

재래식 간장의 한외여과시 공급액의 주입속도와 잔류액의 용량감소율이 간장의 투과유속, 미생물균체 및 성분저지율에 미치는 영향

권광일 · 이종구 · 최종동¹ · 정현채 · 임무혁² · 김기주 · 김우성³
성준현⁴ · 권오준 · 김영지⁵ · 서정식⁵ · 최 청 · 최광수*

영남대학교 식품가공학과, ¹대구식품의약품안전청, ²식품의약품안전청,
³부산식품의약품안전청, ⁴경인지방식품의약품안전청, ⁵영남이공대학 식품영양학과

Effects of Flow Rate of Feed *Kanjang* and Volume Reduction Ratio of Retentate on the Permeate Flux and Rejection of Microbes Cells and Components in *Kanjang* during Ultrafiltration Operations

Kwang-Il Kwon, Jong-Gu Lee, Jong-Dong Choi¹, Hyun-Chae Chung, Moo-Hyeog Im²,
Ki-Ju Kim, Woo-Seong Kim³, Jun-Hyun Sung⁴, O-Jun Kwon, Young-Ji Kim⁵,
Chung-Sik Suh⁵, Cheong Choi and Kwang-Soo Choi*

Department of Food Science and Technology, Yeungnam University

¹Daegu Regional Food and Drug Administration

²Korea Food and Drug Administration

³Busan Regional Food and Drug Administration

⁴Kyungin Regional Korea Food and Drug Administration

⁵Department of Food Nutrition, Yeungnam College of Science and Technology

Ultrafiltration (UF) tests performed on traditional soy sauce (*kanjang*) using UF flat membrane test cell unit with thin film laminar flow similar to the spiral type membrane module in batch operations revealed reduction in permeate flux is proportional to the logarithm values of volume reduction ratio of the retentate *kanjang* at different feed rate of *kanjang*. Feed rate of 1.5 L/min was found to be adequate for long-term UF operation of *kanjang* using the test unit attached with MW cut-off size of 200,000 dalton polyolefin plastic membrane in batch operation with the least concentration polarization. The higher the feed rate of *kanjang*, the lower the permeability of total nitrogen and NaCl, resulting in lower optical density at 500 nm and lower permeability of minerals such as Cu, Mn, and Mg. Microbial cells were completely rejected regardless of the feed rate, whereas most free amino acids were not.

Key words: *kanjang*, flux, volume reduction ratio, rejection, ultrafiltration, concentration polarization

서 론

발효식품, 음료류, 통조림 식품 등의 가공식품에 안정성과 저장성을 부여하기 위하여 가열살균을 할 때 열에 의한 영양성분의 파괴와 휘발성분의 손실, 침전물의 생성, 갈변, 가열취의 발생, 연화 등 여러 가지 제품의 품질열화와 기호도에 부정적 영향을 줄 수 있다⁽¹⁾. 식품가공 중에 이러한 문제

점을 해결하기 위해 막분리 기술을 활용하고 있는데 간장산업에 이용하게 되면 미분해 단백질, 불순물 등의 제거로 인한 맛과 향의 향상, 완벽한 제균으로 인한 안전성의 확보, 침전물질의 제거로 간장의 품질을 높일 수 있다고 하였다⁽¹⁾.

막 이용기술을 간장산업에 이용한 연구로, Kusudo 등⁽²⁾은 살균한 간장의 찌꺼기로부터 간장을 회수하기 위하여 막여과를 이용하였고, Sakamoto 등⁽³⁾은 평막 종류별로 일본 간장의 여과실험과 성분분석을 실시하였으며, Sasaki 등⁽⁴⁾도 막여과에 따른 장류의 성분과 성질을 조사하고, 분획분자량이 클수록 평균 투과유속이 크다고 하였다. 이처럼 간장의 막여과는 간장의 색 안정성을 통한 품질향상을 위하여 주로 이용되었고 Choi 등⁽⁵⁾은 전통간장의 한외여과 기초실험을 실시한 결과 교반속도, 압력 및 분획분자량 10,000~200,000 dalton의

