

재수화 반복횟수를 달리한 해삼 병조림의 저장기간에 따른 품질변화 특성

김윤성 · 윤원병*

강원대학교 농업생명과학대학 식품생명공학과

Effect of the Rehydration Cycles on the Quality Changes of Retorted Sea Cucumber (*Stichopus Japonicus*) During Storage

Yoon Sung Kim and Won Byong Yoon*

Department of food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University

Abstract

Quality changes of dried sea cucumber (*Stichopus japonicus*) after applying a cyclic rehydration and retorting process were investigated during 4 weeks of storage. The length, volume, and weight of dried sea cucumber increased significantly as the number of rehydration cycles increased. Sea cucumber (SC) was bottled in the glass jar and a retort thermal process (121.1°C, 0.15 MPa) was applied. The total thermal processing time (TTT) was 24 min based on the temperature at the cold point. The size and texture of retorted SC were significantly changed until the first week of storage. However, regardless of the number of rehydration cycles, the size and texture of samples at different rehydration cycles showed no significant difference during the whole storage. The length, volume, weight, rehydration ratio (R_R), hardness, and chewiness at the maximum degree of swelling during rehydration of dried SC were estimated as 100.86 mm, 38.62 mL, 41.05 g, 6.39 of R_R , 249.19 g_p, and 4.05 mJ, respectively.

Key words: sea cucumber, rehydration, thermal process, storage, quality

서 론

바다의 인삼이라 불리는 해삼은 트리테르펜 배당체 (triterpene glycosides), 세레브로사이드(cerebrosides), 다당류 성분을 많이 함유하고 있어, 항산화와 고혈압, 동맥경화에 효과가 탁월한(Jeung, 2010; Yoo et al., 2016; Zhang et al., 2016) 기능성 식품이다. 해삼은 수 천년 전부터 건강기능 식품으로서 중동지역과 아시아, 특히 동북아시아 지역에서 식용되어 왔으며(Duan et al., 2010; Bai et al., 2013; Moon & Yoon, 2016), 최근에는 높은 단백질 함량과 다양한 기능성 물질의 함유량에 비해 열량이 낮아 다이어트 식품으로도 관심이 높아져 수요가 급증하고 있는 추세이다.

해삼은 체내에 자가분해 효소를 갖고 있어, 채취와 동시에 몸을 스스로 분해한다(Zhang et al., 2016). 이러한 해삼

의 특징으로 인해, 높은 수요에 비해 해삼이 판매되는 형태는 건조, 알약, 캡슐, 즉석 취식식품 형태로 매우 제한적이다. 의료체제를 포함하여 시중에 판매되고 있는 해삼 제품은 모두 건해삼을 통해 생산되며, 따라서 채취한 해삼의 90% 이상은 저장과 유통을 위해 건조과정을 거친다(Duan et al., 2010; Zhang et al., 2016). 해삼의 장기보관 방법으로 냉동도 연구된 바 있지만(Ke et al., 1987), 건조에 비해 유통기한이 짧다는 단점이 있어 건조과정은 불가피하다.

재수화는 건해삼을 취식하기 위해서 필수적으로 이루어져야 하는 과정이며, 재수화 시 해삼의 조직감이 변하기 때문에 최적의 재수화 조건을 찾는 연구가 활발히 진행 중이다. 전통적인 재수화 방법은 건해삼의 수침과 가열처리를 반복하여 2-3일 이상 소요되는 방법으로, Fukunaga et al. (2004), Jung & Yoo (2014), Geng et al. (2015)이 제시한 방법이 이용되고 있지만, 방법이 복잡하고 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 최적의 재수화 방법을 찾기 위해 재수화 방법을 달리하거나 재수화 횟수를 달리하는(Jeung, 2010; Geng et al., 2015) 등 최적의 조건을 찾기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 최근에는 초음파를 통한 새로운 재수화 방법(Zhang et al., 2016)도 연구된 바 있다. 그러나 여전히 재수화 시간이 길어 자가분해나 미생물 오

*Corresponding author: Won Byong Yoon

Department of food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon-do 24341, Korea

Tel: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-241-0508

E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr

Received December 24, 2016; revised January 21, 2017; accepted January 23, 2017

염가능성(Zhang et al., 2016)이 있다는 단점과 복잡한 조작방법 및 가정에는 구비하기 힘든 연구장비로 실용화하기 힘들다는 한계가 존재하기 때문에, 새로운 최적의 재수화 방법이 필요하다.

레토르트 식품은 고온가압살균기(retort)를 이용하여 가열 살균한 제품을 의미하며, 즉석 조리 및 즉석 섭취가 가능하고, 상온에서도 장기간 보관이 가능하다는 점에서 최근 편의식품으로서의 수요가 급증하고 있다. 하지만 미생물학적 안전성을 확보하기 위해, 많은 산업현장에서 과살균을 통해 레토르트 제품을 생산하고 있다. 이와 같은 문제점을 극복하기 위한 방법으로 냉점추정과 최적살균은 매우 중요하며, 최근 정밀한 온도센서를 활용한 실험이나 시뮬레이션을 통한 추정방법(Hong et al., 2014; Lee & Yoon, 2014)이 연구되고 있다.

