

초고압 처리에 의한 좁쌀탁주의 미생물 살균 및 효소 불활성화

좌미경 · 임상빈 · 목철균* · 박영서*
제주대학교 식품공학과, *경원대학교 식품생물공학과

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

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

Department of Food Science and Engineering, Cheju National University

*Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University

High hydrostatic pressure was applied to Foxtail Millet Takju to investigate the effects of high pressure on inactivation of microorganisms and enzymes. Total bacteria, lactic acid bacteria and yeast in untreated Takju were 6.8×10^7 , 1.3×10^8 and 8.4×10^7 CFU/mL, respectively. Total bacterial count in Takju reduced to 2.2×10^5 CFU/mL, while lactic acid bacteria and yeast were sterilized completely when heated at 65°C for 30 min. Lactic acid bacteria and yeast decreased with the increase of treatment pressure, and pressurization of 400 MPa for 10 min at room temperature sterilized completely the lactic acid bacteria and yeast in Takju. Total bacteria were not sterilized with pressurization of even 600 MPa at room temperature. Total bacteria were completely sterilized at 66°C/400 MPa/60 min and 66°C/600 MPa/10 min. Pressurization of Takju caused a partial inactivation of α -amylase, and after pressurization at 600 MPa for 10 min at room temperature, 73.2% of the original activity remained. The activity of glucoamylase increased with the increase of treatment pressure. Treatment at 66°C/400 MPa/10 min reduced the activity of α -amylase by 59.7% and glucoamylase by 20.5%. α -Amylase was inactivated to less than 1.2% of the original activity at 66°C/600 MPa/30 min.

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

서 론

탁주는 우리나라의 전통주류로서 곡류와 누룩을 사용하여 병행발효로 제조하며, 양조 후에 술덧을 체로 걸러 외관이 백탁한 상태인 것을 말한다. 탁주의 소비량은 1970년대 중반 이후 지속적으로 감소하고 있는데, 이는 주로 탁주의 저장성, 편이성, 소화성이 불량함에 기인하는 것으로, 소비자의 기호에 맞는 품질향상과 제품개발이 요구된다^(1,2). 살균되지 않은 탁주는 유통 중에 미숙성된 탁주에 함유된 분해되지 않은 전분의 발효가 진행되어 탄산가스가 발생하며, 병입시 가스분출을 위해 병뚜껑을 밀폐하지 않으므로 외부로부터 오염의 우려가 있다. 또한 유통기간 동안 미숙성주 혹은 발효가 지나친 탁주를 음용하게 되는 등 품질의 균일화를 이룰 수 없는 단점이 있다⁽³⁾. 그리고 탁주는 함유된 각종 변패미생물에 의한 변질을 방지하기 위하여 가열살균하게 되는데

그에 따른 품질변화도 또 하나의 요인으로 작용하고 있다⁽⁴⁾.

탁주의 부패와 산패는 발효액 중에 함유되어 있는 잡균이나 초산균의 번식에 의한 것으로, 지금까지 탁주제조업체에서는 탁주의 보존성 향상을 위하여 미생물 및 잔존효소를 가열살균법으로 불활성화시켰다. 가열살균 조건은 65°C 이상에서 30분으로, 탁주 중 대부분의 미생물 영양세포들은 65°C 이상의 가열에 의하여 불활성화되는 것으로 알려져 있다⁽⁵⁾. 그러나 탁주를 가열하면 저장성은 어느 정도 연장시킬 수 있으나, 강한 악취(화독내)의 생성과 변색, 층분리 등 물리적 성상의 변화로 인하여 상품성을 저하시키는 문제점을 안고 있다⁽²⁾. 이를 방지하기 위하여 저온살균 및 난백 lysozyme을 보존제로 첨가하여 잡균번식을 방지하고 산생성 세균의 생육을 억제하는 방안이 시도되었고, γ -ray와 가열처리병행 및 가열살균 후 무균포장에 의하여 저장성을 어느 정도 향상시킬 수 있었으나 처리에 따른 이취 생성과 저장 중 백탁 생성 등 품질저하를 일으키는 문제점을 안고 있다⁽⁶⁾.

