

막분리한 두부 순물의 isoflavone과 올리고당 농축액의 건조

김학현 · 엄권용 · 김주숙 · 김우정
세종대학교 식품공학과

Drying of Isoflavone and Oligosaccharides Retentates Separated by Membrane Filtration from Tofu Sunmul

Hak-Hyun Kim, Kwon-Yong Eom, Joo-Sook Kim and Woo-Jung Kim*
Department of Food Science and Technology, Sejong University

Abstract

Several drying methods and conditions of UF(ultrafiltration) and NF(nanofiltration) retentates from tofu sunmul, the tofu whey produced during pressing for tofu formation, were investigated. Spray drying method was used for UF retentate and oven, vacuum and freeze drying methods for NF retentate. The dried powders were analyzed for isoflavone and oligosaccharides contents and other physical properties. Addition of 20% dextrin to concentrated UF retentate and outlet temperature of 95°C for spray drying were found as a proper conditions in terms of moisture contents and particle size. The oven drying caused a significant reduction in oligosaccharides and darkish brown color of the powder. Vacuum drying was rather recommended for NF retentate because of minimum changes in isoflavone and oligosaccharides contents, less color changes and drying cost, compared to other oven and freeze drying methods.

Key words: tofu, sunmul, membrane retentate, drying method, isoflavone, oligosaccharides

서 론

두부는 오래전부터 우리나라, 중국, 일본 등지에서 섭취하여 왔던 단백질 식품으로 최근 식품과 건강에 관심이 높아가면서 두부가 세계적인 건강식품으로 인정되어 그 소비가 증가하고 있다. 두부의 일반적 제조방법은 찹지시킨 콩에 10배 내외의 물을 첨가하여 마쇄한 뒤 불용성 성분인 비지를 제거하고 응고제로 단백질을 응고시켜 두부를 제조하게 된다. 이때 응고되지 않은 수용성 물질이 함유된 물을 순물이라 하며 순물의 양은 물 첨가량의 약 50% 정도가 된다. 순물에는 isoflavone, 올리고당(oligosaccharide), phytate, saponin 등 기능성 성분이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Kwon, 1999;

Kim, 1996). 이들 기능성 물질 중 isoflavone, 특히 daidzein과 genistein 등 aglycone형태가 estrogen hormone과 유사한 구조를 갖고 있으며 유방암, 전립선암, 대장암 등의 예방과 순환기 질환에 큰 효과가 있다고 보고 되어 있다(Fotsis *et al.*, 1993; Thomas *et al.*, 1995; Atostino *et al.*, 1995). 순물 고형분의 30~40% 함유되어 있는 올리고당인 stachyose와 raffinose는 대장내 *Bifidobacteria*의 생육을 촉진시키며 장의 건강에 유익함이 밝혀진 바 있다(Kim, 1995; Im, 1995; Kim *et al.*, 2001).

식품산업에서의 막분리 기술은 액체식품의 농축 및 정제, 액상 부산물 또는 폐기물로부터 유효성분의 분리 및 농축에 이용되어 왔다(ANON, 1983; Agebevavi *et al.*, 1983; Baloh, 1976). 예를 들면, 치즈 제조시 부산물로 생산되는 치즈 whey로부터 가용성 고형물의 수거와 단백질 및 유당을 분리한 보고가 있으며(Turegeon과 Gauthier, 1990; Patocka와 Jelen, 1987), 우리나라에서는 두부 순물로부터 유용성 물질을 회수하려는 연구가 발표된 바 있다

Corresponding author: Woo-Jung Kim, Department of Food Science and Technology, Sejong University, 98 Kunja-dong, Kwangjin-gu, Seoul 143-747, Republic of Korea.
Phone: 02-3408-3227, Fax: 02-497-8866
E-mail: kimwj@sejong.ac.kr

(Mok *et al.*, 1995; Kim *et al.*, 1992). 최근에는 순물의 isoflavone과 올리고당의 분리를 위한 한외 여과와 나노여과의 조건을 조사한 결과 순물의 isoflavone과 올리고당을 각각 약 93%, 90%가 회수할 수 있다고 하였다(Kim, 2004). 한편, 순물에서 회수된 isoflavone과 올리고당을 식품의 기능성 소재로 활용하기 위한 적절한 건조방법에 대한 연구는 거의 보고되어 있지 않다. 일반적으로 액상의 농축액을 건조시키기 위해서는 분무건조, 동결건조, 진공건조 등이 이용될 수 있다. 그중 분무건조는 높은 건조온도가 필요하나 열과 접촉하는 시간이 짧아 성분의 변화가 거의 없으며, 동결건조는 가열에 의한 성분 변화가 없지만 건조시간이 길고, 비용이 많이 드는 단점이 있다. 진공건조 방법은 가열에 의한 성분변화나 향미의 손실이 적은 것으로 알려져 있다(Boatright, 1995; Somogyi와 Luh, 1975).

