

대두-수수 혼합곡물의 템페발효

김종태 · 김철진 · 김동철 · 권태완
한국식품개발연구원

Tempeh Fermentation from a Mixture of Soybean and Sorghum Grain

Chong-Tai Kim, Chul-Jin Kim, Dong-Chul Kim and Tae-Won Kwon

Korea Food Research Institute, Seoul, Korea

Abstract

Tempeh-type fermented products were prepared from soybean, sorghum or mixture of soybean and sorghum(1 : 1) with the traditional Indonesian inoculum(LARU : mixed cultures of *Rhizopus oligosporus*). Fermentation increased protein and fiber contents in the soybean tempeh(ST) and tempeh of soybean-sorghum mixture(SSM). Fat content was slightly higher in sorghum tempeh(SGT) and SSM than that of control. During the fermentation, pH, soluble solid and soluble nitrogen were increased, while no significant change was found in the total solids. The trypsin inhibitor activity(TIA) and phytic acid content decreased after 32 hrs fermentation. It is suggested that *Rhizopus oligosporus* is capable of hydrolyzing trypsin inhibitor and phytic acid of the substrate. Thiamine and niacin contents increased in all samples as compared with the unfermented control. In amino acid level, there were some decreased in total amino acids after 32 hrs fermentation in three types of tempeh. While the concentrations of lysine, valine, tyrosine and alanine in ST, SGT and SSM were increased those of serine and glutamic acid were decreased in compare to the unfermented control.

Key words : tempeh, TIA(Trypsin inhibitor activity), *Rhizopus oligosporus*, amino acid

서 론

미생물을 이용한 곡물 발효식품은 아시아, 중동, 아프리카 지역에서 수세기 전부터 제조되어 소비되고 있는 바 수수, 옥수수, 밀, 대두 등을 박테리아, 곰팡이, 효모 등의 발효균을 이용하여 발효식품을 얻을 수 있다¹⁾.

이들 곡물 발효식품 중의 하나인 템페는 대두에 *Rhizopus oligosporus* 균을 접종하여 발효시킨 고단백질의 영양식품이다. 이러한 템페는 원산지인 인도네시아는 물론 말레이시아, 싱가포르, 캐나다, 네델란드, 서인도, 미국 및 일본 등지에서 널리 소비되고 있는 무염대두 발효 식품이다²⁾. 발효가 끝난 템페는 하얀케익 모양을 갖고 단백질과 지방이 곰팡이가 생산하는 효소활성으로 인하여 분해가 이루어져 발효시키지 않은 대두보다 영양가가 높고 소화흡수가 잘 되므로 식품으로서 효용 가치를 증진시킨다.

템페에 관한 연구는 많은 연구자들에 의해 여러 가지 다른 결과가 보고되어 있는데, 이 중 템페제조에 관한

보고는 Martinelli와 Hesseltine³⁾이 다양한 발효용기를 사용하여 템페를 제조하였는데 적당한 통기를 해줄 수 있는 기공이 뚫린 플라스틱 필름 용기를 사용하여 템페발효를 하였을 경우 양호한 템페를 얻을 수 있었으며, Steinkraus 등⁴⁾은 시험공장 규모로 54.4 kg의 템페를 생산한 실험결과를 보고 하였다. 템페발효 후 성분변화에 있어서 수용성 고형분과 수용성 질소, pH 및 섬유질은 증가되나 총질소 함량은 크게 변화하지 않고 환원당은 감소한다고 보고되었다^{5,6)}. 또 비타민 중 나이아신, 리보플라빈, 티아민 및 비타민 B₁₂ 함량은 템페발효 후 현저히 증가하였다^{7,8)}. 반면 대부분의 아미노산은 크게 변함이 없다고 하였다⁹⁻¹¹⁾. 대두내에 존재하는 피트산은 단백질 분해효소와 아밀라제 활성을 저해하고 무기물의 생체이용도를 감소시키며 다가의 무기물과 불용성 복합체를 형성 하는데¹²⁾, Sudarmadj와 Markakis¹³⁾는 대두를 템페발효시키면 대두내에 존재하는 피트산의 1/3 가량이 감소된다고 하였다. Wang 등¹⁴⁾ 등은 대두템페에 있어 영양저해인자인 트립신억제제(Trypsin inhibitor)의 활력이 감소한다고 하였다. 또 템페가 항산화력이 있어 산화에 안정함을 Pockett 등¹⁵⁾은 보고하였다.

수수(sorghum)는 아시아, 아프리카 및 기타 지역에서

Corresponding author : Chong-Tai Kim, Food Biochem. Lab., Korea Food Research Institute, Cheongryang, Seoul, 131-650, Korea.

