

배추의 가용성 고형물 함량이 김치의 발효에 미치는 영향

심선택·김경제*·경규항

세종대학교 식품공학과, *동국대학교 농학과

Effect of Soluble-Solids Contents of Chinese Cabbages on Kimchi Fermentation

Sun-Taek Shim, Kyung-Je Kim* and Kyu-Hang Kyung

Department of Food Science, King Sejong University, Seoul

*Department of Agriculture, Dongguk University, Seoul

Abstract

A study relating the soluble-solids (S.S.) contents of Chinese cabbages to the final titratable acidities(TA) of kimchis was conducted. The S.S. contents of Spring-sowed Chinese cabbages were in the range from 1.20-3.40° Brix while those of Autumn-sowed Chinese cabbages were in the range from 3.8-6.6° Brix. The S.S. contents of Chinese cabbages were varying depending on their varieties and the cultivating seasons. However, seasonal variations were much more significant than the varietal variations. The final TAs of kimchis after complete fermentation were found to be directly proportional to the S.S. contents(x) of Chinese cabbages, showing that TA equals to $0.30x + 0.7779$. From the equation, a Chinese cabbage of a S.S. content with up to 0.02° Brix, which is practically impossible to obtain, will make a kimchi which will not be overacidified during the prolonged storage period without any preservative measures.

Key words: soluble solids(S.S.), Chinese cabbage, titratable acidity (T.A.)

서 론

김치류 산패방지에 관한 지금까지의 국내연구는 주로 가열 살균법(1-3), 방사선 조사법(4-6), 보존료 첨가법(7-10), 통조림법(11-14), pH 조정제의 이용(15-17) 및 기타(18,19)의 방법이 있었다. 또 외국에서는 채소발효에 이산화탄소를 이용하므로써 강한 산미를 줄이기 위한 연구를 보고한 바가 있었다(20,21).

위에 예로 든 방법들은 인위적인 처리에 의해 김치류의 가식기간을 연장시키기 위한 방법으로 김치를 만드는 일 이외에 다른 처리를 하여야 하므로 비실용적이거나 경제적인 부담을 주게 되고 약제나 기타 처리로 인한 소비자의 기피현상도 예상될 수 있으므로 보다 근본적인 대책이 있어야 할 것이다. 그 예로서 최근 무우의 가용성 고형물 함량이 깍두기의 발효에 미치는 영향을 연구한 바 있는데 이 논문에서 김치류 산패의 방지대책으로서 젖산발효가 가능한 발효성 당류(fermentable

carbohydrates)의 함량이 적당히 낮은 무우(가용성 고형물 함량 범위=0.61~1.30° Brix)를 얻는다면 무우 중의 발효성 당이 완전히 발효되더라도 적정산도가 0.6~0.8%가 되고 젖산균이 생존하고 있어도 젖산발효는 더 이상 진행될 수 없으므로 깍두기의 산패방지를 위한 근본적인 대책이 될 수 있다는 결과가 보고된 일이 있다(22).

일반적으로 김치류는 적당한 발효(젖산균으로 0.6~0.8%)⁽²³⁾가 끝난 상태에서도 통김치와 열무김치는 각각 1.3 및 1.5%의 잔존당을 함유하고⁽²⁴⁾ 이것이 젖산균에 의해 발효되면 김치는 시어지게 된다. 그러므로 김치원료 중에 발효성 당의 함량이 적당한 발효가 끝난 김치 중의 잔여당만큼씩만 적다면 적당한 발효가 끝난 후 젖산발효는 자연히 멈추어져서 산패현상은 나타나지 않을 것이다. 김치에 있어서 부재료 전체로부터 유래되는 당은 원료 전체 당함유량의 22.3%에 불과한데 비해 배추로부터 유래되는 당은 77.7%라는 사실로 미루어 볼 때 배추의 당함량이 중요하다는 것을 알 수 있다(Table 1).

본 연구에서는 이와 같은 사실을 확인하기 위해 배추의 가용성 고형물의 함량이 김치의 발효양상, 최종산생량, pH에 미치는 영향을 조사하였다.