따라서 본 연구에서는 한외여과(ultrafiltration; UF)와 나노여과(nanofiltration; NF)방법을 사용하여 순물의 isoflavone과 올리고당을 Kim(2004)이 제시한 조건으로 분리한 뒤 분리한 순물의 농축액을 건조하기 위하여 UF 농축액의 분무건조 조건을 조사하고, 분무건조가 부적합한 NF 농축액은 동결, 진공, 상압건조한 후 분말의 품질특성을 비교 평가하여 적합한 건조방법을 탐색하였다. 또한 각 건조분말의 isoflavone과 올리고당의 함량 차이를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 순물은 (주) 두술(충남, 예산)에서 두부 제조시 발생하는 순물을 사용하였다. 두부 제조용 원료 콩은 미국에서 수입한 혼합콩종의 콩을 사용하였고, CaSO_4 와 CaCl_2 의 복합응고제를 사용하였다. 한외 여과를 위한 순물은 두부공장 현장에서 두부 압착 후 발생하는 폐액을 사용하였다. 순물의 막분리 농축을 위한 막분리 농축기는 Millipore Corp.(USA) 제품으로 (주) Puretech P&T(서울, 등촌동)에서 임대하여 사용하였다. 예비여과를 위해서는 pore size가 $5\ \mu\text{m}$ 인 depth type의 마이크로여과(microfiltration, MF)를 사용하였고, UF는 10k dalton의 $0.1\ \text{m}^2$ 막을 사용하였다. NF는 salt rejection 65%이고 막면적이 $0.4\ \text{m}^2$ 인 나선형의 millipore nanomax-50을 사용하였다.

막분리 여과 및 농축

막 분리는 순물을 MF에 통과시키고 MF 여과액을 UF로 분리 농축하였으며, UF 여과액은 NF system으로 보내 NF 분리액을 얻었다. UF와 NF 농축배수는 Kim(2004)이 제시한 6배의 농축을 하였으며, 농축된 UF와 NF 분리액은 수거하여 건조효율을 높이기 위해 각각 40°Brix 까지 rotary vacuum dryer(EYELA N-N Serise, TOKYO RIKAKIKAL Co. LTD, Japan)로 진공 농축시켰다. 이때 사용한 UF의 조건은 순물의 온도 $33\sim 34^\circ\text{C}$, UF system의 TMP(trans-membrance pressure)는 2.3~2.4 bar이었고, NF는 UF 여과액의 온도를 $30\sim 33^\circ\text{C}$, 압력 190~195 psig에서 막분리 하였다.

이화학적 특성 분석

UF와 NF 분리액의 점도는 점도계(Digital Viscometer model DV-II, Brookfield Engineering Labs., USA)로 측정하였다. 시료의 온도는 $20\pm 1^\circ\text{C}$ 로 하였고, spindle=1을 사용하여 RPM 50에서 점도를 측정하였다. 당도는 굴절계(N2, No.676061, Atago, Japan)를 사용하여 $^\circ\text{Brix}$ 로 측정하였다. 색도는 색차계(CR-300, Minolta Inc., Japan)를 사용하여 백색도(L), 적색도(a) 및 황색도(b) 값을 측정하였다. 이때 사용한 표준판의 색도는 분말일 경우 L : 95.10, a : 0.3126, b : 0.3191이었고, 액체일 경우 L : 100.00, a : 0.3101, b : 0.3162 이었으며, 3회 측정 후 평균값으로 나타내었다. UF 분리액을 분무 건조한 분말의 입도 분포는 입도분석기(CILAS, CILAS1064, France)로 입자 크기 및 분포도를 3회 측정하여 10, 50, 90%의 누적값과 평균직경을 구하였다.

