J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.
32(8), 1221~1226(2003)

초고압 처리에 의한 좁쌀약주의 미생물 살균 및 효소 불활성화

좌미경 · 임상빈† · 목철균* · 박영서*

제주대학교 식품공학과
*경원대학교 생명공학부

Inactivation of Microorganisms and Enzymes in *Foxtail Millet Yakju* by High Hydrostatic Pressure Treatment

Mi-Kyung Jwa, Sangbin Lim†, Chulkyoon Mok* and Young-Seo Park*

Dept. of Food Science and Engineering, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea
**Division of Biotechnology, Kyungwon University, Seongnam 461-701, Korea*

Abstract

High hydrostatic pressure was applied to *Foxtail Millet Yakju* to investigate the effects of high pressure on inactivation of microorganisms and enzymes. Total bacteria, lactic acid bacteria and yeast in untreated *Yakju* were 1.5×10^4, 1.9×10^4 and 1.4×10^4 CFU/mL, respectively. Total bacterial count was reduced to 4.1×10^2 CFU/mL, while lactic acid bacteria and yeast were sterilized completely in *Yakju* heated at 65°C for 15 min. Lactic acid bacteria and yeast decreased greatly with the increase of treatment pressure, and were sterilized completely in *Yakju* treated at more than 300 MPa for 10 min/25°C. Total bacteria were not completely sterilized with pressurization of even 600 MPa at room temperature and reduced to 2 log cycle even at 65°C. Total bacteria decreased by 2~3 log cycle with the increase of treatment time from 10 to 60 min at 25°C/300 MPa. Pressurization of *Yakju* caused a partial inactivation of α-amylase and glucoamylase, and the activities of α-amylase and glucoamylase decreased by 18.1% and 21.1%, respectively at 25°C/600 MPa/10 min. Activities of α-amylase and glucoamylase decreased with the increase of temperature, and 22.2% and 32.1% of the original activity were remained with the treatment at 65°C/300 MPa/10 min, respectively. Enzyme activities decreased slightly with the increase of treatment time at 65°C/300 MPa.

Key words: *Foxtail Millet Yakju*, high hydrostatic pressure, pasteurization, enzyme inactivation

서 론

약주는 우리나라 고유의 전통주로서 곡류와 누룩을 사용하여 병행복발효로 제조하는데, 양조 후에 술덧을 여과하여 제성한 것을 약주라고 한다(1). 약주의 소비량은 1970년대 중반 이후 지속적으로 감소하고 있는데, 이는 주류의 다양화와 소비자의 기호도 변화는 물론, 약주 자체가 가지고 있는 저장성과 편이성의 부족에 기인하는 것으로 판단된다(2,3).

주세법상 약주의 알콜분 규격은 13도 이하이며, 비살균 약주는 유통기간이 계절에 따라 실온에서는 6~15일이며, 10°C 이하에서는 15일이다. 살균 약주는 65°C에서 15분 이상 가열하거나 이와 동등 이상의 효력이 있는 방법으로 살균하여 오염이 되지 않도록 밀봉 포장한 약주로서, 식품공전상 진균(효모 등)이 검출되지 않아야 되며, 유통기간은 상온에서 6개월로 규정하고 있다(1,4).

약주는 저장유통 중에 함유되어 있는 각종 변패미생물과 잔존효소에 의한 변질을 방지하기 위하여 가열 살균하게 된다(5). 식품공전상 가열살균 조건으로 65°C 이상에서 15분인데(1), 대부분의 미생물 영양세포들은 65°C 이상의 가열에 의하여 불활성화되는 것으로 알려져 있다(6). 그러나 약주를 가열하면 저장성은 연장시킬 수 있으나, 쓴맛의 발현, 악취(화독내)의 생성, 변색 등 물리적 성상의 변화로 인하여 상품성을 저하시키는 문제점을 안고 있다(3). 이와 같이 가열에 의한 살균은 식품의 안전성과 저장성을 향상시키기 위하여 보편적으로 사용되지만, 그 열로 인하여 공유결합이 절단 및 생성되어 식품의 풍미성분 변화를 일으키고 조직감, 색깔, 영양성분 등에도 좋지 않은 영향을 미친다(7).