*Corresponding author : Kwang-Soo Choi, Department of Food Science and Technology, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea
Tel: 82-53-810-2954
Fax: 82-53-815-1891
E-mail: kschoi@yumail.ac.kr

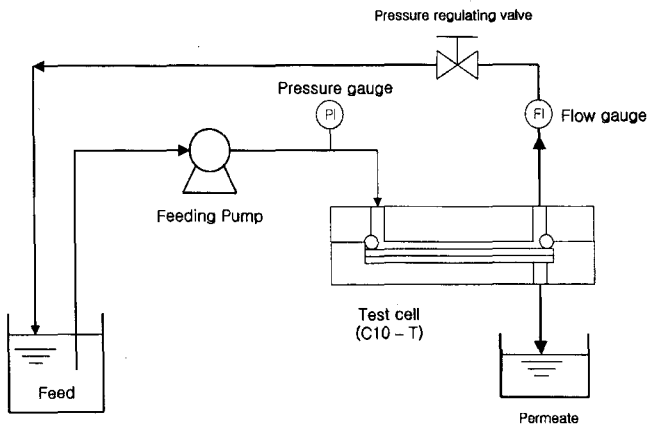


Fig. 1. Schematic diagram of ultrafiltration test of kanjang by batch process.

한외여과막은 투과간장의 주요성분에는 큰 영향을 주지 않았으며 간장에서 완전제균이 가능하고 기호도도 증가한다고 보고하였다.

그래서 본 연구에서는 농도분극현상을 감소시키면서 신속하게 간장내의 미생물균체와 부유입자를 제거하는 동시에 유효성분을 투과시키는 막여과 조건을 찾기위하여 pilot scale 한외여과막 module인 나선형 UF막 module과 유사한 흐름특성을 가진 박층류식 평막 test cell을 이용하여 재래식 간장의 한외여과시 공급액의 주입속도와 잔류액(retentate)의 용량감소율이 간장의 투과유속과 성분 및 미생물균체 저지율에 미치는 영향을 조사하여 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

공시재료

재래식으로 만든 메주와 20% 소금물을 1:3(w/w)의 비율로 혼합하여 담금한 간장 2L를 실온에서 6개월 간 숙성시키고 유압식 가압여과기(동남유압기, Korea)와 압여기(Model FT14, England)로 여과한 간장을 한외여과시험용 원료간장(공급액)으로 사용하였다.

한외여과장치

간장의 한외여과에 사용한 장치는 Membrane Master RUM-2의 저압 RO/UF/MF겸용 pump(magnet식 gear pump, Nitto denko, Japan)와 아크릴 수지로 만든 박층류식 평막 test cell C10-T(Nitto denko, Japan)에 분획분자량 200,000 dalton, 막표면적 60 cm²의 polyoleffin계 한외여과막(NTU-2120, Nitto denko, Japan)을 장착하여 한외여과실험을 실시하였다.

한외여과 실험

한외여과실험은 Fig. 1과 같이 원액 tank에 각각 공시간장(25°C) 2L를 넣고 원액 tank로부터 Membrane Master RUM-2 pump unit를 사용하여 공급액의 유속을 2.0 L/min, 1.5 L/min 및 1.0 L/min으로 각각 달리하여 박층류식, 평막 test cell내로 공급하면서 회분처리법으로 재래간장을 연속막여과하여 용량감소율이 5.0으로 될 때까지 잔류액(retentate)을 원액 tank내

로 반복 순환시키면서 각각의 공급액의 유속별로 한외여과 실험을 하여 공급액의 유속(flow rate)과 투과유속(flux), 저지율(rejection)의 관계, 용량감소율(volume reduction ratio)과 투과유속관계 및 공급액 유속별 경시적 투과액량의 변화를 조사하였다.

용량감소율은 최초의 공급액량(V_F)과 잔류액의 량(V_R)의 비(V_F/V_R)로 산출하였다.