건조

UF 분리액의 분무 건조는 건물량 기준으로 DE 값이 12인 dextrin을 0, 20, 40% 첨가하여 분무건조기(Nitro Atomizer Pilot, Niroso, Denmark)를 사용하여 건조 시켰다. 건조전 분리액의 고형분 농도는 40°Brix 로 조정하였으며 건조조건은 송풍(inlet)온도 160°C , 배풍(outlet) 온도 80, 95, 110°C , atomizer speed 15,000 rpm이었다. NF 분리액의 분무건조는 건조기내의 기벽에 붙는 현상으로 분무건조가 어려워 상압건조(oven drying; OD), 진공건조(vacuum drying; VD), 동결건조(freeze drying; FD)로 분리액을 분말화 하였다. 상압건조 방법은 NF 분리액 100 mL를 80°C 의 열풍건조기(HB-502M, HAN BAEK Sci. Co., Korea)에서 3시간정도 예비건조 시킨 후

105°C의 dry oven(O-Sung Sci. Co., Korea)에 넣어 2시간동안 건조 시켰다. 진공건조는 감압증발기(EYELA N-N Serise, TOKYO RIKAKIKAL Co. LTD., Japan)를 사용하여 농축액 100 mL를 70°C에서 3시간 건조시켰으며, 동결건조는 동결건조기(FD5505, Il-Sin Eng. Co., Korea)를 사용하여 건조하였다.

Isoflavone 분석

UF, NF 분리 농축액 분말의 isoflavone의 분석은 60 mesh 체를 통과한 분말 1 g에 80% ethanol 20 mL를 넣어 초음파처리기(5210R-DTH, Branson ultrasonics Co., USA)로 50°C에서 60분간 추출한 다음 고속원심분리기(Hanil centrifuge Co., Korea)로 10,000 × g에서 20분간 원심분리하여 상등액을 취하였다. 상등액은 syringe filter(0.22 μm, Waters Co., USA)로 여과한 뒤 HPLC(Waters Co., USA)에 20 μL 주입하여 Waters 486 absorbance detector를 사용하여 254 nm에서 isoflavone을 분석하였다. 분석 조건은 Wang *et al.*(1990)의 방법을 변형시켜 분석하였다. 유속은 1 mL/min이었고, 분석에 사용된 column은 Waters사의 XTerra™ RP18 column(5 μm, 4.6 × 250 mm)을 사용하였고, mobile phase는 acetic acid 0.1%를 각각 함유한 3차 증류수(용매 A)와 acetonitrile(용매 B)을 사용하였으며, 용매 A:용매 B = 85:15로 시작하여 40분에 77:23, 70분에 73:27, 85분에 65:35, 90분에는 60:40의 비율로 단계적인 gradient system을 사용하였다. 분리한 isoflavone은 genistein, genistin, daidzein, daidzin, glycitein, glycitin이었고 시료중 이들 함량은 6가지 표준물질(Sigma Chemical Co., USA)의 농도에 대한 peak면적의 표준정량곡선으로부터 계산하였다. Isoflavone의 결과는 건물량 기준(mg/g)으로 환산하였으며 3 반복 측정결과의 평균으로 계산하였다.

올리고당 분석

UF 및 NF 분리 농축액 분말 1 g에 10% 에틸알코올 10 mL를 넣어 초음파처리기(5210R-DTH, Branson ultrasonics Co., USA)에서 60분간 추출한 다음 고속원심분리기(Hanil centrifuge Co., Korea)로 10,000 × g에서 20분간 원심분리 하였다. 상등액 0.5 mL를 취하여 증류수 0.5 mL와 10% 초산납 용액 0.5 mL를 첨가하고 vortex mixer로 혼합시킨 다음 고속원심분리기로 10,000 × g에서 5분간 원심분리한 뒤 상등액에 잔류하는 초산납 용액에 10% 옥살산

용액 0.5 mL를 첨가하여 침전시킨 뒤 syringe filter로 여과하고 HPLC에 20 μL 주입하여 올리고당을 Mok *et al.*(1995)의 방법을 보완하여 분석하였다. 분석시 사용된 column은 Waters사의 carbohydrate analysis column(3.9 × 300 mm)이었으며, 이동상은 65% acetonitrile을 사용하였고 유속은 1.3 mL/min이었다. 분리한 올리고당은 sucrose, raffinose, stachyose이었고 이들 함량은 Sigma사에서 구입한 3가지의 표준물질(Sigma Chemical Co., USA)의 농도에 대한 peak면적의 표준정량곡선으로부터 계산하였다. 올리고당의 결과는 건물량 기준(g/g)으로 환산하였으며 3반복 측정하여 평균으로 계산하였다.

