

豆腐製造時 大豆의 水浸時間에 따른 水溶性糖類 및 豆腐收率의 變化

崔 光 洙 · 金 純 希

嶺南大學校 農畜產大學 食品加工學科
(1983년 11월 20일 수리)

Changes in Soluble Sugars and Soybean Curd Yield with Increased Steeping Time during Soybean Curd Processing

Kwang Soo Choi and Soon Hee Kim

Department of Food Science and Technology, Yeongnam University
(Received November 20, 1983)

Abstract

Changes in the soluble sugar content contained in the soybean, soybean milk, soybean curd and soybean whey were determined to investigate the method of reducing the introductions of soluble oligosaccharides like sucrose, raffinose and stachyose, which cause flatulence in human, to soybean curd from soybean by extending the soaking time of soybean.

The soybean curd yields according to the extension of the soaking time were also determined.

Markedly increased glucose, slightly reduced fructose and sucrose and noticeably reduced raffinose in soybean milk were observed with extended soaking time. Most of sucrose, raffinose and all of maltose were transferred to soybean whey.

Gradual increase of soybean curd yields were obtained by extending soaking time within the experimental conditions.

서 론

대두 내에는 수용성 당류가 다량 함유되어 있고 그 중 서당이 평균 5.0%로 가장 함량이 높으며 stachyose가 3.8%, raffinose가 1.1%, 함유되어 있고 verbascose는 품종에 따라 미량 함유된 것도 있으며 과당과 포도당도 미량 존재하는데¹⁾ Rackis 등²⁾은 대두 내의 이들 raffinose와 stachyose 등의 소당류가 thiocollate 배지에 배양된 개의 장내 혐기성 세균에 의하여 가스가 생성되는 인자라고 하였다. Steg-gerda 등³⁾은 여러가지 대두 제품을 섭취한 성인의 장

내 가스 생성 인자도 대두 내의 서당, raffinose 및 stachyose와 같은 소당류라고 하였고 여러가지 대두 제품 가운데서 대두순물 고형분(whey solids)과 대두의 80% 에타놀 추출물을 섭취한 사람에서 가장 가스 생성량이 많았다고 하였다.

대두 내에 함유된 이들 소당류를 제거 하기 위한 여러가지 연구 결과들이 있다. Ku 등⁴⁾은 통 대두(whole ban) 중의 소당류 제거법으로서 열수 추출을 시도하여 대두에 대하여 1:10의 가수량으로 20분간 끓여서 33%의 소당류를 제거할 수 있었고 단백질 손실은 1% 정도 밖에 되지 않았다고 하였다. 또

Thananunkul 등⁵⁾은 *Mortierella vanaceae*의 α -galactosidase를 이용하여 대두 내의 소당류의 효소적 가수분해 제거법에 대하여 보고하였으며 Sugimoto 등⁶⁾은 시판의 *Aspergillus saitoi* 산성-protease 효소제로부터 간단한 분자 사별법에 의하여 반정제된 protease가 함유되지 않은 α -galactosidase와 invertase 활성이 있는 효소제를 만들어 두유에 소량 첨가함으로써 galacto-oligosaccharides가 완전히 제거되었다고 하였다.

한편 李 등⁷⁾, Reddy 등⁸⁾, 金⁹⁾ 그리고 Labineiah 등¹⁰⁾은 대두 발아시 대두에 함유되어 있던 verbascose, stachyose, raffinose 같은 이질 수용성 당류가 수침시 감소하기 시작하여 발아되어 감에 따라 완전히 소실되었다고 보고하였고 서당은 연구자에 따라 감소되거나⁷⁾, 변화하거나⁸⁾, 발아 4일 후에 증가하거나⁹⁾ 혹은 소실된다¹⁰⁾는 서로 상반된 연구 결과를 보여 주고 있다. 그래서 본 연구에서는 대두의 수침시간 연장에 따른 이질 소당류의 감소 효과를 두부 제조법에 응용할 수 있을 것인지를 알아 보기 위하여 수침시간을 달리한 대두를 10배의 가수량으로 보통 두부를 제조하면서 대두, 두유, 두부 및 순물 내의 수용성 당류와 두부 수율 변화를 조사하여 좋은 결과를 얻었으므로 보고하는 바이다.

