

고형분과 액상의 분리 및 형상을 달리한 대용량 당근 레토르트 제품의 52주 저장기간에 따른 품질변화 특성

김윤성 · 김주홍 · 윤원병*
강원대학교 식품생명공학과

Quality Changes of Carrot Retort Products in a Large-scale Pouch During 52 Weeks of Storage Under Different Packaging Methods and Package Shapes

Yoon Sung Kim, Joo Heung Kim, and Won Byong Yoon*

Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University

Abstract

Quality changes of carrots thermally processed in a large size (5 kg) retort pouch during 52 weeks of storage were investigated under different packaging methods and package shapes. To improve the efficiency of thermal processing (121.1°C, 0.15 MPa), the carrot (i.e., solid) and the broth (i.e., liquid) of the carrot soup were separately packed and sterilized. The quality changes of carrot packed without liquid were compared with those with liquid. Two different package shapes such as rectangular parallelepiped and cube were also evaluated to figure out the efficiency of the heat penetration rate for a large-sized pouch. The TTT (F_0 -values = 6) were 27, 54, and 114 min from the rectangular parallelepiped, cube, and solid/liquid mixed groups, respectively. In the mixed groups, the hardness and chewiness of solids (carrot) were significantly smaller than those measured in the other groups as TTT increased. Carrots treated in the rectangular parallelepiped shape showed a significantly higher texture than the cube shape. The CV of hardness and chewiness in the rectangular parallelepiped and the cube shape were calculated as 7.56 and 47.19, and 29.16 and 65.28, respectively. This demonstrated that a more uniform quality can be obtained from the rectangular parallelepiped shape.

Key words: carrot, thermal process, texture, cold point

서 론

레토르트 식품은 고온가압살균기(retort)에서 열에너지를 이용하여 가열 살균한 제품을 의미한다. 이러한 레토르트 식품은 상온에서도 장기간 안전하게 보관할 수 있고, 유통적 편의성과 RTE (ready to eat) 또는 RTC (ready to cook)의 즉석 섭취 및 즉석 조리가 가능하다는 점에서 2009년 이후 편의식품으로서 수요가 급증하고 있는 추세다. 이러한 추세는 최근 들어 1인 가구, 맞벌이 가정 등의 소용량 제품(B2C, business to customer)에서 대형식당이나 공장, 급식업체 등의 대용량 제품(B2B, business to business)으로 확산되고 있다. 한편 Food and Drug Administration

(2015)에서는 레토르트 식품의 장기간 보존을 위해 미생물 뿐만 아니라 공중보건을 해칠 수 있는 병원성 균체나 그 포자가 가열공정에 의하여 사멸된 상태로 정의함으로써 미생물학적 안전성을 중요시 여기고 있다. 이러한 목적을 충족시킬 수 있는 방법으로 현재 많은 산업현장에서는 보존제, 살균제 등의 식품첨가물을 사용하거나 과살균을 통한 레토르트 제품을 개발 및 생산하고 있다. 하지만 과살균을 통한 레토르트 식품은 소비자가 받아들일 수 있는 관능적 품질이나 영양학적 측면에서 적절하지 않다는 연구가 다수 보고되고 있다(Patras et al., 2009; Lee & Yoon, 2014). 식품첨가물을 사용하지 않거나 과살균을 극복하기 위한 방법으로는 레토르트 포장용기를 달리한 연구(Chung, 2007), 가열온도와 시간을 달리한 연구(Chung et al., 1991; Simpson et al., 2008), 레토르트 기기 내부의 편차를 줄이기 위한 연구(Akterian, 1999; Ates et al., 2014; Singh et al., 2015; Kim & Yoon, 2016) 등 다양한 연구들이 보고되고 있으나, B2B 대용량 레토르트 제품의 긴 TTT 및 제품 내부편차, 저장기간 중 품질변화 편차를 극복하기에는 아

*Corresponding author: Won Byong Yoon, Department of Food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon, 24341, Korea
Tel: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-241-0508
E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr
Received September 20, 2016; revised October 13, 2016; accepted October 27, 2016

직 부족한 실정이다.

레토르트 식품의 최적살균은 미생물학적 안전성을 확보하며, 열효율성의 극대화 및 공정시간 단축으로 인한 제품 생산량 증가, 식품의 최소 품질변화 등의 이점으로 매우 중요하다. 최적살균은 제품을 가열할 때 온도가 가장 느리게 상승하는 부분인 냉점(cold point)에서 미생물학적 안전성을 도모하는 최소살균시간으로 정의한다(Chung, 2007). 식품 공전(Ministry of Food and Drug Safety, 2016)에서는 제품 냉점에서의 F_0 -value를 4분 이상으로 열처리할 것을 규정하고 있으나, 실제 산업현장에서는 F_0 -value를 10-12분 이상으로 그보다 훨씬 과도하게 열처리하여 제품을 생산하고 있는 실정이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 냉점추정과 최적살균은 매우 중요하며, 이러한 냉점을 추정하기 위해서 가열공정 시 제품내부에 온도센서를 설치하여 온도를 측정하는 실제실험이나 시뮬레이션을 통한 추정(Datta et al., 1986; Hong et al., 2014; Lee & Yoon, 2014)의 방법이 연구되고 있다.