결과 및 고찰

UF 및 NF 분리액의 진공농축 중 특성 변화

UF 및 NF 분리 농축액 고형분 농도는 농축배수 6.0일 때 각각 1.6% 및 4.1%의 수율을 보여 분무 건조시 시료의 요구농도 조건을 만족시키기 위하여 진공농축을 실시하였다. 농축전의 UF 및 NF 분리 농축액 1.0 °Brix와 5.0 °Brix에서 40.0 °Brix까지 진공농축 시켰다. 이 과정에서 농축액의 특성변화는 Table 1과 같다. 농축이 진행되면서 UF 분리 농축액의 점도는 10.40 cp에서 328.00 cp로 크게 증가한 반면, NF 분리액의 점도는 7.30 cp에서 24.40 cp로 약간 증가하였다. UF 분리액의 점도와 비교할 때 NF 분리액의 현저히 낮은 점도 상승은 UF 막분리에 의하여 단백질이나 지질등과 같은 분자량이 비교적 큰 성분들이 UF 막분리에 의하여 모두 제

Table 1. Changes in pH, viscosity, and color of UF retentate and NF retentate of Sunmul during vacuum concentration at 70°C

	°Brix	Viscosity (cp)	Color		
			L	a	b
UF retentate	1.0	10.40	43.49	1.62	9.01
	10.0	22.90	13.35	1.53	6.05
	20.0	58.00	8.30	3.30	5.02
	30.0	150.00	5.07	4.31	3.29
	40.0	328.00	3.57	4.62	2.34
NF retentate	5.0	7.30	95.72	-1.20	11.26
	10.0	8.12	91.53	-7.11	10.01
	20.0	9.00	14.99	1.12	8.32
	30.0	10.80	9.23	3.16	5.84
	40.0	24.40	5.93	4.44	3.98

UF : Ultrafiltration NF : Nanofiltration

거되어, NF 분리액내에는 큰 분자량의 물질이 거의 존재하지 않아 점도의 상승이 UF 분리액보다 낮았던 것이라 생각된다. UF 농축액의 색도 L(lightness) 값의 감소는 착색물질의 농축현상과 농축액의 혼탁도 증가가 영향을 주었으리라 생각된다. a(redness) 값은 1.62에서 4.62로 증가한 반면 b(yellowness) 값은 감소하여 황색이 적어짐을 보였다. NF 분리액을 농축시킨 경우 20.0 °Brix에 도달 했을 때부터 농축액에서 백색의 침전물 생성이 관찰되기 시작하였다. 진공 농축과정 중 L값은 빠르게 감소하였고 a값은 증가하기 시작하였으며 b값은 감소하였다. L값의 급격한 감소는 현탁액의 침전물 분산이 주된 이유로 생각된다.

분무 건조 분말의 입도 및 수분 함량

UF 농축액의 분무 건조를 실시하였으며, 분무 건조를 위해 첨가된 부형제의 양과 배풍온도의 영향을 조사 하였다. Table 2는 분무건조 분말은 배풍온도가 증가할수록, 덱스트린 첨가량이 많을수록 수분함량이 감소하였다. 배풍온도 95°C의 경우 수분함량은 덱스트린 0%의 경우 8.25%, 20%는 6.05%, 40%는 4.22%로 덱스트린 첨가가 많을수록 수분함량이 크게 낮아졌다. 따라서 덱스트린의 첨가는 건조분말의 수분함량이 6% 정도를 보인 덱스트린 20% 첨가와 배풍온도 95°C의 건조조건이 적절한 것으로 판단되었다.

Table 2. Effects of outlet temperature of spray drying and dextrin addition on moisture contents of spray dried UF retentate of Sunmul (unit : % H₂O)

Outlet temp.	Dextrin addition		
	0%	20%	40%
80°C	15.38	13.42	11.02
95°C	8.25	6.05	4.22
110°C	3.52	3.20	3.02

UF : Ultrafiltration

분무 건조된 UF 농축액은 Table 3과 같이 텍스트린 첨가정도가 입도에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. 누적값(Q³)이 10%인 경우 텍스트린을 0%와 20% 첨가하였을 때 각각 1.99 μm, 2.09 μm로 비슷하였으나 40% 첨가시 2.61 μm로 커졌다. 50%와 90%의 Q3에서도 텍스트린 0%와 20%는 비슷한 크기였으나 40% 첨가시 크게 증가하였다. 전체 평균 값에서도 유사한 경향을 보여 텍스트린 0%와 20%는 38.00 μm정도이었으나 40% 텍스트린 첨가구는 141.70 μm로 분무건조 분말의 직경이 약 3.7배 증가하였다. 따라서 분무건조를 위한 텍스트린 첨가는 입자크기를 참고할 때 0% 또는 20% 첨가가 적절하였다.