레토르트 식품은 장기간 보존이 가능하지만, 저장기간 중 식품의 품질변화가 일어난다는 연구결과가 다수 보고된 바 있어(Bindu et al., 2007; Byun et al., 2010), 레토르트 식품을 평가하는 기준으로 저장실험 역시 매우 중요하다. 또한 유통기한을 산출하는 데에도 중요지표로 사용되고 있다. 하지만 레토르트 해삼 제품의 저장기간에 따른 품질변화 유무 및 그 정도에 대해서는 아직 연구된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 i) 레토르트 해삼 병조림 제조 시 견해삼의 재수화 반복 횟수에 따른 해삼의 크기 및 조직감 변화 ii) 4주간의 저장기간에 따른 해삼의 크기 및 조직감 변화를 연구하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 해삼은 강원도 양양해역에서 채취한 생 해삼(*Stichopus japonicus*)의 내장을 제거하고 이물질을 세척한 후 열풍건조를 통해 견해삼 상태로 만든 것을, (주)해미삼(Haemisham company limited, Gangneung, Korea)에서 제공받아 연구에 사용하였다. 견해삼의 형태 및 모양은 직선형인 것으로 선정하였으며, 평균크기는 길이 47.68±0.16 mm, 부피 4.49±0.06 mL, 무게 6.42±0.05 g인 것을 선별하여 사용하였다. 레토르트 병조림에 사용한 병은 레토르트 가열처리가 가능한 병(Mason jar, TMs Ball Corporation, Muncie, IN, USA)으로, 지름 70 mm, 높이 130.75 mm, 내부 충진물 부피 480 mL인 원기둥 형태의 유리병을 사용하였다.

재수화방법

견해삼의 재수화는 전통적인 재수화 방법(Fukunaga et al., 2004; Jung & Yoo, 2014; Geng et al., 2015)을 일부 변형하여 진행하였다. 견해삼을 400 mL의 증류수가 담긴 600 mL 비커에 넣고, 20°C 항온수조에서 24시간 수침시켰

다. 24시간 경과 후 해삼을 꺼내어 미리 준비한, 약한 불에서 끓고 있는 물에 넣고 30분 동안 가열시켰다. 이 후 비가식 부위인 석회질의 입 부분과 복근을 제거한 뒤 증류수로 세척했다. 수침과 가열에 의한 반복 조작을 각각 1회(R1), 2회(R2), 3회(R3), 5회(R5)로 조작하여, 재수화 반복 횟수에 따른 레토르트 가열처리 이후 해삼의 크기와 조직감 변화를 분석하였다.

크기 측정과 재수화율

해삼의 크기는 견해삼, 재수화 반복횟수에 따른 재수화 해삼, 레토르트 가열처리 직후 및 저장기간 동안 길이, 무게 및 부피를 측정하였다. 해삼의 길이는 소수점 두 번째 자리까지 측정 가능한 버니어 캘리퍼스(530-101; Mitutoyo America Corporation, Aurora, IL, USA)를 이용하여 측정하였으며, 무게는 오차 0.01인 전자저울을 이용하여 측정하였다. 부피는 메스실린더에 물을 채워 넣고 내부에 해삼을 투입하였을 때, 증가하는 메스실린더 눈금의 차이로 측정하였다(Jung & Yoo, 2014). 견해삼의 재수화율(rehydration ratio, R_R)은 수분을 흡수한 해삼의 무게변화에 따라 식 (1)로 계산하여 나타내었다(Zhang et al., 2016).

$$R_R = \frac{m_f}{m_0} \quad (1)$$

위 식에서 m_f 는 재수화 또는 레토르트 가열처리 후 해삼 무게, m_0 는 견해삼 무게를 의미한다.

조직감 측정

해삼의 조직감은 재수화과정을 거친 직후와 레토르트 가열처리 직후 및 저장기간 동안 조직감 측정기(CT3 texture analyzer, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 조직감 측정을 위하여 직경이 38.1 mm인 원기둥 형태의 probe (TA4/1000)를 이용하였으며, 모든 측정은 texture profile analysis (TPA)로 측정하였다. 측정조건은 20% deformation, trigger load 10 g, test speed 0.5 mm/s로, 경도(hardness)와 씹힘성(chewiness)을 측정하였으며, 3회 반복 측정하여 반복 측정 값의 평균과 표준편차로 나타내었다.