Corresponding author: Kyu-Hang Kyung, Department of Food Science, King-Sejong University, Kunja-dong, Sungdong-gu, Seoul 133-150

Table 1. A recipe for kimchi and sugar contents of individual ingredients

Ingredient	Weight (g)	Sugar content (%) ^{a)} of each ingredient	Sugar(g) in each ingredient	% Sugar contributed by each ingredient
Chinese cabbage	300.0	2.6	7.80	77.7
Garlic	3.5	32.0	1.12	11.1
Ginger	1.5	12.9	0.19	1.9
Green onion	4.0	5.6	0.22	2.2
Red pepper	2.5	28.5	0.71	7.1
Salt	9.0	0.0	0.00	0.0
Total	320.5	—	10.04	100.0

^{a)}식품성분표 : 농촌진흥청 (1986)

재료 및 방법

배추

공시품종은 25개 품종의 봄배추와 26개 품종의 가을배추를 선정하여 토양의 이화학적 조성을 아는⁽²²⁾ 동국대학교 실험농장(경기도 고양군 원당읍 소재)에 5 lattice design replication 포장배치법에 의하여 파종 재배하였으며 봄배추는 1988년 4월 20일에 파종하여 7월 10일에 수확하였고 가을배추는 같은 해 8월 5일에 파종하여 11월 5일에 수확하였다. 발효실험을 위한 품종은 위 재배 품종 중에서 가용성 고형물 함량에 따라 선발하였으며 비교의 목적으로 봄배추 6종과 가을배추 1종을 1989년 7, 8월과 1989년 2월에 각각 시장에서 임의로 구입하여 사용하였다.

부재료

필요한 양만큼 시장에서 구입하여 사용하였으며 저장이 가능한 고추가루는 일시에 많은 양을 구입하여 냉장 저장하며 사용하였다.

배추의 가용성 고형물 함량 측정

시료배추를 믹서로 갈아 천으로 짠 즙액을 굴절당도계 (Atago Co., Japan)로 25°C에서 측정하였다.

김치담금 및 발효

Table 1에서와 같이 총량(320.5g)을 칭량하여 500 ml 비이커에 넣고 골고루 섞은 후 식품용 비닐로 봉하여 20°C에서 발효시키되 24시간이 지나 즙액이 충분히 용출되어 고체부피가 줄어들었을 때 비닐을 제거하고 약 20°C의 물로 채운 비닐주머니를 상부에 얹어 주므로써 김치를 눌러주는 효과를 얻고 또한 김치와 공기의 접촉을 방지하였다.

총균수 및 젖산균수의 측정

믹서로 갈기 전의 시료즙액 1ml를 취하여 적절히 희석한 후 총균수는 plate count agar(Difco Laboratories, Detroit, MI)에, 젖산균은 sodium azide-sucrose 배지에 평판주거법⁽²⁵⁾에 의해 접종하고 30°C에서 24~48시간 배양한 후 나타난 집락수를 colony-forming unit로 표시하였다.

적정산도 및 pH 측정

발효 중의 시료김치를 믹서로 간 후 천으로 거른 액의 pH를 pH meter로 측정하였고 이 액을 다시 여과지(Whatman #44)로 4°C에서 걸러 맑게한 즙액 10ml를 취하여 phenolphthalein을 지시약으로 하여 0.1N-NaOH로 중화적정한 후 소비된 알칼리의 양을 젖산의 양으로 환산하였다.

결 과

배추의 재배특성

실험농장에서 재배한 봄배추와 가을배추의 생육정도와 성분을 분석한 결과 품종간에는 비교적 작은 차이만이 있었으나 동일 품종이라도 계절을 달리해 재배하였을 때에는 수확량(data not shown)과 가용성 고형물 함량에 있어서 가을배추가 봄배추에 비해 월등히 높았다(Fig. 1). 즉 가용성 고형물 함량에 있어서 봄배추가 1.20~3.40°Brix의 범위를 갖는 한편 가을배추는 3.80~6.60°Brix의 범위로 나타나서 가용성 고형물의 함량은 개개의 품종별로도 약간의 차이가 있지만 재배계절에 따르는 차이가 훨씬 큰 사실을 알 수 있었다.