재배되는 곡물로서 밀, 쌀, 옥수수, 보리에 이어 5번째로 중요시 되는 식량자원으로⁽¹⁶⁾ *Rhizopus oligosporus* 균으로 발효시켜 템페형태의 식품을 얻을 수 있는 가능한 곡물이라고 보고되어 있다⁽¹⁷⁾.

본 연구에서는 대두, 수수 그리고 대두와 수수의 혼합곡물을 인도네시아의 전통 종균인 LARU(mixed cultures of *Rhizopus oligosporus*)로 발효시킨 후 각 템페 제품의 생화학적 성분변화를 관찰하고 새로운 발효식품으로서의 개발 가능성을 검토하여 보았다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 대두는 흰콩(*Glycine max.*)을, 수수는 White Kafri Sorghum으로 인도네시아 자카르타산 을 사용하였다.

템페의 제조

템페제조는 Hesseltine 등⁽¹⁷⁾의 방법에 따라 행하였는데 Fig. 1에 대두와 수수의 혼합(1 : 1) 템페 제조공정을 나타내었다. 먼저 2.5 kg의 대두와 수수를 각각 세척하여 이물질질을 제거한 후 물을 6l 가하여 대두는 30분, 수수는 15분 동안 끓인 다음 실온에서 24시간 방치하였다. 수침 후 대두는 껍질을 제거하고 증기솥에서 30분간 익히고, 수수는 15분간 익힌 후 실온까지 냉각하여 인도네시아 전통종균 LARU(mixed cultures of *Rhizopus oligosporus*)를 접종하여 대두와 잘 혼합한 뒤 polyethylene 봉지(12 × 24 cm)에 500g씩 담아 밀봉하였다. 이 때 polyethylene 봉지는 1 cm 간격으로 0.6 mm의 기공을 만들어 사용하였다. 밀봉한 대두, 수수 및 대두-수수 혼합곡물 시료를 30℃ 항온조에서 24~48시간 동안 발효시키면서 일정시간마다 시료를 취하여 증기솥에서 10분간 곰팡이 활성을 실행시킨 후 55℃ 건조기에서 건조하여 분쇄 후 냉장보 관하면서 실험에 사용하였다. 대조군 시료는 종균을 접종하지 않고 위와 동일한 방법으로 실시한 후 건조분쇄 하였다.

일반성분 분석

일반성분 분석은 AOAC⁽¹⁸⁾ 방법에 의해 실시하였고 단백질 함량은 Semi-micro Kjeldahl 방법에 의해 측정 하였으며 질소계수는 대두, 수수, 대두-수수 혼합시료에 각각 5.30, 5.71, 5.51을 계산해 주었다.

수용성 고형분, 질소 함량 및 pH의 측정

30g의 템페 분말을 160 ml 증류수에 넣고 Waring blender로 5분 동안 균질화시키고 균질액의 pH를 측정하

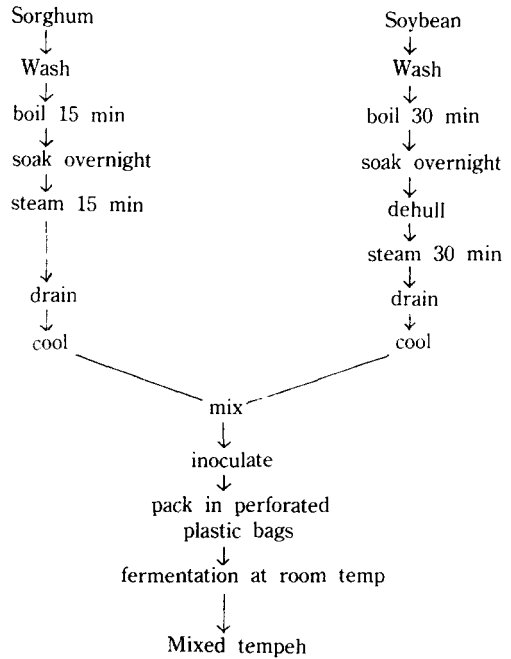


Fig. 1. Flow sheet for manufacturing sorghum and soybean(1 : 1) mixed tempeh

였다. 균질액을 90℃까지 가열하여 효소활성을 불활성시킨 뒤 균질액 일정량을 취하여 총 고형분 함량을 분석하고, 균질액을 원심분리(11,000×g, 1.5 hr) 후 상등액은 여과지(Whatman No.1)로 여과하여 부유하는 유리지방을 제거하고 다시 상등액을 Sorvall 원심분리기에서 원심분리(11,000×g, 90 min)한 후 상등액을 Sorvall ultracentrifuge로 원심분리(38,000×g, 90 min)한 다음 상등액을 일정량 취하여 수용성 고형분, 수용성 질소 및 TCA-soluble 질소 함량을 측정하였다⁽⁵⁾.