이를 방지하기 위하여 약 · 탁주를 저온살균(3,8), 난백 lysozyme을 보존제로 첨가하여 잡균번식을 방지하고 산생성 세균의 생육을 억제하는 방안(5), 방사선조사와 가열처리 병행(9), 그리고 저온살균 후 무균포장(6) 등이 시도되었으나, 처리에 따른 이취 생성과 저장 중 백탁 생성 등 품질저하를 일으키는 문제점을 안고 있다. 따라서 약주의 변질에 관여하는 주요 미생물을 사멸시키면서 품질의 저하를 최소화할

†Corresponding author. E-mail: sblim@cheju.ac.kr
Phone: 82-64-754-3617, Fax: 82-64-755-3601

수 있는 처리 방법 및 조건을 확립할 필요가 있다.

초고압 처리기술은 열을 사용하지 않고 미생물 살균, 단백질 변성, 효소 불활성화, 젤 형성 등의 작용을 하므로 새로운 식품가공법으로 기대를 모으고 있는데, 고압 하에서는 부피가 줄어드는 방향으로 화학반응이 촉진된다. 즉 결합이 파괴되면 부피가 감소하는 소수성 결합과 이온결합의 파괴가 촉진되지만, 결합이 파괴되면 부피가 증가하는 공유결합과 수소결합은 안정화된다. 따라서 초고압 처리기술은 저분자량 물질보다는 소수성결합 등으로 이루어진 거대분자에 대하여 선택적으로 작용하므로, 천연의 향과 맛의 저하를 최소화하면서 미생물을 살균하거나 효소를 불활성화시킬 수 있으므로(10), 약주와 같은 전통식품의 보존성 향상을 위한 새로운 공정으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

약주의 양조원료는 대부분 쌀이었으나, 제주도에서는 밭농사가 주로 이루어져 왔기 때문에 좁쌀, 수수, 맥류 등을 원료로 한 토속주가 양조되어 왔으며, 줄보리로 만든 누룩과 차좁쌀로 만든 오메기떡을 주원료로 제조하는 좁쌀 약주는 제주도 전통식품의 하나이다(11). 본 연구는 품질이 양호하면서 저장성이 있는 민속 주류의 제조방법을 개발하기 위하여, 양조원료로 좁쌀을 이용하여 제조한 약주를 초고압으로 처리하여 미생물 살균 및 효소 불활성화의 효과를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

좁쌀약주는 J양조에서 제조한 비살균 약주를 구입하여 사용하였다.

고압처리

본 실험에 사용한 초고압기(MFP-7000, Mitsubishi Heavy Industries Co., Japan)는 내용적이 600 mL로, 먼저 125 mL 폴리프로필렌병에 좁쌀약주를 채워 기포가 들어가지 않게 밀봉한 다음, 병을 폴리에틸렌 필름으로 두겹포장한 후 증류수가 채워진 고압용기에 넣고 정수압 펌프로 피스톤을 상승시켜 가압하였다. 초고압처리는 압력 100~600 MPa, 온도 25~65°C, 시간 10~60분에서 실시하였다. 처리온도는 처리압력에서 처리시간 동안 매분마다 chamber 내부의 온도를 측정하여 평균한 값으로 나타내었다.

가열처리

좁쌀약주를 125 mL 폴리프로필렌병에 채우고 65°C의 수욕조(MC-31, JeioTech Co., Korea)에서 15분간 가열한 후 실온에서 냉각하였다.

미생물 검사

약주의 미생물은 표준한천배양법(12)으로 세균수, 젖산균수, 효모수를 측정하였다. 세균은 표준한천배지(plate count agar)에서, 젖산균은 0.133%의 초산을 가하여 최종 pH를 5.5로 조정한 Rogosa SL agar 배지에서 37°C/72시간 배양하였다. 효모는 YM agar 배지에서 25°C/72시간 배양한 후 집락수 30~100개인 평판을 택하여 집락수를 측정하고 희석배수를 곱하여 단위부피당 미생물수를 산출하였다. 4회 반복 측정하여 평균하였다.