배추의 가용성 고형물 함량이 김치의 발효에 미치는 영향

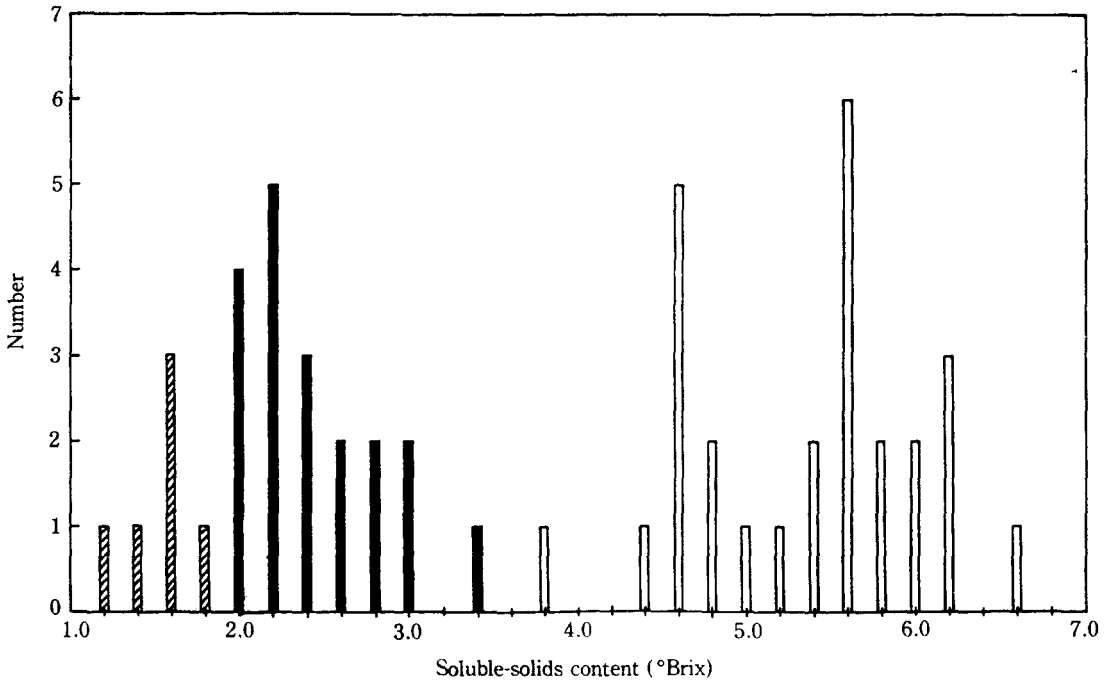


Fig. 1. Soluble-solids contents of Chinese cabbages cultivated in different seasons and years
 ■; 1988 Spring-sowed Chinese cabbages, □; 1988 Autumn-sowed Chinese cabbages, ▨; 1989 Spring-sowed Chinese cabbages

실험농장에서 재배한 배추 중 가용성 고형물 함량이 최고, 중간 및 최저 범위에 속하는 봄배추 19종과 가을 배추 26종 그리고 시장에서 임의로 구입한 봄배추 6종과 가을배추 1종을 발효식품종으로 선택하였다. 발효결과 배추의 가용성 고형물 함량 및 재배계절 (Fig. 2)에 따라 발효양상에 유의할만한 차이가 나타나서 산도가 일직선으로 상승하는 경우가 있었는데 (봄배추) 발효시작된지 2~10일째 즉 적정산도가 0.6~1.3%되는 때에 일시적으로 산도증가가 둔화되었다가 어느 정도 시간이 경과하면 다시 증가하는 시료(가을배추)도 발견되었다.