레토르트 가열살균

레토르트 가열살균은 레토르트 살균기(STERI-ACE PRS-10-1, Kyunghan, Gyeongsan, Korea)를 이용하여 121.1°C, 0.15 MPa 조건에서 진행하였으며, 미생물학적 안전성을 위해 입 부분과 복근을 제거하지 않은 해삼 몸통부위에 무선 온도센서(Tracksense®pro, Ellab, Trollesmindealle, Hillerød, Denmark)를 설치하여 최대한 가혹한 조건에서 가열처리하였다. 가열처리 동안 재수화된 해삼이 포함된 병조림의 내부 냉점위치를 추정하였으며, 총 가열살균 시간(total

thermal processing time, TTT)은 냉점위치에서 변화하는 온도를 15초 간격으로 측정하여 식 (2)을 이용하여 F_0 -value가 미생물학적으로 안전한 6분을 만족하는 공정시간을 도출하였다. 총 가열살균 시간은 살균온도 도달시간(come-up time)을 포함하며, 냉각 시의 유효 살균온도는 95°C 이상을 기준으로 하였다. 실험에 사용한 F_0 -value는 *Clostridium botulinum*을 대상균으로 하여 지표온도 121.1°C, z값 10°C를 사용하여 계산하였다(Kim et al., 2016).

$$F_0 = \int_{t_0}^{t_f} 10^{\frac{T_f - T_{ref}}{z}} dt \quad (2)$$

위 식에서 t_0 는 가열처리 시작 시간, t_f 는 가열처리 마지막 시간, T_f 는 임의의 가열처리 온도, T_{ref} 는 가열 기준온도, z 는 해당 미생물의 z값을 의미한다.

저장실험

레토르트 가열처리 후 해삼 병조림을 25°C 항온기에 넣어 4주동안 저장실험을 진행하였다. 0주(레토르트 가열처리 직후)부터 4주까지 매 주마다 25°C 항온기에서 병조림을 꺼내어, 해삼의 크기와 조직감을 측정하였다. 모든 결과 값은 3회 반복 측정하였으며, 평균과 표준편차로 나타내었다. 저장 실험기간(4주)은 미생물학적 안전성을 검증하는 연구가 아닌 내용물인 살균된 해삼의 크기와 조직감의 변화를 조사하는 목적에 따라, 4주 이상의 경우 평형상태에 도달하여 그 변화가 미미하므로 유의미한 변화를 관찰할

수 있는 4주를 저장실험 기간으로 설정하였다.

통계분석

본 연구의 모든 결과는 Excel program (Excel 2013, Microsoft Co., Redmond, WA, USA)을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 결과의 유의성을 검증하기 위하여 통계분석 프로그램(SPSS Statistics ver. 23, SPSS Inc., Armonk, NY, USA)을 이용하여 일원분산분석(one-way ANOVA) Duncan 사후검정을 실시하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

재수화 해삼의 크기 변화율

건해삼의 재수화 반복횟수 및 레토르트 가열처리 직후의 해삼의 길이, 부피, 무게를 Table 1에 나타내었다. 재수화 반복횟수가 증가할수록 길이, 부피, 무게 모두 유의적으로 증가하는 결과를 보였다. 이는 가열시간을 달리한 반복 재수화 연구 Jung & Yoo (2014)의 결과와도 일치한다. 레토르트 가열처리 이후에서는 R1, R2, R3 실험군에서 길이, 부피, 무게 모두 유의적으로 증가하였으나, R5 실험군에서는 유의적인 증가를 보이지 않았다. 최대 팽윤도는 재수화 과정을 반복할 시 더 이상 크기의 변화가 없는 재수화 반복횟수 지점을 의미하기 때문에, 재수화 반복 이후 가혹한 가열처리에도 크기의 변화가 없는 5회 재수화 반복 이후를 최대 팽윤도라 판단하였다. Jung & Yoo (2010)와 Geng et

Table 1. Length (A), volume (B), and weight (C) of dried sea cucumber under repetition of rehydration and after retort thermal processing

