

Bacillus subtilis DC-2로 제조한 청국장의 특성

최웅규 · 지원대 · 정영건[†]

영남대학교 식품가공학과

Characteristics of Chunggugjang Produced by *Bacillus subtilis* DC-2

Ung-Kyu Choi, Won-Dae Ji and Yung-Gun Chung[†]

Dept. of Food Science and Technology, Yeungnam University, Kyongsan 712-749, Korea

Abstract

Characteristics of *chunggugjang* fermented by *Bacillus subtilis* DC-2, a pigment producing bacterium, were investigated. More water soluble browning materials were produced with fermentation time. The pH was gradually alkalinized. The contents of amino nitrogen were extraordinarily increased with fermentation time. Both strength and hardness were gradually decreased during fermentation. Total 30 volatile compounds were identified in the *chunggugjang* fermented by *B. subtilis* DC-2. The pyrazines were detected more than any other compounds. The good aroma of the *chunggugjang* fermented by *B. subtilis* DC-2 was considered to be contributed by tetramethylpyrazine, trimethylpyrazine, 1-octen-3-ol, 2, 5-dimethylpyrazine and guaiacol.

Key words: *chunggugjang*, *Bacillus subtilis* DC-2, volatile compounds

서 론

삶은 콩에 벗장을 사용하여 재래식으로 발효시키거나, *Bacillus subtilis*, *Bacillus natto* 등에 의하여 단기간 발효시킨 청국장은 옛날부터 주요한 단백질의 공급원이었으며, 증자한 대두를 분쇄하여 미생물을 증식시키는 단순한 원리에 의하여 제조되고 있으나 미생물을 이용하는 관계로 원료의 종류, 숙성온도 및 기간, 통기상태, 식염농도 등 발효 기법상의 차이에 따른 특유의 풍미의 우열이 청국장의 품질을 결정하는 가장 큰 요인 이 되고 있다.

청국장은 간장, 된장, 고추장 등과 더불어 한국인에게 없어서는 안될 중요한 전통 대두발효식품으로서 이를 세계적인 발효식품으로 발전시키기 위해서는 과학적인 품질기준을 정립하여 품질을 규격화하고 소비자의 기호성에 맞는 고품질의 다양한 제품을 생산할 수 있어야 할 것이다.

최와 지(1)는 청국장 발효 중의 향기성분을 규명하기 위해 증자대두에 *B. subtilis*와 *B. natto*균을 각각 접종시켜 청국장을 제조한 후 향기성분을 분석 동정한 결과

alkylpyrazine류가 청국장의 향기에 크게 기여한다고 보고하였다. 그외 청국장에 관한 연구는 청국장 제조를 위한 조건(2-5), 제품 특성(6), 발효과정 중의 질소화합물의 변화(7,8), 유리아미노산의 변화(9), 당류(10,11) 및 유지성분의 변화(12) 등에 관하여 단편적으로 보고되고 있을 뿐 다른 발효식품에 비하여 아주 미약한 실정이다.

본 연구에서는 청국장을 기능성 식품으로 활용하기 위한 연구로 본 연구자들이 분리한 항산화성을 가진 색소를 생성함과 동시에 단백질 분해력이 강한 *Bacillus subtilis* DC-2(13-15)를 사용하여 청국장을 제조하여 그 품질을 분석하였다.

재료 및 방법

청국장 제조

정선한 원료대두를 18시간 동안 침지, 탈수한 다음 121°C에서 50분간 증자하고 50°C 정도로 냉각시킨 후 벗짚 및 *B. subtilis* DC-2를 접종, 40°C에서 48시간 배

[†]To whom all correspondence should be addressed

양한 것을 종균으로 하여 증자대두의 2%가 되도록 종균을 접종하여 40°C에서 96시간 동안 발효시켰다. 원료 대두는 수분 12.4%, 회분 6.9%, 조단백 37.6%, 조지방 15.9%, 조섬유 4.8%, 가용성 무질소물이 22.4%인 1996년 충북 청주산 백태(*Glycine max L.*)를 사용하였다.

pH 측정

청국장의 pH는 청국장을 분쇄하여 동량의 중류수를 가하고 교반한 다음 12,000g에서 30분 동안 원심분리하여 얻어진 상등액을 pH meter[Digital pH meter DP-215M(DMS, Korea)]로 측정하였다.

