

UV살균과 초고압살균에 의한 당근주스의 저장성 비교

오남석 · 김민영 · 장귀영 · 백소윤 · 정미연* · 강태수** · 이준수 · 정현상
충북대학교 식품생명공학과, * (주)참선진녹즙, **충북도립대학교 바이오식품과학과

Comparison of UV-Irradiation and High Hydrostatic Pressure Sterilization for Storage Stability of Carrot Juice

Nam Seok Oh, Min Young Kim, Gwi Young Jang, So Yune Baek, Mi Yeun Jeong*,
Tae Su Kang**, Junsoo Lee and †Heon Sang Jeong

Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 28644, Korea

**Coperation Cham Sun Jin Green Juice, Chungbuk 27865, Korea*

***Dept. of Food Science and Biotechnology, Chungbuk Provincial University of Science and Technology, Chungbuk 29046, Korea*

Abstract

The objective of this study was to investigate the non-thermal sterilization effect of methods such as high hydrostatic pressure (HHP) and UV-irradiation (specifically with regard to the storage stability and shelf-life of carrot juice. The microbial counts of the non-sterilized product increased from 5.51 to 7.34 log CFU/mL up to the fifth day, and then decreased to 5.46 log CFU/mL at six days. UV-irradiation was increased from 2.37 to 4.92 log CFU/mL. HHP was maintained under the 3 log CFU/mL. The pH of UV-irradiation and HHP was maintained withing the range of 6.29~6.30 and 6.20~6.22 during storage. However, the pH arising from non-sterilization decreased from 6.31 to 4.49. The color of non-sterilization changed significantly during storage, but UV-irradiation and HHP were similar during storage. The β -carotene content of non-sterilization was noted to have decreased from 269.45 to 65.19 $\mu\text{g/mL}$ during storage. The UV-irradiation and HHP decreased from 263.46 and 268.35~281.16 $\mu\text{g/mL}$ to 243.42 and 244.09~269.29 $\mu\text{g/mL}$, respectively. In conclusion, these findings suggest that HHP can be used for the pasteurization, or sterilization, of carrot juice and the optimal condition is two minutes.

Key words: high hydrostatic pressure (HHP), carrot juice, β -carotene, storage stability

서론

최근 식생활 패턴이 점차 서구화되면서 성인병의 발병률이 높아지고 있다. 이들 질병은 특히 육류와 지방, 정제 가공 식품, 식품첨가물 등의 과다 섭취에 따른 식생활 습관이 주요 원인인 것으로 알려져, 최근 채소, 과일 등의 식물성 식품을 선호하는 경향이 높아지고 있다(Lee 등 1995; Jo & Jung 2000). 특히 수요층이 급속도로 증가되고 있는 신선 음료류는 당일 생산, 당일 입고는 물론, 원료 선별에서 생산, 유통 환경

에 이르기까지 미생물 및 이화학적 품질 안정성을 고려하여 모든 생산 공정과 제품 배송 차량의 온도까지 철저히 통제 관리가 필요한 대표적인 식품군이다(Kim 등 2009).

당근은 황색이나 등황색을 띠는 채소로서 등황색 색소인 β -carotene을 많이 함유하고 있으며, 비타민 A의 전구물질로 항산화 효과, 항암작용 및 성인병 예방 등의 기능을 가지고 있으며(Kim 등 2001; Sohn 등 2006), α -carotene의 공급원으로 알려져 있다(Senti & Rizek 1975). 그러나 당근주스는 오렌지 주스 등 다른 과채류 주스보다 pH가 높아 세균 오염 가능성

† Corresponding author: Heon Sang Jeong, Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 29046, Korea. Tel: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412, E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr

이 더 높아(Park 등 2002), 세균 오염을 방지하기 위한 살균 공정이 요구된다. 그러나 살균 공정 중 대표적인 공정인 열 처리는 향기성분이나 비타민 C 등 유효성분의 파괴를 동반하고, 첨가제의 사용은 엄격한 제재를 받는다. 또한, 최근 소비자들의 식품에 대한 인식은 크게 변화되어, 최소의 가공을 통하여 천연 그대로의 맛과 향을 유지하면서 미생물학적으로 안전한 식품을 선호하게 되었다(Yun 등 1997). 이에 따라 초고압(High Hydrostatic Pressure: HHP), 막 이용 기술, 이온화 조사(ionizing radiation), 광 펄스(high-intensive pulsed light), 고전압 펄스 전기장(high voltage pulsed electric fields: PEF) 등의 비가열 살균기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(Rastogi 등 2007). 그 중 초고압살균 기술은 공유결합의 파괴 없이 2차, 3차 결합을 파괴하여 비타민과 같은 화학성분, 향기성분들의 파괴 없이 미생물을 불활성화시키기 때문에, 많은 식품에 대한 비가열 살균방법으로 사용되고 있다(Knorr D 1993; Hayashi R 1995). 이러한 효과들 때문에 최근 식품산업에서는 고품질의 제품 생산을 위한 목적으로 비가열살균 적용의 중요성이 부각되고 있지만, 초고압살균의 효과에 대한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 당근주스의 저장성에 미치는 비열 처리 살균 효과를 살펴보기 위하여 기존에 당근주스의 비열 처리 살균으로 사용되는 UV살균과 초고압살균을 실시하고, 살균효과를 비교하기 위해 저장기간에 따른 일반세균과 품질특성의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

1. 당근주스 제조, 살균 및 저장

본 실험에 사용된 당근주스는 대조군으로 A회사의 비살균 제품과 UV살균 제품을 제공받아 사용하였으며, 제조 공정도는 원료입고, 보관, 세척, 분쇄, 착즙, 냉각, 여과, 살균, 혼합, 금속제거, 자외선살균, 냉각, 여과, 포장/충전 및 출하공정으로 구분된다. UV살균은 UV살균기를 이용하여 1차 230 W 10 단, 2차 320 W 8단, 3차 320 W 5단으로 살균기 모터속도는 1차와 2차는 25 Hz와 3차는 40 Hz의 속도로 살균을 실시하였다(Bang 등 2016). 초고압살균은 초고압장치(WIP-L60-50-200, Ilshin autoclave Inc., Daejeon, Korea)를 이용하여 600 MPa에서 2분, 5분, 10분간 처리하여 사용하였다. 모든 시료는 기존 제품의 저장온도인 4°C를 유지하였으며, 24시간 간격으로 총 6일간 시료를 채취하여 분석에 사용하였다.

2. 미생물 검사

호기성 일반세균의 생균수 측정은 Cho & Kim(2010)의 방법에 따라 시료액을 1 mL씩 취하여 9 mL의 멸균된 0.85%

saline 용액으로 단계 희석하여 총균수 측정용 건조필름배지(petri film aerobic count plates, 3M Co., St. Pail, MN, USA)에 접종하였다. 시료를 접종한 배지를 37°C에서 24시간 배양시킨 후 colony 수를 측정하여 log CFU/mL로 표시하였다.

3. pH 및 색도 측정

pH와 색도는 Shin 등(2007)의 방법을 변형하여 측정하였다. pH는 당근주스 20 mL를 50 mL test tube에 넣고 pH meter (Orion 4 star, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)를 이용하여 상온에서 3번 반복하여 측정하였다. 색도는 당근주스를 petri dish(SPL, 35×10 mm)에 채운 후, 표면을 색차계(CR-300, Minolta, Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter value인 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)을 3회 반복 측정하여 ΔE_{ab} 값의 평균치를 산출하였다.