조효소액 제조

약주의 효소활성은 α-amylase와 glucoamylase에 대하여 측정하였는데(13), 조효소액은 Hong 등(14)의 방법에 의하여 제조하였다. 즉 α-amylase의 조효소액은 시료에 0.5% NaCl 용액을 가하여 실온에서 30분 교반한 후 Toyo No. 2로 여과한 다음 사용하였다. Glucoamylase의 조효소액도 α-amylase와 동일한 방법으로 제조하여 사용하였다.

효소활성 측정

α-Amylase는 1% 전분용액(0.02 M phosphate buffer, pH 6.9) 1 mL를 기질로 사용하여 미리 제조한 조효소액을 30°C에서 30분간 반응시킨 후, 1 M 초산 10 mL로 반응을 정지시키고 N/3000 요오드화 용액 10 mL를 가하여 발색시킨 후 660 nm에서 흡광도를 측정하여 blank OD값의 10%을 감소시키는 것을 1 unit로 하여 약주 1 mL로 환산하여 표시하였다(13). Glucoamylase는 DNS법으로(14,15) 측정하였는데, 0.5% 전분용액(0.4 M acetic acid buffer, pH 4.8) 1 mL을 기질로 사용하여 효소액 1 mL와 혼합한 후 30°C의 항온수조에서 30분간 반응시킨 후 dinitrosalicylic acid reagent를 3 mL 가하여 발색시켜 535 nm에서 흡광도를 측정한 다음, glucose를 이용하여 표준곡선을 작성한 후 효소액 1 mL가 1 mg의 glucose을 유리시킬 때의 효소량을 1 unit로 하여 약주 1 mL로 환산하여 표시하였다. 2회 반복 측정하여 평균하였다.

결과 및 고찰

처리압력에 따른 미생물의 살균효과

처리압력이 좁쌀약주의 미생물 살균에 미치는 영향을 측정하기 위하여, 상온(25°C)에서 압력을 100~600 MPa로 달리하여 10분간 처리한 후 미생물수의 변화는 Fig. 1과 같았다. 무처리 좁쌀약주의 세균수는 1.5×10^4 CFU/mL, 젖산균수는 1.9×10^4 CFU/mL, 효모수는 1.4×10^4 CFU/mL이었다. 좁쌀약주를 65°C에서 15분간 열처리하였을 때 세균수는 4.1×10^2 CFU/mL으로 약 2 log cycle 감소하였으나 젖산균과 효모는 완전히 사멸되었다. 좁쌀약주를 초고압으로 처리한 결과 젖산균과 효모는 처리압력의 증가에 따라 급격히 감소하여, 300 MPa 이상에서는 완전히 사멸되었다. Hara 등(16)도 청주를 25°C/300 MPa에서 10분 처리하여 젖산균과 효모는 완전히 사멸되었다고 보고하였다. Sohn 등(17)은 김치에 관련된 5종의 젖산균을 3×10^6 CFU/mL 되게 멸균수에 현탁하여 실온에서 고압으로 처리한 결과 *Pediococcus cerevisiae*를 제외한 모든 젖산균은 400 MPa에서 완전히 사멸되

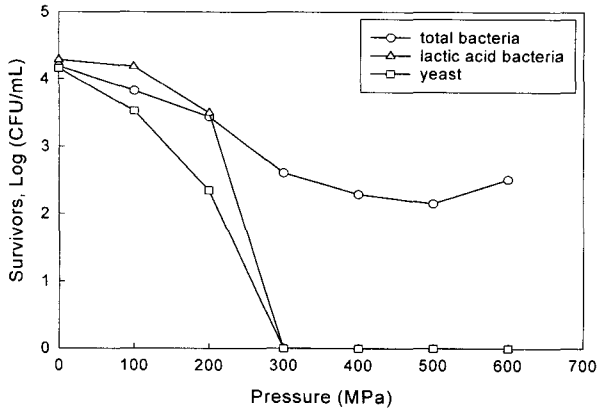

Fig. 1. Effect of pressure on inactivation of microorganisms in *Foxtail Millet Yakju* at 25°C for 10 min.