초고압 처리기술은 열을 사용하지 않고 미생물 살균, 단백질 변성, 효소 불활성화, 젤 형성 등의 작용을 하므로 새로운 식품가공법으로 기대를 모으고 있다. 고압하에서는 부피가 줄어드는 방향으로 화학반응이 촉진된다. 즉 결합이 파괴되면 부피가 감소하는 소수성 결합과 이온결합의 파괴가 축

Corresponding author : Sangbin Lim, Department of Food Science and Engineering, Cheju National University, Ara-dong, Jeju, Jeju 690-756, Korea
Tel : 82-64-754-3617
Fax : 82-64-755-3601
E-mail : sblim@cheju.cheju.ac.kr

진되지만, 결합이 파괴되면 부피가 증가하는 공유결합과 수소결합은 안정화된다. 따라서 초고압처리기술은 저분자량 물질보다는 소수성결합 등으로 이루어진 거대분자에 대하여 선택적으로 작용하므로, 천연의 향과 맛을 손상시키지 않으면서 미생물을 살균하거나 효소를 불활성화시킬 수 있으므로⁽⁷⁾ 전통식품의 보존성 향상을 위한 새로운 공정으로 활용될 수 있다.

탁주의 양조원료는 대부분 쌀이었으나, 제주도에서는 발농사가 주로 이루어져 왔기 때문에 좁쌀, 수수, 맥류 등을 원료로 한 토속주가 양조되어 왔으며, 줄보리로 만든 누룩과 차좁쌀로 만든 오메기떡을 주원료로 제조하는 좁쌀탁주는 제주도 전통식품의 하나이다⁽⁸⁾. 본 연구는 품질이 양호하면서 저장성이 있는 민속 주류의 제조방법을 개발하기 위하여, 양조원료로 좁쌀을 이용하여 제조한 탁주를 초고압으로 처리하여 미생물 살균 및 효소 불활성화의 효과를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

좁쌀탁주는 J양조에서 제조한 비살균 탁주를 구입하여 균질화한 후 사용하였다.

고압처리

본 실험에 사용한 초고압기(MFP-7000, Mitsubishi Heavy Industries Co., Japan)는 내용적이 600 mL로, 먼저 125 mL 폴리프로필렌병에 좁쌀탁주를 채워 기포가 들어가지 않게 밀봉한 다음, 병을 폴리에틸렌 필름으로 두겹포장한 후 press medium으로 증류수가 채워진 processing chamber에 넣고 hydraulic pump로 pressuring piston을 상승시켜 가압하였다. 초고압처리는 압력 100~600 MPa, 온도 26~66°C, 시간 10~60분에서 실시하였다. 처리온도는 처리압력에서 처리시간 동안 매분마다 chamber 내부의 온도를 측정하여 평균한 값으로 나타내었다.

가열처리

좁쌀탁주를 125 mL 폴리프로필렌병에 채우고 65°C의 water bath(MC-31, JeioTech Co., Korea)에서 30분간 가열한 후 실온에서 냉각하였다.

미생물 검사

탁주의 미생물은 표준한천배양법⁽⁹⁾으로 세균수, 젖산균수, 효모수를 측정하였다. 세균은 표준한천배지(plate count agar)에서, 젖산균은 0.133%의 초산을 가하여 최종 pH를 5.5로 조정된 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

효소력은 α -amylase와 glucoamylase를 측정하였는데⁽¹⁰⁾, 조효소액은 Hong 등⁽¹¹⁾의 방법에 의하여 제조하였다. 즉 α -

Amylase의 조효소액은 시료에 0.5% NaCl 용액을 가하여 실온에서 30분 교반한 후 Toyo No. 2 여지로 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%를 감소시키는 것을 1 unit로 하여 탁주 1 mL로 환산하여 표시하였다⁽¹⁰⁾. Glucoamylase는 DNS법^(10,12)으로 측정하였는데, 0.5% 전분용액(0.4 M acetic acid buffer, pH 4.8) 1 mL를 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 glucose를 유리시킬 때의 효소량을 1 unit로 하여 탁주 1 mL로 환산하여 표시하였다. 2회 반복 측정하여 평균하였다.