(A)		Rehydration cycle (n)					
		¹⁾⁰	1	2	3	5	Retort
Length (mm)	R1	47.72±0.50 ^{Ac}	59.11±1.79 ^{Ab}	-	-	-	65.50±0.15 ^{Da}
	R2	47.89±0.80 ^{Ad}	59.54±1.44 ^{Ac}	70.58±0.51 ^{Ab}	-	-	76.80±2.49 ^{Ca}
	R3	47.60±0.56 ^{Ac}	58.93±2.03 ^{Ad}	70.49±0.32 ^{Ac}	81.85±1.49 ^{Ab}	-	91.72±0.68 ^{Ba}
	R5	47.51±0.61 ^{Ac}	59.27±2.05 ^{Ad}	70.31±0.82 ^{Ac}	82.20±1.30 ^{Ab}	96.28±1.97 ^a	97.93±2.89 ^{Aa}
(B)		Rehydration cycle (n)					
		0	1	2	3	5	Retort
Volume (mL)	R1	4.44±0.44 ^{Ac}	9.24±1.58 ^{Ab}	-	-	-	17.00±1.22 ^{Ca}
	R2	4.54±0.36 ^{Ad}	9.24±1.49 ^{Ac}	15.90±2.01 ^{Ab}	-	-	25.43±5.89 ^{Ba}
	R3	4.44±0.44 ^{Ac}	9.58±0.86 ^{Ad}	15.40±1.64 ^{Ac}	27.50±2.74 ^{Ab}	-	33.50±1.41 ^{Aa}
	R5	4.54±0.51 ^{Ac}	9.67±1.72 ^{Ad}	16.50±1.87 ^{Ac}	27.70±4.12 ^{Ab}	36.17±4.58 ^a	37.40±3.65 ^{Aa}
(C)		Rehydration cycle (n)					
		0	1	2	3	5	Retort
Weight (g)	R1	6.37±0.36 ^{Ac}	9.77±1.93 ^{Ab}	-	-	-	17.90±1.24 ^{Da}
	R2	6.38±0.35 ^{Ad}	9.80±1.81 ^{Ac}	16.00±2.07 ^{Ab}	-	-	24.60±4.35 ^{Ca}
	R3	6.43±0.49 ^{Ae}	10.12±1.35 ^{Ad}	16.23±2.24 ^{Ac}	28.90±2.18 ^{Ab}	-	35.65±0.76 ^{Ba}
	R5	6.48±0.79 ^{Ae}	10.30±2.16 ^{Ad}	16.56±1.31 ^{Ac}	29.69±2.35 ^{Ab}	38.50±5.85 ^a	39.86±4.33 ^{Aa}

^avalues followed by a different letter in the row are significantly different at $p < 0.05$ level.

^Avalues followed by a different letter in the line are significantly different at $p < 0.05$ level.

¹⁾⁰ is dried sea cucumber.

Table 2. Rehydration ratio (R_R) of dried sea cucumber under repetition of rehydration and after retort thermal processing

		Rehydration cycle (n)				
		1	2	3	5	Retort
R_R	R1	1.51±0.26 ^{Ab}	-	-	-	2.81±0.11 ^{Da}
	R2	1.51±0.24 ^{Ac}	2.50±0.24 ^{Ab}	-	-	3.87±0.58 ^{Ca}
	R3	1.55±0.11 ^{Ad}	2.52±0.27 ^{Ac}	4.50±0.24 ^{Ab}	-	5.56±0.28 ^{Ba}
	R5	1.56±0.19 ^{Ad}	2.57±0.16 ^{Ac}	4.60±0.24 ^{Ab}	5.95±0.55 ^a	6.16±0.19 ^{Aa}

^a values followed by a different letter in the row are significantly different at $p<0.05$ level

^A values followed by a different letter in the line are significantly different at $p<0.05$ level

al. (2015)의 연구에서도 재수화 반복 시 크기의 변화가 없는 지점을 최대 팽윤도라 판단하였고, 그 때의 재수화 반복횟수는 4회였으며, 전처리 수침 24시간을 포함하기 때문에 본 연구에서의 반복횟수 5회에 해당하는 재수화 시간과 일치하는 결과를 보였다. 최대 팽윤이라 가정되는 R5군에서 해삼의 크기 변화율은 초기 건해삼 대비 길이 2.03배, 부피 7.97배, 무게 5.94배 증가하였다. 한편 재수화 반복횟수를 거듭할수록 해삼의 크기 증가폭은 줄어드는 결과를 보였는데, 이는 재수화 과정 초기일수록 수분흡수가 급격하게 일어난다는 Fukunaga et al. (2004)의 연구결과와도 일치한다.

재수화율(R_R)

건해삼의 재수화 반복횟수 및 레토르트 가열처리 직후의 해삼의 재수화율을 Table 2에 나타내었다. 재수화 반복횟수가 증가할수록 재수화율은 증가하였으며, 레토르트 가열처리 이후에도 재수화율은 증가하였다. 재수화 과정이 반복될수록 최대 팽윤도에 점점 가까워지기 때문에, 재수화 이후 레토르트 가열처리 시 재수화율의 변화율은 R1에서 R5까지 각각 1.86배, 1.55배, 1.24배, 1.04배로 감소하였다. 재수화 반복횟수를 2회 또는 3회로 하는 전통적인 재수화 방법을 적용할 경우, 본 연구에서는 각각 평균 재수화율이

2.53, 4.55로 나타나 최대 팽윤상태에 미치지 못하였다. Geng et al. (2015)의 연구에서도 전처리 수침시간 포함하여 본 연구결과와 같은 5회 반복 재수화 과정에서 최대 재수화율을 보였으며, 11.35의 수치는 해삼 종의 차이로 판단된다.