었다고 보고하였다. Delfini 등(18)은 sweet wine과 적포도주의 *Saccharomyces cerevisiae*와 젖산균도 350~600 MPa의 처리로 완전히 살균되었다고 보고하였다. 또한 Hoover 등(19)도 pH 2.5~4.5인 산성식품을 상온에서 400 MPa/30분 또는 400 MPa/5~10분에서 처리하여 효모, 곰팡이, 영양세포의 생존능력이 급격히 감소되었다고 보고하였다.

초고압처리는 물질의 부피감소를 수반하므로 압력에 의한 미생물의 손상은 외부의 정수압에 의해 세포의 부피가 감소하고 세포벽 중 상대적으로 강도가 약한 부위가 파손되며, 원형질막을 구성하는 인지질 및 단백질은 압축효과에 의하여 더 많은 물분자와 결합하므로써 본래의 구조가 깨지기 때문인 것으로 추정된다. 100 MPa 이하의 압력에서 효모의 핵막은 영향을 받으며 400~600 MPa 이상에서는 미토콘드리아와 세포질의 변형을 가져오는데(20), Osumi(21)는 300~400 MPa에서 *S. cerevisiae*의 핵막과 미토콘드리아막의 파괴가 발생하였다고 보고하였다.

한편 세균인 경우 300 MPa의 처리로 초기균수 1.5×10^4 CFU/mL에서 4.08×10^2 CFU/mL로 약 2 log cycle 감소하였지만, 600 MPa 까지 압력을 높여도 커다란 변화는 관찰되지 않았는데, 이로 보아 좁쌀약주의 일부 세균은 내압성이 큰 것으로 추정되었다. 지금까지 연구결과에 의하면 생육기의 영양세포는 압력에 가장 약하며 진균은 300 MPa, 그람음성균은 500 MPa에서 사멸되나 그람양성균은 700 MPa 이상에서도 생존하며 이들 다수는 포자를 형성하는 것으로 보고되고 있다(22). 따라서 좁쌀약주인 경우에도 고압처리에 의해 대부분의 영양세포는 파괴되었으나, 포자는 살아남아 600 MPa 수준의 압력처리에 의해서도 사멸되지 않는 것으로 추정되었다. 포자형성균이 강한 내압성을 보이는 것은 포자의 외피 및 포자 자체에 유리수가 거의 없고 결합수가 대부분이기 때문에 압력의 전달이 어려운 것으로 추정하고 있다(17).

고압살균에 미치는 온도의 영향

좁쌀약주 중의 내압성 세균을 사멸시킬 목적으로 300 MPa에서 처리온도를 상온(25°C), 37, 46, 56, 65°C으로 달리하여 10분간 처리한 후 처리온도가 고압살균에 미치는 영향을 측정하였다(Table 1). 젖산균과 효모는 모든 온도 조건에서 완전히 사멸되었다. 그러나 세균은 처리온도를 증가시켜도 거의 변화가 없었으며 65°C에서도 4.2×10^2 CFU/mL로 완전히 사멸되지는 않았다. 내열성 포자형성균은 압력과 온도의 병용에 의하여 살균효과가 향상되는 것으로 알려져 있으나(22), 좁쌀약주는 25°C 이상의 온도에서 더 이상 세균수가 감소하지 않는 tailing 현상을 보였다.

Delfini 등(18)은 낮은 pH(pH 2.5~3.5), 비교적 높은 온도(40~60°C), 높은 CO_2 함량은 압력에 의한 살균효과를 증진시키지만, 특히 설탕은 보호작용을 하였다고 보고하였다. 따라서 좁쌀약주의 구성성분들도 세포막과 결합하거나 삼투막을 변화시킴으로서 세균에 대한 보호작용을 나타내었기 때문에 사멸이 되지 않은 것으로 추측된다. 이상의 결과에서 좁쌀약주 중의 젖산균과 효모는 초고압처리시 내압과 내열성이 작은 반면, 세균인 경우는 내압과 내열성이 커서 포자를 형성할 가능성이 있는 것으로 추정된다.