결과 및 고찰

처리압력에 따른 미생물의 살균효과

처리압력이 좁쌀탁주의 살균에 미치는 영향을 측정하기 위하여, 상온(26°C)에서 처리압력을 100~600 MPa로 달리하여 10분간 처리한 후 미생물수의 변화는 Fig. 1과 같았다. 무처리 좁쌀탁주의 세균은 6.8×10^7 CFU/mL, 젖산균은 1.3×10^8 CFU/mL, 효모는 8.4×10^7 CFU/mL으로 젖산균이 다소 많았다. 좁쌀탁주를 65°C에서 30분간 열처리하였을 때 세균은 2.2×10^5 CFU/mL이었으나 젖산균과 효모는 완전히 사멸되었다. 초고압으로 처리한 결과 젖산균과 효모는 압력의 증가에 따라 급격히 감소하였으며, 400 MPa 이상에서는 완전히 사멸되었다. Sohn 등⁽¹³⁾은 과일주스의 변패 효모인 *Candida tropicalis*를 25°C/400 MPa에서 10분 처리로 미토콘드리아막과 세포벽이 변형되어 완전히 사멸되었으며, Hara 등⁽¹⁴⁾도 생

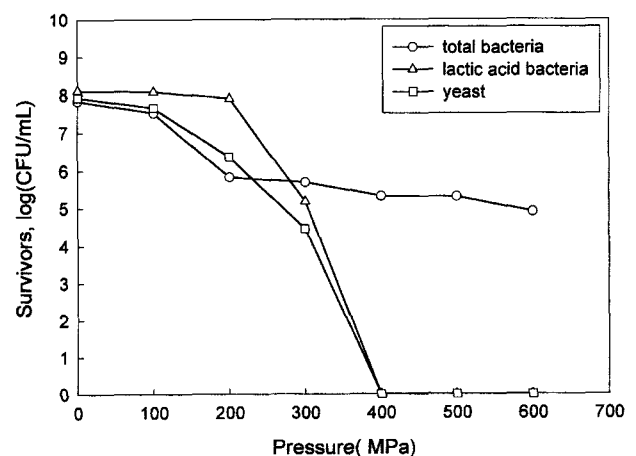


Fig. 1. Effect of pressure on inactivation of microorganisms in Foxtail Millet Takju at 26°C for 10 min

주를 25°C/300 MPa에서 10분 처리한 결과 젖산균과 효모는 완전히 사멸되었다고 보고하였다. 미생물에 있어서 압력에 의한 손상은 주로 세포막에서 일어나는데, 압력 처리에 의한 세포막의 기능상실은 세포막 단백질의 변성으로 인하여 아미노산의 섭취가 저해되었기 때문이다. 또한 압력 처리에 의하여 미생물 세포내 구성분들이 유출되면 세포막에 손상을 입히게 되고, 용출되는 양이 많을수록 세포의 사멸과 상해는 가속화된다⁽¹⁵⁾.

한편 세균인 경우는 200 MPa의 처리로 초기균수 6.8×10^7 CFU/mL에서 6.7×10^5 CFU/mL로 약 2 log cycle 감소하였으며, 600 MPa까지 압력을 높여도 커다란 변화는 관찰되지 않아 좁쌀떡주의 세균은 내압성이 큰 것으로 나타났다. 한편 초고압 처리 후에는 무처리균과는 다른 colony 양상을 관찰할 수 있었다. 일반적으로 생육기의 영양세포는 압력에 가장 약한 반면 그람양성균이 그람음성균보다 저항력이 높으며 세균의 포자는 압력에 더욱 강한 것으로 알려져 있다⁽¹⁶⁾. Timson 등⁽¹⁷⁾도 우유를 가압처리 후 내압성 미생물을 분리하여 미생물의 포자임을 확인하였으며, 대부분의 영양세포는 100 MPa 이상의 정수압하에서 불활성화되었지만, 세균의 포자는 1,200 MPa 이상의 압력에도 견디었는데, 이는 세균의 강력한 포자각의 구조와 두께에 의한 것으로 추정하고 있다. 따라서 좁쌀떡주인 경우에도 열에 대한 저항력과 유사하게 고압처리에 의해 대부분의 영양세포는 파괴되나, 포자는 살아남아 600 MPa 수준의 압력처리에 의해서도 세균은 사멸되지 않는 것으로 추정된다.