당근, 무, 감자는 저점도 액상의 즉석 국 및 탕류 제품과 고점도 소스를 포함한 즉석 카레 및 덮밥 소스제품을 구성하는 필수적인 채소류이다. 당근의 경우 고유의 영양학적 가치, 색과 맛을 가지므로 탕류 및 덮밥 소스 제품에 가장 많이 사용되는 구성물 중의 하나이다(Singh et al., 1999). 당근의 경우 열처리 시 변화되는 여러 품질지표 가운데 조직감의 변화가 매우 크게 나타나며, 이는 소비자가 선호하는 관능적인 특성에 매우 민감한 지표로 보고되고 있다(Hong et al., 2014). 조직감은 식품의 품질을 결정하는 지표의 한 방법으로 과일, 채소, 육류, 빵류 등 널리 측정되어 왔으며(Caine et al., 2003), 당근의 경우는 조직감 중 hardness를 측정지표로 활용한 연구가 많이 진행되고 있다(Lee et al., 1979; Sila et al., 2004; Vu et al., 2004; Sila et al., 2005; Hong et al., 2014). Hardness는 조직의 단단한 정도를 나타내는 지표로서, 식품의 처음 저작 시의 식감을 판단할 수 있어 중요한 측정지표로 활용되고 있다. Chewiness는 고형식품을 삼키기 전 저작에 필요한 에너지로서 식품의 전체적인 식감을 판단할 수 있는 중요지표이며, hardness × cohesiveness × springiness로 계산된다(Caine et al., 2003). Yoon (2007)의 연구에서도 소비자들이 느끼는 관능적 특성은 식품의 조직감과 밀접한 연관성을 보였다고 보고하였다.

레토르트 식품은 미생물학적으로 안전하기 때문에 상온에서 장기간 보존이 가능하다. 하지만 저장기간 중 식품의 품질변화가 일어난다는 연구결과가 다수 보고된 바 있어(Gopal et al., 2001; Bindu et al., 2007; Yoon, 2007; Byun et al., 2010; Lee et al., 2014), 레토르트 식품을 평가하는 기준으로 저장실험 역시 매우 중요하다. 또한 유통기한을 산출하는 데에도 중요지표로 사용되고 있다. 하지만 저장기간에 따라 채소(당근)의 품질변화 유무 및 그 정

도에 따라서는 아직 연구된 바가 많지 않다.

레토르트 탕류 식품은 관습적으로 고형분과 액상을 혼합하여 가열공정(Oh, 1996; Park, 1998; Lee et al., 2014) 및 유통을 진행하고 있다. 하지만 최근 수요가 증가하고 있는 B2B 레토르트 식품은 많은 충전물로 인해 B2C 제품과는 달리 장시간 가열공정이 불가피하며, 그로 인한 잠재적 품질변화 및 영양학적 손실, 유통의 난항, 유통비용의 증가 등을 고려하지 않을 수 없다. 레토르트 가열처리 시, 고형분과 액상을 분리하여 처리한다면 이러한 문제를 완화할 수 있을 것으로 보이나, 아직 고형분과 액상을 분리하여 비교실험 및 저장기간에 따른 품질변화에 대한 연구가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 i) 고형분과 액상을 혼합 및 분리하였을 때 각각의 냉점 및 최적가열조건 도출 ii) 레토르트 가열처리 후 저장기간에 따른 고형분(당근)의 조직감 변화 iii) 충전물 물질상태 및 가열처리 형상을 달리한 고형분의 52주간의 저장기간에 따른 식품의 균일성을 연구하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 당근은 2015년 8월에 지역 대형마트에서 구입하였으며, 큐브 형태(1×1 cm)로 잘라 사용하였다. 레토르트 파우치는 가로×세로(320×460 mm)의 5 kg B2B 제품용으로 표면에서부터 폴리에스터 필름, 나일론, 알루미늄 호일, 폴리프로필렌의 4겹으로 구성된 것을 사용하였다.

고형분과 액상의 분리 포장 후 살균

고형분과 액상이 혼합된 실험군(혼합군)에서는 레토르트 파우치에 큐브 형태로 자른 당근조각 1 kg과 증류수 4 kg을 함께 넣어 진공포장기로 실링 후 레토르트 살균기(STERI-ACE PRS-10-1, Kyunghan, Gyeongsan, Korea)를 이용하여 121.1°C, 0.15 MPa 조건에서 가열처리 하였으며, 고형분만 담긴 실험군(분리군)에서는 혼합군의 고형분(당근) 함량을 기준으로 당근 1 kg은 직육면체 형상으로, 1 kg은 정육면체 형상으로 각각 담아 진공포장기로 실링하여 혼합군과 같은 조건에서 레토르트 가열처리 하였다.

레토르트 가열살균

레토르트 가열처리 동안 당근조각 중심부에 무선 온도센서(Tracksense[®] pro, Ellab, Trollesmindealle, Hillerød, Denmark)를 설치하여 레토르트 가열처리 동안 각 실험군에서의 파우치 내부 냉점위치를 추정하였다. TTT는 각 실험군의 냉점위치에서 변화하는 온도를 15초 간격으로 측정하여 식(1)을 이용하여 F_0 -value가 미생물적으로 안전한 6분을 만족하는 공정시간을 각각 도출하였으며, 냉각 시의 유효 살

균온도는 95°C 이상을 기준으로 하였다. 도출된 TTT만큼 레토르트 가열처리한 후 당근의 조직감 측정 및 저장기간 중 변화하는 당근의 조직감을 측정하였다. 실험에 사용한 F_0 -value는 *Clostridium botulinum*을 대상균으로 하여 지표 온도 121.1°C, z값 10°C를 사용하여 계산하였다(Kim & Yoon, 2016).

$$F_0 = \int_{t_0}^{t_f} L(t) \cdot dt = \int_{t_0}^{t_f} 10^{\frac{T_f - T_{ref}}{z}} \cdot dt \quad (1)$$

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

조직감 측정

당근의 조직감은 레토르트 가열처리 전과 각각의 레토르트 가열처리 후에 물성측정기(CT3 texture analyzer, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 조직감 측정을 위하여 직경이 25.4 mm인 원기둥 형의 probe (TA11/1000)를 이용하였으며, 측정조건은 10% deformation, trigger load 10 g, test speed 1.0 mm/s로 측정하였다. 모든 측정은 시료를 2회 반복 압착하여 결과를 얻는 texture profile analysis (TPA)로 진행하여 경도(hardness)와 씹힘성(chewiness)을 7회 반복 측정하여, 반복 측정 값의 평균과 표준편차로 나타내었다. 레토르트 직후 2개의 분리균은 냉점 부근과 외곽 부근의 당근을 따로 측정하여 각각의 평균과 표준편차 및 변동계수(coefficient of variation, CV)를 식 (2)로 계산하여 나타내었다.