아미노태 질소, 조단백 및 수분 측정

아미노태 질소는 분쇄한 시료 20g을 정확히 채취하고 중류수를 가하여 200ml로 정용한 다음 2시간 방치하였다가 원심분리(12,000rpm, 30min)하여 얻어진 상등액 20ml를 Sörensen formol titration(16)법으로 정량하였다. 조단백은 Kjeldahl법(17)으로 측정하였고, 수분은 상압가열건조법(17)으로 측정하였다.

색과 텍스처 측정

청국장의 색은 Chromameter CR 300(Minolta, Japan)을 사용하여 직경 5cm의 petridish에 paste상으로 만든 시료를 넣고 Hunter의 L, a, b값을 측정하였다. 이때 사용한 표준판은 L=97.51, a=-0.18, b=+1.67의 값을 가진 백색판이었다. 발효 중에 생성된 갈변물질은 Toyomizu와 Chung의 방법(18)에 따라 n-hexane으로 탈지한 시료 3g에 chloroform-ethanol(2:1, v/v) 혼합용액 6ml를 가하여 추출한 것을 지용성 갈변물질로 하였고, 지용성 갈변물질을 추출하고 남은 잔사에 동량의 중류수를 가하여 5°C에서 120분간 추출한 것을 수용성 갈변물질로 하여 각각 390nm(13)에서 흡광도를 측정하였다.

청국장 발효과정 중 대두입자의 강도와 경도는 Sun rheometer compac-100을 사용하여 측정하였다. Rheometer의 조건은 table speed가 200, graph speed가 20, load cell \circ 10kg, critical diameter가 1mm, sample height가 1mm, sample width가 1mm, sample length가 1mm로 하였으며 각 시료당 30회 반복하여 측정하였다.

휘발성 향미물질의 분석

청국장 시료 200g을 취하여 중류수 1L를 가한 다음 Nikerson형의 연속 수증기 중류 추출장치의 시료용기

에 넣고 pentane과 ethyl ether의 동량혼합액 50ml를 용매용기에 가한 다음, 2시간 동안 향기성분을 추출하였다. 무수황산나트륨을 사용하여 추출시료를 탈수한 다음 회전증발기로 상압하에서 중류하여 향기 농축물을 얻었다. 분석은 GC/MSD(Hewlett Packard 5890 series 2 gas chromatograph/Hewlett Packard 5975A mass spectrophotometer)를 이용하였다. 이때 사용한 칼럼은 HP-FFAP(50m \times 0.33μm \times 0.2mm)이며 주입기의 온도는 230°C, 검출기(FID)의 온도는 250°C이었다. 한편 GC/MSD를 사용하여 얻은 mass spectrum을 Wiley 138 data base로 library search한 결과와 Kovat's retention index(19,20)를 이용하여 동정하였다.

결과 및 고찰

pH

B. subtilis DC-2를 이용하여 제조한 청국장 발효과정 중의 pH변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 증자대두의 경우 pH는 6.84를 나타내었으나 발효가 진행될수록 알카리화하여 발효 84시간째에는 8.54까지 증가하였다. 청국장 발효과정 중의 pH변화에 관한 보고는 상당히 많은 편이며 pH 6.25에서 6.84 사이의 증자한 대두에 *B. subtilis*를 접종하여 40°C 내외에서 72시간 동안 발효시켜 청국장 메주를 제조하였을 때 pH는 7.25에서 8.26의 범위를 나타내어 알카리화 되는 것으로 이미 많이 보고되어 있으며, 그 원인은 발효시 생성되는 am-

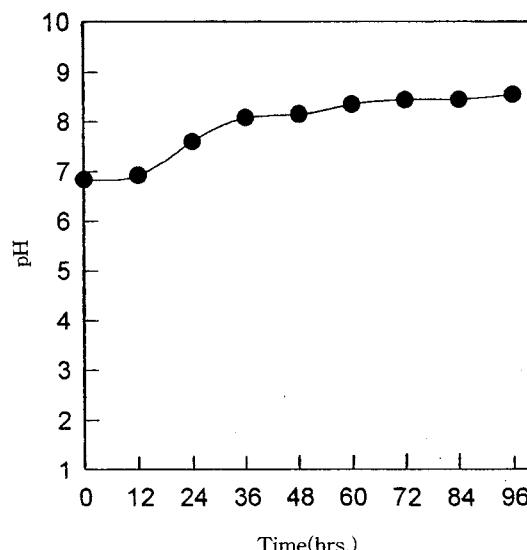


Fig. 1. Changes in pH of *chunggugjang* during fermentation.

monia 등의 gas 때문인 것으로 사료된다(2,4,8,9).

