

좁쌀약주의 여과공정 개선에 관한 연구

강영주 · 고정삼*

제주대학교 식품공학과, 원예생명과학부*

Improvement on the filtration process of foxtail millet *Yakju*

Yeung Joo Kang and *Jeong Sam Koh

Department of food science and Engineering,

*Faculty of Horticultural and Life Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

Abstract

The filtration effects of glass membrane filters and hollow fiber membranes with different pore size to prevent the haze of a commercial foxtail millet *Yakju* were investigated. The most particles(haze precursors) present in the *Yakju* were removed by using 1.2 μm glass membrane filter. In case of using 0.45 μm hollow fiber membrane system, the permeate flux on the *Yakju* filtration was calculated to 342.8 l/mh. During the 3 month storage at 4 $^{\circ}\text{C}$ and room temperature for each 48 hrs in turn, a little fine haze was observed from the *Yakju* even if it was filtered by using 0.7 μm glass membrane filter. Anything of haze was, however, observed from the *Yakju* filtered by using all of hollow fiber membranes. Therefore, the 0.45 μm hollow fiber membrane system was effective as a final filtration process of the *Yakju*.

Key words : *Yakju*, filtration, glass membrane filter, hollow fiber membrane

서 론

제주 지역의 전통 토속 주로 가장 대표적인 것은 좁쌀을 주 곡류로 하여 양조한 오메기 술을 들 수 있다(1). 이는 제주 지역이 오래전부터 쌀이 부족하여 쌀 대신에 좁쌀을 사용하여 만든 오메기 떡을 원료로 하고 누룩에 의하여 발효된 서민용 약주의 한 종류이다. 원래 차좁쌀을 원료로 하여 만들어졌던 오메기 술은 제조 방법과 사용 원료에 대한 많은 변천을 거치면서 현재는 곡류로 차좁쌀뿐만 아니라 쌀도 혼용하고 있으며 그 외 각종 약초들도 첨가되고 있다. 제주 지역 전통 약주인 이 오메기 술중에서 현재 대표적으로 상품화 되어 있는 것은 “우리 영농 조합법인”에서 생산하고 있는 제주도 전통 좁쌀 약주(상품명: 으뜸의 샘)이다. 이 제품은 그 동안 시판되면서 기술적인 문제로는 상품의 유통 중에 때때로 일부 제품에서 침전 형성으로 인하여 반품되는 것을 방지하는 것이다. 특히 외국 수출품인 경우에는 엄격한 수입국의 품질 검사를 거치게 되므로 일반에서는 문제가 되지 않는 미세한 침전도 검사대상이 되어 반품되는 경우가 있으며 이는 경제적인 손실뿐만 아니라 회사 신용도 및 기

술 수준에 대한 경제 외적인 손실도 발생하게 된다. 이러한 문제는 평균적으로 연간 총 출하 제품에 대하여 0.3%정도의 제품에서 발생하는 것으로 알려져 있으며 이 문제의 원인 파악과 근본적으로 해결될 수 있기를 제조업체에서는 바라 고 있다.

이 문제를 해결하기 위하여 먼저 현재 이들 제품이 만들어 지는 제조 공정 중 여과에 관 한 공정을 중심으로 조사하여 본 결과는 다음과 같았다.

원료 → 발효(7-10일) → 1차 압착 여과 포 여과 → 2차 filter press 여과 → 3차 원통형 정밀 여과(microfiltration) → 순간 가열살균 → 열간 병입(hot filling) → 제품

이 공정은 일반 음료 및 소주 공장에서 사용하는 기구와 여과 매질을 사용하고 있으며 마지막 여과 공정인 원통 정밀 여과 시스템은 여과 매질의 기준 공극 크기가 1 μm 종이 여과 붕을 설치하여 사용하고 있다. 그러나 이러한 공정으로 처리하여도 제품의 유통 과정에서 침전물이 생성되는 이유는 몇 가지로 추론할 수 있었다. 즉 유통 과정 중 온도 변화에 의하여 가용성 성분 등이 서로 결합하면서 고분자화 되어 침전물이 생성되는 경우와 원래 불용성인 입자들이 최종 여과 에 사용되는 여과 매질의 공극 크기가 적절히 선택되지 못하여 여과에 의하여 제거되지 못하고 그대로 통과 되어 제품에 남아 있다가 시간의 경과에 따라 이 들이 침전 하는 경우 등을 생각할 수 있다. 우선 가용화 성분이 유통