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100(\%) \quad (2)$$

위 식에서 σ 는 표준편차를, μ 는 평균을 의미한다.

저장실험

레토르트 가열처리 후 각 실험군 레토르트 파우치를 25°C 항온기에 넣어 52주간 저장실험을 진행하였다. 0주(레토르트 가열직후)부터 12주까지는 각 주마다, 14주 이후부터 52주까지는 2주마다 25°C 항온기에서 레토르트 파우치를 꺼내어 당근의 조직감을 측정하였다. 2개의 분리균에서 당근은 냉점 부근(냉점에서 외곽까지의 거리의 25%)과 외곽 부근(외곽에서 냉점까지의 거리의 25%)에서 임의로 선택하여 측정하였다. 모든 결과값은 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차를 이용하여 나타내었으며, 52주 전체기간 동안 당근의 변동계수를 계산하였다.

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

냉점추정과 TTT

레토르트 가열처리 시 세 실험군에서 가열시간에 따라 변화하는 온도분포를 그래프로 나타내었다(Fig. 1). 혼합군에서는 레토르트 가열처리 시 증류수의 대류작용으로 5 kg 혼합내용물 충전 시 레토르트 파우치 가로×세로×높이(320×460×58 mm) 중 가로 160 mm, 세로 200 mm, 높이 28 mm

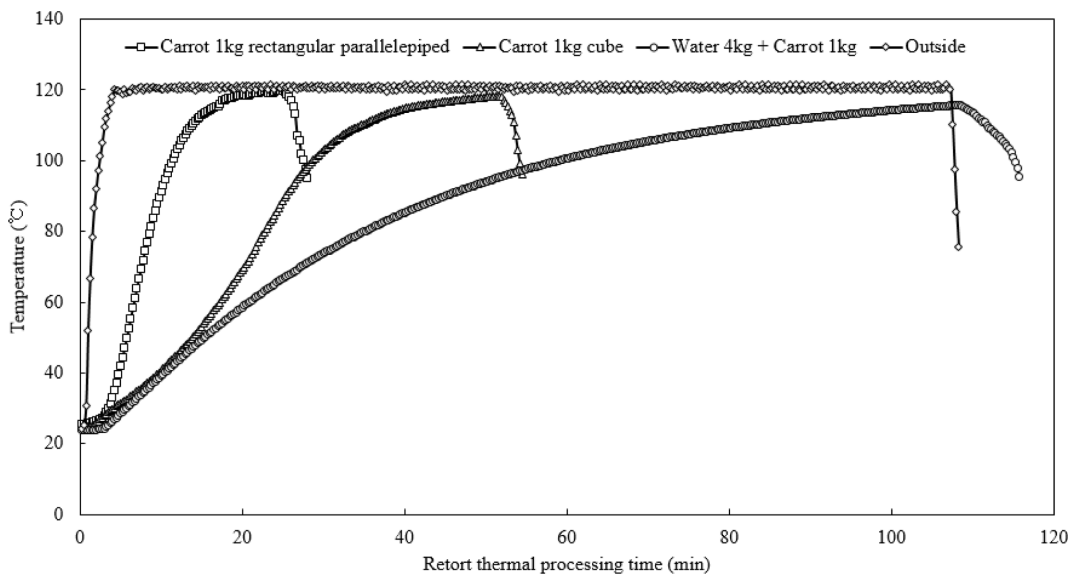


Fig. 1. Heat penetration curves during retort process (F_0 -value = 6 min).

부근이 냉점으로 추정되었으며, 냉점에서 F_0 -value가 6분을 만족하는 TTT는 114분으로 계산되었다. 분리군에서의 열 전달기작은 전도로써 냉점은 당근 형상의 기하학적 중심으로 추정되었고, 각 냉점에서 F_0 -value가 6분을 만족하는 TTT는 직육면체 형상에서 27분, 정육면체 형상에서 54분으로 계산되었다. 열전달속도가 전도보다 대류가 더 빠르다는 연구결과(Koo et al., 1993)와는 달리 파우치 충전량의 차이로 최종온도 도달시간에서 차이를 보였다.