피트산의 정량

피트산의 추출과 침전은 AOAC 방법⁽¹⁸⁾에 따라 실시하였고, Beal과 Mehta의 방법⁽¹⁹⁾에 따라 ferric phytate를 ferric hydroxide로 반응시키고 철의 함량으로부터 피트산의 함량을 계산하였다.

트립신 억제제의 활성(TIA)

TIA는 AACC방법⁽²⁰⁾에 따라 실시하였고 트립신(Sigma, T-8253)과 기질로서 benzoly-DL-arginine-p-nitroanilide(Sigma, B-4875)를 사용하였다.

트립신억제제(TI)의 unit는 Kakade 등⁽³⁰⁾에 의한 순수한 트립신 1 μg이 0.019의 흡광도를 보이는 것에 근거하여 다음과 같은 식에 의하여 계산하였다.

Table 1. Effects of fermentation on the proximate composition of sorghum and soybean^{a)}

Grain	Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Ash	Carbohydrate ^{c)}
Sorghum						
control	6.24	10.53	8.45	2.04	1.21	77.77
fermented ^{b)}	3.96	10.32	10.74	2.48	1.41	75.05
Soybean						
control	5.54	51.87	29.30	3.29	2.89	12.67
fermented	5.68	53.66	27.40	4.69	3.01	11.24
Sorghum + Soybean						
control	6.50	27.81	18.83	2.60	1.92	48.84
fermented	4.42	30.84	20.34	3.05	2.07	43.70

a) Data expressed on dry weight basis

b) Fermentation time : 32 hrs

c) Calculated by difference

$$TI, \text{ mg/g of sample} = \frac{A_{540} - A_{540m}}{19} \times \text{dilution factor}$$

티아민과 나이아신의 정량

시료의 전처리는 Lyman 등⁽²¹⁾의 방법에 따라 행하였고 Takadiatase(Sigma, A-0273)로 가수분해 하였다. 여과액을 bromocresol green을 사용하여 형광비색법으로 티아민 정량에 사용하였다. 나이아신은 AOAC 방법⁽¹⁸⁾에 따라 실시하였는데 대두와 대두-수수 혼합시료의 경우 시료를 1 N-H₂SO₄으로 121°C에서 30분간 가수분해 후 pH를 4.5로 조절하고 여과하여 여액을 분석에 사용하였고, 수수시료는 AOAC 방법⁽¹⁸⁾의 곡물분석법에 따라 실시하였다.

아미노산의 분석

질소 함량으로 10 mg에 상당하는 양의 시료를 취하고 6 N-HCl 6 ml를 가하여 질소 가스를 7분간 충전한 다음 110°C 오븐에서 22시간 가수분해한 후 감압진조하여 0.1 M-Sodium citrate(pH 2.2) 완충용액으로 100 ml로 정용한 다음 0.5 μl의 시료를 아미노산 자동분석기(Biotronic LC-5000)로 분석하였다.

결과 및 고찰

일반성분의 변화

Table 1은 각 시료의 템페발효 32시간 후 일반성분의 변화를 나타낸 것인데 대두와 대두-수수 혼합템페의 경우 단백질과 섬유질 함량이 조금씩 증가하였다. 단백질의 증가는 곰팡이가 다른 성분들을 곰팡이 생장에 이용하여 그 성분들의 상대적인 감소로 인한 결과로 설명할 수 있으며⁽²²⁾, 균사의 생장이 섬유질 함량의 증가를 가져온 것으로 생각된다. 대두와 대두-수수템페의 경우 지방 함량의 증가를 보였는데 이는 발효과정 동안 대두보다

탄수화물 함량이 많은 수수의 탄수화물을 곰팡이가 대사에 더 많이 이용하여 상대적으로 증가한 결과를 보인 것으로 사료된다. Bai 등⁽²³⁾도 대두와 땅콩의 혼합템페 발효 후 지방 함량이 증가한 결과를 보고 하고 있는데 이들은 템페발효과정 동안에 지방함량의 증감 또는 유지되는 현상이 일어나기 때문에 발효시간에 따라 함량의 차이를 보인다고 하였다. 이러한 곰팡이의 대사에너지원의 이용은 더욱 연구되어야 한다고 생각된다. 탄수화물의 감소는 탄수화물을 곰팡이가 대사에너지로 이용하여 일어난 결과라고 보아진다. Wahg 등⁽²²⁾도 대두와 밀을 이용한 템페제조에 있어 탄수화물의 감소 현상을 곰팡이에 의한 생장 에너지원으로서의 이용때문이라고 본 실험결과와 일치한 보고를 하였고, Suparmo 등⁽²⁴⁾도 유사한 연구결과를 보고하였다.

