ± 1.07	3.63 ± 0.92	.753 ^{NS}
		Chewiness	3.25 ± 0.89	3.38 ± 1.06	-.256 ^{NS}
Fatty		2.38 ± 0.92	2.63 ± 0.92	-.546 ^{NS}	

Each value is mean ± S.D.

*p<.05, **p<.01, ***p<.001, ^{NS} Not Significant

(Barrett AH 등 1997)의 방법이 사용되고 있다. 특히 설탕이나 트레할로스(Jovanović 등 2006), 포도당이나 과당 및 여러 단순당(Tanaka K 등 1991) 등을 사용한 결과 단백질의 보수력과 구조 유지력이 향상되었다는 결과는 쉽게 단백질 식품에 적용할 수 있을 것으로 생각된다. 평가된 항목 중 연한 정도 항목은 닭고기와 콩, 오징어에서 유의적인 감소를 나타내어 다즙성과 함께 가장 많은 시료에서 차이를 보인 항목이었다. 연한 정도의 감소는 동결건조 후 시료가 단단해졌음을 의미하는데, 이는 시료의 내부 구조 변화에 의한 것으로 예상되며, 특히 건조과정에서 압축된 시료가 다시 제대로 이완되지 않아 나타나는 것으로 생각할 수 있다. 다른 항목 중 흥미로웠던 부분은 재료의 고유의 향미를 평가한 항목이었는데, 명태와 고등어 두 가지 시료에서 재료 고유의 향미가 감소하였다. 특히 이들 재료 고유의 향미가 많이 감소한 이유는 생선류의 경우 휘발성 향미 성분이 풍부하기 때문으로 생각된다. Flink J와 Karel M(1970)은 동결건조과정 중에 쉽게 휘발하여 손실될 수 있는 향기 성분에 대해 밝히고, 이를 유지하기 위한 방법들을 모색하였다. 생선류 식품의 동결건조 이용성을 높이기 위해서는 생선류 식품의 향미를 유지하기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 한국인의 주요 단백질 공급원이 되는 10가지 단백질 식품(닭고기, 돼지고기, 쇠고기, 달걀, 두부, 오징어, 대두, 고등어, 멸치, 명태/동태)에 대하여 동결건조 및 수화 복원 과정을 거쳤을 때 어떻게 변화하는지 살펴보고, 이들의 동결건조 공정 적용 가능성을 탐구해보고자 하였다. 이를 통하여 동결건조를 이용한 보관성과 휴대성이 높은 식재료 생산 시나, 전투식량, 비상식량, 아웃도어용 식량 등 건조식이 사용될 수 있는 제품 개발 시에 도움이 되리라 하였다.

실험 결과, 모든 시료는 자숙하였을 때보다 복원 후의 무게가 감소하였다. 복원율은 멸치가 89.40%로 가장 높았으며, 그 뒤로 달걀, 명태 순으로 나타났고, 가장 낮은 복원율을 보인 시료는 오징어로 35.51%를 나타내었다. 색도의 변화는 모든 시료에서 관찰되었다. L값(Lightness)은 멸치, 명태, 고등어, 콩, 달걀에서 증가하였으며($p<.05$), a값(redness)과 b값(yellowness)은 각각 멸치와 쇠고기를 제외한 나머지 식품에서 증가하였다($p<.05$). 자숙한 시료와 재수화한 시료의 경도 변화율을 측정된 결과, 달걀을 제외한 나머지 시료들은 모두 동결건조 이후 경도가 증가하는 것으로 나타났다($p<.05$). 달걀을 제외한 시료들의 경도 변화율은 125.44~1335.1%를 나타내었으며, 이 중 가장 낮은 변화율을 보인 시료는 닭고기였고, 오징어가 1335.1%로 가장 큰 변화율을 나타내었다. 관능검사 결과

‘다즙성’과 ‘연한 정도’ 항목이 가장 많은 식품에서 차이가 있었으며($p<.05$), 달걀과 돼지고기 시료만이 모든 항목에서 유의적인 차이가 없었다.