조직감

레토르트 가열처리 전 당근의 경도와 씹힘성은 각각 $13,743.3 \pm 1,470.35$ g, 80.92 ± 10.11 mJ로 측정되었다. 레토르트 가열처리 직후 세 실험군에서의 당근 조직감 측정값 및 변동계수를 그래프로 나타내었다(Fig. 2). 세 실험군 모두 고온 및 장시간 가열로 인하여 초기 당근의 조직감에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였다. 혼합군은 세 실험군 중 가장 긴 가열시간으로 인하여 유의적으로 가장 낮은 조직감을 보였다. 이는 가열처리 시 당근의 조직감이 낮아지며, 가열 시간에 따라 조직감 변화가 커진다는 Peng et al. (2014)의 연구와도 일치한다. 한편 (Patras et al., 2009; Ayvaz et al., 2012)에서는 레토르트 당근의 장시간 가열이 색도 L^* , a^* , b^* 및 항산화 효과에도 유의적으로 좋지 않은 영향을 미친다고 보고한 바 있다. 반면, 혼합군에 비해 상대적으로

짧은 가열시간을 보인 두 분리군에서는 높은 조직감을 보였으며, 그 중 직육면체 형상의 경우 더 짧은 가열시간으로 인하여 정육면체 형상에 비해 경도가 유의적으로 높게 측정되었다. 버섯의 크기에 따라 표면적에서 받는 열의 차이로 중심부와 표면간의 조직감 차이가 발생했다는 Lespinard et al. (2009)의 연구와 시뮬레이션으로 차이를 연구한 McGinnis (1986)의 결과와도 일치한다. 변동계수의 경우, 경도와 씹힘성 모두에서 직육면체 형상이 각각 3.32%, 23.51%로 가장 낮은 값을 보였다. 이는 레토르트 가열처리 시 직육면체 형상의 외곽과 중심부 간의 온도구배가 적어 유의적으로 차이를 보이지 않았고, 세 실험군 중 가장 균일하게 열처리(Fig. 3) 되었음을 의미한다. 반면 경도에서 가장 큰 값을 보인 정육면체 형상은 중심부와 외곽 간의 온도구배가 커서 경도와 씹힘성 모두에서 유의적으로 차이가 발생하였으며, 세 실험군 중 가장 불균일하게 열처리 되었음을 의미한다. Sous-vide 가열처리 시, 고형분의 형상에 따라 식재료가 품질차이를 보인다는 Hong et al. (2014)의 연구와도 일치한다. 정육면체 형상의 씹힘성 변동계수에서는 혼합군의 씹힘성 변동계수보다 낮은 값을 보였는데, 이는 혼합군의 당근이 긴 가열시간 동안 전체적으로 조직감 변화가 많이 일어나 씹힘성 평균값이 너무 작게 측정되었고, 표준편차가 평균을 넘어서지 않았기 때문으로 해석된다. 낮게 측정된 씹힘성에 대해 Caine et al. (2003)에서는 씹힘성 계

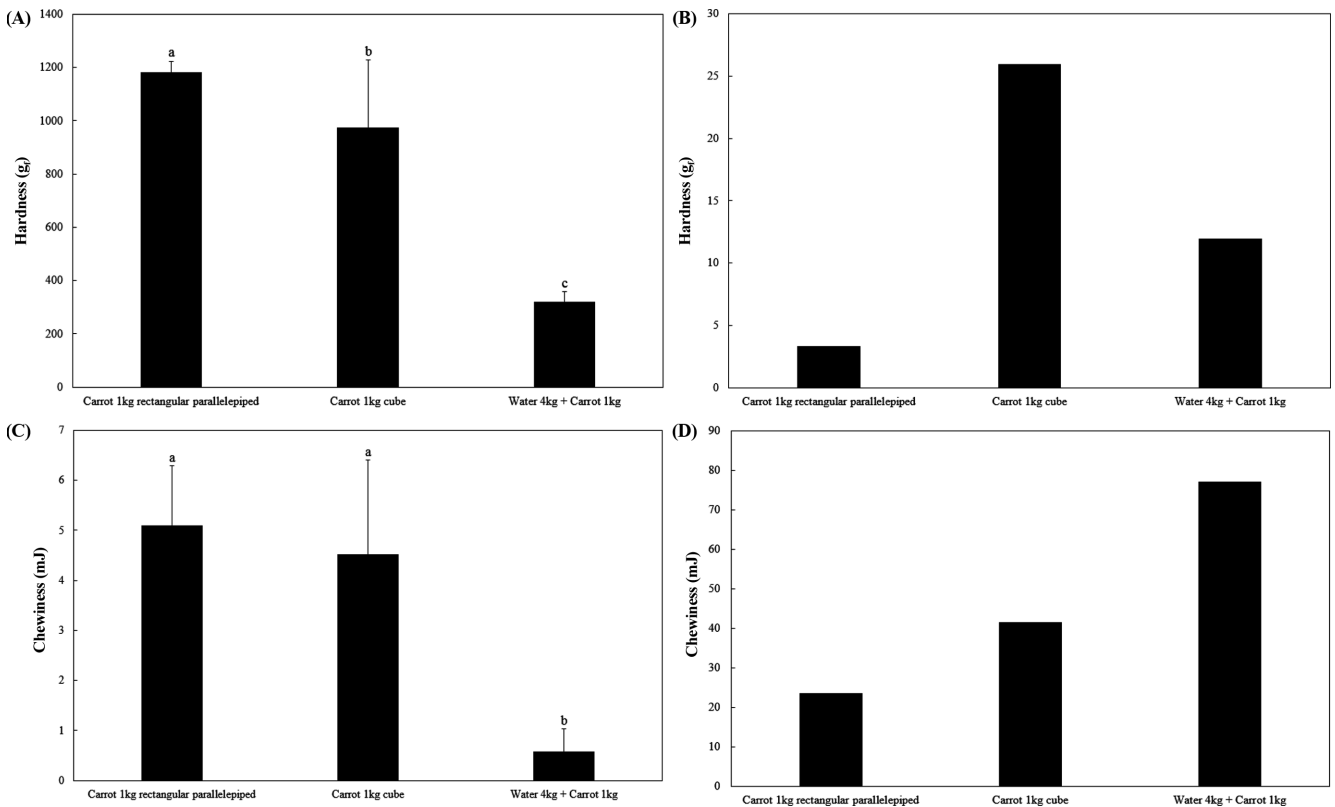


Fig. 2. Average hardness, chewiness of carrot and these CV after retort thermal processing. (A) hardness, (B) CV of hardness, (C) chewiness, (D) CV of chewiness. ^{a-c}Values followed by a different letter in the row are significantly different at $p < 0.05$ level.