고압살균에 미치는 온도의 영향

좁쌀떡주 중의 세균을 사멸시키기 위하여 400 MPa에서 처리온도를 상온(26°C), 38, 49, 58, 66°C로 달리하여 10분간 처리한 후 처리온도가 고압살균효과에 미치는 영향을 측정하였다(Table 1). 젖산균과 효모는 모든 온도 조건에서 완전히 사멸되었다. 세균은 처리온도의 증가에 따라 그 수가 급격히 감소하는 경향을 보였으나, 66°C에서도 2.6×10^2 CFU/mL로 완전히 사멸되지는 않았다. Bae 등⁽³⁾은 떡주를 상압/65°C와 80°C의 조건에서 처리시간을 증가시켜도, 55°C 처리균과 비교하여 더 이상 세균수의 감소는 없었다고 보고하였다. 고압처리시 세균이 내압성을 보인 것과 같이 내열성이 강한 균주가 내압성을 나타내며⁽¹⁸⁾, 잔존하는 세균은 포자형성이 있는 것으로 보인다.

상온에서 처리압력에 따른 살균효과(Fig. 1)와 비교하여 보면, 세균은 600 MPa의 압력에서도 7.9×10^4 CFU/mL가 잔존하였지만, 400 MPa에서 58°C로 처리온도를 높였을 때 그 수

Table 1. Effect of temperature on pressure inactivation of microorganisms in Foxtail Millet Takju at 400 MPa for 10 min

Temperature (°C)	Total bacteria	Lactic acid bacteria	Yeast
Control	6.8×10^7	1.3×10^8	8.4×10^7
26	2.0×10^5	-	-
38	8.8×10^3	-	-
49	2.0×10^3	-	-
58	3.2×10^2	-	-
66	2.6×10^2	-	-

-: not detected

가 3.2×10^2 CFU/mL로 감소하는 것으로 보아, 고압처리시 온도를 높여서 병용처리하면 살균효과가 높아짐을 알 수 있었다. 이상의 결과에서 좁쌀떡주 중의 젖산균과 효모는 초고압처리시 내압과 내열성이 작은 반면, 세균인 경우는 내압과 내열성이 커서 포자를 형성할 가능성이 있으며, 초고압처리는 가열살균에 비해 낮은 온도와 단시간으로 가열살균을 대체할 수 있는 가능성을 확인하였다.

처리시간에 따른 미생물의 살균효과

내압 내열성이 있는 세균의 사멸 조건을 찾기 위하여 저온(26°C)과 고온(66°C), 저압(200 MPa, 300 MPa)과 고압(400 MPa, 600 MPa)에서 처리시간을 10, 30, 60분으로 달리하여 좁쌀떡주를 처리한 결과는 Table 2와 같았다. 26°C/200 MPa에서는 처리시간에 관계없이 세균뿐만 아니라 젖산균과 효모도 멸균되지 않았으며, 300 MPa에서는 젖산균과 효모인 경우 60분 처리로 모두 사멸되었지만 세균은 무처리에 비하여 약 2 log cycle 감소하였다. 고온(66°C), 고압(400 MPa 이상)에서 처리하였을 때 효모와 젖산균은 처리시간에 관계없이 모두 사멸되었으나, 세균은 400 MPa에서 60분, 600 MPa에서 10분 이상 처리로 완전히 사멸되었다.

Ogawa⁽¹⁸⁾는 고압에서는 짧은 시간에도 살균효과가 큰 반면, 저압에서는 긴 시간처리에도 살균효과가 크지 않았다고 보고하였다. 이로 보아 포자를 형성하는 세균인 경우 상온에서 낮은 압력으로는 멸균되지 않았지만, 고온에서 압력이 높을수록 짧은 시간내에 멸균됨을 알 수 있었다. 이와 같이 세균의 포자는 상온에서 고압처리인 경우 사멸이 불가능하였지만 고온을 병용할 경우 현저히 살균효과가 높게 나타났는데⁽¹⁹⁾, 이는 고온과 고압의 조건에서 세균 포자각의 결합이 느슨해지거나 균열이 나타나, 세포벽 및 포자 내부의 원형질이 변성되었기 때문인 것으로 추정하고 있다. 이상의 결과로