UF 분무건조 분말의 isoflavone과 올리고당 함량 비교

UF 막분리한 UF 농축액을 분무건조 시킬 때 부형제인 텍스트린 첨가량 별로 isoflavone과 올리고당 함량을 비교한 결과는 Table 4와 같다. 기능성을 갖고 있는 daidzein, daidzin, genistein, genistin은 총 isoflavone의 약 90% 정도로 나타났다. 특히 기능성이 뛰어난 genistein과 genistin은 전체 약 50%를 차지하고 있다. 또한 isoflavone의 인체 장내 흡수율이 좋은 aglycone 형태는 daidzein이 약 12%, genistein이 약 4% 정도 함유되어 있다. UF 농축액의 분무 건조시 텍스트린을 첨가하지 않은 것과 20% 및 40% 첨가한 UF 분말에서의 총 isoflavone의 함량 차이는 첨가하지 않은 분말과 비교시 각각 19% 및 41% 정도로 텍스트린첨가량과 거의 같은 경향을 나타냈다.

텍스트린을 20%와 40% 첨가한 UF 분말에서 올리고당의 함량은 isoflavone의 경우와 같이 텍스트린과 감소한 올리고당의 양은 거의 같았다. 장내 *Bifidobacteria*의 성장 번식에 유익한 raffinose와 stachyose는 전체 올리고당의 약 56% 정도이었다.

Table 3. Particle size distribution of spray dried UF retentate of Sunmul with addition of dextrin (unit: μm)

Parameter	Dextrin addition		
	0%	20%	40%
Diameter at 10% cumulation	1.99±0.17*	2.09±0.10	2.61±0.25
Diameter at 50% cumulation	16.39±0.84	16.26±0.38	48.41±8.43
Diameter at 90% cumulation	113.83±2.44	108.63±1.81	422.09±11.44
Mean diameter	39.46±1.41	37.78±0.70	141.68±14.49

UF : Ultrafiltration

*Means and standard deviations of three replicatons

Table 4. Isoflavone and oligosaccharides contents of spray dried UF retentate of Sunmul with addition of dextrin for spray drying

	Dextrin addition		
	0%	20%	40%
Isoflavone (mg/g)			
Daidzein	0.144	0.120	0.084
Daidzin	0.350	0.315	0.225
Genistein	0.044	0.038	0.029
Genistin	0.576	0.420	0.308
Glycitein	0.025	0.021	0.015
Glycitin	0.104	0.094	0.068
Total	1.243	1.008	0.729
Oligosaccharides (g/g)			
Sucrose	0.103	0.085	0.056
Raffinose	0.048	0.034	0.032
Stachyose	0.085	0.066	0.044
Total	0.236	0.185	0.132

UF : Ultrafiltration

Sucrose와 raffinose, stachyose의 함량 비는 4.3:2.0:3.6으로 나타났으며, 분무 건조시킨 총 올리고당 함량은 23.6%이었다.

NF 분말의 색도

순물의 NF 막분리에 의해 회수된 NF 분리액의 고형분은 분자량이 너무 작아 분무건조기 내부의 높은 온도(95°C이상)에서 용융되어 분무건조 기벽에 붙는 현상이 발생함으로서 분말상태로 회수가 불가능 하였다. 그리하여 NF 분리액의 분무건조 외의 상압건조(oven drying; OD), 진공건조(vacuum drying; VD), 동결건조(freeze drying; FD)방법을 비교하였다. 또한 NF 분리액을 40.0 °Brix로 진공 농축 시켰을 때 백색의 침전물이 발생되어 이것을 상등액 (supernatant; SPT)과 침전물(precipitant; PPT)로 분리하고 이를 각각 건조한 다음 분말의 색 특성을 비

교한 결과는 Table 5와 같다.

건조방법에 따른 분말의 색도차이는 NF 전체 농축액의 FD 분말과 VD 분말은 전반적으로 큰 차이가 없었다. 그러나 OD 분말의 경우 L값은 현저히 감소하였고 a값은 '-'값에서 '+'값으로 높아졌으며 '+'b값은 낮아졌다. 이러한 변화는 상등액과 침전물로 분리 했을 때 상등액에서도 같은 경향을 보여 주었다. 건조한 침전물의 경우 건조방법과 상관없이 Hunter L, a, b값이 백색 분말상태와 비슷하였다. 전체적인 색차 ΔE를 FD 분말과 비교할 때 진공건조의 NF 전체 농축액과 상등액 분말은 각각 1.47 및 3.45로 색도차이가 적은 반면, 상압건조는 각각 23.32, 24.38로 현저한 차이가 있었다. 이러한 상압건조의 결과는 건조 중 높은 온도가 NF 농축액의 갈변반응을 많이 일으켰기 때문인 것으로 판단된다.