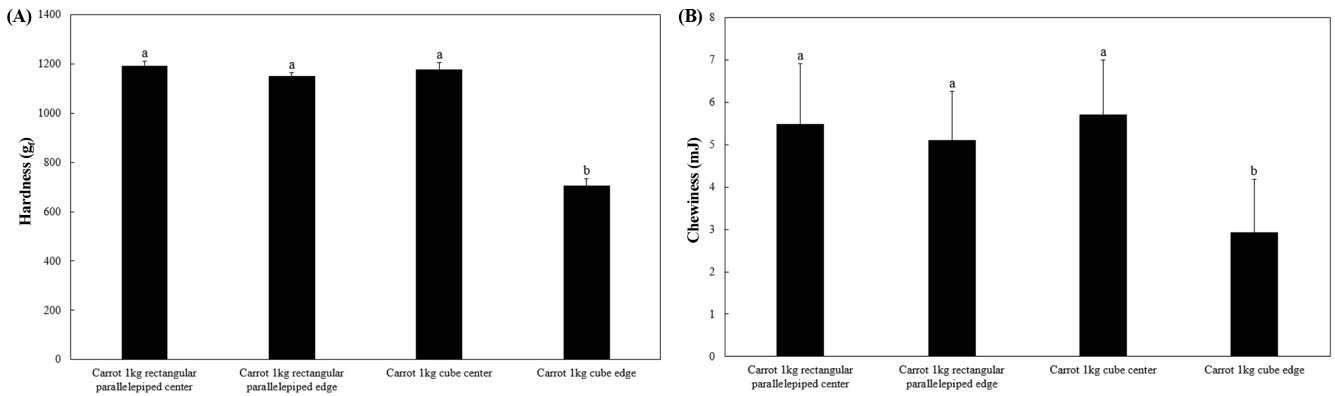


Fig. 3. Hardness (A) and chewiness (B) measured from the center and the edge of carrot. ^{a-b}Values followed by a different letter in the row are significantly different at $p < 0.05$ level.

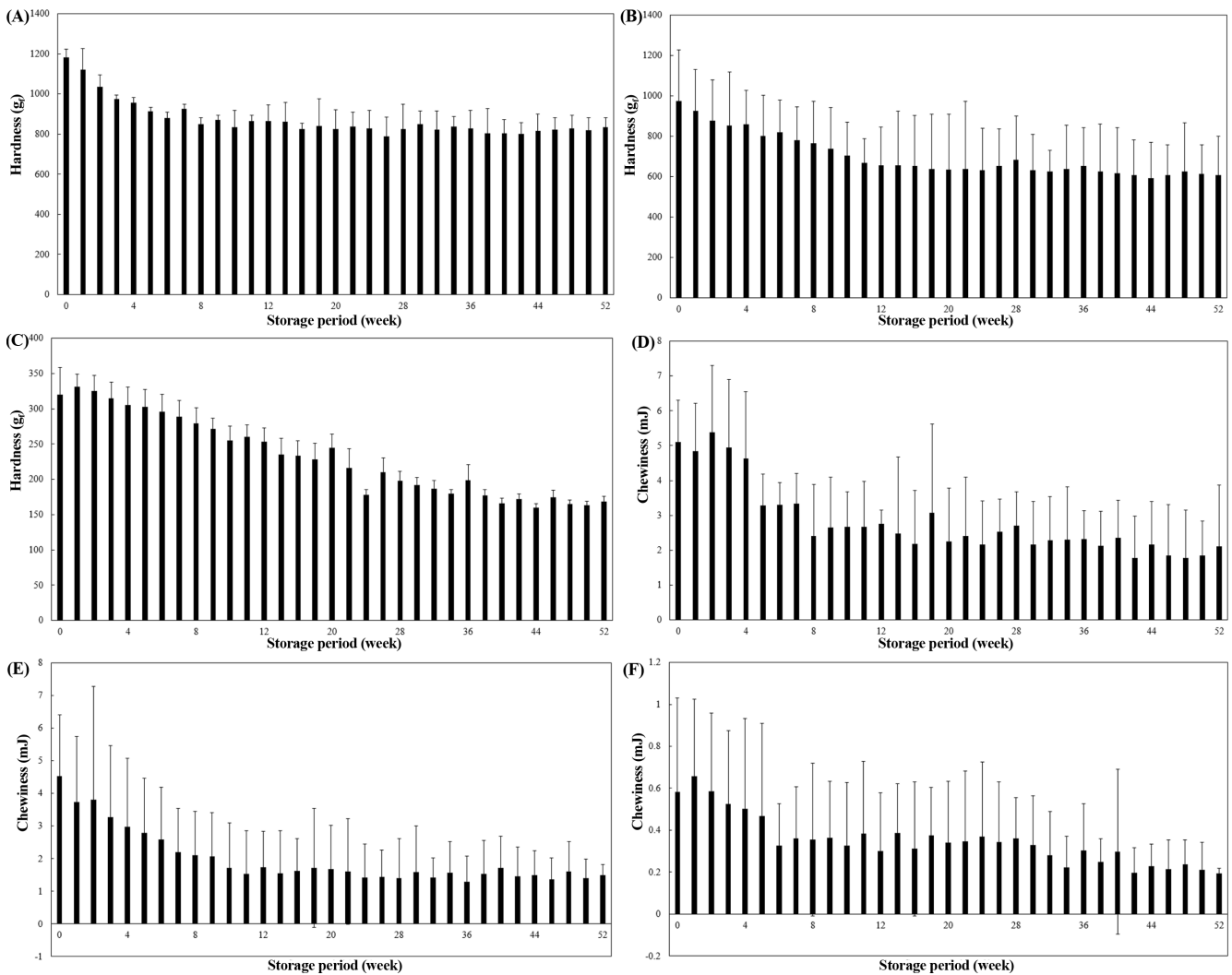


Fig. 4. Changes in the hardness of carrot from rectangular parallelepiped (A), cube (B) and solid/liquid mixed group (C) and chewiness of carrot from rectangular parallelepiped (D), cube (E) and solid/liquid mixed group (F) during 52 weeks of storage periods.