Corresponding author : Yeungjoo Kang, Department of food science and Engineering, College of Engineering, Cheju National University, 1 Ara-1-dong Jeju 690-756, Korea
E-mail : yjkang@cheju.ac.kr

과정 중에 불용화는 이들 가용 성분을 제공하는 원료 또는 생성 공정을 개선하는 것이다. 그러나 양조 주류에서 생성되는 혼탁 침전물은 주로 숙성 유통 저장 중에 생성되며 주류의 원료와 종류에 따라 차이는 있으나 단백질을 주축으로 하고 있으며 특히 약칭 주계인 경우에는 대부분 발효에 필수적인 amylase 효소의 혼입으로 추정되고 있다(2). 따라서 발효 원료를 변경하는 것은 근본적인 제품의 품질 변화를 초래할 우려가 있으므로 어렵다. 또 한 가지 방안은 유통기간 중 온도 변화 또는 침전물이 생성되는 온도를 피하는 방법이나 국내에서 약주는 소비자에 따라서 찬 것을 좋아하는 경우와 실온의 것을 좋아하는 경우 두 가지로 극단적으로 나누어 저 있을 뿐만 아니라 유통 과정 중 일정한 온도를 유지한 것은 상당히 어려운 일이다. 그러므로 이 제품에서 침전물 생성을 억제하는 방법은 가혹할 정도의 유통 온도 변화에서도 상당 기간 침전물이 생성되지 않는 여과 기구 및 여과 매질의 공극 크기를 결정하여야 한다.

이러한 혼탁 침전물의 제거 방법으로 물리화학적인 여러 가지 방법을 들 수 있으며 저자 등은 특히 좁쌀 약주에 대한 청정화 방법에 관한 연구 결과를 발표한 바 있으며 이 연구 결과에 따르면 원심 분리 방법 단독으로는 혼탁 물질이 완전 제거는 불가능하며 단백 분해 효소에 의한 방법도 좋으나 한외 여과(UF)에 의한 방법이 가장 좋은 것으로 조사되었다(3). 그러나 이 연구에서 사용된 평판 막과 공극 크기인 0.22 μ m과 100k MWCO(molecular weight cut off)는 좀더 산업적인 여과 효율을 얻기 위해서는 좀더 세밀한 검토를 필요로 하고 있다. 이러한 막 여과 방법은 그동안 여과 매질인 막의 제조 및 운용 방법의 발전에 힘입어 양조 주류를 포함하는 발효 공업 분야뿐만 아니라 거의 전 식품 산업 분야에서 주요 여과 수단으로 이용되고 있으며, 산업적으로는 평막 형태보다도 설치 장소, 운용 경비, 세척 및 설치비 면에서 산업적으로 유리한 중공 사막(hollow fiber membrane) 형이 많이 사용되고 있다(4,5). 특히 양조주 산업에서 한외 여과는 비 가열 제품의 생산에 이용하려는 시도들이 이루어지고 있다(6-10).

따라서 이 연구에서는 좁쌀 약주에서 혼탁 침전 생성을 방지하기 위한 효과적인 여과 공정을 검토하기 위하여 실시하였다. 최종 여과 매질의 정확한 공극 크기를 결정하기 위하여 현재 제품화 공정에서 최종 여과 매질로 사용하는 원통형 정밀 여과기의 기준 공극 크기인 1 μ m을 중심으로 하여 2.7-0.7 μ m의 공극 크기를 가지는 실험실 용 유리 막 여과지(glass membrane filter paper) 수종과 이보다 더 적은 공극 크기를 가지는 중공사 막(hollow fiber system) 카트리지를 이용한 여과액을 제품화한 후 저온(4 $^{\circ}$ C 기준)과 실온을 48시간씩 반복하면서 3개월 저장 기간 중에 침전물 생성 관찰과 성분 변화를 측정하여 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

이 연구에 사용된 시료는 좁쌀 30%, 쌀70% 및 섬 오갈피 등 한약재 약간을 혼합하여 기존의 방법(3)에 따라 전통 약주 제조 회사(우리영농조합 법인: 제주도 북제주군 애월읍 상가리 1997번지 소재)에서 시판하고 있는 “오름의 샘” 약주용으로 만든 발효액에서 150mesh 여과 포를 사용한 1차 압착 여과액을 공장 현장에서 채취하여 실험실로 운반 후 No. 2 Toyo 여과지로 여과한 여액을 원 시료로 하여 실험하였다.