템페발효과정 중 화학적인 변화

Fig. 2는 발효과정을 통하여 일어난 화학적인 변화를 나타낸 것인데, 대두, 수수, 대두-수수 혼합템페 모두 총 고형분의 변화는 별로 없었다. 발효가 진행함에 따라 수용성 성분의 경우 수수템페는 33%에서 64%로, 대두템페는 14%에서 52%로, 대두-수수 혼합템페는 50%에서 72%로 증가하였다. 특히 주목할 사항은 수수템페와 대두-수수 혼합템페의 경우 전체적인 수용성성분의 함량이 큰 원인은 발효하기 전 삶음과정 중 부분적으로 표면이 갈라져 곰팡이 작용에 의한 연화작용(softening)의 가속으로 인하여 다당류의 용해에 기인한다고 할 수 있다.

수용성 질소성분의 급격한 증가는 곰팡이 생장 중 단백질분해에 의한 것이라고 추측되며, 발효과정 동안의 pH 변화는 수수템페가 6.50에서 6.9로, 대두-수수템페가 5.8에서 7.10까지 발효가 32시간에서 48시간까지 진행함에 따라 점차적으로 증가함을 알 수 있었다. 대두템페의 경우도 6.35에서 7.21까지 증가하였으며 24시간 이후 pH의 현저한 증가를 보였다. 이러한 pH의 증가는

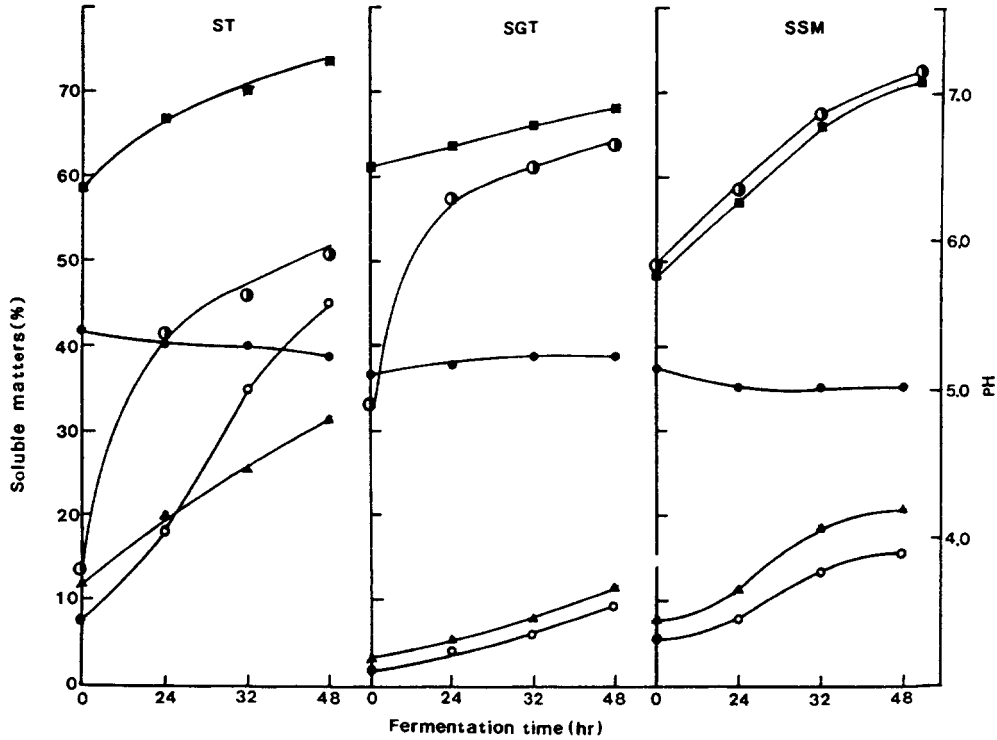


Fig. 2. Some chemical changes occurring during fermentation of soybean, sorghum and mixture of soybean and sorghum

■-■ pH, ●-● Soluble solids, ●-● Total solids, ○-○ Water-soluble nitrogen, ▲-▲ TCA-soluble nitrogen

곰팡이에 의해서 단백질이 분해되어 deamination이 일어나 암모니아의 발생으로 인한 것으로 Steinkraus 등⁽⁵⁾은 보고하고 있으며, Van Buren 등⁽⁶⁾은 템페내의 지방산이 주로 carboxylate 형태로 존재하기 때문에 물에 용해시 발효 전보다 높은 pH를 보인다고 하였다.