처리시간에 따른 미생물의 살균효과

내압 내열성이 있는 세균의 사멸 조건을 찾기 위하여 고온(65°C)과 고압(300 MPa)에서 처리시간을 10~60분으로 달리하여 좁쌀약주를 처리한 결과는 Fig. 2와 같았다. 세균수는 처리시간 10~40분에서 거의 변화가 없었으나 처리시간 40분 이상에서 감소하기 시작하여 60분 처리 후 1.1×10^1 CFU/

Table 1. Effect of temperature on high hydrostatic pressure inactivation of microorganisms in *Foxtail Millet Yakju* at 300 MPa for 10 min

Temperature (°C)	Total bacteria	Lactic acid bacteria	Yeast
Control	1.54×10^4	1.96×10^4	1.44×10^4
25	4.08×10^2	-[1)]	-
37	3.72×10^2	-	-
46	3.92×10^2	-	-
56	3.10×10^2	-	-
65	4.20×10^2	-	-

[1)]Not detected.

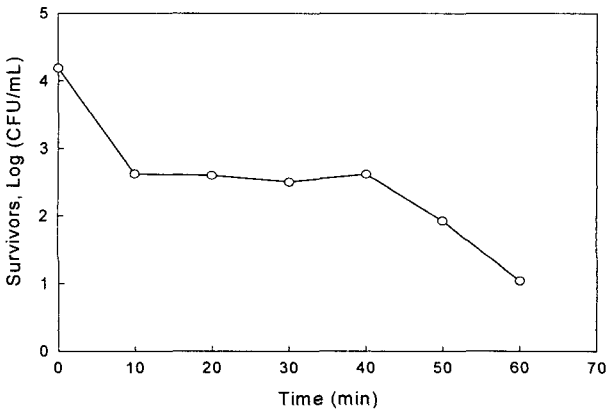

Fig. 2. Effect of treatment time on inactivation of total bacteria in *Foxtail Millet Yakju* at 65°C/300 MPa.

mL로 무처리에 비하여 약 3 log cycle 감소하였다. Fujiki와 Mochizuki(23)는 *B. subtilis*보다 열저항성이 더 높은 것으로 알려져 있는 *B. licheniformis*는 60°C, 800 MPa, 30분의 처리로 완전히 사멸되었다고 보고하고 있는 것으로 보아, 좁쌀약주도 내압 내열성 세균의 사멸을 위해서는 고온에서 600 MPa 이상의 고압처리가 필요할 것으로 판단된다.

한편 포자는 50~60°C에서 100 MPa로 단시간에 처리한 후 대기압에서 45분 경과하면 발아(tyndallization)가 부분적으로 일어나며, 발아된 포자는 압력과 온도에 매우 민감하게 영향을 받는 것으로 알려져 있다(24). 따라서 이러한 발아공정을 거치면 포자의 살균이 가능하므로, 좁쌀약주의 세균도 낮은 압력에서 발아시킨 후 온도와 압력을 병행하여 처리하는 것도 효과적인 한가지 방법으로 판단된다.

처리압력에 따른 효소의 불활성화

좁쌀약주를 상온(25°C)에서 압력별로 10분간 초고압 처리하여 액화효소인 α-amylase와 당화효소인 glucoamylase의 효소활성을 측정하였다(Table 2). α-Amylase의 활성은 처리압력에 관계없이 400 MPa까지는 무처리와 비슷하였으나, 500 MPa 이상의 처리에서는 유의적으로 감소하였으며 600 MPa에서는 18.1%가 불활성화되었다. Glucoamylase의 활성도 α-amylase와 비슷하게 500 MPa 까지는 처리압력에 관계없이 거의 변화가 없었으나 600 MPa에서는 유의적으로 감소하여 21.1%가 불활성화되었다. 따라서 좁쌀약주를 상온에서 고압처리하는 것만으로는 효소의 불활성화 효과가 그다지 크지 않았다.

초고압처리에 따른 효소의 활성은 효소의 종류에 따라 증가 또는 감소한다. Hong과 Park(25)은 동치미의 조직감에 관여하는 효소인 pectinesterase와 polygalacturonase는 처리압력의 증가에 따라 활성이 증가하였다고 보고하였다. Hendrickx 등(26)은 오렌지주스(11°Brix와 60°Brix), 설탕용액 및 Tris buffer 용액(pH 7)을 45°C에서 600 MPa, 10분 처리한 후 pectinesterase의 활성을 측정한 결과, 11°Brix의 오렌지주스에서 효소활성은 87%가 감소하였으나, 60°Brix의 오렌지주스와 Tris buffer 용액에서는 32%, 설탕용액에서는 19%만이 불활성화되었다고 보고하였다. 따라서 동일한 효소일지라도 media에 따라 불활성화 효과가 다른 것으로 추정된다.