총균수는 시료그룹에 관계없이 대체적으로 비슷하여 발효시작 2일째에 최고치를 나타냈으며 대체로 1.0×10^8 cells/ml 이었다. 최고치 도달 후에는 총균수가 감소하거나 감소하다가 다시 증가하였는데 그 변화양상은 시료에 따라 다른 양상을 보였다 (Fig. 3). 젖산균수도 총균수와 마찬가지로 발효 2일째에 최고치를 보였으며 대체로 $1.0 \times 10^8 \sim 1.0 \times 10^9$ cells/ml 로서 그 이후 감소하거나 또는 감소하였다가 다시 증가하는 양상은 총균수 변화와 비슷함을 볼 수 있었다 (Fig. 3).

가용성 고형물의 함량이 비교적 낮은 봄배추는 발효 중 산도증가가 완전히 멈추어지는데 8~14일이 걸렸으며

최종적정산도의 범위는 1.17~1.66%였고 가용성 고형물의 함량이 상대적으로 높았던 가을배추는 37~44일 걸렸으며 최종적정산도의 범위는 1.87~2.70%이었다 (Fig. 2, 3). 발효시켜 얻은 최종적정산도를 배추의 가용성 고형물 함량과 비교하였을 때 Fig. 4와 같이 나타나므로 배추를 발효시켜 김치를 만들었을 때 얻을 수 있는 최종적정산도는 원료 특히 배추의 가용성 고형물 함량과 밀접한 비례관계가 있음을 알 수 있었으며 회귀적선식은 $Y = 0.30X + 0.7779$ 이었고 $r = 1.0$ 으로 고도의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 위 식에서 Y는 김치의 최종적정산도이고 X는 배추의 가용성 고형물 함량이다.

고 찰

침채류의 재료에 발효가능한 당이 적당량만 있으면 젖산발효시에 모두 이용되어 적당한 발효만 일어나고 젖산균이 생존하더라도 더 이상의 발효는 일어나지 않으므로 김치는 산패되지 않으리라는 기대하에 당도와 밀접한 관계가 있는 배추의 가용성 고형물 함량이 김치의 발효에 미치는 영향을 연구하였다.

가을배추가 봄배추에 비해 생육상태가 양호하고 가용

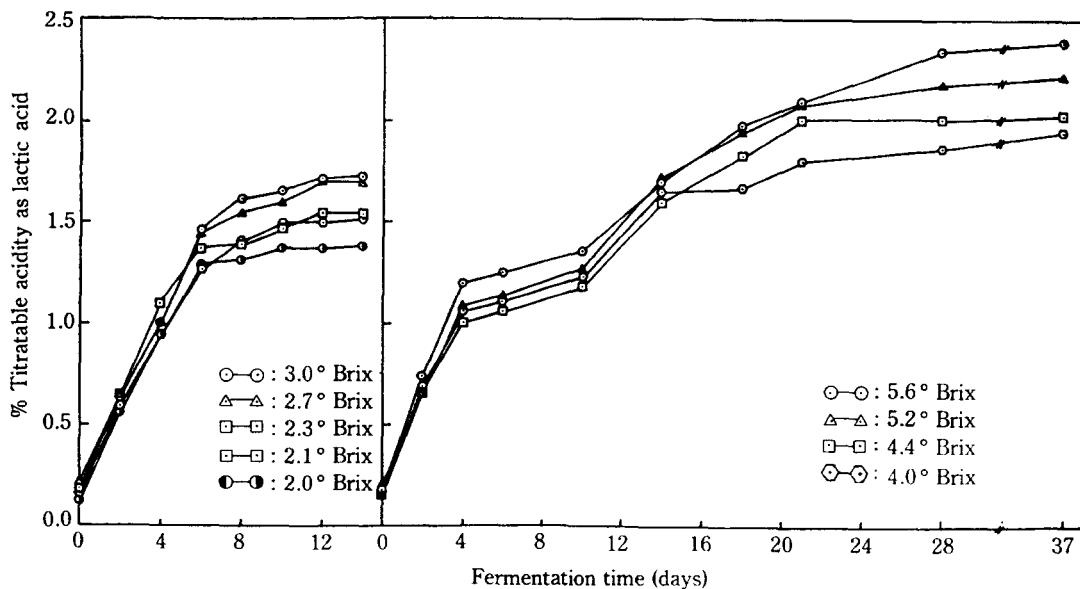


Fig. 2. Time course changes of titratable acidity during kimchi fermentation depending on the soluble solids contents of Chinese cabbages