여과공정

여과는 여과지 여과와 정밀 여과를 위하여 cartridge 여과로 나누어 실시하였다. 여과지 여과에 사용된 여지는 Whatman glass microfibre filter GF/D(2.7 μ m), GF/A(1.6 μ m), GF/C(1.2 μ m, GF/B(1.0 μ m)), GF/F(0.7 μ m) 각 11cm 여지 1장을 진공펌프가 연결된 자체 누두에 깔고 시료액 1L을 감압 여과(평균 560mm Hg)하면서 여과시간을 측정하였다. 좀더 정밀 여과를 위한 장치는 한외 여과 막 시스템(Quixstand™ Benchtop system, A/G Technology Co., Needham MA USA)을 이용하고 사용된 막은 polysulfone 재질의 중공 사막(hollow fiber)으로 막의 공극 크기는 0.45, 0.2 μ m과 500K dalton (Nominal Molecular Weight Cut-off, NMWC) 3종류의 막의 공극 크기를 가진 cartridge를 사용하였으며, 각 cartridge의 유효 막 면적은 0.45 및 0.2 μ m막은 내경1mm에 420cm²이고 500K는 내경 0.5mm에 650cm²인 것을 사용하였다. 여과는 카트리지를 입구 압력이 2.5psi를 유지하도록 코크를 조절하면서 1L 시료액이 여과되는 시간을 측정하였다. 실험에 사용된 여지와 cartridge의 특성을 종합하면 Table 1.과 같다. 여과 flux는 1L 여과에 소요된 여과 시간에 의하여 lmh(L/m².hr)로 환산 표시하였으며, 중공사 막 카트리지에 한하여 시간에 대한 여과 flux의 변화는 총 1L 여과 시 100ml 단위로 측정된 여과 시간에 의하여 lmh로 계산하였다(11).

성분 분석

여과된 시료는 즉시 열탕에서 65 $^{\circ}$ C가 될 때까지 가열 살균한 후 150ml 투명 유리병에 밀봉하였다. 에탄올 함량은 증류법에 의하여 증류한 액의 비중을 측정한 후 15 $^{\circ}$ C에서의 추정 도로 환산하였고, 총산은 시료 10ml에 bromothymol blue와 neutral red 혼합 지시약을 가한 후 0.1N NaOH 용액으로 적정하여 succinic acid로 환산하였다(3). 가용성 고형분은 Abbe 굴절 당도계(Atago Co., Japan)에 의하여 측정하고, 환원당은 Somogyi-Nelson법으로 측정하였다(12). 여과 시료의 탁도는 분광광도계를 이용하여 660nm에서 흡광도를

측정하였으며, 색도는 색차계(TC-1, Tokyo Denshoku Co., Japan)에 의하여 L, a, b값을 측정하여 표시하였다. 저장 조건은 상온과 저온(4℃)을 각각 48시간 씩 반복하면서 저장 중 혼탁 생성은 육안으로 관찰하였으며, 정지 상태에서 밑바닥에 침전이 보이면 strong(+++), 약간 흔들었을 때 침전이 확인되면 medium(++), 눈높이에서 서서히 기울이면서 세밀한 관찰에 의하여 침전이 확인되는 경우는 weak(+)로 표시하였다. 저장 중 성분 변화는 1개월 마다 3개월 동안 측정하였다. 여과 실험은 2회 반복 실험을, 성분 분석은 3회 반복 실험 평균값으로 표시하였다.

Table 1. Glass filter paper and hollow-fiber cartridges used for filtration of foxtail millet *Yakju*

Items	Model	Maker	Area(cm ²)	Pore Size	Inner Dia.	Operating pressure
Glass filter papers	GF7D	Whatman	95	2.7	5.5cm	560mm Hg
	GF7A	//	95	1.6	//	//
	GF7C	//	95	1.2	//	//
	GF7B	//	95	1.0	//	//
	GF7F	//	95	0.7	//	//
Hollow-fiber cartridges	CFP-4E-4A	A/GTec. Co.	420	0.45	1mm	Inlet:2.5psi,
	CFP-2E-4A	//	420	0.2	1mm	//
	UFP-500C-4A	//	650	500K	0.5mm	//