4. β -Carotene 함량 분석

β -Carotene 함량은 Ha 등(1999)의 방법을 변형하여 50 mL의 test tube에 당근주스 1 mL, 추출용액(hexane : acetone : absolute alcohol : toluene = 10:7:6:7, v/v/v/v) 5 mL을 넣고 1분간 진탕 후 두 층이 분리될 때까지 암실에 보관하였다. 상등액은 질소건조기를 이용하여 건조시킨 후 1 mL를 methanol과 methylene chloride 혼합용액(55:50, v/v)으로 재용해한 다음, 0.2 μ m PTFE syringe filter(Whatman Inc., Clifton, NJ, USA)에 여과한 후 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. HPLC(ACME 9000 system, Younglin, Anyang, Korea)는 Wang 등(2010)의 방법을 변형하여 분석하였으며, C18 column(4.6×250 mm, 5 μ m, YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)을 이용하여 A 용매(acetonitrile)와 B 용매(ethyl acetate)를 이동상으로 하여 1 mL/min의 유속으로 기울기 용리(gradient elution)로 흘려주었다. 기울기 용리는 A:B를 초기 70:30(% , v/v)에서 5분에 60:40, 10분에 50:50, 15분에 25:75, 17분에 0:100, 27분에 70:30, 28분에 70:30, 45분에 70:30으로 설정하였으며, 시료 주입량은 20 μ L이었다. 검출기는 UV 450 nm에서 검출하였으며, 표준물질로는 β -carotene을 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

5. 통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0 SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고, 측정군 간의 상관관계를 분석하였다. 당근주스 저장기간별 유의차는 one-way ANOVA(analysis of variance)로 분석한 뒤, 신뢰구간 $P < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 호기성 미생물수 변화

저장기간에 따른 무처리, UV처리 및 초고압처리 당근주스의 호기성 미생물변화는 Table 1과 같다. 무처리 당근주스의 초기 미생물수는 5.51±0.08 log CFU/mL이었지만, 저장기간이 증가함에 따라 저장 5일차에 7.34±0.04 log CFU/mL까지 증가하였다가 저장 6일차에는 5.46±0.03 log CFU/mL로 감소하였다. 이는 Patterson 등(2012)의 무처리 당근주스의 4°C 저장기간에 따른 미생물수가 초기 5.8 log CFU/mL에서 4일차에 7 log CFU/mL로 증가하였다는 결과와 일치하였다. UV처리 및 초고압 처리 당근주스의 초기 균수는 2.37±0.04 log CFU/ mL 및 2.34±0.04 log CFU/mL로 무처리 당근주스 대비 3 log cycle 감소하여 초기 미생물수 사멸효과는 UV 및 초고압 처리의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 하지만, 저장기간이 증가함에 따라 UV처리 당근주스는 저장 6일차에 4.92±0.01 log CFU/mL로 증가한 반면, 초고압 처리 당근주스는 처리시간에 따라 2분 처리구에서는 2.34±0.04~2.27±0.02 log CFU/ mL, 5분 처리구에서는 2.30±0.10~2.34±0.02 log CFU/mL, 10분 처리구에서는 2.32±0.02~2.08±0.00 log CFU/mL로 모든 처리구에서 저장기간이 지나도 3 log CFU/mL 이하를 유지하였다. 이러한 결과는 5~35°C, 300~600 MPa의 압력으로 처리한 식물성 병원균 및 식중독균의 수가 2~8.22 log cycle 만큼 불활성화 하였다는 Metrick 등(1989), Alpas 등(2000), Cook DW (2003), Kingsley 등(2007)의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 또한 초고압이 식물세포를 파괴하고, 특정 효소를 불활성 시킨다는 Simpson & Gilmour(1997)의 연구와 초고압이 미생물세포에 준 치사상해를 유도한다는 Yuste 등(2001)의 연구결과로 미루어 볼 때, 본 연구에서 초고압처리에 따라 당근주스의 미생물학적 안정성이 증가한 것은 초고압 처리를 통한 미생물의 준 치사상해와 효소 불활성화에 따른 살균 효과로 판단된다. 또한 초고압 2분 처리 시 저장기간 6일차에

미생물이 검출되었고, 5분, 10분 처리 시 저장 6일차에 미생물이 검출되지 않았으나, 처리시간에 따른 미생물의 증가량에 차이가 크게 나타나지 않았기 때문에, 초고압 처리최적조건 설정에 있어서 2분이 효율적인 처리시간으로 판단된다.