저지율(rejection)은 특정의 용질이 막에 의하여 투과가 저지되는 비율을 나타내는 값으로서 저지율은 원액과 투과액의 각성분 및 미생물 수를 측정하고 다음 식에 의하여 각성분의 저지율을 환산하였다.

$$R_{obs} = \left(1 - \frac{C}{C_0}\right) \times 100(\%)$$

이 식에서 R_{obs}는 가저지율(apparent rejection)이며, C는 투과액중의 성분농도, C₀는 원액중의 성분농도이다.

투과유속(permeation flux or flux)은 단위 막면적을 단위시간에 투과하는 투과액량이고 관용적으로 단위는 L/m²·h(용량유속) 또는 kg/m²·h(질량유속)이 사용된다. 본 실험에서는 시간당 60 cm²의 막면을 투과한 액량을 측정하여 산출하였다.

미생물 및 이화학적 특성 분석

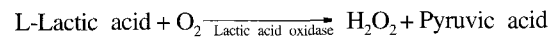
호기성 세균: 간장을 멸균증류수로 10배 단계 희석한 후 희석액 1 mL를 aerobic count petrifilm plate(3M, USA)에 접종하여 30°C에서 48시간 배양한 후 붉은 색으로 염색된 것을 colony로 하여 균수를 측정하였다⁽⁶⁾.

수분, 총질소, NaCl 및 pH 측정: AOAC법⁽⁷⁾에 따라 수분은 상압 가열건조법으로 측정하였고, 총질소는 Kjeldahl법으로 측정하였으며, NaCl은 AgNO₃ 적정법을 사용하였고, pH는 pH meter(Hanna, USA)로 측정하였다.

갈색도: Permeate 간장 5 mL를 취하여 증류수로 10배 희석한 다음 0.45 μm membrane filter로 여과한 후, 이 액을 spectrophotometer(Pharmacia, Sweden)를 이용하여 500 nm에서 흡광도를 측정한 후 희석배수를 곱하였다⁽⁸⁾.

광투과도(%T): 시료 간장을 spectrophotometer(Pharmacia, Sweden)를 이용하여 500 nm에서 광투과도(%T)를 측정하였으며, 증류수를 대조구로 하였다.

Lactic acid: Yoda 등⁽⁹⁾의 방법에 따라 간장 시료를 일정한 비율로 희석하고 0.45 μm membrane filter로 여과한 후, 효소막을 이용한 YSI 2700 Select Biochemistry Analyzer(YSI Inc., USA)를 이용하여 분석하였다.



유리아미노산: 유리아미노산 분석은 간장 시료를 각각 아미노산 분석용 lithium citrate buffer로 20배 희석한 다음 0.45 μm membrane filter로 여과한 액을 아미노산 자동 분석기(Biochrom 20 amino acid analyzer, UK)에 주입하여 분리정량 하였다⁽¹⁰⁾.

무기이온: 간장은 습식법⁽¹¹⁾으로 간장의 유기물을 제거한 다음 초순수로 정용하여 ICP emission spectrometer(Jobin-Yvon 38 Plus, Jobin사, France)로 분석하였다.

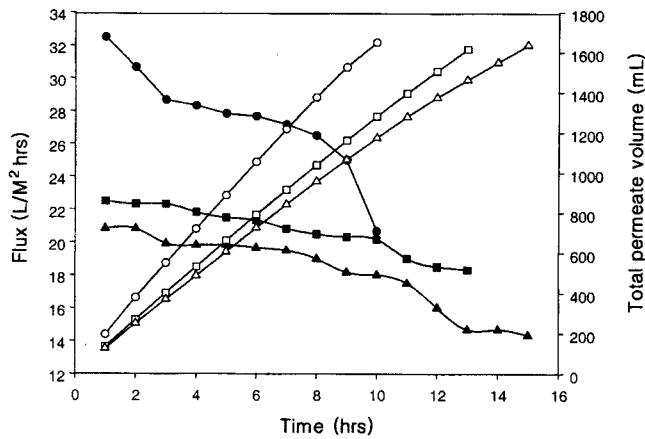


Fig. 2. Changes in the flux and volume of permeate during ultrafiltration of kanjang by batch process.
 ●: Flux at 2.0 L/min, 0.45 MPa feeding rate and pressure, ■: Flux at 1.5 L/min, 0.3 MPa feeding rate and pressure, ▲: Flux at 1.0 L/min, 0.15 MPa feeding rate and pressure, ○: Total permeate volume (mL) at 2.0 L/min, 0.45 MPa feeding rate and pressure, □: Total permeate volume (mL) at 1.5 L/min, 0.3 MPa feeding rate and pressure, △: Total permeate volume (mL) at 1.0 L/min, 0.15 MPa feeding rate and pressure.