아미노태 질소, 조단백 및 수분

B. subtilis DC-2를 이용하여 제조한 청국장 발효 중의 아미노태 질소, 조단백 및 수분의 변화는 Table 1과 같다. 발효과정 중 아미노태 질소는 발효시간에 비례하여 크게 증가하였는데 이는 다른 연구자들의 보고(4, 10)와도 일치하는 것이었다. 조단백의 경우 약간 증가하였으나 발효 전과정에 걸쳐 큰 변화는 없었다. 수분의 함량은 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 청국장 발효과정 중의 수분 함량에 관한 보고들은 약간 감소하는 경향(2,4,10)과 증가하는 경향(7)이 다 보고되어 있는데 이와 같은 차이는 제조방법, 온도 등에 기인하는 것이라 사료된다.

색과 텍스처

B. subtilis DC-2균을 이용하여 제조한 청국장의 숙성 시간별 색도를 Hunter의 L, a, b값으로 나타낸 결과는 Table 2에 나타내었다. L값은 청국장의 숙성이 지속될수록 흑색에 가까워지는 것을 알 수 있었다. 청국장의 a값은 대체로 6.7~9.0 사이로 약간의 적색이 있음을 알 수 있었고 시간이 경과함에 따라 적색을 띠는 것으로 조사되었다. 청국장의 b값은 26.4~27.5 사이로 나타났으며 청국장의 숙성이 진행될수록 약간 황색을 띠는 것으로 나타났다. 적색도와 황색도의 비로 청국장의 적색도를 판단할 수 있는데, a/b값이 높을수록 적색도가 커진다. 본 실험에서 a/b값이 증가를 보였는데 이는 a값의 증가에 의한 것으로 생각되나 가장 큰 변화를 보인 L값이 배제되었기 때문에 큰 변화는 없는 것으로 나타났다.

청국장 제조과정 중에 있어서의 갈변도를 측정하기 위하여 수용성 및 지용성 갈변물질의 갈변도 변화를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 지용성 갈변물질의 갈변도는 거의 변화가 없었으나, 수용성 갈변물질은 발효 12시간째부터 많은 양이 생성됨을 알 수 있었으며 발효시간이 경과함에 따라 계속 생성되었다.

청국장 발효과정 중의 갈변물질 생성에 관한 보고는 찾아 볼 수 없으나 간장 및 된장 발효과정 중에 있어서의 갈변물질 생성은 주로 아미노-카보닐반응에 의해서 생성되는 melanoidin에 기인하는 것(21)으로 알려져 있다. 본 실험에서 생성된 색소물질은 *B. subtilis* DC-2가 생성하는 물질로 여겨지며, 앞으로 이 물질에 대해

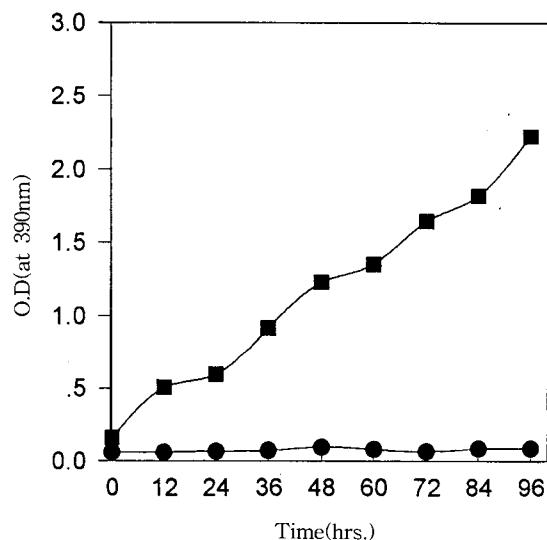


Fig. 2. Changes in absorbances of hydrophilic and lipophilic substances of *chunggugjang* during fermentation.