각 재료의 동결건조 공정 적용가능성을 살펴보면, 달걀은 경도와 관능적 요소에 변화가 없었으며, 무게 변화를 통해 측정된 복원율도 멸치 다음으로 가장 높게 나타나 달걀이 가장 동결건조 공정에 적합한 단백질 시료임을 알 수 있었다. 또한 닭고기는 관능적인 변화는 관찰되었으나, 경도의 변화율이 달걀 다음으로 가장 낮았으며, 돼지고기는 관능적인 요소에 대한 변화가 없었으므로, 닭고기와 돼지고기 또한 다른 식품에 비하여 동결건조에 적합한 식품인 것으로 생각된다. 이에 비해 오징어는 근수축이 매우 강하여 복원율이 가장 낮고 경도의 변화가 가장 큰 것으로 나타났으며, 쇠고기 또한 강한 근수축이 관여하여 오징어와 두부 다음으로 복원율이 좋지 않아 동결건조에 공정에 적합하지 않은 식재료인 것으로 나타났다. 따라서 이들의 동결건조 이용성을 높이기 위해서는 강한 근섬유 수축을 방지하기 위해 동결건조 전 근섬유를 적절히 끊어주는 형태로 가공하는 것이 좋을 것으로 판단된다. 두부의 경우에는 복원율이 오징어 다음으로 가장 낮은 것으로 나타났는데, 이는 시료 자체가 비교적 크고 불규칙한 기공들이 포함된 구조를 가지고 있기 때문인 것으로 생각되었다. 대두는 경도의 변화율이 769.2%로 오징어 다음으로 높아 동결건조 공정 이후 경도가 크게 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 수분 보유력의 감소에 의한 것으로 예상되었다. 고등어는 비교적 복원율이 높고, 경도의 변화가 적었으나, 관능검사 결과 표면의 매끄러움과 재료 고유의 풍미 항목에서 복원 전후에 차이를 나타내는 것을 알 수 있었다. 멸치와 명태/동태는 복원율은 비교적 높았으나 경도의 변화가 컸으며, 관능적인 특성에서도 각각 씹힘성과 재료 자체의 풍미 항목에서 변화가 있었다.

이에 달걀과 닭고기, 돼지고기가 한국인 주요 단백질 급원 식품 10종 중 가장 동결건조에 적합한 식품인 것으로 나타났으며, 본 결과는 단백질 재료들에 대하여 보존성과 휴대성을 높인 동결건조 식재료 및 동결건조식을 개발하는 데 기초자료로 활용이 가능할 것으로 사료된다.

References

- Aitken A, Casey JC, Penny IF, Voyle CA. 1962. Effect of drying temperature in the accelerated freeze-drying of pork. *J Sci Food Agric* 13:439-448
- Babić J, Cantalejo MJ, Arroqui C. 2009. The effects of freeze-drying process parameters on *Broiler* chicken breast meat. *LWT-Food Sci Technol* 42:1325-1334
- Barrett AH, Cardello AV, Prakash A, Mair L, Taub IA, Lesher LL. 1997. Optimization of dehydrated egg quality by microwave