산 인자에 경도가 포함되기 때문에, 낮은 경도값 및 TPA 첫 압착 시 조직이 물러졌기 때문이라고 언급했다.

저장실험

본 실험에서 52주간의 저장기간 중 각 실험군별 조직감

변화양상을 Fig. 4와 Table 1에 나타내었다. 레토르트 가열 후 저장기간이 증가함에 따라 세 실험군 모두에서 경도와 씹힘성이 유의적으로 감소하다가 일정해지는 경향을 보였다. 저장기간에 따라 레토르트 카레의 품질 및 관능평가가 감소하다가 일정해진다는 Park et al. (2015)의 연구와도 일치한다. 경도와 씹힘성이 유의적으로 감소하다가 이후 유의적으로 차이를 보이지 않는 시기는 직육면체 실험군의 경우 각각 6주, 4주였으며, 정육면체 실험군의 경우 각각 3주, 3주였고, 혼합군의 경우 각각 44주, 2주였다. 레토르트 삼계탕의 저장기간에 따른 품질변화 실험 Jang & Lee (2012)에서 85°C로 가열 후 저장 12주부터 품질변화가 유의적으로 차이가 나지 않는다는 결과의 경향과 일치한다. 가열처리 직후 경도와 씹힘성에서 세 실험군 중 유의적으

로 가장 낮은 값을 보인 혼합군은 저장기간에 따라서도 유의적으로 낮은 조직감을 보였다. 가열처리 직후 직육면체 실험군에 비해 낮은 경도를 보인 정육면체 실험군에서는 저장기간에 따라 일정시기 직육면체 실험군과 유의적으로 차이가 없기도 하지만, 직육면체 실험군에 비해 높은 편차는 그대로 유지되는 경향을 보였다.

52주 간의 저장기간 동안 각 실험군 당근의 조직감의 변동계수를 Fig. 5와 Fig. 6에 나타내었다. 분리군의 경우 경도 변동계수는 17.17%로, 혼합군의 경도 변동계수인 7.24%보다 높은 값으로 나타났으며, 씹힘성 변동계수에서는 54.67%로 혼합군의 씹힘성 변동계수인 74.64%보다 낮은 값을 보였다(Fig. 5). 분리실험군을 직육면체군과 정육면체군으로 구분하여 볼 경우, 직육면체군 경도 변동계수