결과 및 고찰

막 종류에 따른 여과 flux의 변화

모든 식품 공장에서 여과 공정에서 문제가 되는 것은 여과 속도이다. 아무리 여과액의 질이 우수하여도 여과 속도가 너무 느리거나 시간에 따른 속도 변화가 심하다면 그 여과 시스템은 사용하기 어렵게 된다. 좁쌀 약주 시료 액에 대한 여과 flux 측정 결과는 Fig. 1과 같다. 유리 막 여과지(Glass membrane filter paper)를 사용한 여과에서는 공극이 적어짐에 따라 점진적으로 flux가 감소하고 있으나 1.6 μ m 공극 크기에서 1.2 μ m 공극 크기로 적어지면서 flux가 약 1400 lmh(L/m².hr)에서 970 lmh로 약 30%로 감소하여 다른 구역에서 10%로 내외가 감소하는 것에 비하여 상당히 크게 감소하고 있다. 이는 이 시료에 존재하는 불용성 입자들이 크기가 1.2 μ m 막 여과를 어렵게 만들 정도의 것이 대부분이라는 것을 의미한다. 중공 사막 시스템(hollow fiber system)인 경우는 공극 크기는 0.45 μ m에서 0.2 μ m으로 약 55%감소함에 비하여 flux는 343 lmh에서 245 lmh로 30% 감소에 그치고 있는 것으로 조사되었다. 그러나 중공 사막 시스템에서도 UF(ultrafiltration)에 속하는 500K인 경우는 약 35 lmh로 조사되어 많은 량을 산업적으로 여과하는 경우에는 경제적이 못하며 꼭 필요한 경우는 예비 여과 단계가 필요할 것으로 조사되었다. 비 가열 처리 주류 제품을 생산을 위한 연구에

서도 0.45 μ m 막 여과를 예비 여과로 하고 Biomax 100K 여과인 경우에 78.9(복숭아 주)와 100(포도주)lmh를 보고(9,10)하고 있으나 모듈 형태와 적용 압력이 다르기 때문에 이와 직접 비교는 곤란하다. 또한 유리 막 여과지 0.7 μ m에 비하여 중공 사막 0.45 μ m 카트리지 여과인 경우도 약 35% 공극 크기 감소에 비하여 773.0 lmh에서 342.8 lmh로 flux가 크게 감소하고 있으나 이는 여과 압력 방식과 에너지 차이가 있기 때문에 정확한 비교는 어렵다 그러나 적용된 에너지인 560 mmHg(유리 막 여과지)와 2.5 psi(중공 사막 카트리지)에 대하여 560 mmHg를 psi단위로 환산하면 10.8psi가 되며 이를 다시 단위 면적당으로 계산하여 에너지 면에서 단순 비교하면 유리 막 여과지 여과인 경우가 중공 사막 여과에 비하여 단위 면적당 약 19배 강한 에너지가 적용된 것으로 계산된다. 따라서 유리 막 여과지 여과의 여과 flux가 오히려 중공 사막의 여과 flux보다 적다고 할 수 있다. 물론 일정 단위시간에 측정된 여과 flux가 높다고 전체적으로 여과 효율이 좋은 것으로 항상 평가할 수는 없으나 일반적으로 중공 사막 여과 시스템이 에너지 효율 면에서 높은 여과 방법으로 알려져 있다(5).

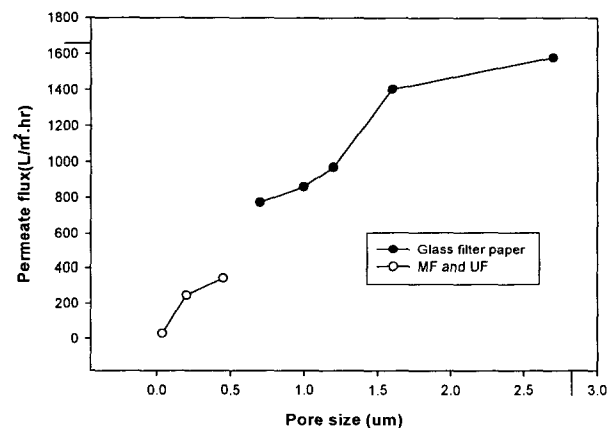


Fig. 1. Changes in permeate flux of foxtail millet *Yakju* using glass membrane filter papers(at 560 mmHg), MF and UF systems(at 2.5 psi) with different pore size.