Table 2. Effect of pressure on enzyme inactivation in *Foxtail Millet Yakju* at 25°C for 10 min

Pressure (MPa)	α-Amylase		Glucoamylase	
	Activity (Unit/mL)	Residual activity (%)	Activity (Unit/mL)	Residual activity (%)
Control	154.2±1.8[a1)]	100.0	14.1±2.0[a]	100.0
100	153.4±1.3[a]	99.5	14.4±1.7[a]	102.0
200	151.3±0.9[a]	98.2	15.6±0.6[a]	110.2
300	154.1±0.8[a]	99.9	15.3±0.5[a]	108.6
400	153.2±2.2[a]	99.3	14.6±1.4[a]	103.7
500	145.7±0.7[b]	94.5	14.4±0.4[a]	102.2
600	126.3±3.2[c]	81.9	11.1±0.3[b]	78.9

[1)]The same letters in the same column are not significantly different (α =0.05).

효소불활성화에 대한 온도의 영향

좁쌀약주를 300 MPa에서 처리온도를 달리하여 효소의 불활성화에 미치는 영향은 Table 3과 같았다. α-Amylase와 glucoamylase 모두 46°C 이상에서 활성이 급격하게 감소하였으며, 65°C에서 α-amylase는 22.2%, glucoamylase는 32.1%만이 잔존한 것으로 보아, 효소의 불활성화는 고압처리시 온도가 높을수록 효과적이었다. Eshtiaghi 등(27)도 감자를 400 MPa, 15분의 고압처리로 polyphenoloxidase의 활성이 20% 감소되었는데, 가압시 온도를 높일 경우 불활성화가 촉진되었다고 보고하였다.

가열처리는 격렬한 분자운동을 일으켜 단백질의 공유결합뿐만 아니라 비공유 결합에도 영향을 미쳐 단백질 변성을 유발시키고(28), 고압처리는 단백질 구조의 재배열 및 3, 4차 구조를 붕괴시켜 일부 단백질의 변성이 일어나서 체적이 감소하므로 biopolymer인 효소도 활성이 변화한다(29). 따라서 좁쌀약주도 압력으로 단독 처리하는 것보다는 고온을 병행처리하였을 때 단백질의 변성도를 높여 효소 불활성화도 커

Table 3. Effect of temperature on high hydrostatic pressure inactivation of enzymes in *Foxtail Millet Yakju* at 300 MPa for 10 min

Temperature (°C)	α-Amylase		Glucoamylase	
	Activity (Unit/mL)	Residual activity (%)	Activity (Unit/mL)	Residual activity (%)
Control	127.8±1.3[a1)]	100.0	15.0±0.9[a]	100.0
25	128.9±3.3[a]	100.9	14.8±0.6[a]	98.5
37	126.6±1.5[a]	99.0	14.5±0.7[ab]	97.3
46	117.0±1.8[b]	91.6	13.0±0.8[b]	87.3
56	61.9±0.6[c]	48.4	8.6±0.2[c]	57.6
65	28.3±2.4[d]	22.2	4.8±0.2[d]	32.1

[1)]The same letters in the same column are not significantly different (α =0.05).

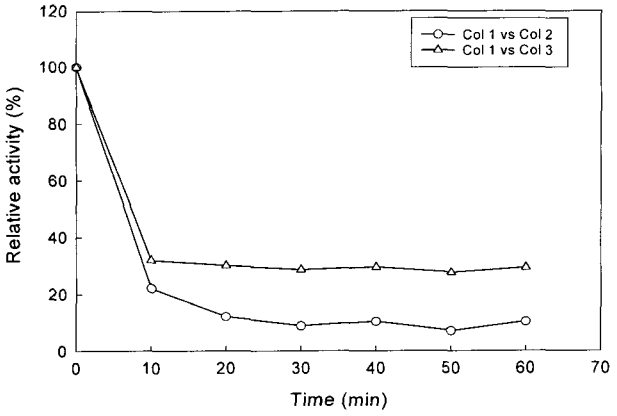

Fig. 3. Effect of treatment time on inactivation of enzymes in *Foxtail Millet Yakju* at 65°C/300 MPa.