결과 및 고찰

회분처리법에 의한 재래간장의 한외여과시 공급액의 주입 속도가 투과량, 투과유속 및 용량감소율에 미치는 영향

재래간장의 투과유속을 2.0 L/min, 1.5 L/min 및 1.0 L/min 으로 조절하여 분획분자량 200,000 dalton, 막 표면적 60 cm² 의 polyoleffin계 한외여과막을 장착한 박층류식 평막 test cell 내로 회분처리법으로 공시 재래간장을 연속적으로 주입하면서 용량감소율이 5.0이 될 때까지 잔류액을 원액 tank내로 반복 순환시키면서 각각의 공급액 주입속도별로 재래간장의 한외여과시험을 실시하여 얻은 간장 공급액의 주입속도별 경시적 투과액량, 투과유속변화를 조사한 결과가 Fig. 2에 나타나 있으며 공급액 간장의 주입속도가 간장의 투과유속 및 용량감소율에 미치는 영향이 Fig. 3에 나타나 있다.

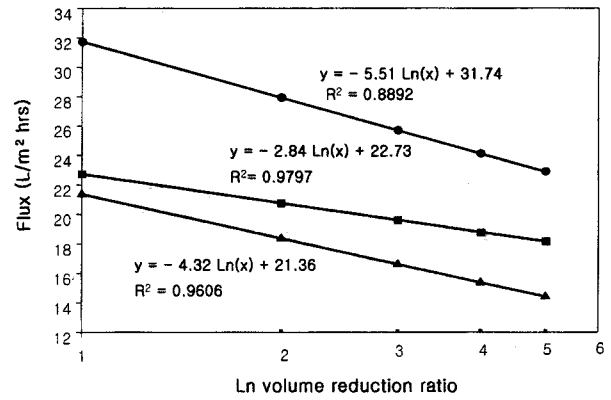


Fig. 3. Effects of feeding rate of kanjang on the flux and volume reduction ratio during ultrafiltration of kanjang by batch process.

●: Flux at 2.0 L/min, 0.45 MPa feeding rate and pressure, ■: Flux at 1.5 L/min, 0.3 MPa feeding rate and pressure, ▲: Flux at 1.0 L/min, 0.15 MPa feeding rate and pressure.

Fig. 2에서 보면 간장의 주입속도가 2.0 L/min으로 클 때는 초기 8시간까지는 투과유속과 투과액량이 주입속도 1.5 L/min 나 1.0 L/min보다 월등히 높았으나 8시간 이후부터 급격히 투과유속이 감소되었는데 이것은 막 부근에 농도분극(concentration polarization)이 생겼기 때문이라고 생각된다. 그러나 1.5 L/min와 1.0 L/min 유속에서는 초기 투과유속은 낮으나 장시간동안 투과유속의 변화가 적었다. 공급액 주입속도별 투과유속의 감소는 용량감소율의 대수 값에 비례하여 감소하였고 주입속도 1.5 L/min가 $Y = -2.84X + 22.73$ 으로 투과유속 감소속도가 가장 낮은 것으로 Fig. 3에 나타나 본 연구에서 사용한 분획분자량 200,000 dalton의 막에 의한 재래간장의 한외여과에서는 농도분극현상이 적으면서 장시간 회분처리법 한외여과에는 1.5 L/min의 공급액 주입속도가 적당할 것으로 보였다. 이 결과는 일본의 Sanbishi社가 일본 양조간장의 막여과 연구⁽¹²⁾에서 Tamari shoyu에서는 $Y = 13.6 \pm 2 - 4.39 \text{Ln}X$ 이고 Koiguchi shoyu여과에서는 $Y = 16.3 \pm 2 - 4.39 \text{Ln}X$ 로 나타나 일본간장도 막여과시 간장의 투과유속은 용량감소율