또한 순간 여과 flux가 높다고 여과 효율이 좋은 것은 아니고 여과 시간 경과에 따라 변하는 여과 flux의 변화도 상당히 중요하다. 유리 막 여과지인 경우에는 1L 여과 시간이 상당히 짧아서 측정이 어렵고 실제적으로 측정 가능한 중공 사막 카트리지 시스템에 대하여 시간에 따른 여과 flux의 변화를 측정된 결과는 Fig.2와 같다. MF에 해당하는 0.45 및 0.2 μ m 중공 사막 카트리지에서는 각각 약 950 lmh에서 330 lmh 및 약 570 lmh에서 220 lmh 까지 급속히 여과 flux가 감소하고 있으며 그 후는 감소 속도가 줄어드는 것으로 조사되었다. 그러나 500K UF인 경우에는 여과 flux가 약 50 lmh에서 시작하여 35 lmh로 감소한 다음 거의 일정한 수준을 나타내는 것으로 조사되었다. 이러한 여과 flux의 감소는

fouling과 농도 분극의 발생으로 생기는 것이며 이는 이 시료 액에 존재하는 불용성 입자들이 상당 부분 0.2 또는 0.45 μ m 중공사 막의 공극에 끼어 들어가는 정도의 입자가 많아서 공극이 폐쇄되는 경우가 많은 데 비하여 500K UF인 경우에는 공극이 크기에 비하여 입자의 크기가 너무 크기 때문에 공극 위에 겹겹이 쌓여 있어서 공극을 폐쇄되는 현상은 없으며, 용액이 입자들 사이를 스며드는 현상에 의하여 거의 처음부터 소량 씩 일정량만 여과되어 처음부터 작은 flux를 계속적으로 나타내는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 이러한 여과 flux가 시간에 따라 감소가 큰 0.45 및 0.2 μ m 카트리지를 산업적으로 이용하기 위해서는 본 여과 공정 이전에 예비 여과 단계를 두어서 처리 공정을 추가하거나 일정 기간 운용한 후 정기적으로 역 세척을 실시하여야 여과 효율을 높일 수 있다. 현재 이 시료 제조 현장에서 마지막 여과 처리 공정인 1 μ m 정밀 여과지 원통 여과 공정 다음에 0.45 μ m 중공사막을 설치하는 것이다. 즉 기존 마지막 여과 공정을 예비 여과 단계로 설정하여 조합하는 방식으로 여과 시스템을 구성한다면 여과 시간에 따른 여과 flux 감소를 상당히 줄일 수 있으며 중공사막 카트리지 수명도 상당히 연장할 수 있어 실용성이 크게 증가된 공정이 될 것이다.

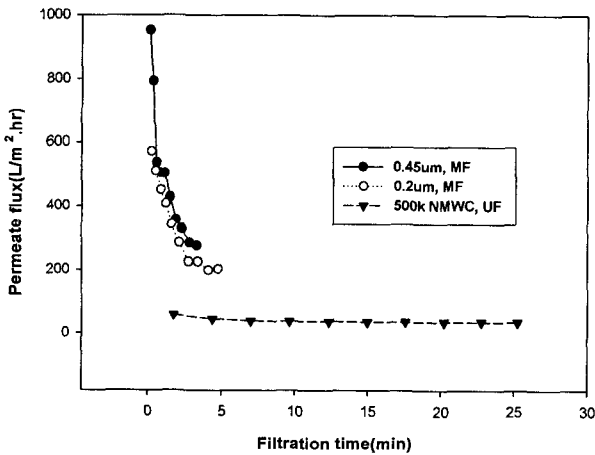


Fig. 2. Effects of time on the permeate flux of foxtail millet yakju using hollow-fiber MF and UF system(at 2.5 psi of inlet pressure).

막 종류에 따른 여과액 성분 변화

여과에 따라 약주 성분 변화를 측정 결과는 Table 2와 같다. 알코올, 총산 및 pH 항목은 여과 매질의 변화에 따라 거의 변화가 없다. 그러나 환원당, 가용성 고형 분은 정밀 여과가 될 수록 약간 감소하는 경향을 보이는 것으로 조사되었으나 오차 범위 이내로 큰 차이는 없다고 생각된다. 가장 큰 차이를 나타내는 것은 탁도로 여과 매질의 공극 크기가 작아 질 수록 O. D. 값이 작아지고 있다. 그리고 색차 값에 있어서도 투명도(L) 값은 큰 차이는 없으나 약간 씩 높아져서 투명도가 증가하는 것으로 조사되었으며, 황청도

(b)값은 거의 차이가 없으나 적록도(a) 값은 차이가 있어서 크게 차이가 나는 것은 아니나 정밀 여과 쪽으로 갈수록 값이 증가하여 전체적인 색택이 옅어지는 경향을 보였다. 결론적으로 이 조사 결과는 여과 매질의 공극 차이에 의하여 물리화학적 변화는 크지 않다는 것을 의미한다. 실제로 가장 문제가 되는 투명도에서도 2.7 μ m인 유리 막 여과지인 경우에도 여과 직후에는 약85로 가장 투명도가 높은 500K UF의 약87과 큰 차이가 없었으나 전반적인 색택은 약해지는 경향을 보였다.

