

초고압처리 신선초 녹즙의 저온저장 안정성 및 관능적 특성 변화

이동언 · 박지용 · 강정일* · 여익현*

연세대학교 식품·생물공학과, *(주)풀무원 기술연구소

Effect of High Hydrostatic Pressure on the Shelf-life and Sensory Characteristics of *Angelica keiskei* Juice

Dong-Un Lee, Jiyong Park, Jungil Kang* and Ick-Hyun Yeo*

Department of Food and Biotechnology, Yonsei University

*R&D Center, Pulmuone Co., Ltd.

Abstract

Microbial and sensory changes during storage at 4°C of *Angelica keiskei* juice pressurized at 5700 kg_f/cm² for 7 min, an optimum process condition suggested from the previous study, were investigated. *Pseudomonas*, which is responsible for putrefaction of refrigerated food, was totally inactivated by pressurization. *E. coli* and coliform bacteria were also completely inactivated. According to the sensory evaluation data, high hydrostatic pressure does not change sensory characteristics of freshness, sweetness and bitterness (P<0.05). However, after 8 day storage at 4°C, pressurized *Angelica keiskei* juice showed higher freshness than untreated control. These results indicated that the high hydrostatic pressure can be used as an effective process method for preserving *Angelica keiskei* juice.

Key words: high hydrostatic pressure, *Angelica keiskei* juice, sensory evaluation

서 론

1990년대 들어 최소의 가공을 통해 자연 그대로의 맛과 향을 유지하는 식품에 대한 관심이 높아졌으며 이에 따라 식품의 보존을 위해 사용되는 열처리를 최소화하려는 연구가 폭넓게 이루어지고 있다. 이러한 비열처리공법 중에서 주목받고 있는 신기술로는 전기장 및 자기장의 이용, 초단파조사, 초고압처리법, lytic enzyme, polycationic polymer 등의 화학제재를 이용한 살균법 등이 있다⁽¹⁾.

초고압처리의 경우, 실제로 활발히 활용되는 분야는 인공 다이아몬드의 제조 및 요업분말재료의 압축성형 공정 등인데 식품가공에서 연구되는 압력은 이 두 분야에서 사용되는 압력의 중간 범위 정도인 4000~14000기압 사이이다. 이러한 고압하에서는 Le Chatelier의 법칙에 따라 부피가 줄어드는 방향으로의 화학반응이 촉진된다. 그러므로 결합이 파괴되면 부피가 감소하는 소수성결합이나 이온결합은 고압하에서 결

합의 파괴가 촉진되지만, 결합이 파괴됨으로써 부피가 증가하는 공유결합과 수소결합은 고압하에서도 비교적 안정하게 유지된다⁽²⁾. 따라서 초고압처리는 분자량이 작은 물질보다는 소수성결합 등을 포함하는 거대 분자에 대해 선택적으로 작용하며 이러한 특성은 천연의 향과 맛을 유지하면서 미생물 및 효소를 불활성화시킬 수 있으므로, 식품의 보존성 연장을 위한 새로운 공정으로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 품질 변화를 최소화하면서 저장안정성을 확보하는 데에 초고압처리의 이러한 특징을 이용할 수 있다는 점에 주목하고 전보⁽³⁾에서 최적화한 조건을 사용하여 초고압 처리한 신선초 녹즙(*Angelica keiskei* juice)을 저온저장하면서 특성의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

녹즙의 재료로 쓰인 신선초(*Angelica keiskei* Koidz 또는 *Angelica utilis* Makino)는 경기도 하남시에서 1994년 4월 파종되어 1년간 재배된 것을 1995년 4월

Corresponding author: Jiyong Park, Department of Food and Biotechnology, Yonsei University, Seodaemun-ku, Seoul 120-749, Korea

4일 구입하여 사용하였다. 구입한 신선초는 흐르는 물로 수분간 세척하고 tissue towel로 표면의 물기를 제거한 후 녹즙기(엔젤라이프, Korea)를 이용하여 착즙하였다. 착즙한 시료는 네겹의 cheese cloth로 여과한 후 polyethylene bag속에 100 mL씩 분주하여 가열밀봉하였다.

초고압처리 및 저장

초고압처리는 초고압기(MFP-7000, Mistubishi Heavy Industries Co., Japan)를 이용하여 전보⁽⁹⁾에서 최적살균조건으로 계산된 5700 kg/cm², 7 min의 조건으로 상온(16°C)에서 처리하였다. 초고압처리한 시료는 4°C에서 저장하였으며 실험 직전 개봉하여 사용하였다.

미생물 검사

호기성 일반세균, 효모, 녹농균, 대장균 및 대장균군의 생균수 측정은 식품공전의 미생물 시험법⁽⁴⁾에 따랐다.