■—■: hydrophilic, ●—●: lipophilic coloring

Table 1. Changes in crude protein, amino nitrogen and moisture of *chunggugjang* during fermentation

Composition	Fermentation time(hrs)							
	0	12	24	36	48	60	72	96
Amino nitrogen(mg%)	48	152	224	267	304	576	457	-
Crude protein(%)	18.05	18.12	17.48	18.18	17.31	18.84	18.37	18.33
Moisture(%)	61.11	64.61	60.02	59.43	62.15	61.89	59.49	62.18

Table 2. Changes in color and texture of *chunggugjang* during fermentation

Physical properties	Fermentation time(hrs)							
	0	12	24	36	48	60	72	96
L	63.99	59.82	59.42	57.79	55.19	52.16	49.59	47.26
a	6.77	7.37	7.35	7.29	7.54	7.94	8.07	8.92
b	26.47	26.43	27.34	28.25	27.52	27.87	28.81	27.46
a/b	0.26	0.28	0.27	0.26	0.27	0.28	0.28	0.32
Strength(dyne/cm ²)	88.19	75.70	68.46	64.77	63.99	52.89	48.39	42.14
Hardness(dyne/cm ²)	6.30	4.83	4.57	3.60	3.61	3.31	2.51	2.22

Table 3. Comparison of volatile compounds in the *chunggugjang* fermented by *Bacillus subtilis* DC-2 (ppm)

Compounds(Molecular formula)	Peak No.	Retention time	Fermentation time(hrs)				
			0	24	48	72	96
Hydrocarbones							
Methylbenzene(C ₇ H ₈)	3	11.33	0.23	-	-	-	-
Ethylbenzene(C ₈ H ₁₀)	6	13.45	0.19	0.79	-	-	-
O-Xylene(C ₈ H ₁₀)	7	13.82	0.13	-	-	-	-
1H-Indene(C ₉ H ₈)	25	22.21	-	0.41	-	-	-
Alcohols							
2-Methyl-2-buten-1-ol(C ₅ H ₁₀ O)	12	18.19	-	-	0.06	-	-
1-Hexanol(C ₆ H ₁₄ O)	15	18.67	0.11	0.98	-	-	-
1-Octen-3-ol(C ₈ H ₁₆ O)	20	20.61	0.26	4.31	10.23	7.42	6.09
Benzeneethanol(C ₈ H ₁₀ O)	31	30.37	-	0.22	0.12	0.05	0.04
Ester							
Ethyl acetate(C ₄ H ₈ O ₂)	1	8.09	0.10	29.82	0.54	-	-
Aldehydes							
Benzaldehyde(C ₇ H ₆ O)	27	23.08	0.09	0.88	0.05	0.05	0.09
Benzeneacetaldehyde(C ₈ H ₈ O)	29	25.35	-	0.99	0.21	0.15	0.11
Ketone							
2-Pentanone(C ₅ H ₁₀ O)	2	9.80	0.08	t	0.26	-	-
Phenols							
Guaiacol(C ₇ H ₈ O ₂)	30	29.11	-	4.19	1.71	1.62	0.08
Phenol(C ₆ H ₆ O)	32	31.63	-	0.58	t	t	0.04
2- <i>tert</i> -Butyl-4,5-dimethylphenol(C ₁₂ H ₂₀ O)	33	32.44	-	0.79	-	-	-
2-(1,1-Dimethylethyl)-4-methylphenol ¹⁾ (C ₁₁ H ₁₈ O)	34	36.21	0.06	-	-	-	-
Furans							
2-Pentylfuran(C ₉ H ₁₄ O)	9	15.72	0.11	0.67	-	-	-
2-Furancarboxaldehyde(C ₅ H ₄ O ₂)	23	21.56	0.07	-	-	-	-
2-Furanmethanol(C ₅ H ₆ O ₂)	28	25.16	-	0.50	0.06	0.05	0.05
Pyrazines							
2-Methylpyrazine(C ₅ H ₆ N ₂)	11	17.15	-	t	-	-	0.08
2,5-Dimethylpyrazine(C ₆ H ₈ N ₂)	14	18.47	-	0.50	1.77	2.43	0.73
2,3-Dimethylpyrazine(C ₆ H ₈ N ₂)	16	18.98	-	-	-	-	0.05
2-Ethyl-5-methylpyrazine(C ₇ H ₁₀ N ₂)	17	19.96	-	0.56	-	-	-
Trimethylpyrazine(C ₇ H ₁₀ N ₂)	19	20.29	-	0.98	15.50	14.17	10.06
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine*(C ₈ H ₁₂ N ₂)	22	21.13	-	-	0.13	-	-
Tetramethylpyrazine(C ₈ H ₁₂ N ₂)	24	21.67	-	1.02	51.63	50.99	52.52
3,5-Diethyl-2-methylpyrazine(C ₉ H ₁₄ N ₂)	26	22.71	-	-	-	2.61	5.94
Pyridines							
2-Picoline(C ₆ H ₇ N)	10	16.01	-	-	-	0.30	0.27
4-Picoline(C ₆ H ₇ N)	13	18.19	-	-	-	-	0.08
5-Ethyl-2-picoline(C ₈ H ₁₂ N)	21	20.75	-	-	-	-	0.02
Miscellaneous nitrogen-containing compounds							
2,4,5-Trimethyl-3-oxazoline(C ₆ H ₁₁ NO)	5	13.28	-	-	-	4.58	0.22
Trimethyl-oxazole(C ₆ H ₉ NO)	8	15.15	-	-	-	10.91	8.01
Sulfur-containing compounds							
Dimethyl disulfide(C ₂ H ₆ S ₂)	4	12.16	-	-	0.14	-	-
Thiazole							
2,4,5-Trimethylthiazole(C ₆ H ₉ NS)	18	19.98	-	-	-	0.19	0.18