재료 및 방법

가. 대두

시중에서 구입한 두부 제조용의 흰 콩을 사용하였다.

나. 두부 제조

Fig.1에 나타난 바와 같이 일반적인 보통 두부 제조법에 따라 두부를 만들었고 두부 제조시 조건을 같이 하기 위하여 미리 정선한 시료 대두 500g씩을 수도물(16°C)로 서서히 넘쳐 흐르게 하면서 수침 시간 별로 수침시킨 후 약간의 물을 가하면서 waring blender로 5분간씩 같은 속도로 마쇄하고 blender를 씻어 헹군 물을 포함하여 마쇄물의 총량을 각각 5,500g(10배 가수)으로 만들었다. 이것을 10분간 가열시킨 다음 4점의 얇은 삼베를 바친 흡인여과기로 감압 여과하고 흡인여과기 위의 잔사를 열수로 씻어 합쳐서 두유의 총량을 4,500g으로 각각 일정하게 하였고 이것을 수용성 당류, 두유 고형분, 추출율, 응고율 및 두부 수율분석에 사용하고 나머지 두유 일정량으로 MgCl₂를 응고제로 하여 두부를 제조하고 두

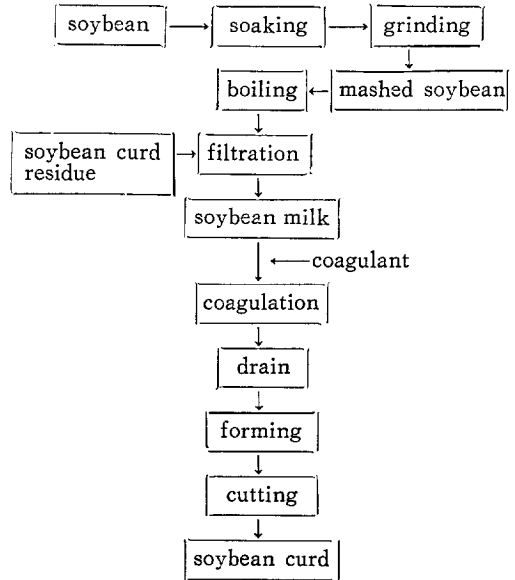


Fig.1. Flow sheet of soybean curd processing.

부량, 순물량을 측정하고 그들의 수분 및 당류 분석을 하였다. 분석한 결과는 두부의 경우 수분 85%의 것으로 환산하였다.

다. 고형분 추출율, 응고율 및 두부 수율

(1) 고형분 추출율

대두로부터 두유 제조시의 고형분 추출율은 일정량의 대두 내의 고형분 총량에 대한 두유로 추출되어 나온 고형분의 중량 백분율로서 (1)식과 같이 산출하였다.

$$\text{고형분 추출율} = \frac{500\text{g 대두로부터 만든 두유의 총 고형분량}}{500\text{g 대두의 건물중량}} \times 100 \dots \dots \dots (1)$$

(2) 응고율

응고율은 두유 내의 총 고형분량에 대한 두부로 응고되어 지는 고형분의 중량 백분율로서 (2)식에 따라 산출하였다.

$$\text{응고율} = \frac{\text{총 두유로부터 만든 두부의 총 고형분량}}{500\text{g 대두로부터 만든 두유의 총 고형분량}} \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

(3) 두부 수율

두부 수율은 일정량의 대두 내에 함유된 총 고형분량에 대한 두부로 응고되어지는 고형분량의 백분율로서 (1)식과 (2)식에서 얻은 고형분 추출율과 응고율로부터 (3)식에 의하여 산출하였다.

$$\text{두부수율} = \frac{\text{고형분 추출율} \times \text{응고율}}{100} \times 100 \dots\dots(3)$$