Table 2. Inactivation of microorganisms in Foxtail Millet Takju with different treatment time

Microbes	26°C						66°C					
	200 MPa			300 MPa			400 MPa			600 MPa		
	10 min	30 min	60 min	10 min	30 min	60 min	10 min	30 min	60 min	10 min	30 min	
Total bacteria	1.5×10^6	1.4×10^6	1.1×10^6	5.0×10^5	2.2×10^5	1.4×10^5	2.6×10^2	3.0×10^1	-	-	-	
Lactic acid bacteria	1.3×10^8	3.8×10^7	2.1×10^7	1.8×10^6	1.3×10^5	-	-	-	-	-	-	
Yeast	5.1×10^6	2.3×10^6	3.0×10^6	2.8×10^4	5.0×10^2	-	-	-	-	-	-	

-: not detected

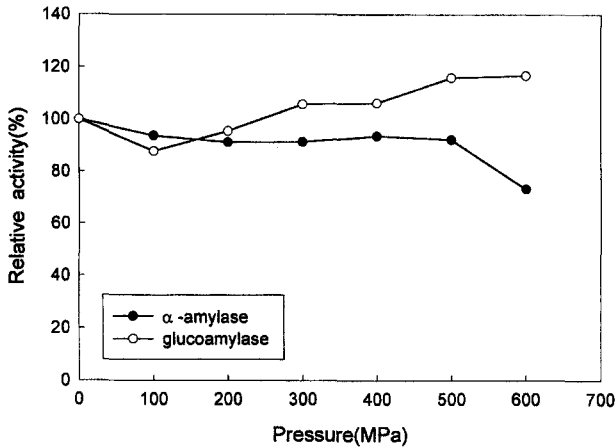


Fig. 2. Effect of pressure on enzyme inactivation in Foxtail Millet Takju at 26°C for 10 min

부터 좁쌀탁주인 경우 젖산균과 효모는 상온에서 400 MPa의 처리로, 세균은 66°C의 온도에서 400 MPa/60분 또는 600 MPa/10분 처리로 멸균됨을 알 수 있었다.

처리압력에 따른 효소의 불활성화

좁쌀탁주를 상온(26°C)에서 압력별로 10분간 고압처리한 후 α-amylase와 glucoamylase의 효소활성을 측정하였다(Fig. 2). 전분을 액화시키는 α-amylase의 경우 효소의 상대활성은 압력의 증가에 따라 다소 감소하다가 600 MPa에서 73.2% 잔존한 반면, 액화된 전분을 glucose로 가수분해하는 효소인 glucoamylase의 상대활성은 압력의 증가에 따라 상승하는 경향을 보였다. 따라서 좁쌀탁주를 상온에서 고압처리하는 것 만으로는 효소의 불활성화가 불가능하였으며, α-amylase 보다 glucoamylase의 불활성화가 더 어려웠다.

고압처리를 효소 불활성화에 적용할 경우, 대부분의 효소들은 불활성화되었지만, 일부효소는 반대로 활성이 증가하는 경우가 있었는데, Hara 등⁽¹⁴⁾은 효소 수용액을 25°C/600 MPa에서 10분 처리한 후 α-amylase는 활성이 70% 잔존하였고 glucoamylase는 고압하에서도 활성이 그대로 유지되었다고 보고하였다. Matsumoto⁽²⁰⁾도 고압하에서 *Bacillus subtilis*가 분비하는 α-amylase는 150 MPa 까지 상대활성이 최대로 상승되었다가, 압력의 증가와 더불어 감소하여 600 MPa에서는 83%까지 불활성화되었다고 하였는데, 150 MPa에서 효소활성의 상승은 체적효과에 의한 것이고, 압력의 상승에 의한 활성저하는 압력에 의한 효소단백질의 변성이 원인이라고 보고하였다.