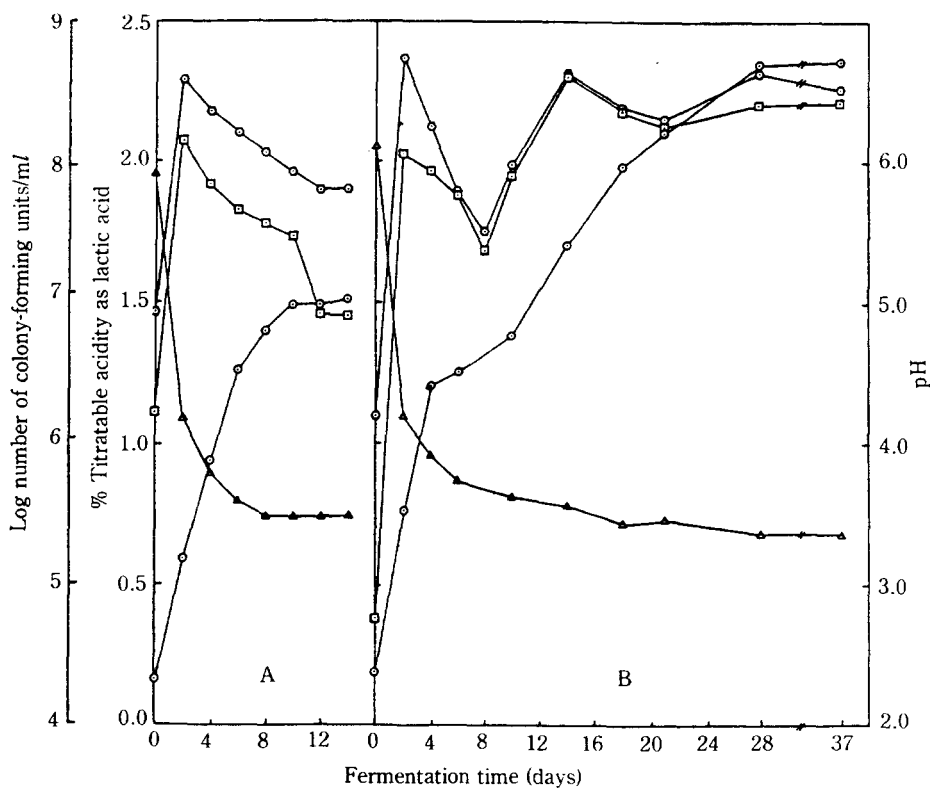


Fig. 3. Time course of changes during the lactic acid fermentation of Chinese cabbages cultivated in different seasons
 A; 1988 Spring-sowed Chinese cabbage. B; 1988 Autumn-sowed Chinese cabbage, ○; Titratable acidity, △; pH, □; Lactic acid bacterial counts, ⊙; Total bacterial counts