진 것으로 추정된다.

처리시간에 따른 효소의 불활성화

65°C/300 MPa에서 처리시간이 좁쌀약주의 α-amylase와 glucoamylase의 효소활성에 미치는 영향을 측정하였다(Fig. 3). α-Amylase의 경우 10분 처리시 활성이 급격하게 감소하여 77.8%까지 불활성되었다. 그러나 그 이상의 처리시간에서는 활성이 조금씩 감소하는 경향을 보였지만 60분 처리 후에도 효소활성이 10.2%가 잔존하였다. Glucoamylase는 65°C/300 MPa에서 10분 처리로 67.9%가 불활성화되었지만, 처리시간을 증가시켜도 더 이상의 커다란 변화는 관찰되지 않았다. 한편 가열처리(65°C, 15분)에 의한 α-amylase와 glucoamylase의 효소활성은 각각 16.8%와 26.2%만이 잔존하였다.

요 약

좁쌀약주를 초고압으로 처리하여 미생물 살균 및 효소불활성화 효과를 측정하였다. 무처리 좁쌀약주의 세균수는 1.5×10^4 CFU/mL, 젖산균수는 1.9×10^4 CFU/mL, 효모수는 1.4×10^4 CFU/mL이었다. 좁쌀약주를 상압에서 열처리(65°C/15분)하였을 때 젖산균과 효모는 완전히 사멸되었으나 세균은 4.1×10^2 CFU/mL이 잔존하였다. 좁쌀약주를 초고압으로 처리한 결과 젖산균수와 효모수는 처리압력의 증가에 따라 급격히 감소하였으며, 300 MPa이상에서는 완전히 사멸되었다. 세균은 상온에서 압력을 600 MPa로 높여도 멸균되지 않았으며, 300 MPa/10분에서 처리온도를 65°C까지 증가시켜도 2 log cycle 밖에 감소되지 않았으며, 65°C/300 MPa에서 처리시간을 60분까지 증가시켰을 때 2~3 log cycle이 감소되었다. 좁쌀약주를 초고압으로 처리하였을 때 α-amylase와 glucoamylase의 활성은 처리 압력의 증가에 따라 다소 감소하여 상온/600 MPa/10분에서 각각 18.1%와 21.1%가 불활성화되었다. 300 MPa/10분에서 처리온도의 증가에 따라 α-amylase와 glucoamylase 모두 활성이 감소하였는데, 65°C에서 α-amylase는 22.2%, glucoamylase는 32.1%만이 잔존하였다. 효소활성은 65°C/300 MPa에서 처리시간의 증가에 따라 다소 감소하는 경향을 보였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(98-04-02-01-01-3) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