¹⁾Tentatively identified compounds, t: trace

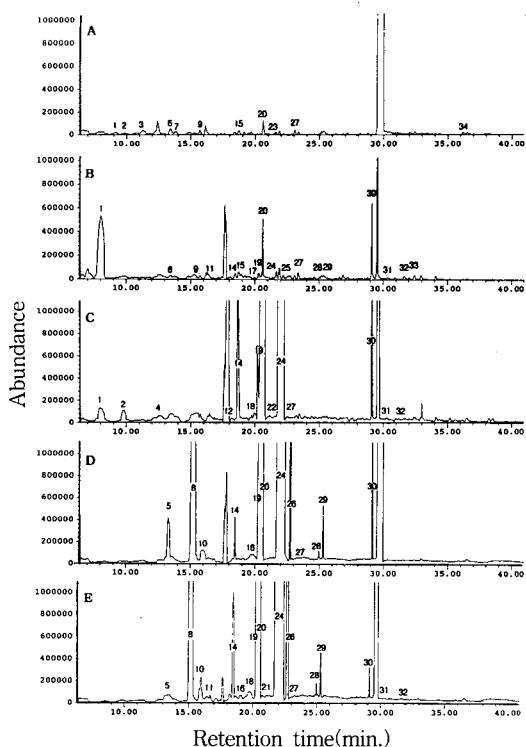


Fig. 3. Gas chromatograms of volatile compounds of the chunggugjang fermentedated by *Bacillus subtilis* DC-2.

A: soybean, B: fermented for 24 hrs, C: fermented for 48 hrs, D: fermented for 72 hrs, E: fermented for 96 hrs

보다 상세한 연구가 필요하다고 사료된다.

텍스쳐는 Table 2와 같이 증자대두의 경우 강도는 88.19 dyne/cm²로 나타났고 경도는 6.30 dyne/cm²로 나타났으나 발효시간이 경과함에 따라 점차 감소하여 발효 96시간째에는 강도가 42.14 dyne/cm², 경도가 2.22 dyne/cm²로 나타났다.

향기농축물의 분석 동정

B. subtilis DC-2를 이용한 청국장 발효 중 향기성분의 변화를 조사하기 위하여 18시간 동안 물에 침지한 대두를 121°C에서 50분간 증자한 후, *B. subtilis* DC-2균을 접종하여 40°C에서 96시간 동안 발효시키면서 시간별로 시료를 채취하여 향기성분을 분석한 결과는 Table 3과 같고, gas chromatogram은 Fig. 3과 같다.