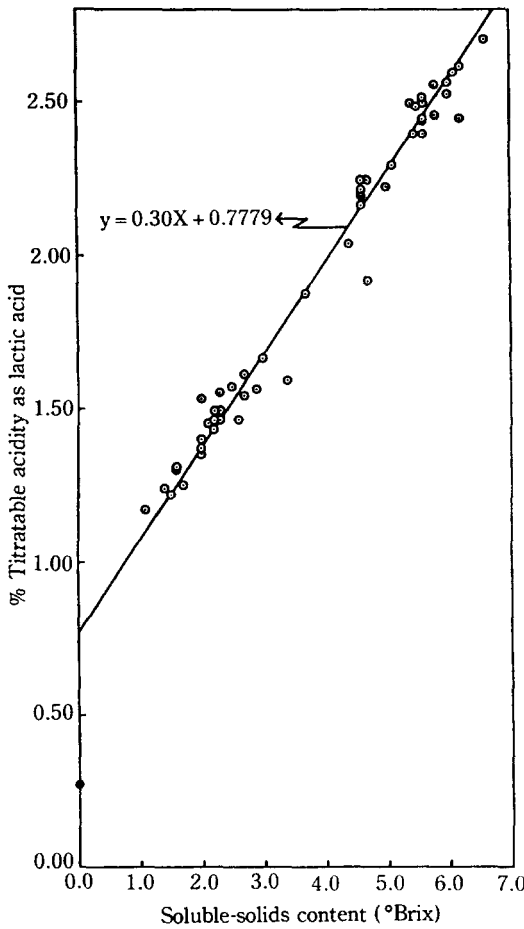


Fig. 4. Relationship between soluble-solids contents of Chinese cabbages and the final titratable acidities of kimchi after full fermentation

Open; Experimental points with whole Chinese cabbages. Closed; Experimental point with Chinese cabbage replaced by water (spices and salt in water were fermented)

성 고형물의 함량이 높은 것은 무우의 경우와 마찬가지로⁽²²⁾ 봄재배시에 비해 가을재배시에 재배기간이 2주일 정도 길고 배추는 가을의 신선한 기후에 알맞는 작물이기 때문이다.

1988년 봄배추와는 달리 가을배추의 발효에서는 발효가 시작된지 2~10일째 즉 산도가 0.6~1.3%될 때 일시적인 산도증가 둔화현상이 발견되었는데 이는 각주기의 경우 발효가 시작된 후 4~10일째 즉 산도가 0.6~0.9%될 때 나타나는 현상과 유사한 것으로서 이는 초기젖산균과 그 이후의 젖산균의 교대가 곧바로 이루어지지 않는데 이유가 있는 듯하다⁽²²⁾. Fig. 3B에서 초기 젖산균수가 최대에 이르렀을 때에 산도증가 둔화현상이 관찰

되기 시작하여 젖산균수가 감소될 때에는 산도증가가 지극히 느리다가 젖산균의 수가 재상승할 때 산도도 재상승하기 시작했음을 볼 수 있다. 따라서 일시적 산도증가 둔화현상이 나타나는 것은 산내성이 약한 *Leuconostoc mesenteroides* 등의 초기세균은 최대로 증식한 후 급속히 도태되는 데 비해 산내성이 강한 *Leuconostoc plantarum* 등의 젖산균은 충분히 빠른 속도로 번식하지 못하였기 때문이라고 추측되며 산내성이 강한 젖산균의 숫자가 많아지면서 전체 젖산균의 숫자도 늘어나며 산도도 증가했다고 할 수 있다.

Fig. 2 및 3A에서 보는 바와 같이 일시적 산도증가 둔화현상이 나타나지 않은 88년 봄배추의 발효시에는 젖산균의 수가 일단 최고치에 도달한 후에는 재상승없이 느리게 감소하였던 것으로 보아 어떤 이유로 인해 젖산균의 교대가 순조로웠거나 영양물질 등의 고갈로 재상승이 불가능하였다고 생각된다. 이와 같이 김치의 발효양상이 배추의 재배제절에 따라 다른 것은 발효에 사용한 배추와 부재료의 성분조성 뿐만 아니라 미생물의 분포 특히 초기 *L. plantarum*의 숫자가 다르기 때문으로 사료되는 바 이는 확인이 필요하다.

발효 후 생산되는 산은 Fig. 4에서와 같이 원료배추의 가용성 고형물과 비례함을 확인하였으나 산도가 배추의 가용성 고형물 함량과 정확하게 비례하지 않고 비교적 좁은 대를 형성하였던 바 이는 sauerkraut 발효시에 품종에 따라 양배추에 포함된 당이 전부 발효되지 않았었다는 보고⁽²⁶⁾와 마찬가지로 배추의 품종에 따라 배추에 함유된 당이 모두 발효되지 않아서 잔존당이 있을 수 있다는 사실과 채소류에 포함된 발효성당의 종류 및 양이 다르고 각기 다른 원충능력 등⁽²⁷⁾을 갖기 때문에 발효는 각기 다른 재료에 동일할 수 없음을 인정할 수 있다.