관능검사 및 통계처리

관능검사 요원은 모두 20~30대의 남성으로 기본맛 검사를 통과한 사람들로 구성하였다. 관능항목은 5명의 선발된 관능요원들간의 토론을 통해 결정하였으며 1일 1회씩 6회의 훈련기간을 가진 후 7주간 척도법으로 밝기(7=매우 밝다, 1=매우 어둡다), 풀냄새(7=매우 강하게 난다, 1=전혀 나지 않는다), 쓴맛(7=매우 강하다, 1=전혀 느낄 수 없다), 단맛(7=매우 강하다, 1=전혀 느낄 수 없다), 신선감(7=매우 신선하다, 1=매우 부패하였다)의 항목에 대해 실시하였다. 평가 후 유의성 검토했는 Statistical Analysis System (SAS)을 이용하여 이표본 t 검정⁽⁵⁾으로 하였다.

결과 및 고찰

미생물변화

전보⁽⁹⁾에서 최적살균조건으로 계산된 값에 따라 5700 kg/cm²에서 7 min간 초고압처리 하였을 때의 생균수 변화를 Table 1에 나타내었다. 처리당일 일반세균수는 8.7×10⁶ CFU/mL에서 초고압처리 후 3.2×10³ CFU/mL로 3.43 log cycle 감소하였는데, 이는 전보에서 예상한 3.44 log cycle 감소에 잘 부합하는 결과이다. 녹농균과 대장균군은 초고압처리 전에는 각각 2.1×10⁶ CFU/mL와 1.2×10⁶ CFU/mL의 생균수를 보이나 초고압처리 후에는 검출되지 않았다. 이러한 결과는 그래프 음성 세균이 그래프 양성 세균이나 효모류 등에 비해 초

고압처리를 통해 쉽게 사멸된다는 기존의 보고^(6,7)와 일치하는 것이다. 효모의 경우, 초고압처리 후에 3.6×10² CFU/mL의 균체수가 관찰되어 2.79 log cycle 감소되었는데 압력에 대해 어느 정도의 내성을 갖고 있는 것으로 생각된다. Hiroshi 등⁽⁸⁾은 4000기압에서 10 min 처리하면 오렌지 주스 중의 효모 및 곰팡이를 4 log cycle 이상 감소시킬 수 있다고 보고하였는데, 그들의 보고와 비교할 때 살균정도에 차이가 나는 것은 녹즙과 오렌지 주스의 성분 및 물성이 다르고 포함하고 있는 균의 종류가 다른데 기인한 것으로 생각된다.

4°C에서 보관하면서 생균수를 측정하였을 때 무처리 대조군은 생균수가 지속적으로 증가하였으며 8일 후에는 일반세균수가 9.9×10⁷ CFU/mL로 이르러 관능적으로도 부패하였음을 알 수 있었다. 그러나 초고압처리한 녹즙은 8일 후에도 일반세균수의 증가가 두드러지지 않았으며 대장균이나 대장균군도 처리 직후와 마찬가지로 발견되지 않았다(Table 1).

초고압처리를 통해 사멸되지 않는 부분은 포자형성균이나 내열성 효모류, 또는 일부 그래프 양성 세균으로 생각된다. 초고압을 이용해 포자형성균 등을 완전히 살균^(9,10) 할 수 있다면 상온에서 장기 유통할 수 있는 제품에도 응용 가능하겠지만 초고압을 이용하여 그 정도의 살균효과를 얻으려면 처리시간이 매우 길어지거나 열처리를 병행하여야 하기 때문에 실제적인 응용가치는 감소하게 된다. 하지만 저온저장 식품의 부패에 가장 큰 원인이 되는 녹농균을 비롯한 그래프 음성 세균은 상온에서 단시간 처리하여도 효과적으로 살균할 수 있으므로 초고압처리는 저온저장 식품의 저장성 향상에는 유용하게 쓰일 수 있을 것이다.

Table 1. Changes of microbial count in pressurized and untreated *Angelica keiskei* (AK) juice during storage at 4°C (unit: CFU/mL)

Storage time (days)	Microorganism	Control	Pressurized ¹⁾ AK juice
0	Total aerobes	8.7×10 ⁶	3.2×10 ³
	Yeast	2.2×10 ⁵	3.6×10 ²
	<i>Pseudomonas</i>	2.1×10 ⁶	N.D. ²⁾
	Coliform bacteria	1.2×10 ⁶	N.D.
	<i>E. coli</i>	1.6×10 ⁶	N.D.
4	Total aerobes	9.5×10 ⁶	4.2×10 ³
	Total aerobes	9.9×10 ⁷	5.9×10 ³
8	Coliform bacteria	3.7×10 ⁷	N.D.
	<i>E. coli</i>	1.8×10 ¹	N.D.