NF 분말의 isoflavone과 올리고당 함량 비교

NF 분리액을 40.0 °Brix까지 진공 농축한 다음 분리한 상등액과 침전물을 각각 동결, 진공, 상압건조 하였을 때 건조분말의 isoflavone과 올리고당 함량을 분석한 결과는 Table 6과 같다. NF 전체 농축액의 100 mL의 고형분 무게는 동결건조에서 41.400 g, 진공건조에서 34.550 g, 상압건조에서 27.130 g이 측정되었다. 진공건조와 상압건조후의 고형분 무게의 감소는 높은 온도에서의 가열로 일부 고형분이 분해 되었기 때문으로 생각된다. 이러한 경향은 NF 농축액의 분리액인 상등액과 침전물에서도 유사하게 나타났다. NF 농축액의 건물량에 따른 isoflavone 함량은 FD 분말이 2.665 mg/g, VD 분말이 3.185 mg/g, OD 분말이 5.204 mg/g로 OD 분말의 isoflavone량이 FD 분말보다 약 2배 정도 높게 측정되었다. 이 결과는 OD에서 높은 온도의 가열처리로 acetyl기나 malonyl기가 있는 isoflavone의 isomer들이 isoflavone으로 보다 많이 전환되었기 때

Table 5. Color and ΔE of concentrated NF¹⁾ retentate, SPT²⁾, and its PPT³⁾ power of Sunmul with different drying methods

	Conc. NF retentate			SPT			PPT		
	FD4)	VD5)	OD6)	FD	VD	OD	FD	VD	OD
L	82.29	82.13	60.17	81.29	83.35	58.39	93.14	94.47	94.25
a	-1.09	-0.44	5.14	-1.17	-0.34	5.22	-0.07	0.02	-0.36
b	17.25	15.94	13.27	17.56	14.92	12.17	2.53	2.45	3.42
ΔE ⁷⁾	-	1.47	23.32	-	3.45	24.38	-	1.34	1.45

¹⁾: Nanofiltration ²⁾: Supernatant ³⁾: Precipitant ⁴⁾: Freeze drying ⁵⁾: Vacuum drying ⁶⁾: Oven drying ⁷⁾: Total color difference = (ΔL² + Δa² + Δb²)^{1/2}

Table 6. Contents of isoflavone and oligosaccharides in concentrated NF retentate, SPT, and PPT of Sunmul power dried by different drying methods

	Conc. NF retentate			SPT			PPT		
	FD ¹⁾	VD ²⁾	OD ³⁾	FD	VD	OD	FD	VD	OD
Total solid (g) ⁴⁾	41.400	34.550	27.130	33.100	28.300	21.730	6.730	5.760	4.330
Isoflavone (mg/g)									
Daidzein	0.049	0.074	0.483	0.064	0.089	0.646	0.010	0.011	0.001
Daidzin	0.633	0.848	2.166	0.730	1.016	2.648	0.031	0.044	0.027
Genistein	0.016	0.019	0.076	0.006	0.008	0.079	0.074	0.093	0.068
Genistin	1.738	2.010	1.923	2.014	2.428	2.361	0.154	0.175	0.069
Glycitein	0.001	0.001	0.035	0.001	0.002	0.045	0.005	0.005	0.004
Glycitin	0.229	0.233	0.521	0.252	0.300	0.646	0.007	0.008	0.005
Total	2.665	3.185	5.204	3.067	3.843	6.425	0.281	0.336	0.174
Total isoflavone (mg/100 mL)	110.350	110.042	141.185	101.518	108.757	139.615	1.891	1.935	0.753
Oligosaccharide (g/g)									
Sucrose	0.190	0.208	0.103	0.241	0.252	0.105	ND	ND	ND
Raffinose	0.032	0.050	0.028	0.043	0.070	0.043	ND	ND	ND
Stachyose	0.132	0.131	0.019	0.149	0.161	0.053	ND	ND	ND
Total	0.354	0.389	0.150	0.433	0.482	0.201	ND	ND	ND
Total oligosaccharide (g/100 mL)	14.656	13.440	4.070	14.332	13.641	4.368	ND	ND	ND

¹⁾ : Freeze drying, ²⁾ : Vacuum drying, ³⁾ : Oven drying, ⁴⁾ The weight of solids and isoflavone and oligosaccharides were measured on the basis of 100 mL of conc. NF retentate

ND : not detected NF, SPT, PPT: refers to Table 5.