트립신억제제(TI)의 활성

템페발효 32시간 후 트립신억제제의 활성(TIA)을 Table 2에 나타내었다. 표에서 알 수 있듯이 수수템페의 TIA가 85.77%, 대두템페가 56.44%, 대두-수수템페가 69.76%의 감소를 보였다. 이는 곰팡이 균에 의한 효소 활성이 대두곡립의 조직을 분해하는 것에 기인하는 것으로 사료된다. Wang 등⁽²²⁾에 의하면 대두를 *Rhizopus oligosporus* 균으로 발효시켜 템페제조를 한 후 템페에서 TI를 추출하여 TIA를 측정된 결과 48시간 발효시킨 템페의 TI 추출물의 TIA가 발효시키지 않은 원료대두보다 3배나 높게 나타난 사실을 보고하였다. 이러한 결과로 볼 때 본 실험에서의 템페시료의 TIA 감소현상은 곰팡이 균에 의해 생성된 효소활성의 영향 때문이라고 설명할 수 있다. 일반적으로 TI는 곡물에 있어 영향저해인자로 알려져 있는데^(25,26), 템페발효를 통한 TIA의 감소는 식

품의 영양학적 및 기능적 측면에서 볼 때 템페발효의 장점이라고 할 수 있다.

피트산의 변화

Fig. 3은 템페발효가 끝난 뒤 각 시료에 잔존하는 피트산의 함량을 나타낸 것인데 발효시키지 않은 시료와 비교해 볼 때 수수템페, 대두템페, 대두-수수템페에 있어 각각 56%, 20% 및 30%의 피트산 감소를 보였다. 이러한 피트산의 감소는 수침 및 삶음공정에서 물속으로의 피트산 용해와 단백질 분해효소의 작용에 의한 것으로 판단된다. Sudarmadji와 Markaikis⁽¹³⁾는 피트산의 감소는 템페발효 중 곰팡이 작용에 의해 생성된 피트산 분해효소 phytase에 의해 일어난다는 사실을 밝혔다. 한편 발아, 수침, 삶음, 발효 및 다른 자가분해 등의 처리방법에 의하여 피트산을 제거 또는 감소시킬 수 있다는 보고^(27,28)도 있다. Sutadri와 Buckle⁽²⁹⁾에 의하면 템페 제조공정 중 처음 수침공정에서 피트산 함량을 감소시키는 영향이 크며, 저장온도 5°C와 30°C 조건에서 72시간 동안 템페를 저장하였을 경우 수침 후의 발효시키지 않은 대두의 피트산 함량이 절반 가량이 감소 된다고 하였다.

Table 2. Trypsin inhibitor activities of sorghum, soybean and sorghum-soybean mixture(1 : 1) after 32 hrs fermentation

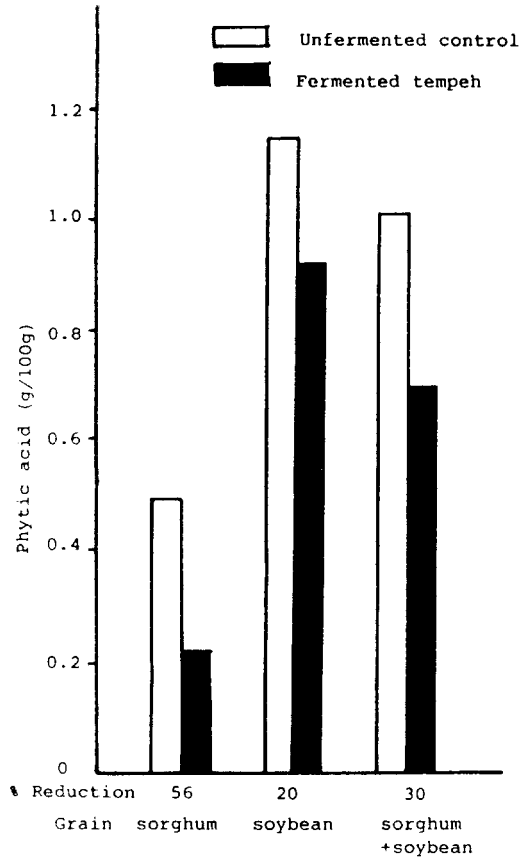
Grain	Trypsin inhibitor(mg)		
	TI/g sample	TI/g protein	% Reduction
Sorghum control	0.3929	3.7312	85.77
Sorghum fermented	0.0548	0.5310	
Soybean control	0.5572	1.0742	56.44
Soybean fermented	0.2511	0.4679	
Sorghum + Soybean control	0.9850	3.5419	69.76
Sorghum + Soybean fermented	0.3304	1.0713	