라. 당류의 분석

시료 대두를 willey mill로 30 mesh로 마쇄하고 정확히 약 30g을 칭량하여 soxhlet장치로 탈지시킨

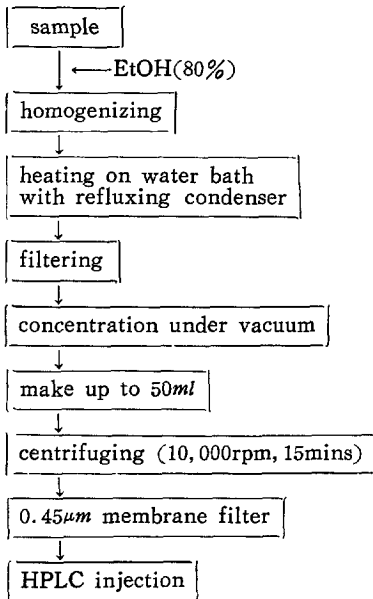


Fig. 2. Procedure for the extraction of oligosaccharides in soybean and soybean products.

후, (나)항에서 만든 두유와 순물은 각각 150ml, 및 200ml를 취하여 50°C 이하에서 감압 건조시켜 Fig.

2와 같은 당류의 추출 및 불순물제거 과정을 거쳐 만든 HPLC 분석용 당류 시료를 Table 1과 같은 조건 하에서 일정량(20µl)씩 micro-syringe로 HPLC에 주입하여 HPLC chromatogram을 얻고 별도로 만든 표준 당액의 HPLC chromatogram과 같은 retention time을 가진 peak로부터 각 당류를 동정하고 peak의 반치폭을 재어서 정량적으로 함량을 계산하였다. 두부는 그대로 마쇄하여 당의 추출과정을 거쳐 같은 방법으로 HPLC에 걸어 수용성 당류를 분석 하였다.

Table 1. Conditions for HPLC analysis of sugars

Instrument: HPLC(Waters Ass. model ALC-244)
Column: carbohydrate analysis(I. D. 3.9mm×30cm)
Solvent: CH ₃ CN/H ₂ O(80 : 20)
Flow rate: 2ml/min
Detector: RI detector, 8×(attenuation)
Chart speed: 5mm/min
Sample size: 20µl/injection

결과 및 고찰

1. 두부 제조시 대두의 수침 시간에 따른 수용성 당류 함량의 변화

표준 당류 용액, 대두, 두유, 두부 및 순물(10시간 수침한 대두로부터 만든 대두 산물)에 대한 HPLC chromatogram은 Fig. 3a 및 Fig. 3b와 같고 두유, 두부 및 순물 내의 수용성 당류의 함량은 Table 2