Table 1. Changes in texture of carrot by week during 52 weeks of storage periods

		Storage period (week)			
		0	1	2	3
Hardness (g _f)	Carrot 1kg rectangular parallelepiped	1,182.86±39.25 ^{Aa}	1,122.14±102.67 ^{Aa}	1,037.14±56.71 ^{Ab}	974.57±20.57 ^{Ab}
	Carrot 1kg cube	975.71±252.97 ^{Ba}	926.43±204.06 ^{Bab}	878.57±198.89 ^{Babc}	854.29±264.53 ^{Aabcd}
	Water 4kg + Carrot 1kg	320.25±38.32 ^{Cab}	330.83±17.72 ^{Ca}	325.33±22.06 ^{Ca}	314.5±23.23 ^{Bab}
Chewiness (mJ)	Carrot 1kg rectangular parallelepiped	5.10±1.2 ^{Aa}	4.85±1.37 ^{Aa}	5.39±1.91 ^{Aa}	4.94±1.95 ^{Aa}
	Carrot 1kg cube	4.53±1.88 ^{Aa}	3.73±2.02 ^{Aab}	3.81±3.47 ^{Aab}	3.28±2.18 ^{Aabc}
	Water 4kg + Carrot 1kg	0.58±0.45 ^{Bab}	0.66±0.37 ^{Ba}	0.59±0.37 ^{Bab}	0.52±0.35 ^{Bab}
		Storage period (week)			
		4	6	8	10
Hardness (g _f)	Carrot 1kg rectangular parallelepiped	957.43±25.26 ^{Ab}	880.00±29.72 ^{Ac}	850.00±30.41 ^{Ac}	835.71±82.23 ^{Ac}
	Carrot 1kg cube	859.86±166.72 ^{Aabcd}	818.57±160.8 ^{Aabcd}	764.29±210.05 ^{Aabcd}	703.43±167.09 ^{Bbcd}
	Water 4kg + Carrot 1kg	305.50±25.13 ^{Babc}	296.00±24.62 ^{Bbc}	279.07±22.1 ^{Bcd}	255.33±20.3 ^{Cde}
Chewiness (mJ)	Carrot 1kg rectangular parallelepiped	4.63±1.91 ^{Aab}	3.31±0.64 ^{Aab}	2.4±1.48 ^{Ac}	2.68±1.01 ^{Ac}
	Carrot 1kg cube	2.98±2.09 ^{Aabc}	2.59±1.59 ^{Aabc}	2.11±1.33 ^{Abc}	1.73±1.38 ^{Ac}
	Water 4kg + Carrot 1kg	0.5±0.43 ^{Bab}	0.33±0.2 ^{Bab}	0.36±0.36 ^{Bab}	0.33±0.3 ^{Bab}
		Storage period (week)			
		12	16	20	24
Hardness (g _f)	Carrot 1kg rectangular parallelepiped	863.57±81.48 ^{Ac}	825.00±29.3 ^{Ac}	825.29±95.45 ^{Ac}	827.14±91.42 ^{Ac}
	Carrot 1kg cube	655.57±189.79 ^{Bcd}	653.57±249.45 ^{Ac}	636.43±271.8 ^{Ac}	631.14±207 ^{Bcd}
	Water 4kg + Carrot 1kg	253.13±19.42 ^{Cde}	233.50±20.87 ^{Be}	244.40±19.76 ^{Be}	178.00±7.75 ^{Cef}
Chewiness (mJ)	Carrot 1kg rectangular parallelepiped	2.77±0.38 ^{Ac}	2.18±1.53 ^{Ac}	2.26±1.53 ^{Ac}	2.16±1.25 ^{Ac}
	Carrot 1kg cube	1.74±1.09 ^{Bc}	1.63±0.98 ^{Ac}	1.69±1.34 ^{ABc}	1.42±1.03 ^{ABc}
	Water 4kg + Carrot 1kg	0.30±0.28 ^{Cab}	0.31±0.32 ^{Bab}	0.34±0.29 ^{Bab}	0.37±0.35 ^{Bab}
		Storage period (week)			
		28	36	44	52
Hardness (g _f)	Carrot 1kg rectangular parallelepiped	825.43±122.87 ^{Ac}	829.29±89.37 ^{Ac}	816.43±84.69 ^{Ac}	832.86±49.32 ^{Ac}
	Carrot 1kg cube	684.57±215.4 ^{Abcd}	654.29±188.67 ^{Bcd}	592.86±177.31 ^{Bd}	609.29±190.95 ^{Bd}
	Water 4kg + Carrot 1kg	197.50±13.69 ^{Be}	199.17±22 ^{Cc}	160.00±5.48 ^{Cf}	168.50±7.31 ^{Cf}
Chewiness (mJ)	Carrot 1kg rectangular parallelepiped	2.71±0.96 ^{Ac}	2.33±0.8 ^{Ac}	2.16±1.24 ^{Ac}	2.12±1.75 ^{Ac}
	Carrot 1kg cube	1.4±1.22 ^{Bc}	1.29±0.79 ^{Bc}	1.49±0.75 ^{Ac}	1.5±0.33 ^{Ac}
	Water 4kg + Carrot 1kg	0.36±0.19 ^{Bab}	0.3±0.23 ^{Cab}	0.23±0.1 ^{Bab}	0.19±0.03 ^{Bb}

^{a-f}Values followed by a different letter in the row are significantly different at $p<0.05$ level

^{A-C}Values followed by a different letter in the line are significantly different at $p<0.05$ level

는 7.56%로 혼합군의 경도 변동계수인 7.24%와 큰 차이를 보이지 않은 반면, 씹힘성 변동계수에서는 47.19%로 혼합군의 씹힘성 변동계수인 74.64%와 비교했을 때, 그 차이가 더 벌어지는 결과를 보였다(Fig. 6). 이는 52주 저장기간 중 임의의 레토르트 파우치를 꺼냈을 때, 직육면체 형상으로 가열처리한 분리군이 세 실험군 중 고품분(당근)의 품질차이가 가장 적음을 의미한다. 반면 정육면체 형상으로 가열처리한 분리군 및 혼합군은 품질차이가 커서 고품분의 균일한 품질을 기대하기 힘든 것을 의미한다.

요 약

B2B 레토르트 식품을 액상과 고품분의 분리공정을 통해 냉점추정과 냉점부근에서의 F_0 -value = 6분을 만족하는 총 가열공정 시간(TTT)을 도출하였다. 관습적으로 행해오던 액상과 고품분의 혼합 레토르트 가열처리군은 대류 열전달 기작으로 인해 냉점위치가 파우치 중심보다 아래쪽에서 측정되었으며, 최적살균을 위한 최소 TTT가 대류임에도 많은 충전량으로 인해 두 분리군보다 길게 도출되었다. TTT가 길어짐에 따라 고품분(당근)의 경도와 씹힘성이 두 분리군에 비해 유의적으로 작게 측정되었다. 반면 두 분리실험군에서는 열전달기작이 전도로서 냉점위치는 기하학적 중심으로 측정되었으며, 최적살균을 위한 TTT가 짧게 도출되었다. 가열처리 시간이 짧은 분리군의 당근 조직감은 혼합군보다 유의적으로 높게 측정되었으며, 분리군 중 직육면체 형상으로 가열처리한 실험군에서 정육면체 형상보다 유의적으로 높은 조직감을 보였다. 레토르트 가열처리 후 저장기간에 따라서는 세 실험군 모두에서 당근의 조직감이 일정기간 유지되다가 서서히 감소하였다. 저장기간 중에도 혼합군에 비해 분리군 모두에서 높은 조직감을 보였으며, 이 중 직육면체 형상으로 가열처리한 실험군의 당근 조직감이 정육면체 형상의 당근 조직감보다 유의적으로 높게 측정되었다. 가열처리 직후 및 저장기간 동안 직육면체 형상의 실험군에서 정육면체 형상의 실험군보다 작은 변동계수를 보여 균일한 품질을 기대할 수 있었다. 본 연구결과는 B2B 레토르트 제품을 고품분과 액상을 분리하여 제조할 시 관습적 방식인 혼합 가열보다 높은 품질을 기대할 수 있으며, 고품분의 분리형상을 정육면체 형상이 아닌 직육면체 형상으로 제조할 시 제품 내 품질의 균일화 및 저장기간 중 품질의 균일화가 가능할 것으로 기대된다. 부가적으로 짧은 레토르트 가열공정으로 인해 열효율성과 높은 생산성 및 유통적 편의성 또한 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 고부가가치 식품기술개발사업의 지원을 받아

수행된(과제번호: 314047-2) 연구로서 이에 감사드립니다.