Table 1. Changes of the chemical compositions and viable cell counts of aerobic bacteria in raw, permeate and retentate kanjang during ultrafiltration at different feeding rate of raw kanjang by batch process (unit: %)

	Feeding rate and pressure						
	2.0 L/min, 0.45 MPa		1.5 L/min, 0.3 MPa		1.0 L/min, 0.15 MPa		
	K ¹⁾	PK ²⁾	RK ³⁾	PK	RK	PK	RK
Moisture	74.90	75.63	71.45	75.32	71.98	75.53	72.59
TN ⁴⁾	1.06	1.03	1.23	1.04	1.20	1.06	1.14
NaCl	19.58	18.56	20.02	19.43	19.58	19.33	19.14
Lactic acid	0.681	0.729	0.763	0.723	0.738	0.726	0.740
pH	5.09	5.11	5.17	5.11	5.17	5.08	5.15
Aerobic bacteria (CFU/mL)	1.2×10^5	n. d. ⁶⁾	8.0×10^5	n. d.	6.5×10^5	n. d.	4.6×10^5
OD ⁵⁾	2.29	1.50	5.31	1.59	4.65	1.85	4.16
T (%)	0.7	5.6	-	4.6	-	2.9	-

¹⁾Raw kanjang, ²⁾Permeate kanjang, ³⁾Retentate kanjang.

⁴⁾TN: Total nitrogen, ⁵⁾OD: Optical density at 500 nm.

⁶⁾n. d.: not detected.

Table 2. Changes in the free amino acid content of raw, permeate and retentate *kanjang* during ultrafiltration of *kanjang* at different feeding rate of raw *kanjang* by batch process (unit: mg%)

	Feeding rate and pressure						
	K ¹⁾	2.0 L/min, 0.45 MPa		1.5 L/min, 0.3 MPa		1.0 L/min, 0.15 MPa	
		PK ²⁾	RK ³⁾	PK	RK	PK	RK
Aspartic acid	75.85	77.94	74.51	72.85	71.25	75.14	71.71
Threonine	87.64	88.53	91.42	85.71	91.07	87.83	80.96
Serine	141.34	148.91	148.69	146.71	148.45	142.26	137.98
Glutamic acid (GA)	607.65	604.72	640.07	597.60	638.24	596.97	590.69
Proline	121.14	135.15	131.82	161.05	136.76	129.56	123.36
Glycine	77.62	79.87	81.14	78.80	81.53	76.26	73.72
Alanine	215.83	227.23	229.20	223.58	229.43	213.38	225.65
Cystine	22.14	23.45	23.55	22.68	23.54	21.53	23.34
Valine	133.58	132.51	136.61	132.85	140.11	133.06	142.31
Methionine	33.30	33.05	34.85	33.02	36.22	33.23	31.41
Isoleucine	130.96	131.93	176.93	132.14	139.36	130.18	134.55
Leucine	189.90	200.04	209.19	199.43	210.77	196.04	190.10
Tyrosine	66.64	51.82	72.06	70.10	76.15	71.13	64.49
Phenylalanine	109.44	109.97	117.17	108.96	118.29	107.57	106.93
Histidine	9.73	13.73	12.30	11.30	11.68	11.37	7.27
Lysine	143.72	142.11	158.55	151.97	163.42	153.05	135.87
Arginine	3.73	4.00	4.26	3.85	4.25	3.65	3.95
Total A.A.(TA)	2170.23	2204.96	2342.32	2232.62	2320.53	2182.21	2144.26
GA/TA(% ⁴⁾)	28.00	27.43	27.33	26.77	27.50	27.36	27.55

¹⁾Raw *kanjang*, ²⁾Permeate *kanjang*, ³⁾Retentate *kanjang*, ⁴⁾Glutamic acid/Total amino acid (%).