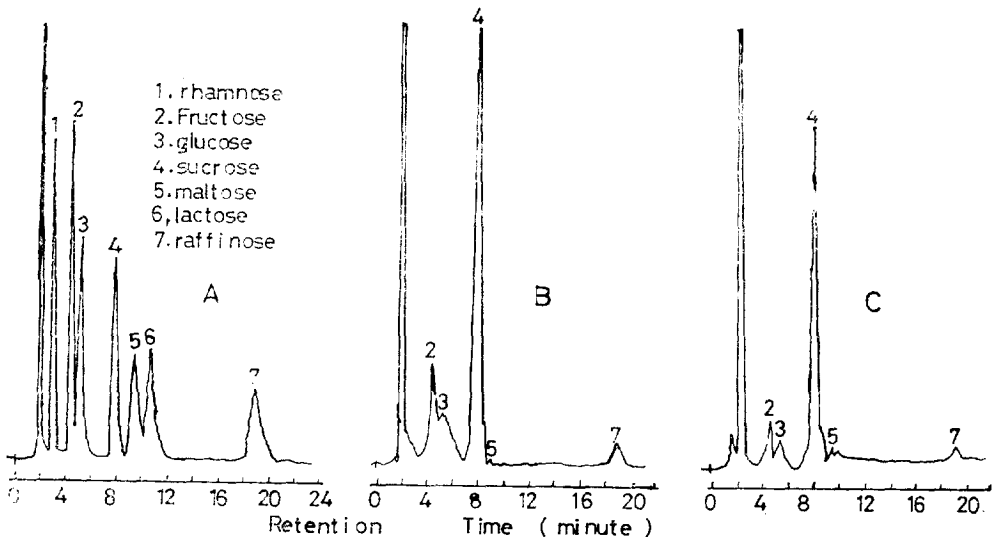


Fig. 3a. HPLC chromatogram of sugars: A, standard solution; B, soybean powder; C, soybean milk(10 hours). column.: carbohydrate analysis(i. d., 3.9mm×30).

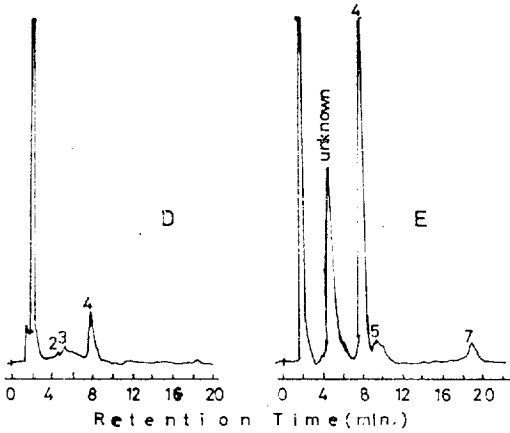


Fig. 3b. HPLC chromatogram of sugars: D, soybean curd; E, soybean whey (10 minute).

와 같다. Table 3에는 대두로부터 수침 시간을 달리 하여 두부를 만들었을 때 제조과정 중의 각 수용성 당류의 정량적 이동상황을 나타내었다. 또한 Fig. 4에 대두를 기준으로하여 두부 제조과정 중의 이들 수용성 당류의 변화를 백분율로 나타내었다.

Fig. 3a와 Fig. 3b 및 Table 2에 나타난 실험 결과를 보면 시료 대두에서 검출된 수용성 당류는 과당, 포도당, 서당, 맥아당 및 raffinose였으며 본 실험에 사용한 HPLC의 실험 조건하에서는 stachyose는 분자량이 커서 분리할 수 없었다. 대두 내에 함유된 당류 중에서 서당이 4.17%로서 가장 함량이 높고 그 다음이 raffinose로 0.65% 이었고 그 다음이 과당과 맥아당으로서 각각 0.25%와 0.13% 이었고 포도당이 0.03%로서 가장 함량이 적었다.

대두로부터 두유 제조시 10배량이 물이 첨가 되었기 때문에 수침시 대두내의 효소적 활동이 없었다고

Table 2. Sugars content of soybean products and by-product

	Steeping time	Sugars(%)				
		Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Raffinose
Soybean		0.25	0.03	4.17	0.13	0.65
Soybean milk	5hr	0.026	0.008	0.415	0.013	0.040
	10hr	0.025	0.015	0.413	0.011	0.038
	24hr	0.025	0.013	0.397	0.013	0.033
Soybean curd	5hr	0.0041	0.011	0.150	—	0.029
	10hr	0.0041	0.013	0.140	—	0.024
	24hr	0.0032	0.018	0.120	—	0.022
Soybean whey	5hr	—	—	0.44	0.02	0.05
	10hr	—	—	0.41	0.02	0.05
	24hr	—	—	0.35	0.018	0.04

Table 3. Weight distribution of soluble sugars from soybean to the respective soybean product