원료의 가용성 고형물 함량에 최종산도가 비례하여 무우의 경우 회귀직선식이 $Y=0.29X+0.4228$ 이어서 가용성 고형물 함량이 0.6~1.3° Brix 범위에 속할 때는 최종산도가 0.6~0.8%에 머물러 각주기가 산패되지 않을 가능성이 있으나⁽²²⁾ 배추의 경우 가용성 고형물 함량이 0.0~0.02° Brix 여야 한다는 이해하기 힘든 결과가 나온다. 회귀직선식으로부터 배추의 가용성 고형물의 함량이 0.0° Brix일 때 얻을 수 있는 이론적 산도는 0.78%이나 실제로 김치재료에서 배추를 제외하고 부재료와 배추만큼의 물을 보충하고 발효시켰을 때 실제 산도는 0.27%(Fig. 4)이었으므로 원료배추 중에서는 수용성이 아니던 어떤 물질이 김치의 발효 중에 분해되어 예를 들면 젖산균에 의해 발효될 수 있는 당류로 변할 수도 있는 것으로 추측된다. 그러나 포도당 등의 당을 보강하

여도 김치⁽²⁰⁾나 깍두기⁽²²⁾의 산도가 증가하지 않았음을 볼 때 발효 촉진작용은 발효성 당류의 증가에 따른 것은 아닌듯 하다. 배추와 무우의 회귀직선식을 비교해 보면 같은 가용성 고형물 함량을 가졌더라도 배추를 발효하였을 때는 무우를 발효했을 때보다 높은 산도를 얻을 수 있음을 알 수 있다.

요 약

김치류가 시어지는 현상은 재료 중의 발효성 당을 주로 젖산균이 발효하여 산이 과다하게 생기기 때문이므로 우선 배추의 품종별 또 재배계절별 가용성 고형물 함량을 측정하고 이들 배추를 발효하여 배추가 갖는 가용성 고형물 함량과 김치의 최종적정산도를 비교하였다. 봄배추의 가용성 고형물 함량은 1.20~3.40° Brix로서 발효가 완전히 끝나는데 걸리는 시간은 8~14일로서 비교적 짧았으며 최종적정산도는 1.17~1.66%이었고 가을배추의 경우 가용성 고형물 함량은 3.80~6.60° Brix로서 37~44일만에 발효가 끝났으며 최종적정산도는 1.87~2.70%였다. 따라서 발효하여 최종적으로 얻을 수 있는 산도는 대체적으로 원료에 함유된 가용성 고형물 함량에 비례하며 그 관계는 $Y=0.30X+0.7779$ 이었다. 적당히 발효된 김치류의 적정산도(Y)의 범위를 0.6~0.8%로 하자면 위의 식에서 X(가용성 고형물의 함량)가 0.02° Brix 이내의 범위에 있어야 한다. 지금까지 분석된 배추의 최저 가용성 고형물 함량은 1.20° Brix 이어서 위 X의 범위에 드는 품종을 얻기란 현재로서는 불가능하다.

감사의 말

본 연구는 1988년도 한국과학재단 연구비 지원에 의하여 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 이양희, 양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구, 한국농화학회지, 13(3), 207(1970)
2. 이남진, 전재근 : 김치의 순간살균법 제 1보, 배추김치의 순간살균방법과 살균효과, 한국농화학회지, 24(4), 213(1981)
3. 길광훈, 김공환, 전재근 : Pilot scale 연속식 김치순간살균장치를 이용한 무우김치의 살균, 한국식품과학회지, 16(1), 95(1984)