References

- Akterian SG. 1999. On-line control strategy for compensating for arbitrary deviations in heating-medium temperature during batch thermal sterilization processes. *J. Food Eng.* 39: 1-7.
- Ates MB, Skipnes D, Rode TM, Lekang O. 2014. Comparison of bacterial inactivation with novel agitating retort and static retort after mild heat treatments. *Food Control.* 43: 150-154.
- Ayvaz H, Schirmer S, Parulekar Y, Balasubramaniam VM, Somerville JA, Daryaei H. 2012. Influence of selected packaging materials on some quality aspects of pressure-assisted thermally processed carrots during storage. *LWT - Food Sci. Technol.* 46: 437-447.
- 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.
- Chung DH. 2007. Retort processing of packaged foods. *J. Korea Society of Packaging Sci. Technol.* 13: 59-65.
- Chung MS, Cha HS, Koo BY, Ahn PU, Choi CU. 1991. Determination of optimum sterilization condition for the production of retort pouched curry sauce. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23: 723-731.
- Datta AK, Teixeira AA, Manson JE. 1986. Computer-based retort control logic for on-line correction of process deviations. *J. Food Sci.* 51: 480-483.
- Food and Drug Administration. Department of Health and Human Services. Available from: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=113.40>. Accessed April 1, 2015.
- Gopal TKS, Vijayan PK, Balachandran KK, Madhavan P, Iyer TSG. 2001. Traditional Kerala style fish curry in indigenous retort pouch. *Food Control.* 12: 523-527.
- 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.
- Jang MJ, Lee KT. 2012. Quality changes of retorted Samgyetang during storage depending on the different filling and packaging temperatures of meat broth. *Korean J. Packaging Sci. Technol.* 18: 21-25.
- Kim JH, Yoon WB. 2016. The effect of temperature distribution in the retort on the degree of sterilization and the quality of potato. *Food Eng. Prog.* 20: 240-246.
- Koo BY, Park SJ, Byeon YR, Son SH. 1993. Heat penetration characteristics and keeping quality of retort pouched curry. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 63-68.
- Lee CY, Bourne MC, Van BJP. 1979. Effect of blanching treat-

- ments on the firmness of carrots. *J. Food Sci.* 44: 615-616.
- 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.
- Lee JH, Lee JH, Lee KT. 2014. Physicochemical and sensory characteristics of Samgyetang retorted at different F0 values during storage at room temperature. *Korean J. Food Preserv.* 21: 491-499.
- Lespinaud AR, Goñi SM, Salgado PR, Mascheroni RH. 2009. Experimental determination and modelling of size variation, heat transfer and quality indexes during mushroom blanching. *J. Food Eng.* 92: 8-17.
- McGinnis DS. 1986. Prediction of transient conduction heat transfer in foods packaged in flexible retort pouches. *Can. J. Food Sci. Tech. J.* 19: 148-157.
- Ministry of Food and Drug Safety. Korean Food Standards Codex. Available from: http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/menu_01_03.jsp?idx=16. Accessed May 27, 2016.
- Oh KS. 1996. Studies on the processings of sterilized salt-fermented anchovy sauces. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 1038-1044.
- Park IW. 1998. Bacteriological examination of retort pouched loach soup and soybean paste soup containing mud snail. *J. Food Nutr.* 11: 431-436.
- Park SB, Chung HY, Koo BY. 2015. Quality changes of retort pouched curry sauce by various sterilization and storage conditions. *Food Eng. Prog.* 19: 353-359.
- Patras A, Tiwari BK, Brunton NP, Butler F. 2009. Modelling the effect of different sterilisation treatments on antioxidant activity and colour of carrot slices during storage. *Food Chem.* 114: 484-491.
- Peng J, Tang J, Barrett DM, Sablani SS, Powers JR. 2014. Kinetics of carrot texture degradation under pasteurization conditions. *J. Food Eng.* 122: 84-91.
- Sila DN, Smout C, Vu TS, Hendrickx ME. 2004. Effects of high-pressure pretreatment and calcium soaking on the texture degradation kinetics of carrots during thermal processing. *J. Food Sci.* 69: E205-E211.
- Sila DN, Smout C, Vu ST, Van Loey A, Hendrickx M. 2005. Influence of pretreatment conditions on the texture and cell wall components of carrots during thermal processing. *J. Food Sci.* 70: E85-E91.
- Simpson R, Abakarov A, Teixeira A. 2008. Variable retort temperature optimization using adaptive random search techniques. *Food Control.* 19: 1023-1032.
- Singh AP, Singh A, Ramaswamy HS. 2015. Modification of a static steam retort for evaluating heat transfer under reciprocation agitation thermal processing. *J. Food Eng.* 153: 63-72.
- Singh S, Shivhare US, Ahmed J, Raghavan GSV. 1999. Osmotic concentration kinetics and quality of carrot preserve. *Food Res. Int.* 32: 509-514.
- Vu TS, Smout C, Sila DN, LyNguyen B, Van Loey AML, Hendrickx MEG. 2004. Effect of preheating on thermal degradation kinetics of carrot texture. *Innov. Food Sci. Emerg.* 5: 37-44.
- Yoon SJ. 2007. Quality characteristics of retort Tteok (Korean rice cake) prepared with various dextrinization time. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 260-265.