효소의 불활성화에 필요한 압력은 미생물의 사멸에 필요한 압력보다 높은 경우가 많은데, citrus juice에 함유된 pectin methylesterase의 불활성화에는 20°C/1,000 MPa/10분 또는 57°C/600 MPa/10분의 처리가 필요한 것으로 알려져 있다⁽²¹⁾. 일반적으로 100~200 MPa 정도의 낮은 압력에서는 단백질의 변성이 일어나지 않거나 가역적으로 변성된 단백질의 재생이 일어나지만 300 MPa 이상에서 단백질은 변성된다. 따라서 효소의 불활성화를 위해서는 단백질의 가역반응을 방지할 수 있어야 하며, 이러한 비가역적 효소불활성화는 비교적 높은 압력의 처리조건을 필요로 하는 것으로 알려져 있다⁽²¹⁾.

Table 3. Effect of temperature on pressure inactivation of enzymes in Foxtail Millet Takju at 400 MPa for 10 min

Temperature (°C)	α-Amylase		Glucoamylase	
	Unit/mL	Residual activity(%)	Unit/mL	Residual activity(%)
Control	53.3	100	6.9	100
26	49.9	93.6	7.43	106.2
38	55.2	103.5	7.45	106.5
49	51.7	96.9	8.12	116.1
58	26.5	49.7	5.91	84.5
66	21.6	40.5	5.56	79.5

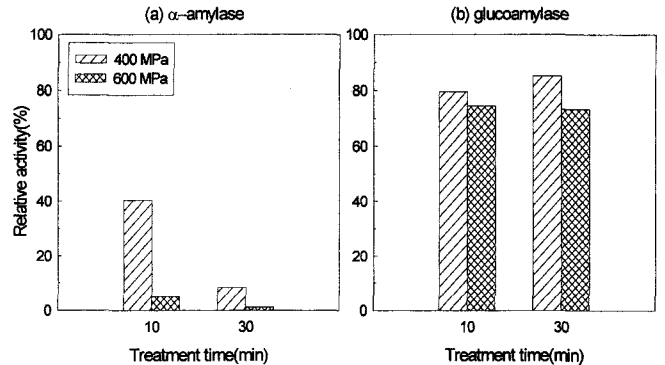


Fig. 3. Inactivation of enzymes in Foxtail Millet Takju with different pressure and treatment time at 66°C

좁쌀탁주도 초고압 처리에 의하여 효소를 불활성화시키기 위해서는 상온에서 600 MPa 이상의 압력이 필요하다고 추정할 수 있다.

효소불활성화에 대한 온도의 영향

좁쌀탁주를 400 MPa에서 처리온도를 달리하였을 때, 처리온도가 효소의 불활성화에 미치는 영향은 Table 3과 같았다. α-Amylase와 glucoamylase 모두 58°C 이상에서 활성이 급격하게 감소하였으며 66°C에서 α-amylase는 59.7%, glucoamylase는 20.5% 불활성화되었다. 처리압력에 따른 효소불활성화(Fig. 2)와 유사하게 glucoamylase는 α-amylase에 비해 불활성화가 어려웠으며, 효소의 불활성화는 고압처리시 온도가 높을수록 효과적이었다. Sohn 등⁽²²⁾은 고압하에서 단백질의 변성도는 높은 온도 또는 낮은 온도에서 오히려 커지는 경향이 있으므로 고온(40~60°C) 또는 저온(10~20°C)에서의 고압처리가 효소의 불활성화에 훨씬 효과적일 수 있다고 보고하였다. Bae 등⁽³⁾은 상압과 저온살균에 의한 탁주의 보존 실험결과 환원당이 약간씩 증가함을 보고하였는데, 이는 저온처리에 의해 불활성화되지 않은 glucoamylase에 의한 것이며, 또한 효모가 없어 당분의 소모가 없었기 때문이라고 보고하였다. 따라서 좁쌀탁주도 압력으로 단독 처리하는 것보다는 고온을 병행하여 처리했을 경우 단백질의 변성도가 높아짐에 따라 효소 불활성화도 커질 것으로 추정된다.