조직감

건해삼의 재수화 반복횟수 및 레토르트 가열처리 직후의 해삼의 경도와 씹힘성을 Table 3에 나타내었다. 재수화 반복횟수가 증가할수록 경도와 씹힘성은 유의적으로 감소하는 결과를 보였다. 이는 해삼의 재수화 과정에서 회분, 글리코사미노글리칸(glycosaminoglycan) 및 콜라겐의 용출을 보이기 때문에(Fukunaga et al., 2004) 빈 공간이 형성되고, 81.13°C 이상에서 콜라겐의 변성이 발생하기 때문에(Xin et al., 2005) 단백질간 상호작용의 감소가 발생하여 조직감이 점차적으로 감소한다(Geng et al., 2015)는 연구결과로 해석된다. 레토르트 가열처리 직후에도 R5군을 제외한 모든 실험군에서 경도와 씹힘성이 유의적으로 낮게 측정되었다. 이는 해삼의 재수화 과정을 포함한 81.13°C 이상에서의 열처리 시 콜라겐의 변성이 일어나지만(Xin et al., 2005), 그 변성은 점차적으로 일어나기 때문에 해삼의 조직감 변화에 가열온도보다 가열시간의 영향이 크다는 Dong et al.

Table 3. Hardness (A), and chewiness (B) of dried sea cucumber under repetition of rehydration and after retort thermal processing

(A)		Rehydration cycle (n)				
		1	2	3	5	Retort
Hardness (g _f)	R1	581.67±23.63 ^{Aa}	-	-	-	471.67±24.66 ^{Ab}
	R2	586.67±15.28 ^{Aa}	453.33±16.07 ^{Ab}	-	-	406.67±18.93 ^{Bc}
	R3	618.33±40.72 ^{Aa}	456.67±10.41 ^{Ab}	330.00±22.91 ^{Ac}	-	303.33±12.58 ^{Cc}
	R5	623.33±42.52 ^{Aa}	465.00±10.00 ^{Ab}	338.33±20.21 ^{Ac}	258.33±12.58 ^d	251.67±17.56 ^{Dd}
	(B)		Rehydration cycle (n)			
1			2	3	5	Retort
Chewiness (mJ)	R1	12.90±2.16 ^{Aa}	-	-	-	8.80±0.62 ^{Ab}
	R2	13.73±2.87 ^{Aa}	10.47±0.87 ^{Aab}	-	-	6.43±1.08 ^{Bb}
	R3	13.73±4.75 ^{Aa}	10.47±0.87 ^{Aa}	6.47±1.80 ^{Ab}	-	4.63±1.15 ^{Cb}
	R5	14.07±3.30 ^{Aa}	10.67±1.86 ^{Ab}	7.40±1.39 ^{Abc}	4.83±1.00 ^{cd}	4.03±0.59 ^{Cd}

^a values followed by a different letter in the row are significantly different at $p<0.05$ level.

^A values followed by a different letter in the line are significantly different at $p<0.05$ level.

(2011)의 연구결과로 해석된다. 경도와 씹힘성이 동일한 경향을 보이는 이유는 Caine et al. (2003)에서 hardness × cohesiveness × springiness로 측정되는 씹힘성은 경도를 포함하기 때문이라 언급한 바 있으며, 또한 씹힘성의 표준편차가 경도의 표준편차보다 더 큰 이유이기도 하다. R5군에서 재수화 5회 반복 이후와 레토르트 가열처리 이후의 조직감에서 유의적 차이를 보이지 않은 결과는 해삼의 크기 변화율에서 재수화 5회 반복이 건해삼의 최대 팽윤이라는 결과와 일치한다.

레토르트 가열공정

재수화된 해삼이 담겨있는 병조림 레토르트 가열처리 시 냉점의 위치는 병 지름 중심, 병 높이 130.75 mm 중 하단

34.05 mm 부근 해삼조직 내부로 측정되었다. 냉점에서의 F₀-value가 6분을 만족하는 총 가열시간은 살균온도 도달시간 2분을 포함하여, 24분으로 산출되었다. 열전달 기작이 전도가 아닌 대류이기 때문에 형상의 기하학적 중심보다 낮은 위치에서 냉점이 측정되었다.

저장실험

병조림 해삼의 레토르트 가열처리 직후 및 4주 간의 저장기간에 따른 길이, 부피, 무게 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 재수화 반복횟수에 따라 레토르트 직후 길이, 부피, 무게 모두에서 유의적인 차이를 보였다. Fukunaga et al. (2004)의 연구에서 해삼의 최대 팽윤 전, 재수화 과정의 반복은 최대 팽윤상태까지 수분을 흡수한다는 언급과 일치한다. 반면, 저장 1주 이후는 모든 실험군에서 크기가 일정해지는 결과를 보였는데, 콜라겐의 변성은 점차적으로 일어나기 때문에 가혹한 열처리 조건에서도 최적 가열시간일수록 변성되지 않은 콜라겐이 증가하고 지속적인 수분 흡수가 가능하다는 Dong et al. (2011)의 연구결과로 해석 가능하다. 한편 저장 1주부터 4주까지의 기간에 따라서는 길이, 부피, 무게 모두에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 재수화 반복횟수에 관계없이 레토르트 가열처리 시 저장기간 중 자동수화가 이루어져 1주 이후부터 모든 실험군이 동일해짐을 의미한다. 재수화 반복횟수를 5회 진행할 경우, 레토르트 가열 후 저장기간에 따른 변화는 유의적인 크기 변화를 보이지 않았으며, 이를 통해 재수화 반복횟수 5회가 최대 팽윤도임을 알 수 있다.