Table 3. Changes in thiamine and niacin content of sorghum, soybean and sorghum-soybean mixture(1 : 1) after 32 hr fermentation(data expressed on dry weight basis)

Grain	Thiamine (mg/100 g)	Niacin (mg/100 g)
Sorghum control	0.12	4.67
Sorghum fermented	0.16	11.25
Soybean control	0.34	0.12
Soybean fermented	0.70	1.52
Sorghum + Soybean control	0.22	1.70
Sorghum + Soybean fermented	0.59	5.48

비타민 함량의 변화

Table 3은 템페시료의 티아민과 나이아신 함량을 나타낸 것이다. 발효시키지 않은 수수, 대두, 대두-수수 혼합곡물의 티아민 함량은 각각 0.12, 0.34 및 0.22 mg/100g인데, 32시간 발효 후 0.16, 0.70 및 0.59 mg/100g으로 각각 1.3, 2.1 및 2.7배 증가하였다. 또한 나이아신 함량도 발효시키지 않은 수수, 대두, 대두-수수 혼합곡물에 있어 4.67, 0.12 및 1.70 mg/100g에서 발효 후 11.25, 1.52 및 5.48 mg/100g으로 각각 2.4, 12.7 및 3.2배 증가하였다. 대두템페 발효과정을 통하여 티아민과 나이아신 함량의 변화는 Murata 등⁽⁷⁾에 의하면 티아민은 템페발효시간에 따라 함량의 변화가 달라진다고 하였고 Roelofsen와 Talens⁽⁸⁾에 의하면 나이아신의 증가현상을 발견할 수 있다고 하였는데 이들에 의하면 이러한 비타민 함량의 변화는 템페발효 동안 *Rhizopus oligosporus*에 의해 비타민들이 생산되기 때문이라고 하였으며 이에 대한 더 자세한 연구결과는 아직 없는 실정이다.

**Fig. 3.** Phytic acid content of sorghum, soybean and sorghum-soybean mixture(1 : 1) after 32 hrs fermentation

아미노산의 변화

대두, 수수, 대두-수수 혼합곡물의 템페와 발효시키지 않은 시료의 아미노산 조성을 Table 4에 나타내었다. 대두템페에 있어서는 리신, 히스티딘, 트레오닌, 발린 등이 0.6, 7.4, 10 및 30%씩 각각 증가하였고, 아르기닌, 세린, 글루탐산, 메치오닌, 이솔루신 등이 각각 8.1, 7.9, 4.9, 2.8 및 2.7%씩 감소하였다. 수수템페는 리신, 아르기닌, 발린, Half-시스틴 등이 43.2, 18.4, 9.5 및 13.3%로 크게 증가한 반면 히스티딘, 글리신, 메티오닌, 페닐알라닌 등이 12.1, 8.3, 16 및 3.8%로 각각 감소되었다. 대두-수수 혼합템페의 경우는 리신, 발린, 메치오닌, 이솔루신, 류우신, 페닐알라닌 등이 4.5, 38.5, 84.2, 35.9, 11.9 및 6.4%씩 증가하였고 히스티딘, 트레오닌, 글루탐산, 프롤린, 글리신 등이 77.9, 11.8, 30.6, 25.7 및 13.2%로 각각 감소하였다. 이상에서 살펴본 바와 같이 대부분의 아미노산이 템페발효 후 많이 감소하였다. 이러한 결과는 여러 다른 결과와 많이 일치하고 있다^(7, 11). 일부 필수

Table 4. Amino acid composition of soybean, sorghum and soybean-sorghum mixed tempeh and unfermented samples (g/100g : data expressed on dry weight basis)