Table 3. Effects of flow rate of feed *kanjang* on the rejection of components of *kanjang* by the membrane during ultrafiltration of *kanjang* by batch process (unit: %)

	Feeding rate and pressure		
	2.0 L/min, 0.45 MPa	1.5 L/min, 0.3 MPa	1.0 L/min, 0.15 MPa
TN ¹⁾	2.83	1.89	0
NaCl	5.21	0.77	1.28
O.D. ²⁾	34.50	30.57	19.21
Aerobic bacteria	100	100	100
Total Amino Acid	-1.60	-1.87	-0.55

¹⁾TN: Total nitrogen.
²⁾O.D.: Optical density at 500 nm.

의 대수값에 비례한다고 보고하였는데 이는 일본간장에서 더 급격하게 투과유속이 감소한 것은 일본간장의 농도가 짙고 사용 막의 분획분자량이 적었기 때문이라고 생각된다.

회분처리법에 의한 재래간장의 한외여과시 공급액의 주입 속도가 투과간장의 성분과 막의 저지율에 미치는 영향

재래간장의 공급액의 주입속도를 2.0 L/min, 1.5 L/min 및 1.0 L/min으로 달리하여 한외여과장치 내로 공급하면서 원액 과 용량감소율이 5.0으로 농축된 잔류액 및 투과액의 성분 및 호기성 미생물 균수를 간장원액의 것과 비교한 결과는 Table 1과 Table 2에 나타나 있고 공급액의 주입속도에 따른 막의 간장성분저지율은 Table 2에 나타나 있다.

Table 1에서 보면 주입속도에 상관없이 미생물은 투과액

Table 4. Rejection of inorganic ions by membrane during ultrafiltration of *kanjang* by batch process at 2.0 L/min, 0.45 MPa feeding rate and pressure (unit: ppm)

Mineral	Raw <i>kanjang</i>	Permeate <i>kanjang</i>	Retentate <i>kanjang</i>	Rejection (%)
Na	63396	62925	65523	0.74
K	4211	4213	4477	-0.05
Mg	349.3	339.0	390.0	2.95
Mn	4.48	4.26	5.04	4.91
Cu	0.77	0.69	0.84	10.39

간장에 나타나지 않는 것을 볼 때 분획분자량 200,000 dalton 의 막은 간장의 미생물을 완전히 저지할 수 있음을 보여주었다. 흡광도는 투과액이 원액보다 상당히 낮았으나 잔류액은 원액의 2배 이상이었으며 공급액의 주입속도가 높을수록 투과액의 흡광도가 낮았다. 이로부터 한외여과시 공급액 주입속도가 높을수록 분자저지능이 높아짐을 알 수 있었다.

총질소 및 소금도 공급액 주입속도가 높을 때 더 높은 저지율을 보여주었다. Table 2에서 공급액 주입속도에 따른 투과액의 아미노산 조성은 현저한 차이는 없었으며 한외여과시 아미노산은 거의 대부분 투과액으로 이행하는 것으로 보인다. 전체적으로 공급액 주입속도가 높을 때 투과액의 흡광도가 낮고 투과도가 높은 것을 볼 때 공급액의 주입속도가 빠르면 성분이 많이 저지되어 맑은 간장을 얻을 수 있으나 아미노산은 거의 투과액속으로 이행하는 것으로 나타났다.

Table 3에서 한외여과시 간장 공급액의 주입속도에 따른

막의 성분저지율 분석결과를 보면 공급액의 주입속도가 간장성분에 상당히 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

호기성세균의 경우는 공급액 주입속도에 관계없이 어느 유속에서나 100% 저지율을 보여 완전제균됨을 알 수 있었고 흡광도와 투광도로 보아 투과유속이 빠를 때 한외여과에서 많은 성분을 저지시킴을 알 수 있었고 총질소와 소금도 2.0 L/min 공급액 주입속도에서 각각 2.83%와 5.21%의 근소한 저지율을 나타내었다.