청국장 발효과정 중 동정된 향기성분은 총 30종이었다. 이를 관능기별로 살펴보면, hydrocarbone류가 4종이, alcohol류가 4종, ester류가 1종, aldehyde류가 2종, ketone류가 1종, phenol류가 4종, furan류가 3종, pyr-

azine류가 8종, pyridine류가 3종, 기타 질소합유화합물이 2종, 합황화합물이 1종, thiazole류가 1종이 각각 확인되었다. 발효기간별로 가장 많은 함량을 나타낸 성분들로 발효 24시간째에는 ethyl acetate이며 guaiacol, 1-octen-3-ol의 순이었다. 48시간째에는 tetramethylpyrazine, trimethylpyrazine, 1-octen-3-ol, 2,5-dimethylpyrazine의 순으로 많은 함량을 나타내었으며, 72시간째와 96시간째에는 둘다 tetramethylpyrazine, trimethylpyrazine, trimethyloxazole, 1-octen-3-ol의 순으로 다른 화합물보다 많은 함량을 나타내었다. 특히, 1-octen-3-ol, benzeneacetaldehyde, guaiacol, 2,5-dimethylpyrazine, trimethylpyrazine, tetramethylpyrazine, 3,5-diethyl-2-methylpyrazine, 2,4,5-trimethyl-3-oxazoline, trimethyloxazole 등 8종은 다른 화합물보다 많은 함량을 차지하는 것으로 나타나 청국장 냄새에 중요한 역할을 하는 물질로 사료된다. 확인된 성분 중 pyrazine류가 가장 많은 부분을 차지하였으며, 이들 성분의 함량 또한 타화합물에 비해 월등히 많은 것으로 나타났는데, 이들 pyrazine류는 일반적으로 증자한 대두에 *B. natto*와 *B. subtilis*를 접종하여 발효시켰을 때 많은 종류의 pyrazine류가 생성되며, 특히 trimethylpyrazine과 tetramethylpyrazine의 함량이 많은 것으로 보고(21)되었고, Sugawara 등(22)은 대두의 증자추출액에 1% glucose와 1% sodium glutamate를 첨가하여 *Bacillus*속 균을 배양하였을 때 많은 양의 pyrazine이 생성되어 특히 2,5-dimethylpyrazine과 trimethylpyrazine의 함량이 높은 것으로 보고하여 본 실험의 결과를 뒷받침하여 주었다. Tetramethylpyrazine, trimethylpyrazine, 1-octen-3-ol, 2,5-dimethylpyrazine 및 guaiacol이 다른 화합물에 비해 많은 함량을 나타낸 발효 48시간째에 청국장의 방향성에 대한 전보의 관능검사에서 가장 높은 점수를 나타내어 이들 성분이 청국장의 좋은 방향에 기여하는 바 큰 것으로 사료된다.

증자한 대두에서 확인된 1-hexanol은 대두의 green and grassy odor로서 증자하는 동안 점차 감소하는 것으로 알려져 있고(23), 2-pentylfuran은 대두의 beany odor에 관련된 것으로 알려져 있는 물질(23)들로 본 실험에서도 배양초기에만 확인이 되어 대두 끓냄새의 주요 원인으로 작용한 것으로 사료된다.

요약

본 연구에서는 청국장을 기능성 식품으로 활용하기 위한 기초조사로서 본 연구실에서 분리한 *B. subtilis* DC-2를 사용하여 청국장을 제조하고 그 품질을 분석

하였다. 색도를 조사한 결과 숙성이 지속될수록 흑색, 적색 및 황색에 가까워졌고, 많은 수용성 갈변물질이 생성되었다. pH는 발효가 진행될수록 알카리화하였으며, 아미노산 질소는 발효시간에 비례하여 크게 증가하였다. 조단백과 수분의 함량은 큰 변화가 없는 것으로 나타났고, strength와 hardness 둘 다 발효시간이 경과함에 따라 점차 감소하였다. 청국장 발효과정 중 동정된 향기성분은 총 30종이었다. 확인된 성분 중 pyrazine 류가 월등히 많았으며, tetramethylpyrazine, trimethylpyrazine, 1-octen-3-ol, 2,5-dimethylpyrazine 및 guaiacol이 청국장의 좋은 방향에 기여하는 바 큰 것으로 사료된다.