문 헌

1. 한국식품공업협회. 1997. 식품공전. 문영사, 서울. p 573-578.
2. Mok CK, Lee JY, Chang HG. 1997. Quality changes of non-sterilized *Yakju* (rice wine) during storage and its shelf-life estimation. *Food Eng Prog* 1: 192-197.
3. Lee CH, Ta WT, Kim GM, Lee HD. 1991. Studies on the pasteurization conditions of *Takju*. *Kor J Food Sci Technol* 23: 44-51.
4. 국세청기술연구소. 1997. 주류제조교본. p 167-169.
5. Mok CK, Lee JY, Chang HG. 1998. Optimization of heat sterilization condition for *Yakju* (rice wine). *Food Eng Prog* 2: 137-143.
6. Lee CH, Kim GM. 1995. Determination of the shelf-life of pasteurized of Korean rice wine, *Yakju*, in aseptic packaging. *Kor J Food Sci Technol* 27: 156-163.
7. Marquis RE. 1976. High-pressure microbial physiology. *Adv Microbial Physiol* 11: 159-241.
8. Bae SM, Kim HJ, Oh TK, Kho YH. 1990. Preservation of *Takju* by pasteurization. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 18: 322-325.
9. Lee KB, Kim JH. 1969. Studies on radiation preservation of fermented Korean rice-wine (*Takju and Yakju*). *Kor J Microbiol* 7: 45-56.
10. Lee DU, Park J, Kang JI, Yeo IH. 1996. Effect of high pressure on the shelf-life and sensory characteristics of *angelica keiskei* juice. *Kor J Food Sci Technol* 28: 105-108.
11. Kim HS, Yang Y, Jung YH, Koh JS, Kang YJ. 1993. Clarification of *Foxtail Millet* wine. *Kor J Food Sci Technol* 24: 101-106.
12. Park HJ, Min YK, Kim KY, Kang SW. 1998. Sterilization effects of hydrostatic pressure and low temperature treatments on the *jujube* wine. *Food Eng Prog* 2: 163-170.
13. Park JM, Oh HI. 1995. Changes in microflora and enzyme activities of traditional *Kochujang meju* during fermentation. *Kor J Food Sci Technol* 27: 56-62.
14. Hong SW, Hah YC, Yoon KS. 1968. On the changes of amylase activity and saccharifying ability in *Takjoo* mashes during the process of brewing. *Kor J Microbiol* 6: 141-146.
15. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
16. Hara A, Nagahama G, Ohbayashi A, Hayashi R. 1990. Effects of high pressure on inactivation of enzymes and microorganisms in non-pasteurized rice wine. *J Agric Chem Soc Japan* 64: 1025-1030.
17. Sohn KH, Chang CK, Kong UY, Lee HJ. 1996. High pressure inactivation of *candida tropicalis* and its effects on ultrastructure of the cells. *Kor J Food Sci Technol* 28: 587-592.
18. Delfini C, Conterno L, Carpi G, Rovere P, Tabusso A, Cocito C, Amati A. 1995. Microbiological stabilisation of grape musts and wines by high hydrostatic pressures. *J Wine Res* 6: 143-151.
19. Hoover DG, Metrick C, Papineau AM, Farkas DF, Knorr D. 1989. Biological effects of high hydrostatic pressure on food microorganisms. *Food Technol* 43: 99-107.
20. Shimada S, Andou M, Naito N, Yamada N, Osumi M, Hayashi R. 1993. Effects of hydrostatic pressure on the ultra structure of internal substances in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Appl Microbiol Biotechnol* 40: 123-131.
21. Osumi M. 1990. Effect of hydrostatic pressure to ultrastructure of yeast cell. In *Pressure-processed Food: Research and Development*. Hayashi R, ed. San-Ei Pub Co, Kyoto. p 157-164.
22. Tagi Y, Awao T, Mitsura N, Takagaki Y. 1990. Sterilization of *Bacillus sp.* spores by hydrostatic pressure. In *Pressure-processed Food: Research and Development*. Hayashi R, ed. San-Ei Pub Co, Kyoto. p 143-155.
23. Fujiki H, Mochizuki K. 1993. Application of high pressure to processing and preservation of the water containing cocoa mass. In *Pressure-processed Food: Research and*

Development. Hayashi R, ed. San-Ei Pub Co, Kyoto. p 193-205.
24. Smelt JPPM. 1998. Recent advances in the microbiology of high pressure processing. *Trends Food Sci Technol* 9: 152-158.
25. Hong KP, Park JY. 1998. Changes in microorganisms, enzymes and texture of *Dongchimi* by high hydrostatic pressure treatment. *Kor J Food Sci Technol* 30: 596-601.
26. Hendrickx M, Ludikhuyze L, Van den Broeck I, Weemaes C. 1998. Effects of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends Food Sci Technol* 9: 197-203.
27. Eshtiaghi MN, Stute R, Knorr D. 1994. High pressure and freezing pretreatment effects on drying, rehydration, texture and color green beans, carrots and potatoes. *J Food Sci* 59: 1168-1170.
28. Hayakawa I. 1992. High pressure technology and food industry. Symposium Proceedings on Technology of Food Processing and Foods and Packaging, Kor Soc Food Sci Technol. p 40-61.
29. Seyderhelm I, Bogusalwaki S, Michaelis G, Knorr D. 1996. Pressure induced inactivation of selected food enzymes. *J Food Sci* 61: 308-310.

(2003년 7월 14일 접수; 2003년 9월 19일 채택)