2. pH 변화

무처리, UV처리 및 초고압처리 당근주스의 저장기간에 따른 pH의 변화는 Fig. 1과 같다. 무처리 당근주스의 경우, 초기 6.31에서 저장 2일차 이후부터 pH가 감소하였고, 4일차 이후 급격히 감소하여 저장 6일차에는 4.49를 나타내었다. UV처리는 초기 6.30에서 저장 6일차에는 6.22로, 초고압처리는 처리시간에 따라 초기 6.29~6.30에서 저장 6일차에는 6.20~6.22로 무처리 당근주스에 비해 큰 변화가 나타나지 않았다. Shin 등(2007)은 당근주스 저장기간 중 효소나 미생물 등의 작용에 따른 유기산의 생성으로 품질의 변화를 초래할 수 있다고 보고하였고, Aymerich 등(2008)은 초고압에 의해 효소나 미생물의 불활성화가 일어난다고 보고하였는데, 본 연구에서 또한 초고압처리 및 UV처리에 따른 미생물의 불활성화로 인한 pH의 변화를 최소화 할 수 있었다. 또한 초고압 살균 당근주

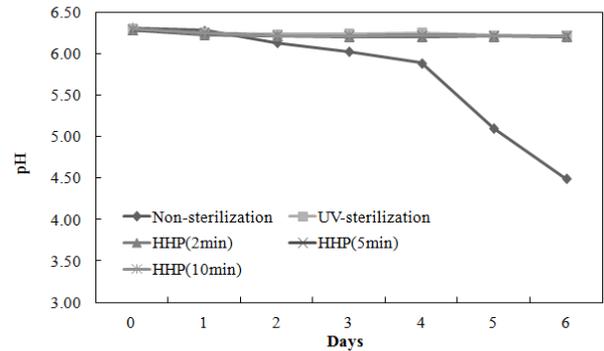


Fig. 1. Changes in pH of carrot juices with UV and HHP sterilization during storage periods. Values are mean±S.D. of 3 replicates.

Table 1. Changes in total aerobic bacteria (log CFU/mL) of carrot juices with UV-irradiation and high hydrostatic pressure (HHP) sterilization during storage periods at 4°C

Days	Non-sterilization	UV-sterilization	HHP (2 min)	HHP (5 min)	HHP (10 min)
0	5.51±0.08 ^c	2.37±0.04 ^g	2.34±0.04 ^{ab}	2.30±0.10 ^a	2.32±0.02 ^a
1	6.11±0.01 ^d	2.53±0.01 ^f	2.25±0.02 ^{bc}	2.32±0.02 ^a	2.36±0.02 ^a
2	6.81±0.08 ^c	3.00±0.04 ^e	2.33±0.10 ^{ab}	2.31±0.05 ^a	2.35±0.03 ^a
3	7.10±0.03 ^b	3.39±0.06 ^d	2.16±0.06 ^c	2.27±0.04 ^a	2.30±0.04 ^a
4	7.17±0.03 ^b	4.10±0.14 ^c	2.20±0.03 ^c	2.23±0.11 ^a	2.20±0.12 ^b
5	7.34±0.04 ^a	4.32±0.03 ^b	2.38±0.06 ^a	2.34±0.02 ^a	2.08±0.00 ^e
6	5.46±0.03 ^c	4.92±0.01 ^a	2.27±0.04 ^{bc}	nd	nd

Values are mean±S.D. of 3 replicates. Different small letters in the same items indicate a significant difference ($p<0.05$) among days.