문으로 생각된다. 이러한 결과는 콩분말 용액을 가열처리하였을 때 isoflavone의 함량이 증가하였다는 Cho(2000)의 결과와 유사하였다.

NF 전체 농축액의 부피를 100 mL로 기준할 때 OD 분말에서의 isoflavone이 141.185 mg 측정되어 다른 건조방법인 FD 및 VD 분말에서의 약 110 mg 보다 현저히 더 많았다. 이러한 경향은 상등액에서도 유사하였으나, 침전물에서는 그 양이 너무 작아 비교하기 어려웠다. 또한 상등액의 총 isoflavone 함량은 FD 분말이 101.518 mg, VD 분말이 108.757 mg, OD 분말이 139.615 mg으로 NF 농축액의 값들 보다 약간 낮았다. 따라서 NF 전체 농축액을 상등액과 침전물로 분리 시켰을 때 거의 모든 isoflavone이 상등액내에 잔류되었음을 알 수 있었다.

NF 전체 농축액의 올리고당 함량은 FD 분말의 경우 건물량의 35.4%, VD 분말의 경우 38.9%, OD 분말의 경우 15.0%정도로 측정되었다. NF 전체 농축액의 부피를 100 mL로 하였을 경우 총 올리고당은 FD 분말 14.656 g, VD 분말 13.440 g, OD 분말 4.070 g로, FD 분말과 비교하여 VD 분말에서는 약간 낮았지만 105°C의 온도로 가열 건조한 OD 분말의 경우 약 70% 이상의 올리고당이 감소하였음을 알 수 있었다. 이러한 결과로 70°C에서의 진공 건조는 올리고당에는 큰 영향을 주지 않았으나 105°C

에서의 건조는 올리고당을 현저히 분해 시켰음을 알 수 있었다. Youn과 Choi(1998)도 키위를 건조시켰을 때 유리당의 함량이 진공건조가 가장 높고 열풍 건조한 것이 가장 낮았다는 보고를 하여 고온건조가 유리당의 분해를 촉진시켰다는 결과와 매우 유사하였다. NF 전체 농축액에서 상등액만을 분리하여 올리고당을 측정된 결과 건조방법에 따른 올리고당의 함량 차이는 NF 농축액의 경우와 거의 같으며, 침전물에서는 올리고당이 전혀 측정되지 않았다. 따라서 NF 전체 농축액에 존재하는 모든 올리고당은 원심분리에 의해 상등액과 침전물로 분리될 때 상등액에 전량이 잔류되었음을 알 수 있었다.

따라서 NF 분리 농축액을 건조하여 기능성 식품 원료로 이용할 경우 isoflavone 만을 고려할 때 진공 농축된 NF 전체 분리액을 원심분리시켜 상등액만을 취하여 상압 건조시키는 것이 isoflavone의 함량을 높이는데 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 상압건조 방법은 NF 건조분말이 갈색화 반응에 의한 색상이 암갈색으로 변하면서, 기능성 성분인 올리고당의 감소가 현저하여 NF 농축액의 건조방법으로 부적합하다고 판단되었다. 또한 동결건조는 일반적으로 NF 농축액의 색과 성분에는 영향을 거의 주지 않았지만 건조시간이 길고, 비용이 많이 드는 단점이 있다. 진공건조는 건조분말의 색이나 기능

성 성분의 회수율이 동결건조와 거의 유사하며, 동결건조보다 건조시간이 빠르고 간편하여 NF 농축액의 건조방법으로 적합하다고 판단되었다.

요 약

본 연구에서는 순물에 함유되어 있는 기능성 성분인 isoflavone과 올리고당을 UF와 NF로 분리한 뒤 건조방법을 비교하여 적절한 건조방법을 제시하고자 하였다. 건조 방법은 산업적으로 많이 사용되고 있는 분무건조 조건을 적용하였으며, 분무건조가 부적합한 NF 농축액의 경우 동결, 진공, 상압건조를 비교하여, 건조분말의 일부 품질 특성과 기능성 성분인 isoflavone, 올리고당 함량을 측정 비교하였다. 순물 막분리에 의한 UF 분리 농축액의 분무건조 조건으로는 건조분말의 수분함량과 입자크기를 고려하여 텍스트린 20%를 첨가하고 배풍온도 95°C에서 건조시키는 것이 적절하다고 판단되었다. NF 농축액의 건조로 상압 건조 방법은 높은 온도로 인한 분말의 갈색화와 올리고당 함량감소를 유발하였지만, 진공건조 방법은 분말의 색이나 기능성 성분의 함량 변화가 동결건조와 거의 유사하였으며, 동결건조보다 건조시간이 빠르고 간편하여 NF 농축액의 건조방법으로 적합하다고 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발사업(2002. 10-2004. 10)의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

