

열처리 대두로 제조한 두부의 품질 연구

이혜정 · 박희옥

경기전문대학 식품영양과

A Study of Tofu Prepared with Blanched Soybean

Hei Jung Lee and Hee Ok Park

Dept. of Food & Nutrition, Kyung Ki Junior College

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of beany flavor elimination and the acceptability of tofu prepared with blanched soybean. The results were as follows: 1. The content and the total protein of soymilk prepared with blanched soybean were decreased comparing with those of soymilk prepared with raw soybean. But the yield of tofu was not changed by blanching the soybean. 2. The beany flavor(hexanal, 1-hexanol, and pentanol) was decreased but the toasted nutty flavor(ethanol and propanol) were increased by blanching the soybean. 3. By heating of soymilk, most of volatile compounds was disappeared, but ethanol, hexanal and 1-hexanol were remained. The hexanal content of tofu prepared with raw soybean was eleven times higher than that of tofu prepared with blanched soybean. 4. The color of tofu prepared with blanched soybean was more yellower than that of control group. At the lower temperature of blending, the texture of tofu was more smooth and elastic. 5. The tofu prepared with blanched soybean was more tasteful.

1. 서 론

효소 Lipoxigenase가 linoleic acid같은 불포화지방산에 작용하게 되면 휘발성 냄새성분을 생성하고 부수적으로 carotenoid나 chlorophyll 같은 색소를 탈색시킨다. 대두에는 콩비린내의 원인이 되는 효소 lipoxigenase가 다량 존재하고 있어 대두가공품을 만들때 문제가 되고 있다. 대두 lipoxigenase가 작용할 때 주로 생성되는 휘발성 물질은 hexanal이며 콩비린내의 주 원인으로 알려져 있다.

Wolf(1)는 대두가공 과정에서 높은 온도처리가 lipoxigenase를 불활성화시키는 주요한 과정으로 보고 대두를 뜨거운 물과 함께 분쇄하거나 dry heating-extrusion cooking을 하거나 데치기를 하거나 낮은 pH에서 분쇄한 다음 조리하였을 때 풍미가 개선된다 하였다. 그러나 열처리에 의해 protein solubility가 떨어진다고도 보고 하였다. 하 등²⁾은 대두를 100°C에서 5분간 데쳤을 때 hexanal의 함량이 1/2.4 감소하고 두유 특유의 고소한 냄새와 맛이 증가하였으며 열처리를 행하여 제조한 두유의 경우 총단백질 및 가용성 질소함량이 감소한다고 하였다. 김 등³⁾도 데치는 시간이 증가할수록 nitrogen soluble index(NSI)가 감소한다고 하였다. 그러나 열처리한 대두를 고온에서 마쇄했을 때 저온에서 마쇄한 것보다 NSI가 높게 나타났다고하여 열처리 조건과 마쇄 온도에 따라 두유내 단백질 함량이 영향을 받는 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 열처리 대두로 제조한 두부에 대한 연구보고가 없어 대두의 열처리와 마쇄온도가 두유와 두부에 미치는 영향을 알아보고자 대두를 고온에서 열처리하여 마쇄시킨 후 두유와 두부를 제조하고 그 품질을 연구하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 대두는 구입후 선별분리하여 신선한 것만을 사용하였다. 대두를 흐르는 물에 수세한 다음 대두와 물을 1:2의 비율로 상온에서 12시간 침지하여 껍질을 제거한 후 시료로 하였다. 응고제로는 CaCl₂(Junsei, 특급)를 사용하였다.

2. 두유 및 두부의 제조

원료대두 200g으로 준비한 시료에 물 1000g을 넣고 5분간 블렌더(금성 M-1309NS)로 간후 거즈로 두유와 고형분을 분리하고 다시 800g의 물을 첨가하여 5분간 마쇄후 두유와 고형분으로 재분리하였다. 두유를 모두 모아 10분간 끓인후 80°C가 되었을 때 저으면서 CaCl₂ 2g(1%, g CaCl₂/g soybean)을 천천히 첨가하고 80°C를 5분간 유지시키면서 응고물을 형성시켰다. 형성된 응고물을 두부틀(10×10×8cm)에 넣고 375g의 추로 10분간 성형하여 완성된 두부를 대조군으로 하였다. 실험군은 원료대두 200g으로 준비한 시료를 95°C 물에 넣고 80~