	Steeping time	Weight (g)	Soluble sugars				
			Fructose	Glucose	Sucrose	Maltose	Raffinose
Soybean		500	1.27(100)	0.16(100)	20.85(100)	0.63(100)	3.24(100)
Soybean milk ^a	5hr	4,500	1.17(92.1)	0.36(225)	18.68(89.6)	0.59(93.7)	1.8(55.6)
	10hr	4,500	1.13(89.0)	0.68(425)	18.59(89.2)	0.50(79.4)	1.7(52.5)
	24hr	4,500	1.13(89.0)	0.69(431)	17.87(85.7)	0.59(93.7)	1.5(46.3)
Soybean curd ^b	5hr	1,075	0.044(3.50)	0.12(75)	1.61(7.7)	—	0.31(9.6)
	10hr	1,256	0.051(4.01)	0.23(144)	1.76(8.4)	—	0.30(9.3)
	24hr	1,355	0.043(3.40)	0.25(156)	1.62(7.8)	—	0.30(9.3)
Soybean whey ^c	5hr	3,425	—	—	17.07*(81.9)	0.69(109.5)	1.49*(46.0)
	10hr	3,244	—	—	16.83*(80.7)	0.65(103.2)	1.40*(43.2)
	24hr	3,145	—	—	16.25*(77.9)	0.63(100.0)	1.20*(37.0)

* obtained by the equation; $c=a-b$.
() is comparative weight % to soybean.

가정하면 두유에서는 수용성 당 함량이 대두보다 대략 1/10이 감소되어 나타날 것이 예상되지만 과당은 실제 수침 시간에 따라 별 변화 없이 0.025~0.026% 이었다가 두부에는 소량 이동되었으나 포도당은 대두의 수침 시간을 5시간, 10시간, 24시간으로 연장시킴에 따라 두유내에는 각각 대두의 225%, 425% 및 431%나 증가되어 나타났다가 대략 전체의 1/3량이 두부로 이동되었다. Fig. 3b에서 보던 순물의 chromatogram에서 거대한 미동정의 peak를 볼 수 있는데 이것은 retention time으로 보아 포도당으로 간주되는 바 포도당은 순물로도 상당량이 이동되는 것으로 생각된다. 대두의 수침 시간 경과에 따른 두유내의 포도당 함량의 급격한 증가는 식물 종질의 발아시 저장 지방이 glyoxylate cycle을 경유하여 포도당이 생합성되는(gluconeogenesis) 대사 경로¹¹⁾에 의하여 대두의 저장 지방으로부터 수침시 다량의 포도당이 합성되었기 때문이라고 생각된다.

서당은 수침 시간을 연장함에 따라 서서히 감소하여 두유에 이동되었다가 대부분 순물로 이행되고 총 서당의 1/10만이 두부로 이동됨을 보였는데 이것은 *李 등*⁷⁾과 *Labaneiah 등*¹⁰⁾의 대두의 수침 및 발아 초기의 서당 함량의 변화와 같은 경향이었다.

락타당은 수침 시간의 연장에 따라 큰 변화 없이 두유에 이동되었다가 두부 쪽으로는 이행되지 않고 순물에 전량이 이동하는 것이 특이하였다.

Raffinose는 수침 시간이 5시간일 때 벌써 대두의 55.6%로 감소하여 두유에 이동되었고 수침 시간이 10시간, 24시간으로 길어짐에 따라 점차 감소되어 52.5%, 46.3% 만이 각각 두유로 이동되었는데 이것은 *李 등*,⁷⁾ *Reddy 등*⁸⁾ *金*⁹⁾ 그리고 *Labaneiah 등*¹⁰⁾의 연구 결과와 같은 경향이었다. 또 raffinose는 수침 시간이 경과함에 따라 감소되어 두유로 이동되었을 뿐만 아니라 두부로 이동되는 양은 대두에 비하여 9.6%(5시간), 9.3%(10시간) 및 9.3%(24시간)이었고, 두유로 이동되었던 raffinose의 약 80% 이상이 순물로 이동됨을 보여주었는데 이것은 *Steggerda 등*³⁾이 대두 순물 고형분(soybean whey solids)이 가장 장내 가스를 많이 생성시키는 대두 제품이었다고 한 보고를 뒷받침하는 연구 결과이며 수침 시간의 연장이 두부에 raffinose 함량을 감소시키는 좋은 방법이 될 수 있음을 알 수 있었다.