Table 2. Physical and chemical properties of foxtail millet Yakju

Items	Original ¹⁾	Glass membrane filter papers(μ m)					Hollow fiber system(μ m)			
		2.7	1.6	1.2	1.0	0.7	0.45	0.2	500K	
Ethanol (15 $^{\circ}$ C, %)	17.7	17.8	17.8	17.8	18.0	18.0	17.7	17.4	17.4	
Reducing sugar(mg/100 ml)	31.62	31.53	32.25	31.61	31.21	30.28	30.33	29.50	28.20	
Total acidity (% v/v)	0.35	0.34	0.33	0.33	0.33	0.32	0.33	0.33	0.32	
Soluble solid(OBrix)	9.0	9.0	9.0	8.9	8.9	8.9	8.6	8.5	8.4	
pH	3.9	3.5	3.5	3.9	3.9	3.8	3.4	3.4	3.5	
Turbidity(O.D. at 660 nm)	0.565	0.039	0.024	0.017	0.015	0.016	0.014	0.011	0.009	
Color difference	L	49.66	84.79	84.66	85.59	86.45	86.34	86.47	86.91	87.43
	a	0.38	-0.53	-0.61	-0.73	-0.69	-0.72	-0.70	-0.80	-0.87
	b	9.43	13.52	13.54	13.62	13.64	13.58	13.58	13.43	12.76

¹⁾ Sample solution filtered with Toyo No.2 filter paper.

저장 중 변화를 보기 위하여 각 여과 매체로 여과된 시료는 살균 밀봉되어 투명 유리병에 밀봉하고 저온(4 $^{\circ}$ C)과 상온을 48시간 씩 반복하면서 저장하였다. 저장 기간 중 변화에 대한 결과는 Table 3과 같다. 저장 중에 내용물에 대한 화학 성분 변화는 거의 없는 것으로 생각되며 실제 측정 결과도 확연히 침전이 많이 생긴 원 시료에서는 화학 성분 변화에 대한 차이가 인정되었으나 그 이외의 시료에서는 인정되지 않아서 측정 결과는 생략하였다. 탁도에서는 약간씩 흡광도가 적어지는 경향이 있었으며 특히 침전이 형성된 시료에서는 측정값이 적어지는 경향을 보였다. 그러나 색차 변화에서 투명도(L) 및 a(적록도) 값에 대한 변화는 원 시료인 경우에는 저장에 의하여 침전이 다량 발생으로 인하여 L에서는 증가, a에서는 감소하여 투명도가 높아지는 것을 알 수 있었으나 여과 시료에서는 일정한 변화를 보이지 않았다. 그러나 b(황청도) 값은 원 시료뿐만 아니라 모든 여과 시료에서도 저장에 따라 약간씩 증가하는 경향을 보여 저장에 따라 황색 도가 약간 증가한다고 할 수 있다. 그러나 이 경향도 1개월에서는 증가하나 2개월 이상에서는 변화가 크지 못하여 저장 초기에 일어나는 현상으로 해석할 수 있다.