Table 1. Control and experimental groups of tofu

	blanching temper-temperature of soy ature and time milk preparation	
control group	-	20℃
experimental group		
a	80~85℃ 5 min	20℃
b	"	40℃
c	"	60℃
d	"	80℃

85℃에서 5분간 열처리한 후 20℃, 40℃, 60℃, 80℃의 물 1000g을 각각 첨가하여 5분간 마쇄하여 두유와 고형분으로 분리하였다. 분리된 고형분에 상기온도의 물 800g을 각각 첨가, 5분 마쇄후 두유와 고형분으로 재분리한 다음 두유를 온도별로 각기 합하여 상기와 같은 방법으로 두부를 제조하여 실험군으로 하였다(Table 1).

3. 두유와 두부의 수율측정

두유의 수율은 생산된 두유의 부피(ml)를 원료대두의 단위 무게(g)로 나타내었다. 두부의 수율은 원료대두 단위 무게(g)당 성형된 두부의 무게(g)로 나타내었다.

4. 일반성분 측정

수분, 단백질, 지질의 함량을 A.O.A.C.법⁴⁾에 의거하여 정량하였다.

5. 향기성분의 포집 및 분석

향기성분의 분석을 위한 포집은 purge trap system (Tekmar, LSC2000)을 이용하여 dynamic head space 분석법을 사용하였다. 시료 5g을 가하여 다음과 같은 조건으로 향기성분을 분석하였다.

Mount, bottom, valve, line 등 각 부분의 온도는 120℃로 고정하고, 준비온도는 30℃ 이하로 설정하였다. 30 PSI의 질소를 60 cc/min 속도로 30분간 purging하여 Tenax-GC가 들어있는 흡착관에 향기성분을 흡착시키고 10분간 dry purge를 행하였다. Purge완료 후 trap내부에 남아있는 비흡착물질이나 수분을 제거하기 위해 dry purge를 1분간 계속한 다음 180℃에서 3분간 가열하여 탈착시켰다.

향기성분의 분리를 위해 gas chromatography(GC, Hewlett Packard 5890 series II)를 행하였다. Capillary column은 DB-5(0.32 mm i.d.×50M in length, wall 0.25 μm, Scientific Glass Engineering, Australia)를 사용하였다. Injector port와 detector port의 온도는 각각 200℃와 250℃이었으며 column의 온도는 30℃에서 3, 5분간 유지한 다음 분당 3℃ 단위로 210℃까지 올렸다. 운반기체는 질소, detector는 FID를 사용하였다.

6. 향기성분의 동정

Dynamic head space법으로 포집한 향기성분을 확인하기 위해 GC-MS system을 사용하여 분석하였다. GC의 조작조건은 상기와 같으며 GC에서 mass spectrometer (MS)로 시료를 도입키 위한 내부온도는 200℃였다.

Table 2. Operating conditions of mass spectrometer used for the identification of flavor compounds

1. Instrument: Concept II(Kratos Analytical, Manchester, UK)
2. Set up source
1) Electron voltage: 70 eV
2) Resolution: 1000
3. Set up scan
1) Mass range: 10~300 m/e
2) Maximum mass: 1000
3) Heat temperature of detector is set to 8000 V
4) Scan speed: 1 second per decade
5) Scan using: digital analog calculator(DAC)
4. Data collection
1) Data collected as: Nominal
2) Filter: Automatic set to 30 KHz
3) Mass defect: 0.5 amu
4) Accept peaks up to: 3.00 times resolution
5) Minimum valley depth: 10 mV
5. Acquisition sequence
1) Delay to first scan: 1 : 51
2) Maximum running time: 100 : 00
3) Maximum scan: 10000
6. Data handling system
1) Computer system: Sun operating system Ver. 3.60
2) Library: Wileylnbs(National Bureau of Standard, Washington, D.C.)
7. Mass standardization reagent
Perfluorokerosene(BDH Limited Pooled, England, UK)