처리시간에 따른 효소의 불활성화

고온과 고압에서 처리시간이 좁쌀탁주의 α-amylase와 glucoamylase의 효소력에 미치는 영향을 측정하였다(Fig. 3). α-

Amylase의 경우 66°C에서 압력이 높을수록 효소활성 저하는 뚜렷하였는데, 10분 처리시 400 MPa은 40.3% 잔존하였는데 비하여 600 MPa에서는 5.1% 만이 잔존하여 실효효과가 약 8배 컸다. 한편 상온에서 가열처리(65°C, 30분)에 의한 α -amylase의 잔존활성은 14.1%이었는데 반하여, 66°C/400 MPa에서 30분 처리로 잔존활성이 8.3% 이하가 되는 것으로 보아, 단순한 가열처리보다는 고압을 병용할 경우 미생물 사멸과 마찬가지로 α -amylase의 불활성화를 더욱 촉진시킬 수 있었다. 66°C/600 MPa에서는 30분 처리시 α -amylase가 98.8% 불활성화되었다.

Glucoamylase는 고압에서 처리시간의 증가에도 불구하고 활성이 20.5~26.7% 감소하였지만 가열처리(65°C, 30분)에 의해서는 83.6%가 불활성화되어, glucoamylase의 활성은 α -amylase와는 달리 가열처리에 비하여 고온과 고압을 병합한 처리조건에서 잔존활성이 더욱 높았다. Hayakawa⁽²³⁾에 의하면 효소는 열에너지의 증가로 불활성화되었다가 가압처리시 재활성화 되었는데, 이는 초고압처리에 의한 체적감소 및 이온성 수화, 수소결합에 의한 수화 등이 촉진되어, 열에너지로 느슨해진 분자구조의 회복 및 활성부위 주변의 구조회복으로 효소활성이 회복되는 것으로 추정하였다.

요 약

좁쌀탁주를 초고압으로 처리하여 미생물 살균 및 효소불활성화의 효과를 측정하였다. 무처리 좁쌀탁주의 세균은 6.8×10^7 CFU/mL, 젖산균은 1.3×10^8 CFU/mL, 효모는 8.4×10^7 CFU/mL이었다. 좁쌀탁주를 상압에서 열처리(65°C/30분)하였을 때 젖산균과 효모는 완전히 사멸되었으나 세균은 2.2×10^5 CFU/mL 잔존하였다. 좁쌀탁주를 초고압으로 처리한 결과 젖산균과 효모는 압력의 증가에 따라 급격히 감소하였으며, 400 MPa에서는 완전히 사멸되었다. 세균은 상온에서 압력을 600 MPa로 높여도 멸균되지 않았으며, 400 MPa/10분에서 처리온도의 증가에 따라 급격히 감소하는 경향을 보였으나, 66°C에서도 완전히 사멸되지 않았으며, 66°C/400 MPa에서 60분, 600 MPa에서 10분 처리로 완전히 사멸되었다. α -amylase의 활성은 처리압력의 증가에 따라 감소하였으며, 상온/600 MPa/10분에서 73.2% 잔존한 반면, glucoamylase의 활성은 압력의 증가에 따라 상승하는 경향을 보였다. 400 MPa에서 처리온도의 증가에 따라 α -amylase와 glucoamylase 모두 활성이 감소하였는데, 66°C에서 α -amylase는 59.7%, glucoamylase는 20.5% 불활성화되었다. 가열처리(65°C, 30 분)에 의한 α -amylase의 잔존활성은 14.1%이었는데 반하여, 66°C/600 MPa에서 30분 처리로 잔존활성이 1.2% 이하가 되었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특장기초연구(98-04-02-01-01-3) 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Mok, C.K., Lee, J.Y. and Chang, H.G. Quality changes of non-sterilized Yakju(rice wine) during storage and its shelf-life estima-