스에서 처리시간에 따른 pH의 변화가 크게 나타나지 않고, 무처리 당근주스의 저장 2일차와 유사한 수준을 유지하였기 때문에 2분 이하의 최소한의 시간으로도 품질변화를 최소화할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 색도 변화

저장기간에 따른 무처리, UV처리 및 초고압처리 당근주스의 색도 변화는 Fig. 2와 같다. 무처리 당근주스의 경우, L값과 a값이 저장기간에 따라 각각 34.97~36.87, 7.53~8.34로 증가하는 경향을 나타냈고, b값의 경우, 저장 초기부터 저장 4일차까지는 13.65~13.86으로 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 4일차 이후 13.65에서 6일차에는 14.35로 유의적으로 증가하였다. 또한, ΔE_{ab} 의 경우, 저장기간이 지남에 따라 증가하는 경향을 보였는데, 이는 Hsieh & Ko(2008)의 1~4°C에서 저장한 당근주스의 ΔE_{ab} 값이 증가했다는 보고와 일치하는 경향을 나타냈다. UV처리 당근주스의 L값과 b값은 각각 35.21~35.41, 13.50~13.64로 유의적인 차이를 나타내지 않았고, a값은 7.06~7.38로 저장기간에 따라 유의적인 차이를 나타내었다. 초고압 처리 당근주스의 L값, a값 및 b값은 각각 35.26~35.87, 7.91~8.47 및 13.64~14.28 범위로 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보였으나, 무처리에 비해 큰 변화가 나타나지 않았다. Koca 등(2007)은 무처리 및 데치기를 한 당근에서 저장 기간에 따라 β -carotene의 파괴가 나타났고, 그에 따

른 당근의 고유한 색이 손실되었다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서도 무처리 당근주스의 β -carotene 함량의 감소가 급격히 발생하는 4일차 이후에 L값, a값 및 b값의 변화로 인한 당근주스의 고유한 색이 손실되었고, UV처리 당근주스와 초고압처리 당근주스의 경우, 저장기간에 따라 β -carotene 안정성이 유지되었기 때문에 색도의 변화가 크지 않은 것으로 판단된다.

4. β -Carotene 함량

무처리, UV처리 및 초고압처리 당근주스의 저장기간별 β -carotene 함량은 Fig. 3과 같다. 무처리 당근주스의 경우, 저장 초기 269.45 $\mu\text{g/mL}$ 에서 4일차에 228.84 $\mu\text{g/mL}$ 로 감소하다가 이후 급격히 감소하여 6일차에는 65.19 $\mu\text{g/mL}$ 의 함량을 나타내었다. Kim 등(2010)의 저장 5일째 무처리군의 β -carotene 함량이 40% 감소하고, 그 이후에 급격하게 감소하였다는 보고와 비슷한 경향을 나타내었다. 반면, UV처리 당근주스는 초기 263.46 $\mu\text{g/mL}$ 에서 저장 6일차에는 243.42 $\mu\text{g/mL}$ 로, 초고압처리 당근주스는 처리시간에 따라서 2분에서는 278.69~231.115 $\mu\text{g/mL}$, 5분에서는 297.02~267.54 $\mu\text{g/mL}$, 10분에서는 268.35~258.80 $\mu\text{g/mL}$ 범위로 저장기간에 따른 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 무처리 당근주스에 비해 안정적으로 유지되었다. Kim 등(2001)의 연구에 따르면 초고압처리, 열처리 및 초고압과 열처리의 병행처리를 통해서 식물성 vitamin