4. 김창식 : Co⁶⁰의 Gamma 선 조사에 의한 한국김치의 저장, 원자력연구논문집, 5, 139(1962)
5. 이희성, 이근배 : 방사선을 이용한 김치저장에 관한 연구, 원자력연구논문집, 5, 64(1965)
6. 차보숙, 김우정, 변명우, 권중호, 조한옥 : 김치의 저장성 연장을 위한 Gamma 선 조사, 한국식품과학회지, 21(1), 109(1989)
7. 송석훈, 조재선, 김 관 : 김치보존에 관한 연구. (제 1보) 김치발효에 미치는 방부제의 영향에 관하여, 육군기술연구소보고, 5, 5(1966)
8. 권숙표, 최건우 : 김치의 산패방지 보존방법, 특허공보, 152, 27(1967)
9. 정호권 : Studies on the effect of furyl furamide (AF-2) on Korean kimchi, 농화학회지, 12, 57(1969)
10. 이상규 : 방부제 sorbic acid alcohol 용액이 오이지 품질에 미치는 영향, 충북대학 논문집, 3, 287(1969)
11. 김창식, 김정호, 정병호 : 김치통조림 제조법, 특허공보, 135, 33(1966)
12. 정호권 : 김치통조림의 간헐적 열처리 방법, 특허공보, 150, 69(1967)
13. 이춘영, 김호식, 전재근 : 김치통조림에 관한 연구, 농화학회지, 10, 33(1968)
14. 김창식 : 한국김치의 저장에 관하여, 제 1보고 병조림, 경북대 논문집, 2, 221(1958)
15. 김순동 : 김치숙성에 미치는 pH 조정제의 영향, 한국영양식량학회지, 14(3), 259(1985)
16. 박경자, 우순자 : Na-acetate 및 Na-malate 와 K-sorbate 가 김치발효 중 pH, 산도 및 산미에 미치는 효과, 한국식품과학회지, 20(1), 40(1988)
17. 김순동, 이신호 : pH 조정제 sodium malate buffer의 첨가가 김치의 숙성에 미치는 효과, 한국식량영양학회지, 17(4), 358(1988)
18. 김순동, 윤수홍, 강명수, 박남숙 : 깍두기의 숙성에 미치는 김압 및 polyethylene film 포장처리 효과, 한국식량영양학회지, 15(1), 39(1986)
19. 윤석인, 박길동, 김영찬, 임영희, 이 철 : 김치보전성 연구, 한국식품공업협회, 15(1987)
20. Chen, K.H., McFeeters, R.F. and Fleming, H.P.: Fermentation characteristics of heterolactic acid bacteria in green bean juice. *J. Food Sci.*, 48, 962(1983)
21. Chen, K.H., McFeeters, R.F. and Fleming, H.P.: Complete heterolactic acid fermentation of green beans by *Lactobacillus cellobiosus*. *J. Food Sci.*, 48, 967(1983)
22. 김경재, 경규향, 명원경, 심선택, 김현구 : 김치류 저장기간 연장을 위한 무우 품종선택에 있어서 발효성 당함량의 역할, 한국식품과학회지, 21(1), 100(1989)

23. Mheen, T.I. and Kwon, T.W.: Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 16(4), 443(1984)
 24. 농촌진흥청 : 식품성분표 (제 3개정판), p. 31(1986)
 25. Mayreux, J.V. and Colmer, A.R.: Selective medium for *Leuconostoc* detection. *J. Bacteriol.* 81, 1009(1961)
 26. Peterson, W.H., Fred, E.B. and Wiljoen, J.A.: Variations in the chemical composition of cabbage and sauerkraut. *The Canner*, 61, 19(1925)
 27. Fleming, H.P., McFeeters, R.F., Thompson, R.S. and Danders, D.C.: Storage stability of vegetables fermented with pH control. *J. Food Sci.*, 48, 975(1983)
 28. 정하숙, 고영태, 임숙자 : 당류가 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정도에 미치는 영향, *한국영양학회지*, 18(1), 36(1985)
-
- (1990년 2월 2일 접수)