¹⁾Pressurization was performed at 5700 kg/cm² for 7 min.

²⁾N.D.: not detected.

관능적 변화

정량적 묘사분석(QDA)을 통해 나타난 관능적 특성의 변화를 Fig. 1에 표시하였다. 처리당일(0 day)의 경우 신선감, 단맛, 쓴맛은 초고압처리에 의해 변화하지 않았으나 밝기는 증가하였으며 풀냄새는 대조군에 비해 감소하였다($P<0.05$). 4°C에서 4일간 저장한 후(4 day) 관능검사를 행하였을 때는 신선감, 단맛, 쓴맛, 밝기에서는 무처리 대조군과 초고압처리군 사이에 유의적 차이가 없었으나 풀냄새에서는 초고압처리한 시료가 유의적으로 높은 점수를 얻었다($P<0.05$). 4일 경과한 시료에서 초고압처리군이 대조군에 비해 풀냄새에서 높은 점수를 기록하였다. 8일 경과 후(8 day) 검사하였을 때는 초고압처리군이 신선감에 있어서 유의적 수준에서 대조군에 비해 높은 점수($p<0.05$)를 받았으나 그 외의 항목에서는 유의적 차이가 나지 않았다.

전체적으로 저장기간이 증가할수록 초고압처리군과 대조군 모두 각각의 관능 항목에서 점차 낮은 점수대를 기록하였으나 저장기간이 증가함에 따라 초고압

처리군이 대조군에 비해 상대적으로 높은 점수대를 나타내는 경향을 보였다. 이러한 결과는 초고압처리군이 무처리 대조군에 비해 품질특성을 일정하게 유지하고 있다는 것을 의미하는데 초고압처리가 신선초 녹즙중의 미생물 및 효소를 불활성화시키는데 따른 결과로 생각된다.

색도의 변화

저장중의 색도 변화를 Fig. 2에 나타내었는데, 초고압처리 녹즙과 무처리 대조군 사이에는 L-, a-, b-value에 유의적인 차이가 있었다($P<0.05$). 초고압처리 직후 greenness (-a value) 및 yellowness (+b value)가 증가하는 것은 색소 성분의 용출에 따른 것으로 생각되며, carotenoid, chlorophyll 및 anthocyan 등의 색소 성분이 초고압처리에 의하여 파괴되지 않는다고 볼 수 있다.

L value의 경우, 초고압처리에 의해 값이 증가하지만, 초고압처리 녹즙과 대조군 모두 4일 경과후 L

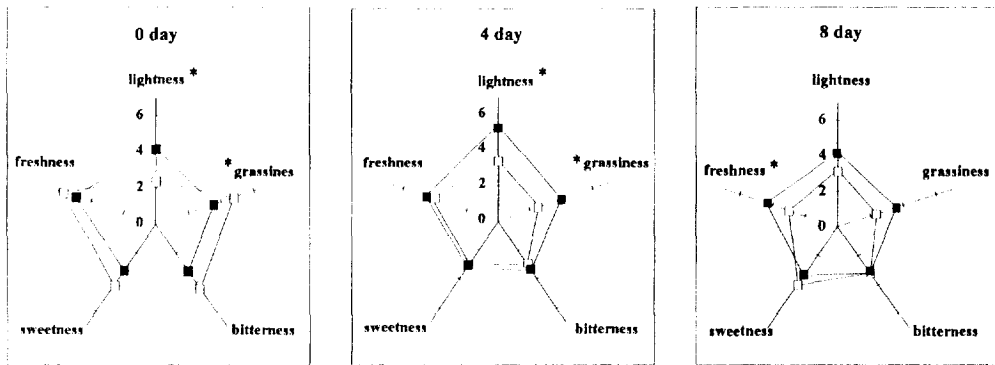


Fig. 1. Changes in sensory characteristics of pressurized *Angelica keiskei* juice (-■-) and non-treated *Angelica keiskei* juice (-□-) during storage at 4°C based on 7-point scale (from 0 to 6) for lightness (dark-light), grassiness (weak-strong), bitterness (weak-strong), sweetness (weak-strong) and freshness (putrid-fresh) *: Different at 5% significance level