문 헌

1. 최성희, 지영애 : 청국장 숙성 중의 향기성분 변화. 한국식품과학회지, **21**, 231(1989)
2. 주현규 : 청국장 제조에 관한 연구. 한국식품과학회지, **3**, 64(1971)
3. 이현자, 서정숙 : 균주를 달리한 청국장 제조에 관한 연구. 한국영양식량학회지, **14**, 97(1981)
4. 서정숙, 이상건, 유명기 : 균주를 달리한 청국장 제조에 관한 연구(제2보). 한국식품과학회지, **14**, 309(1982)
5. 서정숙, 유명기, 허윤행 : 균주를 달리한 청국장 제조에 관한 연구(제3보). 한국식품과학회지, **15**, 385(1983)
6. 양성호, 손동화, 지원대 : 한국 전통 청국장의 제품특성. 산업식품제조학회지, **1**, 32(1997)
7. 박계인 : 청국장 메주 발효과정 중의 질소화합물의 소장에 관한 연구(1). 한국농화학회지, **15**, 93(1972)
8. 박계인 : 청국장 메주 발효과정 중의 질소화합물의 소장에 관한 연구(2). 한국농화학회지, **15**, 111(1972)
9. 김경자, 유명기, 김상순 : 벗장을 이용한 청국장 제조에 관한 연구. 한국식품과학회지, **14**, 301(1982)

10. 김복란, 한용봉, 박광희 : *Bacillus* sp. S.N.V. 816균주를 이용한 Natto제조 중 유리당 및 유리아미노산의 변화. 한국식품과학회지, **30**, 192(1987)
11. 이숙희, 김선기, 최홍식 : 한국장류식품의 유지성분에 관한 연구. 한국식품과학회지, **15**, 399(1983)
12. 정지훈, 강성국, 김용순, 정희종 : 청국장 제조과정에서의 bacterial phytase에 의한 phytic acid의 분해. 한국산업미생물학회지, **18**, 423(1990)
13. 최웅규, 지원대, 손동화, 정영건 : 색소 생성균 *Bacillus* sp. DC-2를 이용한 protease생성. 한국위생과학회지, **2**, 49(1996)
14. 최웅규, 지원대, 정현채, 최동환, 정영건 : 반응표면분석에 의한 *Bacillus subtilis* DC-2의 색소생성 및 그 생성물의 항산화성에 대한 최적 조건. 한국식품영양과학회지, **26**, 620(1997)
15. 최웅규, 지원대, 정현채, 최동환, 정영건 : *Bacillus subtilis* DC-2의 색소 생성 및 그 생성물에 대한 항산화성의 최적화. 한국식품영양과학회지, **26**, 1039(1997)
16. 유주현 : 식품공학 실험서(I). 탐구당, p.729(1990)
17. 신효선 : 식품분석(이론과 실험). 신광출판사, p.70(1981)
18. Toyomizu, M. and Chung, C. Y. : Studies on discolorization of fish products, V. Mechanism of rusting in amino acid-reducing sugar-lipid system. Bull. Japan Soc. Sci. Fish, **24**, 857(1986)
19. Jenings, W. and Shibamoto, T. : Qualitative analysis of flavor and fragrance volatile by glass capillary gas chromatography. Academic Press Inc., London(1980)
20. Sadtler : The sadtler standard gas chromatography retention index library. Division of Biorad Laboratories Inc., USA(1986)
21. 복진영 : 청국장 메주 발효과정 중의 화학성분 및 숙성중 alkylpyrazine류의 변화. 중앙대학교 박사학위논문(1993)
22. Sugawara, E., Ito, T., Odagiri, S., Kubota, K. and Kobayashi, A. : Comparison of composition of odor components of natto and cooked soybeans. Agric. Biol. Chem., **49**, 311(1985)
23. 최성희, 지영애 : 청국장 숙성 중의 향기성분의 변화. 한국식품과학회지, **20**, 229(1989)

(1998년 6월 8일 접수)