MS는 Concept II(Kratos Analytical, Manchester, UK)였고 electron impact(EI) mode로 70 eV에서 이온화시켰다. 이때 사용한 MS의 조작조건은 Table 2와 같다. 한편 GC의 검출기로 사용한 FID에서 얻어진 chromatogram과 MS에서 얻어진 total ion chromatogram을 상호비교하기 위한 표준물질로서 n-alkane(Aldrich, U.S.A.)을 사용하였다. 본 시료의 향기성분의 양적인 변화를 비교분석하기 위해 GC검출기로 사용된 FID response (area count)를 자동적분기(HP3396A, Hewlett Packard, U.S.A.)로 측정하여 상대적인 값을 나타내었다. 이때 자동적분기의 조작조건은 zero=5, attenuation=5, chart speed=1.0 cm/min, area rejection=300,000, threshold=5, pick width=0.04)로 하였다.

7. 관능검사

잘 훈련된 관능요원 10인을 선정하여 관능검사를 실시하였다. 색, 조직감, 풍미, 냄새 그리고 전체적 수용도를 5점법으로 측정하였다. 색은 아주 하얗다 1점에서 아주 노랗다 5점까지, 조직감의 경우 아주 부드럽다, 아주 탄력이 강하다 1점에서 아주 단단하다, 아주 탄력이 약하다 5점까지, 기타항목 아주 약하다 또는 아주 나쁘다 1점에서 아주 강하다 또는 아주 좋다 5점까지로 나타내게 하여 다중범위점정으로 유의수준 5% 수준에서 통제처리를 하였다.

Table 3. Yield of soy milk and soy bean

	soy milk ml/g soybean	tofu g/g soybean
control group	9.63	2.25
experimental group		
a	9.30	2.18
b	9.28	2.28
c	8.98	2.28
d	8.48	2.25

Table 4. Moisture, protein and lipid contents of soy-milk

	moisture(%)	protein(%)	lipid(%)
control group	94.0	3.2	1.6
experimental group			
a	93.6	3.3	1.7
b	93.5	3.3	1.7
c	93.5	3.4	1.8
d	93.4	3.4	1.8

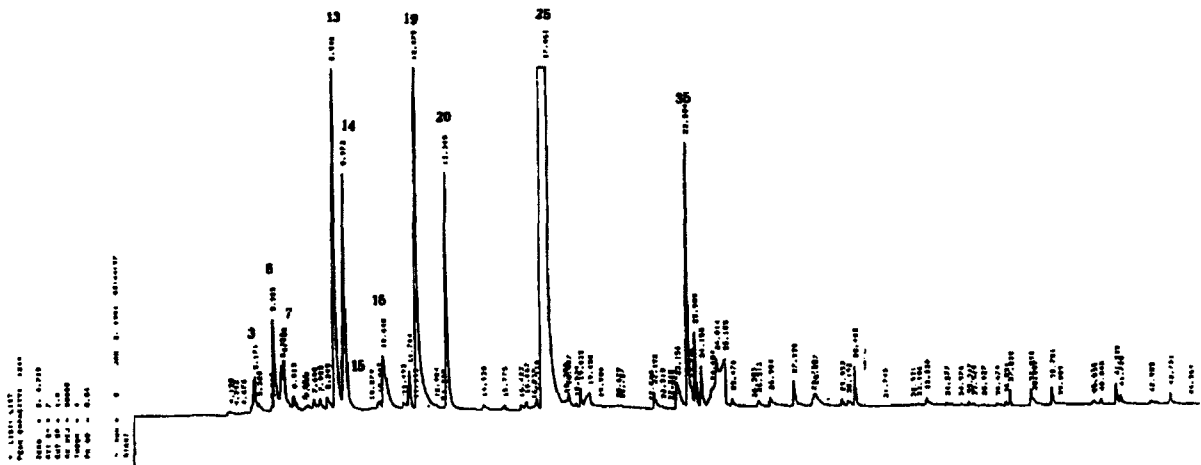


Fig. 1. The GC Chromatogram of the volatile compounds in soymilk prepared with raw soybean.