Table 4는 공급액 주입속도 2.0 L/min로 한외여과장치로 주입시켰을 때의 무기이온의 저지율을 조사한 결과이다. 이 결과를 보면 무기이온 중 Cu, Mn, Mg가 각각 10.39%, 4.91% 및 2.95%로 비교적 큰 저지율을 나타내었는데 이것은 부유된 균체와 고분자 단백질 등의 성분 제거와 동반하여 제거되었기 때문이라고 보여진다.

요 약

회분처리법으로 박충류식 평막 test cell에 의한 재래간장의 한외시험을 실시한 결과 공급액 주입속도별 투과유속의 감소는 용량감소율의 대수값에 비례하여 감소하였고 본 연구에서 사용한 분획분자량 200,000 dalton의 막에 의한 재래간장의 한외여과에서는 1.5 L/min의 유속으로 공급액을 주입하는 것이 농도분극화현상을 최소화하면서 장시간 작업할 수 있음을 알 수 있었다.

간장의 한외여과시험에서 간장내의 총질소와 소금성분은 투과유속이 빠를수록 막에 의한 저지율이 더 높아졌고 따라서 500 nm에서의 간장의 흡광도는 더 낮아졌으며 Cu, Mn 및 Mg와 같은 무기성분도 다소 저지되었다. 미생물 균체는 공급간장의 유속에 상관없이 분획분자량 200,000 dalton의 한외여과막으로 100%저지되었으나 유리아미노산은 거의 저지되지 않아 투과됨을 알 수 있었다

감사의 글

본 연구는 2000년도 과학기술부 선도기술개발사업의 연구

비에 의하여 수행된 연구결과의 일부로서 이에 깊이 감사드립니다.

문 헌

1. Chang, K.S. Application of membrane separation technology in fermented foods. *Food Sci. Ind.* 32: 2-13 (1999)
2. Kusudo, S., Hamamoto, Y. and Miyake, T. Application of membrane to soy sauce (Part 2)-Filtration of soy sauce precipitates by SF filter. *J. Japan Soy Sauce Res. Inst.* 7: 108-111 (1981)
3. Sakamoto, A.H., Hiraguri, Y.H., Myrakami, T., Kanematsu, Y.N. and Motogawa, T.Y. Ultrafiltration of sterilized shoyu by membrane process. *J. Japan Soy Sauce Res. Inst.* 12: 81-94 (1986)
4. Sasaki, S., Nishibe, M., Noguchi, K. and Inamori, K. Studies on membrane filtration of soy sauce (Part I), Membrane filtration of raw soy sauce. *J. Japan Soy Sauce Res. Inst.* 19: 9-16 (1993)
5. Choi, J.D., Kwon, K.I., Chung, H.C., Im, M.H., Choi, C. and Choi, K.S. Effects of molecular weight cut-off size of membrane on the flux and quality of permeate during ultrafiltration of Korean conventional soy sauce, *Food Eng. Prog.* 4: 55-60 (2000)
6. Ha, S.D. Evaluation of dryfilm method for isolation of microorganisms from foods. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 24: 178-184 (1996)
7. AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1995)
8. Park, S.K., Han, S.G., Kyung, K.H. and Yoo, Y.J. Effect of oxygen on the browning of soy sauce during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 307-311 (1990)
9. Yoda, K., Urakabe, R. and Tsuchida, T. Enzyme electrode provided with immobilized enzyme membrane. U.S. Patent 4,240,889 (1980)
10. Japanese Soy Sauce Research Institute. Methods in Shoyu Experiments, pp. 140-150. Mitsuosa Printing Co., Tokyo, Japan (1990)
11. Sin, H.S. Food Analysis (Theory and Experiments), pp. 113-130. Sinkwang Publishing Co., Seoul (1989)
12. Sanbishi Co. Ltd. and Arubakku service Co. Ltd. Application of membrane technology in the filtration of brewed soy sauce, pp. 479-502. In: Membrane Utilization Technology in Food Processing. Kimura, S. *et al.* (eds.). Cooperation of Membrane Technology Utilization in Food Industry, Tokyo, Japan (1987)

(2002년 10월 9일 접수; 2003년 2월 19일 채택)