Table 3. Characteristic changes of foxtail millet *Yakju* during storage

Items	Storage month	Original ¹⁾	Glass membrane filter paper(μm)					Hollow fiber system(μm)			
			2.7	1.6	1.2	1.0	0.7	0.45	0.2	500K	
Turbidity(O.D at 660 nm)	0	0.565	0.039	0.024	0.018	0.021	0.016	0.011	0.011	0.009	
	1	0.488	0.022	0.023	0.019	0.018	0.017	0.015	0.014	0.011	
	2	0.414	0.011	0.015	0.012	0.015	0.010	0.015	0.010	0.010	
	3	0.410	0.018	0.020	0.018	0.018	0.015	0.009	0.008	0.010	
L	0	49.66	84.09	84.66	86.39	86.45	86.14	86.37	86.91	87.43	
	1	52.76	85.37	84.88	85.09	84.95	86.37	85.99	85.88	84.81	
	2	56.18	84.50	84.97	84.94	85.10	86.16	84.97	85.18	84.50	
	3	65.27	86.30	85.71	86.58	86.48	84.64	84.73	84.92	84.20	
Color difference	0	0.38	-0.53	-0.61	-0.73	-0.69	-0.72	-0.70	-0.80	-0.87	
	1	0.17	-0.42	-0.60	-0.48	-0.67	-0.60	-0.69	-0.82	-0.76	
	2	0.04	-0.54	-0.22	-0.59	-0.61	-0.98	-0.73	-0.85	-0.90	
	3	-0.60	-0.97	-0.80	-0.89	-1.05	-0.73	-0.67	-0.78	-0.55	
a	0	9.43	13.52	13.54	13.62	13.64	13.58	13.58	13.43	12.76	
	1	10.10	15.48	17.22	16.45	16.89	15.06	17.10	16.40	16.39	
	2	11.20	15.32	15.84	14.83	16.25	15.971	16.75	16.80	16.50	
	3	12.71	16.26	17.81	15.83	16.92	14.16	17.33	17.21	18.80	
b	0 ³⁾	+++	+++	+	+	+	+	-	-	-	
	1	+++	+++	++	+	+	+	-	-	-	
	2	+++	+++	++	+	+	+	-	-	-	
	3	+++	+++	++	+	+	+	-	-	-	
Formation of ppt. ²⁾	0	+++	+++	++	+	+	+	-	-	-	
	1	+++	+++	++	+	+	+	-	-	-	
	2	+++	+++	++	+	+	+	-	-	-	
	3	+++	+++	++	+	+	+	-	-	-	

¹⁾ sample solution filtered with Toyo No. 2 filter paper.

²⁾ +++:strong, ++:medium, +:weak.

³⁾ Formation of ppt. within 1-2 weeks storage.

이 연구에서 가장 중요한 침전 형성 가능성을 검사하기 위하여 저온(4°C)과 실온을 48시간 씩 반복하는 실지 유통 과정 보다는 심한 온도차 저장 조건하에서 실시하였다. 원 시료인 No. 2여과지 여과 시료는 저장 2-3일 후부터 침전이 생기기 시작하였으며 2.7 μm 유리 막 여과지 여과 시료는 저장 일주일 정도에 침전이 포장 병 밑바닥에 형성되었다. 그러나 나머지 유리막 여과지 여과 시료에서도 저장 2주 정도까지는 세밀한 관찰 시 소량이 부유물이 침전 형성을 확인할 수 있었다. 1.6 μm 유리 막 여과지 여과 시료인 경우 저장 1 개월 정도에서는 침전 형성 정도가 증가하여 자세히 관찰하지 않아도 침전을 확인할 수 있었다. 1.2, 1.0 및 0.7 μm 유리 막 여과지 여과 시료의 침전 형성은 저장 기간 증가에 의하여 증가하는 것이 관찰되지 않았으며 이들이 침전은 전문가적인 즉 침전 형성에 대한 계속적인 관찰 과정에서 확인할 수 있는 정도이며 일반적인 상품 소비에는 큰 문제가 없을 정도이다. 그러나 일반 여과에서 상당히 정밀 여과에 속하는 0.7 μm 유리 막 여과지 여과일지라도 완벽하게 침전물 형성을 막을 수는 없는 것으로 확인되었다. 그러나 중공 사막 여과에서는 저장 3 개월째까지 침전 형성이 거의 없는 것으로 관찰되고 있다. 따라서 이 좁쌀 약주 제품에서 일반적인 소비를 위한 제품에서 침전 형성을 막을 수 있는 여과