결과 및 고찰

1. 두유와 두부의 수율

두부를 제조하기 위하여 200g 대두로 만든 두유와 두부의 수율은 Table 3과 같다. 열처리 온도가 높을수록 두유의 양은 감소하고 따라서 두유 수율도 감소하였다. 하 등²⁾도 대두의 데치기처리가 두유의 수율을 감소시켰다 하여 본 실험결과와 일치하였다. 대두 200g으로 제조한 두부의 두부수율을 보았을 때 80~85℃에서의 대두 열처리가 두부수율에 영향을 주지 않았음을 볼 수 있었으며 두유제조 온도가 높을수록 두부의 조직감이 연하고 탄력성이 높게 나타나 열처리온도가 높고 열처리 시간이 길어질수록 lipoygenase의 실효효과를 볼 수 있었다.

2. 두유의 일반성분

80~85℃로의 대두열처리가 두유의 일반성분에 미치는 영향을 알아보기 위하여 두유의 수분, 단백질, 지방 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 열처리 온도 및 시간이 증가할수록 두유내 수분의 함량은 다소 감소하고 단백질과 지방의 함량은 다소 증가하는 경향이였다. 그러나 대두 200g에서 두유내로 용출된 총단백질 및 총지방의 함량은 다소 감소하였다. Albrecht 등⁵⁾은 열처

리시간이 증가할수록 nitrogen solubility index(NSI)가 감소한다 하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다. 김 등³⁾은 고온에서 열처리한 것을 고온에서 마쇄할 때 저온 마쇄시보다 NSI가 높게 나타났다고 하여 본 실험과는 다른 결과를 보였으나 이것은 열처리 온도의 차이에 기인하는 것으로 보이며 80~85℃의 열처리가 대두 단백질의 용해도에 크게 영향을 미치지 않았음을 알 수 있었다. Johnson 등⁶⁾은 열처리 대두를 마쇄하면 protein body가 변성되나 균질처리에 의해서 변성된 단백질이 재분산된다 하였다. 따라서 대두를 80~85℃에서 5분간 열처리는 단백질의 지나친 변성을 가져오지 않은 것으로 사료된다.

3. 향기성분의 동정

Fig.1은 비열처리 대두를 상온에서 마쇄하여 얻은 두유의 향기성분을 포함한 다음 GC로 분석한 chromatogram이고 Fig.2는 대두를 80~85℃에서 5분간 열처리하여 80℃에서 마쇄하여 얻은 두유의 향기 chromatogram이다. 각 chromatogram의 향기성분을 분석한 결과 두 시료간에 차이가 있음을 알 수 있었다. 열처리 대두로 제조한 두유의 경우 비열처리 대두로 제조한 두유보다 향기성분의 수가 적을 뿐만 아니라 양도 적고 새로이 생성된 향기성분도 존재하였다. 확인한 몇몇 성분은 hydro carbon으로부터 유도된 alcohols, aldehydes, esters,

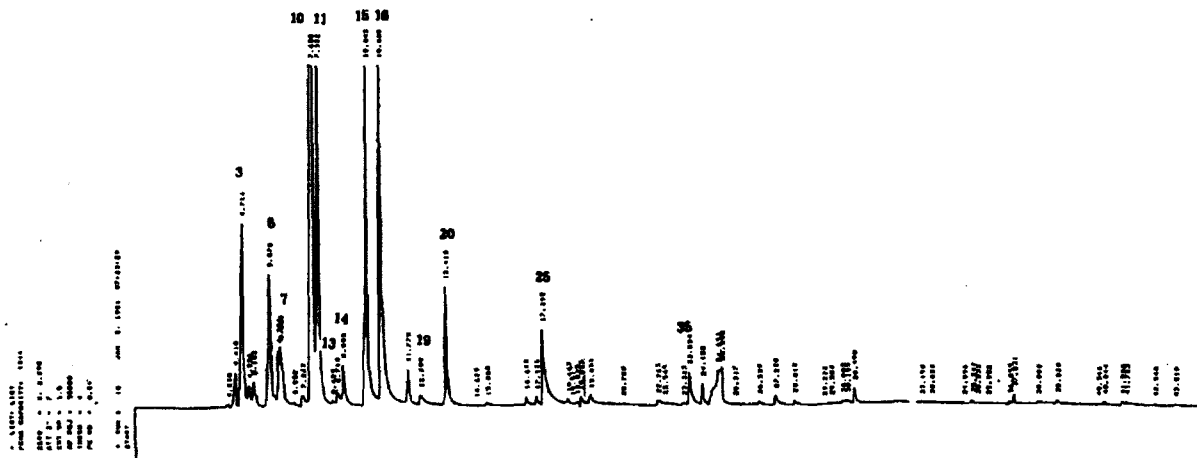


Fig. 2. The GC Chromatogram of the volatile compounds in soymilk prepared with raw blanched soybean.