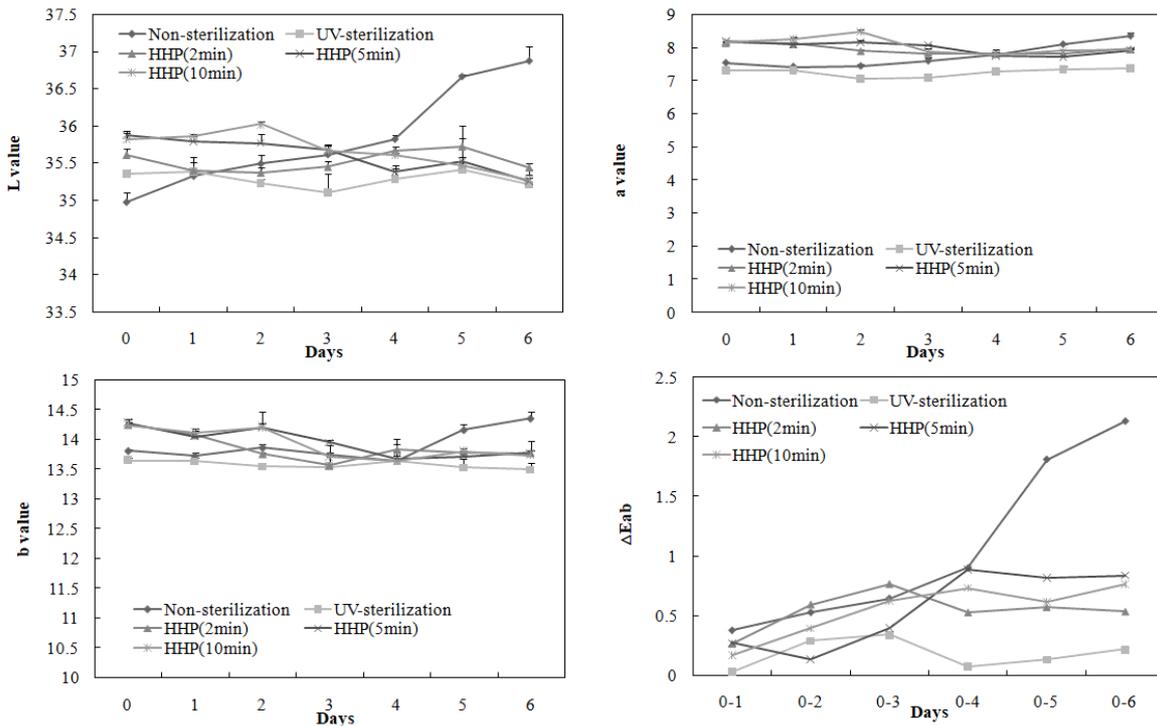


Fig. 2. Changes in L, a, b value and ΔE_{ab} of carrot juices with UV and HHP sterilization during storage periods. Values are mean \pm S.D. of 3 replicates.

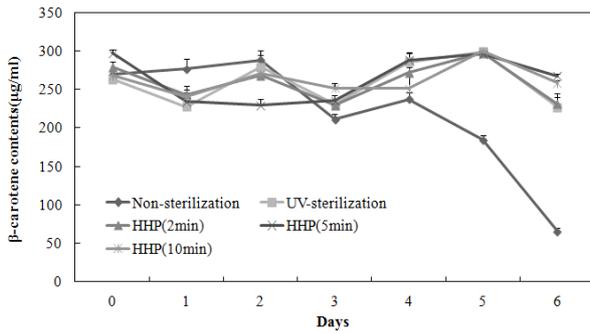


Fig 3. Changes in β -carotene contents of carrot juices with UV and HHP sterilization during storage periods. Values are mean \pm S.D. of 3 replicates.

과 carotenes를 분해하는 lipoxygenase(LOX)가 불활성화되고, 그 효과는 초고압 처리에서 가장 높게 나타났는데, 본 연구에서도 600 MPa의 초고압처리를 통해 lipoxygenase(LOX)등의 효소의 불활성을 유도하였고, 그에 따라 β -carotene의 함량변화를 최소화한 것으로 판단된다. 또한, 초고압 처리 시간에 따른 β -carotene의 차이가 크지 않기 때문에, 2분 이하의 처리시간으로 β -carotene의 안정시키는 데 충분할 것으로 판단된다.