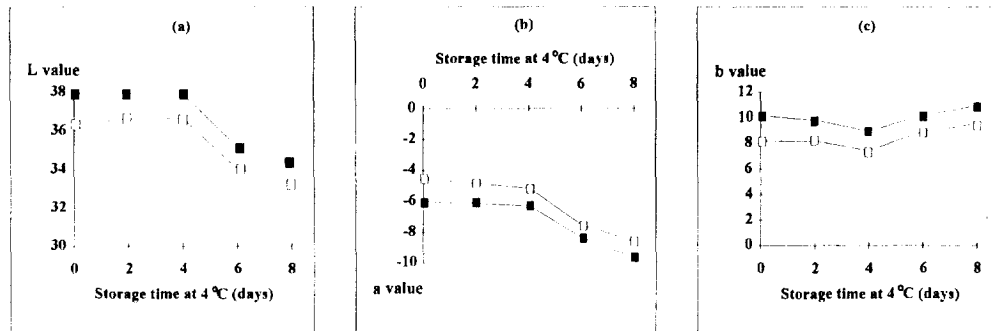


Fig. 2. Changes in color values of pressurized *Angelica keiskei* juice (-■-) and non-treated *Angelica keiskei* juice (-□-) during storage at 4°C (a) L values (0: black, 100: white), (b) a values (+: red, -: green), (c) b value (+: yellow, -: blue)

value의 저하가 두드러졌다. a value와 b value도 4일 경과 후부터는 변화의 폭이 컸다. 이러한 현상은 갈색화 효소에 의한 갈색화의 결과로 여겨지는데 상온에서 초고압처리하였을때 신선초 녹즙중 존재하는 polyphenol oxidase나 peroxidase와 같은 갈색화 효소가 쉽게 불활성화되지 않는다는 것은 전보⁹⁾에 밝힌 바 있다.

요 약

초고압처리한 신선초 녹즙을 4°C에서 냉장보관 하면서 미생물의 변화 및 관능적 특성의 변화를 살펴 보았다. 초고압처리는 전보⁹⁾에서 최적살균조건으로 계산된 5700 kg/cm², 7 min의 조건으로 처리하였는데 초기 8.7×10⁶ CFU/mL 존재하던 일반 세균수가 초고압처리 후에는 3.2×10³ CFU/mL로 감소하여 전보에서 계산된 예상 살균치인 3.44 log cycle 감소에 잘 부합하였다. 특히, 저온저장 식품에 문제가 되는 녹농균이 완전히 사멸하였으므로 저온저장에 유리한 특성을 부여하리라 생각되었다. 대장균 및 대장균군도 완전히 사멸되었다. 관능검사 결과, 밝기와 풀냄새를 제외하고는 초고압처리에 의해 관능특성상의 유의적 차이가 생기지 않았으며, 4°C에서 8일간 저장한 후에는 신선감에서 초고압처리한 녹즙이 유의적으로 높은 점수를 얻었다. 하지만 초고압처리 녹즙에서도 효소적 갈색화로 인한 색도의 변화가 일어나 해결해야 할 문제점으로 부각되었다.

감사의 글

이 보고서는 보건복지부에서 시행한 '95년도 보건

의료기술연구개발사업의 결과 보고서입니다.

문 헌

1. Martens, B. and Knorr, D.: Developments of nonthermal processes for food preservation. *Food Technol.*, **46**(5), 124 (1992)
2. Marquis, R.E.: High-pressure microbial physiology. *Adv. Microbial Physiol.*, **11**, 159 (1976)
3. 이동연, 박지용, 이윤범, 여익현 : 초고압을 이용한 신선초 녹즙 중 미생물 살균의 최적화, 한국식품과학회지, **27**, 991 (1995)
4. 보건사회부 : 미생물시험법, 식품공전. p.481 (1991)
5. 성내경 : SAS/STAT-분산분석, 자유아카데미, p.85 (1991)
6. Ludwig, H., Bieler, C., Hallbauer, K. and Scigalla, W.: Inactivation of microorganisms by hydrostatic pressure. In *High pressure and Biotechnology*, Balny, C., Hayashi, R., Heremans K. and Masson P. (ed.), John Libbey, London, p.25 (1992)
7. Styles, M.F., Hoover, D.G. and Farkas, D.F.: Response of *Listeria monocytogenes* and *Vibrio parahaemolyticus* to high hydrostatic pressure. *J. Food. Sci.*, **56**, 1404 (1991)
8. Ogawa, H., Fukuhisa, K. and Fukumoto, H.: Effect of hydrostatic pressure on sterilization and preservation of citrus juice. In *High pressure and Biotechnology*, Balny, C., Hayashi, R., Heremans K. and Masson P. (ed.), John Libbey, London, p.269 (1992)
9. Sale, A.J.H., Gould, G.W. and Hamilton, W.A.: Inactivation of bacterial spores by hydrostatic pressure. *J. Gen. Microbiol.*, **60**, 323 (1970)
10. Hayakawa, I., Kanno, T., Tomita, M. and Fujio, Y.: Application of high pressure for spore inactivation and protein denaturation. *J. Food Sci.*, **59**, 159 (1994)

(1995년 9월 5일 접수)