Table 5. Volatile compounds of soy milk and tofu prepared with raw or blanched soybean

peak	component	area count/10,000			
		soy milk a	soy milk b	tofu a	tofu b
1					
2					
3	ethanol	98	410	99	62
4					
5					
6	2-methyl propanol	208	319	—	—
7	2-pentanone	95	100	—	—
8	hexane			675	1410
9					
10	3-methyl butanal	—	2794	—	—
11	pentanal	—	609	—	—
12					
13	1-pentenol	771	29	—	—
14	3-pentanone	415	85	—	—
15	unknown	10	585	—	—
16	3-methyl butanol	193	820	—	—
17					
18					
19	1-pentanol	988	41	—	—
20	hexanal	344	180	152	14
21					
22					
23					
24					
25	1-hexanol	6720	220	58	—
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35	2-prophenyl furan	344	84	118	7

*soymilk a: prepared with raw soybean
soymilk b: prepared with blanched soybean

tofu a: prepared with soymilk a
tofu b: prepared with soymilk b

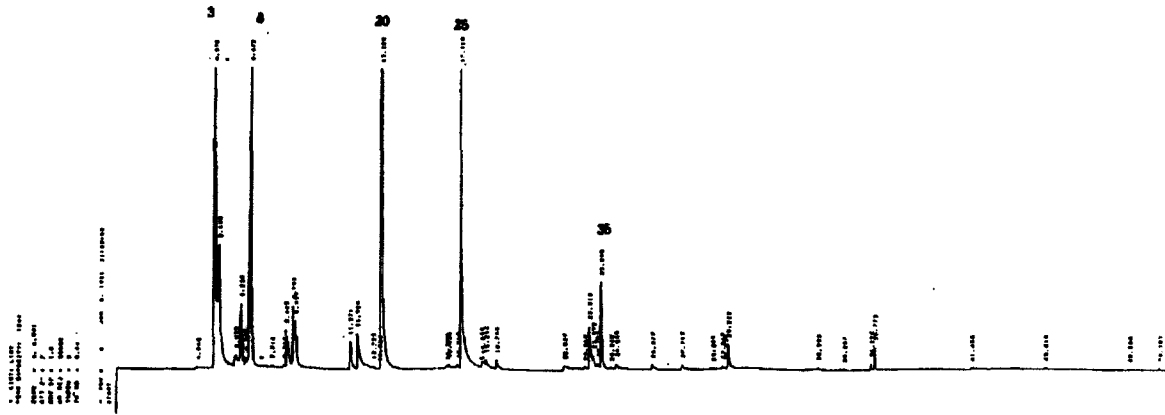


Fig. 3. The GC Chromatogram of the volatile compounds in tofu prepared with raw soybean.



Fig. 4. The GC Chromatogram of the volatile compounds in tofu prepared with blanched soybean.

ketones, phenols, oxide 등의 oxygenated compounds와 유황 혹은 질소를 포함한 화합물의 존재도 알 수 있었으나 두유에는 alcohol류가 주종을 이루고 있으며 총 12가지의 향기성분이 동정되었다(Table 3). 비열처리 대두로 제조한 두유의 경우 1-pentanol, 3-pentanone, 1-pentanol과 hexanal, 1-hexanol 그리고 2-prophenyl furan이 다량검출되었으며 열처리 대두로 제조한 두유의 경우 비열처리 대두로 제조한 두유에 비해 3-methyl butanal, pentanal이 특이하게 검출되었고 ethanol, 2-methyl propanol, 3-methyl butanol 등은 증가하였고, 1-pentanol, 3-pentanone, 1-pentanol, hexanal, 1-hexanol, 2-prophenyl furan 등은 감소하였다. 이러한 결과로부터 대두에의 열처리가 콩비린내의 원인이 되는 hexanal과 chemical winey냄새가 나는 1-hexanol 그리고 풀냄새의 원인이 되는 1-pentanol이 감소하여 효소가 불활성화 되었음을 알 수 있었다. 반면 ethanol은 대두의 열처리 효과로 인하여 증가하여 열처리 대두로 제조한 두유의 향미에 영향을 주는 것으로 생각된다.