- tion. Food Engineering Progress. 1: 192-197 (1997)
2. Lee, C.H., Tae, W.T., Kim, G.M. and Lee, H.D. Studies on the pasteurization conditions of Takju. Kor. J. Food Sci. Technol. 23: 44-51 (1993)
 3. Bae, S.M., Kim, H.J., Oh, T.K. and Kho, Y.H. Preservation of Takju by pasteurization. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotech. 18: 322-325 (1990)
 4. Mok, C.K., Lee, J.Y. and Chang, H.G. Optimization of heat sterilization condition for Yakju(rice wine). Food Engineering Progress. 2: 137-143 (1998)
 5. Lee, C.H. and Kim, G.M. Determination of the shelf-life of pasteurized of Korean rice wine, Yakju, in aseptic packaging. Kor. J. Food Sci. Technol. 27: 156-163 (1995)
 6. Lee, K.B. and Kim, J.H. Studies on radiation preservation of fermented Korean rice-wine(Takju and Yakju). Kor. J. Microbiol. 7: 45-56 (1969)
 7. Lee, D.U., Park, J., Kang, J.I. and Yeo, I.H. Effect of high pressure on the shelf-life and sensory characteristics of angelica keiskei juice. Kor. J. Food Sci. Technol. 28: 105-108 (1996)
 8. Kim, H.S., Yang, Y.T., Jung, Y.H., Koh, J.S. and Kang, Y.J. Clarification of foxtail millet wine. Kor. J. Food Sci. Technol. 24: 101-106 (1993)
 9. Park, H.J., Min, Y.K., Kim, K.Y. and Kang, S.W. Sterilization effects of hydrostatic pressure and low temperature treatments on the jujube wine. Food Engineering Progress. 2: 163-170 (1998)
 10. Park, J.M. and Oh, H.I. Changes in microflora and enzyme activities of traditional Kochujang meju during fermentation. Kor. J. Food Sci. Technol. 27: 56-62 (1995)
 11. Hong, S.W., Hah, Y.C. and Yoon, K.S. On the changes of amylase activity and saccharifying ability in Takju mashes during the process of brewing. Kor. J. Microbiol. 6: 141-146 (1968)
 12. Miller, G.L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem. 31: 426-428 (1959)
 13. Sohn, K.H., Chang, C.K., Kong, U.Y. and Lee, H.J. High pressure inactivation of candida tropicalis and its effects on ultrastructure of the cells. Kor. J. Food Sci. Technol. 28: 587-592 (1996)
 14. Hara, A., Nagahama, G., Ohbayashi, A. and Hayashi, R. Effects of high pressure on inactivation of enzymes and microorganisms in non-pasteurized rice wine. J. Agric. Chem. Soc. Japan. 64: 1205-1030 (1990)
 15. Farkas, D.F. and Hoover, D.G. High pressure processing. J. Food Sci. supplement. 47-64 (2001)
 16. Cuoghi, F. Use of high pressure in the food industry. Industrie Alimentari. 32: 956-961 (1993)
 17. Timson, W.J. and Short, A.J. Resistance of microorganisms of hydrostatic pressure. Biotechnol. Bioeng. 7: 139-159 (1965)
 18. Ogawa, H., Fukhsia, K., Kubo, Y. and Fukumoto, H. Pressure inactivation of yeasts, molds and pectinesterase in Satsma Mandarin juice. Agric. Biol. Chem. 54: 1219-1225 (1990)
 19. Kinugasa, H., Takeo, T., Fukumoto, K. and Ishihara, M. Changes in tea components during processing and preservation of tea extracts by hydrostatic pressure sterilization. Nippon Nogeikagaku Kaishi. 66: 702-712 (1992)
 20. Matsumoto, T. Behaviors of liquefying α -amylase of Bacillus subtilis under high pressure, pp. 86-93. In: High Pressure Bioscience. Hayashi, R. (ed.). San-Ei Pub. Co., Kyoto (1994)
 21. Ogawa, H., Fukihisa, K., Kobo, Y. and Fukumoto, H. Effect of hydrostatic pressure on sterilization and preservation of citrus juice, pp. 225-231. In: Pressure-Processed Food. Hayashi, R. (ed.). San-Ei Pub Co., Kyoto (1991)
 22. Sohn, K.H., Lim, J.K., Kong, U.Y., Park, J.O. and Akinori, N.C. High pressure inactivation of allinase and its effects on flavor of garlic. Kor. J. Food Sci. Technol. 28: 593-599 (1996)
 23. Hayakawa, I. High pressure technology and food industry. Symposium Proceedings on Technology of Food Processing and Foods and Packaging. Kor. Soc. Food Sci. Technol. pp. 40-61 (1992)

(2001년 2월 5일 접수)