5. 상관관계

처리구별 저장기간에 따른 당근주스의 저장성 및 품질평가를 실시하였으며, 각 측정군 간의 상관관계분석 결과는 Table 2와 같다. 미생물수와 L값, a값 및 b값은 각각 양의 상관관계가 나타내었으며, pH와 β -carotene 또한 양의 상관관계를 나타내었다. L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)과 pH, β -carotene간에는 음의 상관관계를 나타내었다. 이는 무처리 당근주스의 미생물수 증가에 따른 pH 감소와 미생물과 LOX 효소에 의한 β -carotene의 파괴 때문인 것으로 생각되며, β -carotene의 파괴로 인한 당근주스의 고유의 색의 손실에 의한 것으로 생각된다. UV처리 및 초고압처리에 의한 미생물수 감소 및 효소의 불활성화를 통해 당근주스의 pH 감소 억제 및 β -carotene의 안정화로 인한 당근주스의 색의 변화를 방지할 수 있었고, 이를 통한 기존의 비가열 살균공정인 UV처리

를 대체하여 초고압처리의 적용이 가능할 것으로 예상된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 UV처리와 초고압처리 한 당근주스의 저장기간에 따른 저장성 평가 및 품질 특성의 변화를 살펴보았다. 호기성 미생물수는 무처리 당근주스에서 저장기간이 증가함에 따라 증가하다가 저장 6일차에 감소하였고, UV처리 당근주스는 저장기간이 증가함에 따라 증가하였지만, 초고압처리 당근주스는 초기 미생물수를 유지하였다. 무처리 당근주스는 저장기간 4일차 이후 pH가 급격하게 감소하였지만, UV처리 및 초고압처리 당근주스는 저장기간에 따른 큰 변화가 나타나지 않았다. 색도는 모든 처리구에서 저장기간에 따라 변화를 나타냈지만, UV처리 및 초고압처리 당근주스는 무처리 당근주스에 비해 큰 변화가 나타나지 않았다. 무처리 당근주스의 β -carotene 함량 변화는 저장 4일차 이후에 급격히 감소하였지만, UV처리 및 초고압처리 당근주스는 저장기간에 따라 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 본 연구결과를 통해서 당근주스의 살균공정에 있어서 기존에 사용되어지는 UV처리 이외에도 초고압처리가 적용 가능할 것으로 예상되며, 초고압 처리시간 2분, 5분, 10분에 따른 당근주스의 품질에 큰 변화가 없기 때문에, 당근주스의 살균하는데 있어서 600 MPa의 압력에서 2분을 효율적인 최적 조건으로 선정하였다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 고부가가치식품기술개발사업(과제번호: 316052-03)에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

Alpas H, Kalchayanand N, Bozoglu F, Ray B. 2000. Interactions of high hydrostatic pressure, pressurization temperature and

Table 2. Correlation coefficients among compositions of microbial and quality characteristic

Factors	L-value	a-value	b-value	pH	β -carotene
Microbial	0.411**	0.022	0.071	-0.483**	-0.290**
L-value	1.000	0.639**	0.646**	-0.756**	-0.580**
a-value		1.000	0.772**	-0.290**	-0.275**
b-value			1.000	-0.341**	-0.295**
pH				1.000	0.780**
β -carotene					1.000