비열처리 대두로 제조한 두부의 향기는 ethanol, he-

xane, hexanal, 1-hexanol과 2-prophenyl furan이 동정되었고 열처리대두로 제조한 두부에서는 ethanol, hexane hexanal 그리고 2-prophenyl furan이 동정되었다. 향기의 종류와 양이 상당량 감소하여 두부제조를 위하여 가열하는 과정에서 휘발성물질들이 다량 휘발했음을 알 수 있었다. 비열처리 대두로 제조한 두부향기 중에서 콩비린내, 풀내의 원인으로 알려진 hexanal과 1-hexanol이 검출되어 열처리대두로 제조한 두부와 비교가 되었다. 이 휘발성물질들은 linoleic acid같은 불포화지방산의 과산화물로서 쓴맛과 수렴성맛의 원인이 될 수 있는데¹⁾ 열처리대두로 제조한 두부의 경우엔 hexanal이 1/11정도로 감소하였다.

4. 관능검사

비열처리 대두로 제조한 대조군 두부와 80~85℃ 열처리대두를 각 온도별로 제조한 두유로 만든 실험군 두부의 관능검사 결과는 Table 6과 같다. 색깔의 경우 대조군에 비해 실험군에서 색이 더 노랗다고 하였으며 고온에 오래 노출될수록 색이 더 진해졌다고 하였다.

Table 6. Sensory evaluation of tofu prepared-with raw or blanched soybean

	control	experimental group			
	group	a	b	c	d
color	1.2 ^a	2.3 ^b	3.0 ^c	4.2 ^d	4.3 ^d
texture					
smooth	3.3 ^a	3.0 ^a	2.4 ^b	2.0 ^b	2.3 ^b
elastic	2.8 ^a	3.4 ^a	2.8 ^a	2.0 ^b	2.3 ^b
flavor					
beany	3.0 ^a	2.1 ^b	1.5 ^c	2.1 ^b	1.8 ^{bc}
toasted nutty	1.3 ^a	2.2 ^b	2.6 ^b	4.0 ^c	4.2 ^c
bitter	3.2 ^a	1.9 ^b	2.0 ^b	2.1 ^b	1.8 ^b
odor					
beany	3.3 ^a	2.9 ^{ab}	2.4 ^b	2.4 ^b	2.1 ^b
toasted butty	2.0 ^a	2.6 ^{ab}	2.8 ^b	4.1 ^c	4.3 ^c
total acceptability	2.3 ^a	2.0 ^a	2.9 ^b	4.3 ^c	3.8 ^c

* Values in the same row with different superscripts are significantly different ($P < 0.05$) from each other.

조직감의 경우엔 비열처리 대두로 제조한 두부가 더 부드럽고 탄력이 있는 것으로 나타났다. 고 등⁷⁾은 두부 제조시 응고온도가 높을수록 견고성이 증가하고 탄력성이 감소하는 경향이 있다고 하였으며 점성이 크게 향상된다 하였다. 또한 너무 빠른 응고는 단백질이 일정한 모양으로 정렬될 시간이 없어 단단해지므로 고온응고 두부는 부서짐성이 크다 하였다. 풍미의 경우 대조군에서 콩비린맛과 쓴맛이 실험군에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 열처리 대두로 제조한 실험군의 경우엔 고소한 맛이 대조군에 비해 유의적으로 높게 나타났으며 열처리 대두로 제조한 실험군의 경우엔 고소한 맛이 대조군에 비해 높게 나타났다. 냄새에서도 콩비린내와 고소한내의 경우 풍미의 경우와 일치하지는 않지만 유사한 경향을 나타내어 대두의 열처리가 두유와 두부의 콩비린내를 제거하는 데 효과적인 것으로 설명된다. 하 등²⁾은 두유를 제조하기 위해 데웠을 때 두유의 색이 미황색을 나타내었으며 고소한 냄새와 맛이 증대되었다고 하고 100℃에서 5분간 데웠을 때 n-hexanal 함량이 대조군에 비해 1/2.4 감소하였다 하였다. 본 실험에서도 열처리를 하였을 때 hexanal의 감소를 확인할 수 있었다.