- assisted freeze-drying and hydrocolloid incorporation. *J Food Process Preserv* 21(3):225-244
- Bowers JA, Craig JA, Kropf DH, Tucker JT. 1987. Flavor, color, and other characteristics of beef longissimus muscle heated to seven internal temperatures between 55°C and 85°C. *J Food Sci* 52(3):533-536
- Byrd-Bredbenner C, Moe G, Beshgetoor D, Berning J. 2009. Wardlaw's perspectives in nutrition 8th ed. McGraw-Hill. New York. USA. p 225
- Carpenter JF, Chan BS, Garzon-Rodriguez W, Randolph TW. 2002. Rational design of stable lyophilized protein formulations: Theory and practice. *Pharm Biotechnol* 13:109-133
- Chang BS, Patro SY. 2004. Freeze-drying process development for protein pharmaceuticals. in "Lyophilization of biopharmaceuticals" (Costantino HR, Pikal MJ eds). AAPS J pp 113-138
- Chang L, Shepherd D, Sun J, Ouellette D, Grant LK, Tang X, Pikal JM. 2005. Mechanism of protein stabilization by sugars during freeze-drying and storage: Native structure preservation, specific interaction, and/or immobilization in a glassy matrix? *J Pharm Sci* 94(7):1427-1444
- Chin KB, Go MY, Lee HC, Chung SK, Baik KH, Choi CB. 2012. Physicochemical properties and tenderness of Hanwoo loin and round as affected by raising period and marbling score. *Korean J Food Sci An* 32(6):842-848
- Cho SY, Kim OS, Choi YS, Song JH, Endo Y, Fujimoto K. 2004. Quantitative analysis cholesterol in each parts of Korean squid by the chromarod TLC-FID system(Iatrosacn). *J Life Sci* 14(2):221-224
- Destura FI, Haard NF. 2008. Development of intermediate moisture fish patties from minced rockfish meat (*Sebastes* sp.). *J Aquat Food Product Technol* 8(2):77-94
- Dubé G, Bramblett VD, Judge MD, Harrington RB. 1972. Physical properties and sulfhydryl content of bovine muscles. *J Food Sci* 37(1):23-26
- Farkas BE, Singh RP. 1991. Physical properties of air-dried and freeze-dried chicken white meat. *J Food Sci* 56(3):611-615
- Flink J, Karel M. 1970. Effects of process variables on retention of volatiles in freeze-drying. *J Food Sci* 35(4):444-447
- Fujii M, Fukui T, Miyoshi T. 1999. Effect of freeze-dried soybean curd (tofu) on various bodily functions. *J Med Invest* 46(1-2):67-74
- Hegarty PVJ, Allen CE. 1975. Thermal effects on the length of sarcomeres in muscles held at different tension. *J Food Sci* 40(1):24-27
- Hong JH, Bae DH, Lee WY. 2006. Quality characteristics of dried squid (*Todarodes Pacificus*) by cold air drying process. *Korean J Food Sci Technol* 38(5):635-641
- Huh TR. 2008. Food science. Yoohan-moonwhasa. Seoul. pp 66-67
- Hwang IK, Kim JW, Byun JW, Han JS, Kim SH, Park CK. Food science. 2013. Soohaksa. Seoul. p 166
- Jaekel T, Dautel K, Ternes W. 2008. Preserving functional properties of hen's egg yolk during freeze-drying. *J Food Engineering* 87:522-526
- Jeon MR, Choi SH. 2012. Quality characteristics of pork patties added with seaweed powder. *Korean J Food Sci Ani Resour* 32(1):77-83
- Jovanović N, Bouchard A, Hofland GW, Witkamp GF, Crommelin D, Jiskoot W. 2006. Distinct effects of sucrose and trehalose on protein stability during supercritical fluid drying and freeze-drying. *Eur J Pharm Sci* 27:336-345
- Kadoya S, Fujii K, Izutsu KI, Yonemochi E, Terada K, Yomota C, Kawanishi T. 2010. Freeze-drying of proteins with glass-forming oligosaccharide-derived sugar alcohols. *Int J Pharm* 389:107-113
- Karel M. 1968. Unsolved problems in chemical stability of freeze-dried foods. Proceeding of the research conference American meat institute foundation. pp 119-137
- Kim BK, Park CE, Lee EJ, Kim YS, Kim BS, Kim JC. 2013. Effect of quality grade on the physicochemical and sensory properties of Hanwoo. *Korean J Food Sci An* 33(2):287-293
- Kim KS, Kim HS, Oh MS, Hwang IK. 2005. Cooking science. Soohaksa. Seoul. p 50
- Koç B, Eren İ, Ertekin KF. 2008. Modelling bulk density, porosity and shrinkage of quince during drying: The effect of drying method. *J Food Eng* 85:340-349
- Krokida MK, Karathanos VT, Maroulis ZB. 1998. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. *J Food Eng* 35:369-380
- Krokida MK, Marinos-Kouris D. 2003. Rehydration kinetics of dehydrated products. *J Food Eng* 57:1-7
- Lambert AD, Smith JP, Dodds KL. 1991. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat – a review. *Food Microbiol* 8:267-297
- Mayor L, Sereno AM. 2004. Modelling shrinkage during convective drying of food materials:a review. *J Food Eng* 61:373-386
- McGee H. 2004. On food and cooking. Scribner. NY. USA. p 129
- McWilliams M. 2001. Foods: Experimental perspectives. 4th ed. Prentice Hall PTR. New Jersey. USA. pp 316-318
- Ministry of health & welfare, Korea centers for disease control & prevention. 2011. Korea health statistics 2011 : Korea national health and nutrition examination survey. Ministry of health & welfare, Korea centers for disease control & prevention. p 318
- Oikonomopoulou VP, Krokida MK, Karathanos VT. 2011. The influence of freeze drying conditions on microstructural changes of food products. *Procedia Food Sci* 1:647-654
- Park HY, Oh KS, Lee EH. 1989. Frozen storage stability of frozen seasoned anchovy meat products. *Korean J Food Sci Tehcnol* 21(4):536-541