Amino acid	Soybean		Sorghum		Soybean-sorghum mixture	
	unfermented control	fermented ^{a)} tempeh	unfermented control	fermented ^{a)} tempeh	unfermented control	fermented ^{a)} tempeh
Lysine	3.28	3.30	0.37	0.53	2.64	2.76
Histidine	2.02	2.17	0.66	0.58	0.77	0.17
Arginine	3.85	3.54	0.47	0.45	1.71	1.32
Aspartic acid	6.29	5.78	0.71	0.66	1.88	3.69
Threonine	2.10	2.31	0.32	0.31	1.19	1.05
Serine	2.78	2.56	0.43	0.42	1.63	1.35
Glutamic acid	10.29	9.79	2.05	1.90	7.74	5.37
Proline	3.10	2.93	0.88	0.91	2.06	1.53
Glycine	2.20	2.24	0.36	0.33	1.21	1.05
Alanine	2.43	2.64	0.76	0.90	1.22	1.58
Valine	2.37	2.44	0.42	0.46	1.04	1.44
Half-cystine	0.80	0.78	0.15	0.17	0.36	0.34
Methionine	1.07	1.04	0.25	0.21	0.19	0.35
Isoleucine	2.64	2.57	0.42	0.43	0.92	2.82
Leucine	4.08	3.83	1.23	1.18	2.52	1.25
Tyrosine	1.67	1.70	0.15	0.16	1.20	1.18
Phenylalanine	2.49	2.52	0.53	0.51	1.40	1.49
Total	53.46	52.14	10.16	10.11	29.68	28.74

a) Fermentation time : 32 hr

아미노산의 증가는 발효 동안에 곰팡이에 의한 합성의 결과로 추측되어지며 기타 다른 필수아미노산의 함량 감소는 발효를 통한 기질의 분해와 그 생성물을 곰팡이가 대사에 이용하였기 때문에 일어난 결과라고 사료된다. 또 비필수 아미노산의 감소는 아미노산의 질소원을 곰팡이가 대사에 이용하였기 때문에 생긴 결과라고 생각할 수 있다. 이상에서 살펴본 바와 같이 템페에 있어 아미노산의 함량은 발효조건과 시료에 따라 크게 다른 결과를 보이고 항상 일정한 양상을 보이지 않기 때문에 이에 대한 좀 더 심도있는 충분한 연구가 이루어져야 한다고 생각한다.

요 약

대두, 수수, 대두-수수 혼합곡물 템페를 인도네시아의 전통적인 종균(LARU ; mixed cultures of *Rhizopus oligosporus*)를 사용하여 제조하였다. 발효가 끝난 후 대두 템페와 대두-수수 혼합템페는 단백질과 섬유질의 양이 발효시키지 않은 대조군 시료보다 증가하였고, 지방 함량은 수수템페와 대두-수수 혼합템페의 경우 약간 증가하였다. 발효가 진행함에 따라 3가지 형태의 템페 모두가 pH, 수용성 고형분, 수용성 질소 함량이 증가한 반면 총 고형분 함량에는 큰 변화가 없었다. 트립신억제제 활성(TIA)과 피트산 함량은 발효 32시간 후 감소되었다. 이는 *Rhizopus oligosporus* 균이 대두를 발효시키는 과

정에서 트립신억제제와 피트산을 분해하는 분해능을 가지고 있음을 제시하는 결과이다. 티아민과 나이아신 함량이 3가지 형태의 템페 모두에서 증가하였다. 32시간 발효 후 대두, 수수, 대두-수수 혼합템페 모두에서 총 아미노산 함량은 감소하였고 아미노산 중 리신, 발린, 티로신, 알라닌 등이 증가하였고 세린과 글루탐산 이 감소하였다.

감사의 말

본 연구는 국제연합대학(UNU)의 템페에 관한 연구 프로그램의 연구자금 지원으로 수행된 것이다. 저자들은 연구비를 지원해 준 국제연합대학에 심심한 사의를 표하는 바이다.

문 헌

1. Hesseltine, C.W. and Wang, H.L. : The importance of traditional fermented foods. *Bioscience*, 30(6), 402 (1980)
2. Steinkraus, K.H. : *Handbook of indigenous fermented foods*. Marcel Dekker, INC., New York, p.8 (1983)
3. Martinelli, A.F. and Hesseltine, C.W. : Tempeh fermentation package and tray fermentation. *Food Tech.*, 18 (5), 167(1964)
4. Steinkraus, K.H., Van Buren, J.P., Hackler, L.R. and