두부의 전체적인 수용도의 경우엔 80~85℃ 열처리 대두를 60℃ 이상에서 마쇄하여 제조한 두부가 가장 높은 점수를 받았다. 이와 같은 관능검사 결과 대두에의 열처리는 대두자체의 탈색을 방지하고 콩비린맛을 제거할 수 있어 열처리 대두로 제조한 두부의 수용도가 유의적으로 높게 나타난 것으로 사료된다.

요 약

비열처리 대두와 열처리 대두로 두유와 두부를 제조하고 그 품질을 연구한 결과는 다음과 같다.

1. 대두를 열처리하였을 때 두유의 수율과 전체단백질의 양은 다소 감소하였으나 두부의 수율은 거의 변화가 없었다. 2. GC-MS로 휘발성 물질을 측정하였을 때 비

열처리 대두로 제조한 두유는 콩비린내의 성분으로 알려진 1-pentenol, 3-pentanone, 1-pentanol, hexanal, 1-hexanol의 함량이 높게 나왔으며 열처리 대두로 두유를 제조하였을 때 이들 휘발성 물질은 감소하고 고소한 내의 ethanol, 2-methyl propanol 3-methyl butanol과 같은 알코올 종류와 3-methyl butanal, pentanal 등이 증가하거나 새로이 발생하였다. 3. 두부를 제조하여 휘발성 물질을 측정할 결과 두유를 가열하는 동안 휘발성 물질은 대부분 날아가고 비열처리 대두로 제조한 두부의 경우 ethanol, hexane hexanal 그리고 1-hexanol 등이 남았으며 열처리 대두로 제조한 두부의 경우엔 소량의 ethanol과 hexane, 전자의 1/11 정도의 hexanal이 잔존하였다. 4. 관능검사 결과 열처리 대두로 제조한 두부의 색이 대조군에 비하여 노란색을 띠고 있었으며 두부의 조직감은 대두에 열처리를 낮은 온도에서 그리고 적은 시간동안 할수록 부드러운 정도는 크고 탄력이 더 좋은 것으로 나타났다. 또한 비열처리 대두로 제조한 두부의 경우 콩비린내와 콩비린맛 쓴내와 쓴맛이 있으며 열처리 대두로 제조한 두부의 경우엔 고소한 내와 고소한 맛이 강하다고 하였다. 5. 전체적인 수용도에서 열처리 대두를 60℃ 이상의 고온에서 마쇄하여 제조한 두부의 수용도가 가장 높게 나타났다. 이와 같은 결과, 대두를 열처리하여 lipoxigenase를 불활성화 시키고 두부를 제조하면 두부의 품질이 향상됨을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Wolf, W.J., Lipoxigenase and flavor of soybean protein products, *J. Agr. Food Chem.*, 23(2): 136 (1975).
2. 하상도, 김성수, 박철수, 김병목, 대두의 데치기와 발아가 두유의 품질에 미치는 영향, *한국식품과학회지*, 23(4): 485 (1991).
3. 김은수, 조재선, 두유의 현탁안정성에 관한 연구, *한국식품과학회지*, 22(3): 312 (1990).
4. A.O.A.C. Official method of analysis 13th ed. associa-

- tion of official analytical chemists (1980).
5. Albrecht, W.J., Mustakas, G.C. & McGhee, J.E., Rate studies on atmospheric steaming and immersion cooking of soybean, *Cereal Chem.*, 43: 400 (1966).
 6. Johnson, K.W. & Snyder, H.E., A composition of processing methods on yield and composition, *J. Food Sci.*, 43: 349 (1978).
 7. 고순남, 김우정, 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 응고온도 및 응고재의 영향, *한국식품과학회지*, 24(2): 154 (1992).