2. 두부 제조시 대두의 수침 시간에 따른 고형분 추출율, 응고율 및 두부 수율의 변화
대두의 침지 시간을 5시간, 10시간, 및 24시간으

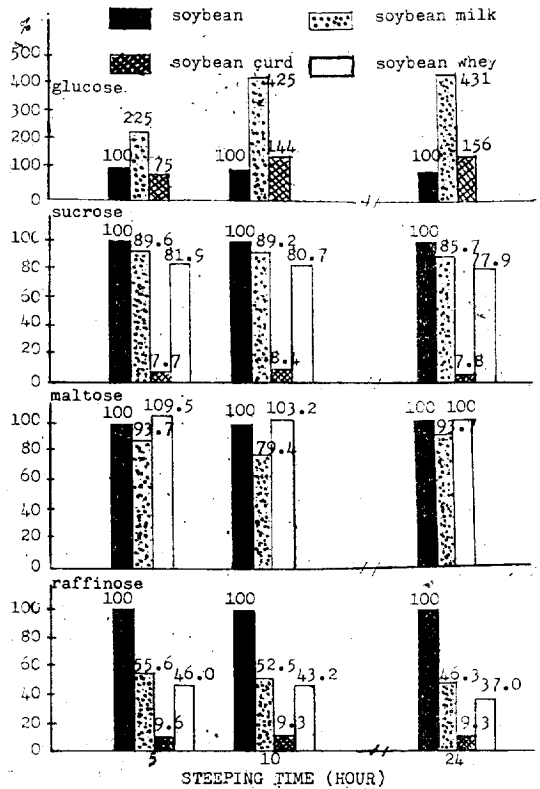


Fig. 4. Weight percentage distributions of soluble sugars from soybean to the respective soybean product.

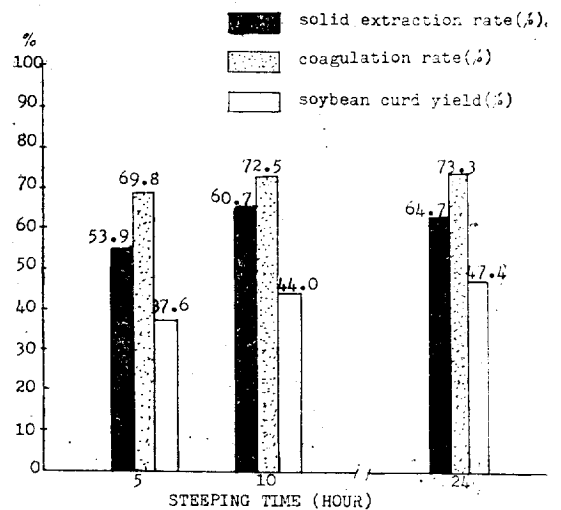


Fig. 5. Changes in solid extraction rate, coagulation rate and soybean curd yield with increased steeping time.

로 연장 시킴에 따른 고형분 추출율, 응고율 및 두부 수율의 변화는 Fig.5에 나타난 바와 같이 수온 16°C의 실험 조건에서는 수침 시간이 길어짐에 따라 모두 점차 증가하였고 두부 수율은 각각 37.6%, 44% 및 47.4%로 현저히 증가함을 알 수 있었다.

渡邊 등¹²⁾은 대두 단백질은 대두의 조직이 파괴되지 않고 세포 중의 protein body층 혹은 농후 상태로(가수량이 적게) 존재하는 경우 가열에 의하여 불용성화할 것이라고 생각된다고 보고한 바와 비교해서 고찰해 보면 대두는 조직에 지방이 많아서 수분이 대두의 내부 조직까지 충분히 흡수되어 유연하게 되기까지는 장시간 소요되기 때문에 24시간 수침된 것은 조직이 충분히 팽윤되었으므로 protein body내의 단백질이 완전히 용출될 정도로 미세하게 마세되어 두부 수율이 가장 높으나 수침 시간이 이보다 짧을 때는 대두 조직이 충분히 마세되지 않았기 때문에 渡邊 등¹²⁾의 주장과 같이 마세물의 가열시 일부 단백질이 변성되어 수용성 단백질의 추출율이 적어져서 고형분 추출율, 응고율 및 두부 수율이 적어진 것이라고 생각된다.