** $p < 0.01$.

- pH on death and injury of pressure-resistant and pressure-sensitive strains of foodborne pathogens. *Int J Food Microbiol* 60:33-42
- Aymerich T, Picouet PA, Monfort JM. 2008. Decontamination technologies for meat products. *Meat Science* 78:114-129
- Bang IH, Joung MY, Kwon SC. 2016. Study of the limitation standards setting of sterilization processing to vegetable uice contain barley sprout. *J Korea Acad Industr Coop Soc* 17:367-373
- Cho SD, Kim GH. 2010. Changes of quality characteristics of salt-fermented shrimp prepared with various salts. *Korean J Food Nutr* 23:291-298
- Cook DW. 2003. Sensitivity of *Vibrio* species in phosphate-buffered saline and in oysters to high-pressure processing. *J Food Prot* 66:2276-2282
- Ha KY, Shin JK, Lee SH, Cho HY, Pyun YR. 1999. Non-thermal pasteurization of carrot juice by high voltage pulsed electric fields with exponential decay pulse. *Korean J Food Sci Technol* 31:1577-1582
- Hayashi R. 1995. Use of high pressure in bioscience and in biotechnology. In *High Pressure Bioscience and Biotechnology*. Balny C, eds. Elsevier Science, Kyoto, Japan. Vol 13, p.1-7
- Hsieh CW, Ko WC. 2008. Effect of high-voltage electrostatic field on quality of carrot juice during refrigeration. *LWT Food Sci Technol* 41:1752-1757
- Jo JO, Jung IC. 2000. Changes in carotenoid contents of several green-yellow vegetables by blanching. *Korean J Soc Food Sci* 16:17-21
- Kim BS, Lee HO, Kim JY, Yoon DH, Cha HS, Kwon KH. 2009. Microbial contamination in a facility for processing of fresh-cut leafy vegetables. *Korean J Food Preserv* 16:573-578
- Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33:626-632
- Kim YK, Lee YH, Yumiko I. 2010. Effects of high pressure on quality stability of fresh fruit puree and vegetable extracts during storage. *Korean J Food Preserv* 17:190-195
- Kim YS, Park SJ, Cho YH, Park J. 2001. Effects of combined treatment of high hydrostatic pressure and mild heat on the quality of carrot juice. *J Food Sci* 66:1355-1360
- Kingsley DH, Holliman DR, Calci KR, Chen H, Flick GJ. 2007. Inactivation of a norovirus by high-pressure processing. *Appl Environ Microbiol* 73:581-585
- Knorr D. 1993. Effects of high-hydrostatic-pressure processes on food safety and quality. *Food Technol* 47:156-161
- Koca N, Burdurlu HS, Karadeniz F. 2007. Kinetics of colour changes in dehydrated carrots. *J Food Eng* 78:449-455
- Lee KH, Choi HS, Kim WJ. 1995. Effect of several factors on the characteristics of six-vegetable and fruit juice. *Korean J Food Sci Technol* 27:439-444
- Metrick C, Dallas GH, Daniel FF. 1989. Effects of high hydrostatic pressure on heat resistant and heat sensitive strains of Salmonella. *J Food Sci* 54:1547-1549
- Park SJ, Lee JI, Park J. 2002. Effects of a combined process of high pressure carbon dioxide and high hydrostatic pressure on the quality of carrot juice. *J Food Sci* 67:1827-1834
- Patterson MF, McKay AM, Connolly M, Linton M. 2012. The effect of high hydrostatic pressure on the microbiological quality and safety of carrot juice during refrigerated storage. *Food Microbiol* 30:205-212
- Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Balasubramaniam VM, Niranjana K, Knorr DI. 2007. Opportunities and challenges in high pressure processing of foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 47:69-112
- Senti FR, Rizek RL. 1975. Nutrient levels in horticultural crops. *HortScience* 10:243-246
- Shin JK, Ha KY, Pyun YR, Choi MS, Chung MS. 2007. Pasteurization of carrot juice by high voltage pulsed electric fields with square wave pulse and quality change during storage. *Korean J Food Sci Technol* 39:506-514
- Simpson RK, Gilmour A. 1997. The effect of high hydrostatic pressure on the activity of intracellular enzymes of *Listeria monocytogenes*. *Lett Appl Microbiol* 25:48-53
- Sohn KS, Seog EJ, Lee JH. 2006. Quality changes of carrot juice as influenced by clarification methods. *Food Eng Prog* 10:48-53
- Wang XC, Chen L, Ma CL, Yao MZ, Yang YJ. 2010. Genotypic variation of beta-carotene and lutein contents in tea germplasms, *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze. *J Food Compos Anal* 23:9-14
- Yun HS, Park SJ, Park JY. 1997. Effect of a combined treatment of high hydrostatic pressure and carbonation on the quality characteristics of valencia orange juice. *Korean J Food Sci Technol* 29:974-981
- Yuste J, Capellas M, Pla R, Fung DY, Mor-Mur M. 2001. High pressure processing for food safety and preservation: a review. *J Rapid Methods Autom Microbiol* 9:1-10