Agebevavi, T., D. Rouleau and R. Mayer. 1983. Production and quality of cheddar cheese manufactured from whole milk concentrated by reverse osmosis. *J. Food Sci.* **48**: 642-646.

Agostino, M., B. Loredana and P. Victoria. 1995. In vitro hormonal effects on soybean isoflavone. *J. Nutr.* **125**: 751-759.

ANON. 1983. New concept for juice concentration using centrifugation and membrane filtration. *Food Eng.* **55**: 153-155.

Baloh, A. 1976. Reverse osmosis in the sugar industry. *Sugar J.* **38**: 19-25.

Boatright, W.L. and N.S. Hettiarachchy. 1995. Spray-dried soy protein isolate solubility, gellin characteristics, and

extractable proteins affected by antioxidants. *J. Food Sci.* **60**: 806-809.

Cho, S.B. 2000. Extraction and separation of isoflavone from soybean hull waste. MS thesis, University of Sejong, Kunjadong, Seoul, Korea

Fotsis, Y., M. Pepper, H. Adlercreutz, G. Fleischmann, T. Hase, R. Montesano and L. Schweigerer. 1993. Genistein, a dietary-driven inhibitor of in vitro angiogenesis. *Proc. Natl. Sci.* **90**: 2690-2698.

Im, S.D. 1995. The relationship of bifidobacteria and oligosaccharides. *New Food Industry.* **37**: 23-32.

Kim, D.M., H.H. Baek, J.S. Jin, S.E. Lee and K.H. Kim. 1992. Physico-chemical properties of soybean curd whey concentrated by reverse osmosis. *Korean J. Food Sci. Technol.* **24**: 311-314.

Kim, H.H. 2004. Separation of isoflavone and oligosaccharides from tofu sunmul by ultra and nanofiltration. MS thesis, University of Sejong, Kunjadong, Seoul, Korea

Kim, J.S. 1996. Current research trends on bioactive function of soybean. *Korea Soybean Digest* **13**: 17-24.

Kim, M.H., H.Y. Kim and W.K. Kim. 2001. Effects of soya oligosaccharides on blood glucose and lipid metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Korean Nutr.* **34**: 3-9.

Kim, S.J. 1995. The effect of oligosaccharides on health improvement. *Food Tech.* **8**: 141-145.

Kwon, H.J. 1999. Bioactive compounds of soybean and their activity in angiogenesis regulation. *Korea Soybean Digest* **16**: 63-68.

Mok, C.K., K.H. Ku, D.J. Park, N.S. Kim and H.S. Sohn. 1995. Ultrafiltration of soybean cooking water for the production of soy-oligosaccharides. *Korean J. Food Sci. Technol.* **27**: 181-184.

Patocka, J. and P. Jelen. 1987. Calcium chelation and other pretreatments for flux improvement in ultrafiltration of cottage cheese whey. *J. Food Sci.* **52**: 1241-1244.

Somogyi, L.P. and B.S. Luh. 1975. Vegetable dehydration. pp. 375. In: Commercial fruit processing. Woodroof JG, Luh BS (eds). AVI Pub., Co., Westport, CT, USA

Thomas, B., M.S.A. Clarkson and L.H.J. Claude. 1995. Estrogenic soybean isoflavones and chronic disease risks and benefits. *Tem.* **6**: 11-16.

Turegeon, S.L. and S.F. Gauthier. 1990. Whey peptide fractions obtained with a two-step ultrafiltration process. *J. Food Sci.* **41**: 778-786.

Wang, G., Kuan, S.S., and O.J. Francis. 1990. Ware GM, Carman AS. 1990 A simplified HPLC method for the determination of phytoestrogens in soybean and its processed products. *J. Agric. Food Chem.*, **38**: 185-190.

Youn, K.S. and Y.H. Choi. 1998. The quality characteristics of dried kiwifruit using different drying methods. *Food Engineering Progress.* **2**: 49-54.