병조림 해삼의 레토르트 가열처리 직후 및 4주 간의 저장기간에 따른 재수화율을 Fig. 2에 나타내었다. 재수화율은 무게변화를 통해 산출되기 때문에, Fig. 1의 무게결과와 유사한 경향을 보였다. 재수화 반복횟수가 많을수록 레토르트 가열처리 직후 높은 재수화율을 보였으나(R1: 2.81, R2: 3.87, R3: 5.56, R5: 6.16), 1주 이후 4주까지는 유의적으로 차이가 없는 값(R1: 6.54, R2: 6.19, R3: 6.49, R5:

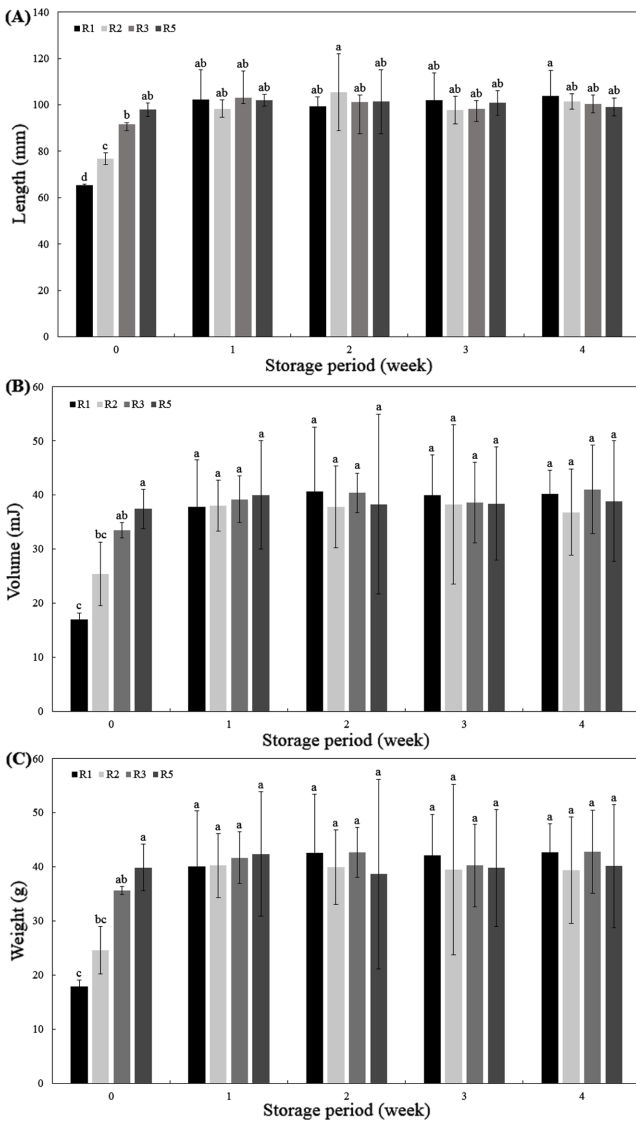


Fig. 1. Changes in the length (A), volume (B), and weight (C) of retorted sea cucumber in glass jar during 4 weeks of storage. ^aValues followed by a different letter are significantly different at *p*<0.05 level.

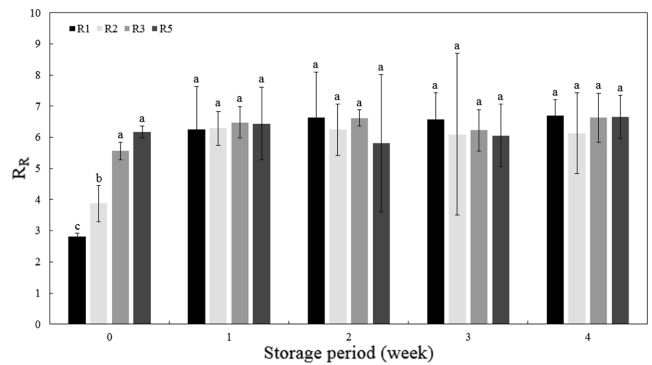


Fig. 2. Average rehydration ratio of retorted sea cucumber in glass jar during 4 weeks of storage. ^aValues followed by a different letter are significantly different at *p*<0.05 level.