이상의 실험 결과를 종합해서 고찰해보면 대두의 수침 시간을 24시간까지 연장시키면(16°C에서는) 두부 수율도 증가하고 장내 가스 생성 인자인 raffinose 등의 수용성 소당류의 함량도 두부에서 현저히 감소시킬 수 있으므로 수침중 원료 대두의 변패가 일어나지 않는 한 장시간 침지한 대두를 사용하여 두부를 제조함이 두부의 수율 향상과 수용성 소당류 제거에 유리하다고 생각한다.

요 약

두부 제조시 대두 내에 함유된 장내 가스 생성성분인 raffinose 등의 수용성 소당류가 두부로 적게 이행되는 방법을 구명하기 위하여 대두의 수침 시간을 5, 10, 24시간으로 연장시켜서 제조된 두유, 두부 및 순물 내의 이들 당류의 함량 및 두부수율의 변화를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 대두의 수침 시간을 5, 10, 24시간으로 연장시킴에 따라 두유내의 포도당 총량은 대두에 함유되었던 포도당 총량에 비하여 225, 425 및 431%씩 각각

현저히 증가하여 나타났고 그 양의 약 1/3량이 각각 두부로 이행하였다.

2. 총 sucrose 량은 수침 시간을 연장함에 따라 약간씩 감소하여 두유로 이행되었으나 그 대부분은 순물로 이행되었고 두부로는 1/10량만이 이동되었다.

3. maltose는 수침 시간 연장에 별 관계없이 대부분이 두유로 이행되었다가 거의 전량 순물로 이행되었다.

4. raffinose는 수침 시간이 5, 10, 24시간으로 연장됨에 따라 대두 내의 총량에 비하여 55.6, 52.5 및 46.3%씩 각각 점차 감소하여 두유로 이행되었고 두유 내에 함유된 양의 약 20%가 두부로 이행되고 대부분 순물로 이동되었다.

5. 두부수율은 침지 시간을 5, 10, 24시간으로 연장시킴에 따라 차츰 증가하여 각각 37.6, 44 및 47.4% 이었다.

참 고 문 헌

1. Kawamura, Sinitiro : *Tech. Bull. Fac. Agr. (Kagawa Univ.)*, 18(2), 117(1967)
2. Rackis, J. J., Sessa, D. J., Steggerda F. R., Shimizu, T., Anderson J. and Pearl, S. L. : *J. Food Sci.*, 35, 634(1970)
3. Steggerda, F. R., Richard E. A. and Rackis J. J. : *Proc. Soc. Exptl. Biol. Med.*, 121, 1235(1966)
4. Ku, Shun, Wei, L. S., Steinberg M. P., Nelson A. I. and Himowitz, T. : *J. Food Sci.*, 41, 361(1976)
5. Thananunkul, D., Tanaka M., Chichester, C. O. and Lee, Tung-Ching : *J. Food Sci.*, 41, 173(1976)
6. Sugimoto, H. and Van Buren J. P. : *J. Food Sci.*, 35, 655(1970)
7. 이기녕, 이춘녕, 이태녕, 권태환 : 서울대 논문집, 8, 35(1959)
8. Reddy, N. R. and Salunkhe D. K. : *Cereal Chem.*, 57(5), 356(1980)
9. 金怡勲 : 강원대학 연구 논문집, 8, 24(1974)
10. Labaneiah, M. E. O. and Luh, B. S. : *Cereal Chem.*, 58(2), 135(1981)
11. Lehninger, A. L. : *Biochemistry* (Worth publishers, Inc., New York, N. Y.) 630(1975)
12. 渡邊篤二, 海老根英雄, 太田輝夫 : 大豆食品(光書院, 東京), 20(1971)