지 매질의 공극 크기의 경계는 1.0-1.2 μm 정도로 생각되며 현재 공장에서 최종 여과 공정으로 채용하고 있는 1 μm 공극 크기인 원통형 정밀 여과기는 일반적인 제품에서 침전 방지 용으로는 적당한 것으로 판단된다. 그러나 일반적으로 산업용 여과 매질이 공극 크기의 오차가 $\pm 20-30\%$ 인 점을 감안하면 경우에 따라서는 여과 매질 공극크기가 1 μm 기준이지만 부분적으로 1.2-1.3 μm 으로 커져서 일부의 제품에서 침전 형성 제품이 유통 과정에서 생길 우려가 있다. 따라서 수출품 등과 같이 좀더 침전 형성 제품 발생 확률을 줄이기 위해서는 공극 크기를 0.7 μm 이하로 좀 더 줄여야 할 것이다. 그러나 여과 효율 면에서 이렇게 공극 크기를 줄이는 경우에는 중공 사막 시스템을 도입하는 것이 여과 효율을 증가시키면서 거의 완벽하게 침전 형성을 막을 수 있는 방법으로 생각된다. 특히 외국으로 수출품인 경우에는 전문가 입장에서 이물질 형성이 검사가 이루어지는 것이 보통이기 때문에 이들 제품을 위해서는 0.7-0.45 μm 의 공극 크기를 가지는 중공 사막 여과 카트리지가 장치의 도입이 필요한 것으로 판단된다. 만약에 현재 이 시료 제조 현장에서 마지막 여과 시스템으로 적용하고 있는 1 μm 정밀 원통 여과지 여과 공정 다음에 0.45 μm 중공 사막 카트리지가 여과 공정을 도입한다면 앞에서 계산된 0.45 μm 중공 사막 카트리지가 flux인 342.8 l/mh 도 상당히 증가할 것이다. 이를 기준으로 하여 계산하여 보면 이 카트리지를 1m² 정도 설치한다면 이 제조 현장의 일회 생산 제품 량인 800L 정도는 약 2시간 정도 여과로 처리가 가능할 것으로 생각된다.

요 약

제주 지역의 대표적인 좁쌀 약주 제품에 대하여 유통 과정 중에 발생하는 침전 형성을 방지하기 위하여 여과 공정에 관한 연구를 실시하고 개선 방안을 제시하였다.

여러 공극 크기의 유리 막 여과지와 중공 사막 카트리지가 여과 매질을 가지고 좁쌀 약주를 여과한 결과, 대부분이 침전 형성 가능한 입자들은 1.2 μm 공극 크기의 여과 매질에 의한 여과로 제거 되는 것으로 조사되었다. 0.45 μm 중공 사막 카트리지가인 경우 여과 flux는 342.8 l/mh로 계산되었다. 여과에 따른 성분 변화는 크지 않은 것으로 조사되었다. 그리고 4°C와 실온을 48시간 씩 반복하면서 3개월간 저장 중 0.7 μm 공극 크기의 유리 막 여과지에 의한 여과에서도 미세한 침전 형성이 관찰되었다. 그러나 중공 사막인 경우에는 0.45 μm 에서도 침전 형성이 관찰되지 않았다. 따라서 완벽한 침전 형성 방지를 위해서는 현재 최종 여과 공정인 1 μm 정밀 원통 여과지 공정 다음에 0.45 μm 중공 사막 여과 시스템 도입이 효과적이다.

감사의 글

이 연구는 2002년도 과학기술부 KISTEP의 연구비 지원에 의하여 이루어진 연구 결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 고정삼 (2003) 제주의 술. 제주문화, p.29
2. 長谷川忠男 (1975)食品酵素高分子學概論(下)-酵素の利用- 知人書館, p.92
3. 김효선, 양영택, 정용현, 고정삼, 강영주 (1992) 좁쌀 약주의 청징화. 한국식품과학회지, 24, 101-106
4. 장규섭 (1999) 막분리 공정의 발효식품에의 응용. 식품과학과 산업, 32, 2-13
5. Girard, B and LR Fukumoto (2000) Membrane processing of fruit juices and beverages: a review. Critical Reviews in Biotechnology, 20, 115
6. 강미영, 박영서, 목철균, 장학길 (1998) Membrane filtration에 의한 약주의 저장성 증진. 한국식품과학회지, 30, 1134-1139
7. 강현아, 장규섭, 민용규, 최용희 (1998) 미세 여과와 한외 여과를 이용한 대추술의 고품질 화. 한국식품과학회지, 30, 1146-1151
8. 김동한, 임중환, 정순택 (1999) 벌꿀 발효주의 청징과 숙성. 한국식품과학회지, 31, 1330-1336
9. 정재호, 목철균, 임상빈, 박영서 (2003) 한외여과공정을 이용한 포도주의 품질개선. 한국식품과학회, 35, 386-392
10. 정재호, 목철균, 임상빈, 박영서 (2003) 복숭아 발효시 이화학적 특성 변화와 한외여과에 의한 품질 향상. 한국식품영양과학회지, 32, 506-512
11. A/G Technology Co. (2000) UF/MF operating guide2000/2001. A/G Technology Coperation Co. Needham MA. U. S. A., p 6
12. Hatakana, C. and Kobara, Y. (1989) Determination of glucose by a modification of Somogyi-Nelson Method. Agri. Biol. Chem., 44, 2943-2949

(접수 2003년 9월 21일, 채택 2003년 11월 21일)