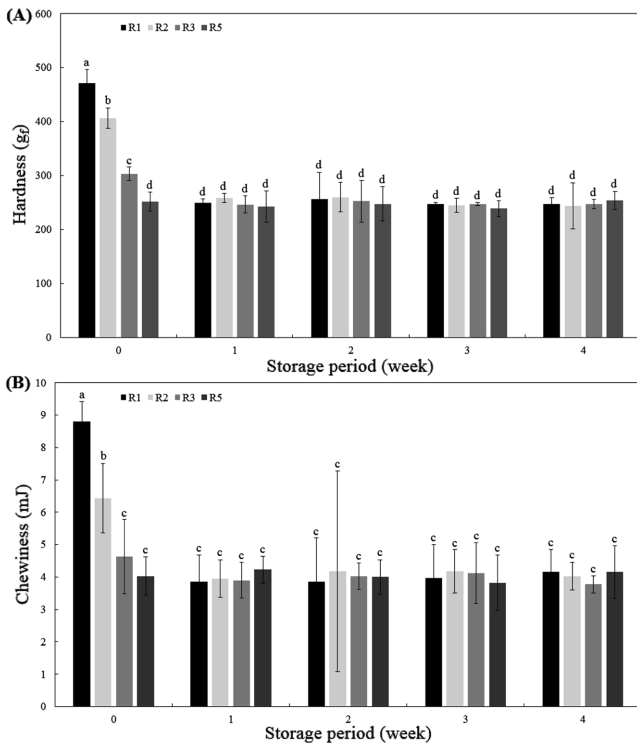


Fig. 3. Changes in the hardness (A), and chewiness (B) of retorted sea cucumber in glass jar during 4 weeks of storage.

^aValues followed by a different letter are significantly different at $p < 0.05$ level.

6.24)을 보였으며, 재수화 반복횟수에 따른 경향은 보이지 않았다. 최대 팽윤된 레토르트 해삼 병조림의 해삼 평균 무게는 41.05 ± 8.89 g으로 건해삼 평균 무게인 6.42 ± 0.05 g 대비 평균 재수화율은 6.39로 산출되었다.

재수화된 해삼이 담긴 병조림의 레토르트 가열처리 직후 및 4주 간의 저장기간에 따른 경도와 씹힘성의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 재수화 반복횟수가 많을수록 레토르트 가열처리 직후 경도와 씹힘성 모두에서 유의적으로 낮은 조직감을 보였으나, 저장 1주 이후 재수화 반복횟수에 관계없이 일정해지는 경향을 보였다. 앞서 언급한 것처럼 경도와 씹힘성의 감소는 단백질 변성과 해삼 구성성분의 용출 때문이며(Xin et al., 2005; Geng et al., 2015; Fukunaga et al., 2016), 저장 1주 이후 최대 팽윤상태에 도달하기 때문에 더 이상의 변화는 보이지 않았다. 저장 1주 이후 재수화 반복횟수와 관계없이 모든 실험군에서 일정한 경향을 보인 것으로 미루어, 거듭된 재수화 반복횟수는 무의미하며, 재수화 중 해삼 구성성분의 용출은 회분, 글리코사미노글리칸, 콜라겐 순서대로 일어나기 때문에(Fukunaga et al., 2016) 레토르트 해삼제품 제조 시 무의미한 재수화 반복횟수는 영양면에서도 손실을 야기한다. 재수화 반복횟수가 적은 R1과 R2군은 저장기간에 따라 조직감이 유의적으로 감소하였는데, 이는 Fig. 1, Fig. 2와 같이 저장 중 자동 재수화가 일어났기 때문이다.

요 약

본 연구에서는 건해삼의 재수화 반복횟수에 따른 해삼의 크기 및 조직감 변화와 재수화 반복횟수를 달리한 해삼 병조림 레토르트 제조 시, 4주간의 저장기간에 따른 품질변화를 측정하였다. 재수화 반복횟수가 증가할수록 해삼의 길이와 부피, 무게 모두 유의적으로 증가하였으며, 5회 재수화 반복 시 최대 팽윤도를 보였다. 레토르트 병조림 가열처리 시 열전달 기작은 대류로서 냉점은 유리병 형태의 기하학적 위치보다 하단에서 측정되었고, 총 가열공정 시간(TTT)은 24분으로 산출되었다. 본 가열공정을 적용한 레토르트 해삼 병조림의 가열 직후 및 저장기간에 따른 크기와 조직감 변화는 저장 1주차까지 유의적으로 변화하다가 저장 1주차부터 4주차까지 재수화 반복횟수에 관계없이 모든 실험군에서 일정한 경향을 보였다. 건해삼의 재수화 시 최대 팽윤도에서의 크기와 재수화율 및 조직감은 길이 100.86 mm, 부피 38.62 mL, 무게 41.05 g, 재수화율 6.39, 경도 249.19 g, 씹힘성 4.05 mJ로 산출되었다. 이는 해삼 레토르트 제품 제조 시, 재수화 공정의 반복횟수에 관계없이 레토르트 가열처리 이후 저장기간 중 해삼의 크기와 조직감에서 동일한 값을 보이기 때문에, 레토르트 가열처리 전 재수화 1회 공정의 간편함으로 전통적인 방법 대비 짧은 재수화 공정을 기대할 수 있으며, 부가적으로 미생물학적 안전성과 소비자들의 간편한 취식 또한 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업(과제번호: C1012947-01-01)의 연구로서 이에 감사드립니다. This study has been worked with the support of a research grant of Kangwon National University in 2016.