- Park SY. 2009. Food quality evaluation of raw and salted mackerel collected at market in Busan. Master's thesis. Pukyung National University. pp 10-11
- Pavan MA, Schmidt SJ, Feng H. 2012. Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, refractance widow-dried and hot-air dried açai (*Euterpe oleracea* Martius) juice. *LWT-Food Sci Technol* 48:75-81
- Penny IF, Voyle CA, Lawrie RA. 1964. Some properties of freeze-dried pork muscles of high or low ultimate pH. *J. Sci. Food Agric.* 15:559-565
- Pierson B, Oesterle A, Murphy GL. 1987. Pigments, light penetration, and photosynthetic activity in the multi-layered microbial mats of Great Sippewissett Salt marsh, Massachusetts. *FEMS Microbiol Ecol* 45:365-376
- Roy I, Gupta MN. 2004. Freeze-drying of proteins: some emerging concerns. *Biotechnol Appl Biochem* 39:165-177
- Sabiani SS, Rahman MS, Al-Kuseibi MK, Al-Habsi NA, Al-Belushi RH, Al-Marhubi, Al-Amri IS. 2007. Influence of shelf temperature on pore formation in garlic during freeze-drying. *J Food Eng* 80(1):68-79
- Schoof H, Apel J, Heschel I, Rau G. 2001. Control of pore structure and size in freeze-dried collagen sponges. *J Biomed Mater Res* 58(4):352-357
- Shin ES, Kim CK, Zong MS, Kim WJ. 1985. Cooking and sorption characteristics of black soybeans. *J Korean Agric Chem Soc* 28(2):51-55
- So KH, Kim MK, Jeong JY, Do DH. 2000. Studies on the MEJU processing aptitude of recommended soybean varieties - 1. Characteristics of soybean varieties as raw material, soaking and boiling process. *Korean J Food Nutr* 13(1):28-35
- Tappel AL. 1956. Freeze-dried meat. II. The mechanism of oxidative deterioration of freeze-dried beef. *J Food Sci* 21(2):195-206
- Wang X, Zhang D, Zhang H, Ma Y, Jiang JZ. 2011. Tuning color by pore depth of metal-coated porous alumina. *Nanotechnology* 22:1-6
- Yoo YM, Ahn JN, Cho SH, Park BY, Lee JM, Kim YK, Park HK. 2002. Feeding effects of ginseng by product on characteristics of pork carcass and meat quality. *Korean J Food Sci Ani Resour* 22:337-342

Received on Nov. 11, 2013/ Revised on Nov.16, 2013/ Accepted on Feb. 17, 2014