- Hand, D.B. : A pilot plant process for production of dehydrated tempeh. *Food Tech.*, 19(1), 63(1965)
5. Steinkraus, K.H., Yap, B.H., Van Buren, J.P., Provvienti, M.I. and Hand, D.B. : Studies on tempeh-an Indonesian fermented soybean food. *Food Res.*, 25, 777(1960)
 6. Van. Buren, J.P., Hackler, L.R. and Steinkraus, K.H. : Solubilization of soybean tempeh constituents during fermentation. *Cereal Chem.*, 49(2), 208(1972)
 7. Murata, K., Ikehata, H. and Miyamoto, T. : Studies on the nutritional value of tempeh. *J. Food Sci.*, 32, 580(1967)
 8. Roelofsen, P.A. and Talens, Talens, A. : Changes in some B vitamins during molding of soybeans by *Rhizopus oryzae* in the production of tempeh kedelce. *J. Food Sci.*, 29, 224(1964)
 9. Ismail, M. : Preliminary studies on nutritional qualities of Malaysian tempeh. *Pertanika.*, 4(2), 129(1981)
 10. Smith, A.K., Rackis, J.J., Hesseltine, C.W., Smith, M., Robbinson, D.J. and Booth, A.N. : Tempeh : Nutritive value in relation to processing. *Cereal Chem.*, 4(3), 173(1964)
 11. Stilling, B.R. and Hackler, L.R. : Amino acid studies on the effect of fermentation time and heat processing of tempeh. *J. Food Sci.*, 30, 1043(1965)
 12. Deshpande, S.S. and Cheryan, M. : Effect of phytic acid, divalent cations, and their interactions on α -amylase activity. *J. Food Sci.*, 49, 516(1984)
 13. Sudarmadji, S. and Markakis, P. : The phytate and phytase of soybean tempeh. *J. Sci. Food Agric.*, 28, 381(1977)
 14. Wang, H.L., Vespa, J.B. and Hesseltine, C.W. : Release of bound trypsin inhibitors in soybeans by *Rhizopus oligosporus*. *J. Nutr.*, 102, 1495(1968)
 15. Packett, L.V., Chen, L.H. and Liu, J.Y. : Antioxidant potential of tempeh as compared to tocopherol. *J. Food Sci.*, 36(5), 798(1971)
 16. Paul, M.A. and Marion, L.F. : Nutritive quality of fermented sorghum. *J. Food Sci.*, 46, 652(1981)
 17. Hesseltine, C.W., Smith, M. and Wang, H.L. : New fermented cereal products. *Dev. Ind. Micro.*, 8, 199(1967)
 18. A.O.A.C. : *Official methods of analysis*. 10th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. p.250(1970)
 19. Beal, L. and Metha, T. : Zinc and phytate distribution in peas. Influence of heat treatment, germination, pH, substrate, and phosphorus on pea phytate and phytase. *J. Food Sci.*, 50, 96(1985)
 20. A.A.C.C. : *American association of cereal chemists approved methods*. 8th ed., American Association of Cereal Chemists, INC., St. Paul, Minnesota. AACC Method 71-10(1983)
 21. Lymen, C.M., Ory, R., Trant, M. and Ricii, G. : Determination of thiamine in rice and rice products. *Anal. Chem.*, 24(6), 1020(1952)
 22. Wang, H.L., Ruttle, D.I. and Hesseltine, C.W. : Protein quality of wheat and soybeans after *Rhizopus oligosporus* fermentation. *J. Nutr.*, 96, 109(1968)
 23. Bai, R.G. Prabha, T.N., Ramachandra, T.N., Sreedhara, V.P. and Sreedhara, N. : Studies on tempeh : Part I. Processing and nutritional evaluation of tempeh from a mixture of soybean and groundnut. *J. Food Sci. & Tech.*, 12, 135(1975)
 24. Suparmo and Markakis, P. : Tempeh prepared from germinated soybeans. *J. Food Sci.*, 52, 1736(1987)
 25. Liener, I.E. : Significance for humans of biologically active factors in soybeans and other food legumes. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 56, 121(1979a)
 26. Liener, I.E. : The nutritional significance of plant protease inhibitors. *Proc. Nutr. Soc.*, 38, 109(1979b)
 27. Chang, C.W. : Study on phytate and fluoride effects in germination corn seeds. *Cereal Chem.*, 44, 129(1967)
 28. Ologhobo, A.D. and Fetuga, B.L. : Distribution of phosphorus and phytate in some Nigerian varieties of legumes and some effects of processing. *J. Food Sci.*, 49, 199(1984)
 29. Sutardi and Buckle, K.A. : Reduction in phytic acid levels in soybeans during tempeh production, storage and frying. *J. Food Sci.*, 50, 260(1985)
 30. Kakade, M.L., Simons, N. and Liener, I.E. : An evaluation of natural vs synthetic substrates for measuring the antitryptic activity of soybean samples. *Cereal Chem.*, 46, 518(1969)

(1990년 6월 14일 접수)