References

- Bai Y, Qu M, Luan Z, Li X, Yang Y. 2013. Electrohydrodynamic drying of sea cucumber (*Stichopus japonicus*). LWT - Food Sci. Technol. 54: 570-576.
- Bindu J, Ravishankar CN, Srinivasa Gopal TK. 2007. Shelf life evaluation of a ready-to-eat black clam (*Villorita cyprinoides*) product in indigenous retort pouches. J. Food Eng. 78: 995-1000.
- Byun Y, Bae HJ, Cooksey K, Whiteside S. 2010. Comparison of the quality and storage stability of salmon packaged in various retort pouches. LWT - Food Sci. Technol. 43: 551-555.
- Caine WR, Aalhus JL, Best DR, Dugan MER, Jeremiah LE. 2003. Relationship of texture profile analysis and Warner-Bratzler shear force with sensory characteristics of beef rib steaks. Meat Sci. 64: 333-339.
- Dong X, Zhu B, Sun L, Zheng J, Jiang D, Zhou D, Wu H,

- Murata Y. 2011. Changes of collagen in sea cucumber (*Stichopus japonicus*) during cooking. Food Sci. Biotechnol. 20: 1137-1141.
- Duan X, Zhang M, Mujumdar AS, Wang S. 2010. Microwave freeze drying of sea cucumber (*Stichopus japonicus*). J. Food Eng. 96: 491-497.
- Fukunaga T, Matsumoto M, Murakami T, Hatae K. 2004. Effects of soaking conditions on the texture of dried sea cucumber. Fisheries Sci. 70: 319-325.
- Geng S, Wang H, Wang X, Ma X, Xiao S, Wang J, Tan M. 2015. A non-invasive NMR and MRI method to analyze the rehydration of dried sea cucumber. Roy. Soc. Ch. 7: 2413-2419.
- Hong YK, Uhm JT, Yoon WB. 2014. Using numerical analysis to develop and evaluate the method of high temperature sous-vide to soften carrot texture in different-sized packages. J. Food Sci. 79: E546-E561.
- Jeung YH. 2010. Study of additives and heating methods for optimal taste and swelling of sea cucumber. M.S. thesis. Sejong Univ., Seoul, Korea.
- Jung YH, Yoo SS. 2014. Study of heating methods for optimal taste and swelling of sea-cucumber. Korean J. Food Cook. Sci. 30: 670-678.
- Ke PJ, Smith-Lall B, Hirtle RW, Kramer DE. 1987. Technical studies on resource utilization of atlantic sea cucumber (*Cucumaria frondosa*). Can. I. Food Sc. Tech. J. 20: 4-8.
- Kim YS, Kim JH, Yoon WB. 2016. Quality changes of carrot retort products in a large-scale pouch during 52 weeks of storage under different packaging methods and package shapes. Food Eng. Prog. 20: 334-341.
- Lee MG, Yoon WB. 2014. Developing an effective method to determine the deviation of F value upon the location of a still can during convection heating using CFD and subzones. J. Food Process Eng. 37: 493-505.
- Moon JH, Yoon WB. 2016. Size dependence of the salting process for dry salted sea cucumber (*Stichopus japonicus*). J. Food Eng. 170: 170-178.
- Xin G, Dongmei X, Zhaohui Z, Jiachao, Changhu X. 2005. Rheological and structural properties of sea cucumber *Stichopus japonicus* during heat treatment. J. Ocean Uni. China. 4: 244-247.
- Yoo JS, Hong ES, Hong KW, Yoon WB. 2016. Optimization and quality characteristic of noodles with hydrolysate of sea cucumber (*Stichopus japonicus*) using a mixture design. Food Eng. Prog. 20: 143-151.
- Zhang L, Huang X, Miao S, Zeng S, Zhang Y, Zheng B. 2016. Influence of ultrasound on the rehydration of dried sea cucumber (*Stichopus japonicus*). J. Food Eng. 178: 203-211.
- Zhang Y, Hou H, Fan Y, Zhang F, Li B, Xue C. 2016. Effect of moisture status on the stability of thermal gels from the body wall of sea cucumbers (*Apostichopus japonicus*). LWT - Food Sci. Technol. 74: 294-302.