

배추 겉잎을 이용한 김치주스 제조시 효소분해, 당, 소금농도가 발효에 미치는 영향

전윤기 · 윤석권* · 김우정**†

(주)정풍

*동덕여자대학교 식품영양학과

**세종대학교 식품공학과

Effects of Enzymatic Hydrolysis and Concentrations of Sugar and Salt on Kimchi Juice Fermentation of Outer Leaves of Chinese Cabbage

Yun-Kee Chun, Suk-Kwon Yoon* and Woo-Jung Kim**†

Jung Poong Co., R & D, Seoul 138-733, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Dongduk Women's University, Seoul 136-714, Korea

**Dept. of Food Science and Technology, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

Abstract

Addition of sugar, enzymatic hydrolysis and salt concentration were evaluated for their effects on the changes in some characteristics of Kimchi juice during fermentation. The Kimchi juice was prepared by brining and grinding of outer layer leaves of chinese cabbage, one of the wastes products of Kimchi processing, followed by fermentation and filtration. As the NaCl concentration decreased from 5.0% to 1.0%, the fermentation proceeded significantly faster. Addition of sucrose or glucose at the range of 0.5~2.0% also improved the fermentation but the concentration effect was little. Enzymatic hydrolysis on the brined cabbage prior to fermentation with a commercial polysaccharides hydrolases also increased the fermentation. However the solid concentration in Kimchi juice was rather decreased by higher concentration of NaCl and enzymatic hydrolysis. The reducing sugar content showed a rapid decrease from 24 hours of fermentation and the effect of enzymatic hydrolysis was little.

Key words: Kimchi juice, fermentation, salt and sugar concentration, enzymatic hydrolysis

서 론

배추김치는 배추를 소금에 절인 뒤 마늘, 파, 생강, 고추가루 등 여러가지의 양념류와 젓갈류 등 부제료를 첨가하여 발효시킨 한국 고유의 전통식품이다. 최근 주부들의 사회 참여 및 부업에서의 조리시간 단축 경향 그리고 외식산업의 발전과 각종 단체에서의 단체급식이 증가하여 김치를 공업적으로 제조하는 산업이 발전하고 있다. 그 결과 배추의 전처리 과정에서 제거되는 배추의 겉부분은 전체 배추의 약 30% 정도로 추산되며 김치제조과정에서 버려지는 그 양이 많을 뿐만 아니라 폐기처분에 많은 비용을 소비하고 있다. 따라서 폐기되는 배추 겉잎의 이용방법 개발은 자원의 효율적 활용뿐

만 아니라 환경오염의 방지를 위하여 절실히 필요한 실정이다.

1960년대 초부터 김치의 과학적 연구가 시작된 이래 발효과정 중 미생물의 변화(1-3)와 휘발성 및 비휘발성 유기산, 텍스처, 색 등 특성의 변화(4-8)가 많이 연구되었고 최근에는 발효시간을 단축시키는 연구(9)도 보고되어 있다. 김치류 주스에 관하여는 동치미 주스 제조시 발효 조건과 효소의 영향을 검토한 발표(10)가 있고 이에 대한 살균조건의 연구(11)가 있지만 시든 배추를 활용한 배추김치 주스의 제조조건에 대한 연구는 발표된 바 없다.

김치액 혹은 김치주스의 활용은 그 자체로도 한국인의 기호성에 적절한 김치주스 음료를 사용할 수 있

† To whom all correspondence should be addressed

지만 덜 숙성된 김치에 혼합하여 김치의 발효속도를 향상시키거나 김치의 천연조미료 제조 등 그 용도가 다양하다고 볼 수 있다.

그리하여 본 연구에서는 폐기되는 배추의 절임을 이용하여 김치액 제조를 시도하였다. 김치액의 발효시간을 단축하기 위하여 소금 및 설탕과 포도당의 농도를 달리하여 첨가하였고 다당류를 분해하는 효소로 분해시켰을 때 김치액의 고형분 농도, pH, 총 산도, 환원당, 색 등 물리화학적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 배추는 강원도산 청방품종의 폐기된 절임을 가락시장에서 구하여 7% 소금용액(1:1, w/v)에 2시간 절인 후 10분간 물을 빼고 배추와 물의 비율 1:1로 하여 마쇄한 다음 vinyl 봉지에 넣어 냉동시키면서 필요한 일정한량을 취하여 사용하였다. 향신료인 파, 마늘, 생강도 마쇄하여 냉동저장하였다. 배추를 분해하기 위하여 사용한 복합 분해효소는 viscozyme과 celluclast로 NOVO사(Denmark)에서 공급받아 사용하였으며, 기타 시약은 특급을 사용하였다.

김치액 제조

김치액의 제조는 절인배추를 마쇄한 것에 물을 1:1로 혼합한 마쇄액에 파 2%, 마늘 2%, 생강 0.5%의 향신료(w/w)를 가하였고, 소금 및 당은 여러가지 농도별로 첨가하여 25°C에서 60시간 발효시켰다. 두효소(Viscozyme, Celluclast)는 각각 농도별로 첨가시킨 후 50°C에서 일정기간 가수분해시킨 후 발효시켰다. 조건별 김치액의 제조는 3 반복하였으며 모든 측정치는 그 평균값으로 계산하였다.

소금농도 및 당농도의 영향

절인 배추마쇄액의 소금 농도가 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 및 5.0%되도록 소금을 첨가하여 조절하였고 당의 농도는 설탕과 포도당을 전체 증량의 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0%가 되도록 각각 첨가하여 소금과 당의 농도가 발효에 미치는 영향을 12시간 간격으로 측정하였다.

효소분해의 영향

절인 배추 마쇄액에 두종류의 다당류 효소를 각각 희석시켜 1시간 동안 50°C에서 예비 활성화시킨 다음 고

형분 함량의 0.1%, 0.2%되도록 첨가한 뒤 50°C의 shaking incubator에서 교반시키면서 0~4시간 분해시켰다. 사용된 효소 viscozyme, celluclast의 특성은 Table 1과 같다.

품질 특성의 측정

발효 중 김치액의 pH는 상온에서 pH meter(TOD, Japan)로 측정하였고, 산도는 AOAC법(12)에 의하여 10ml 김치액을 증화시키는데 필요로 하는 0.1N NaOH의 ml수를 젖산(%)으로 환산하였다. 김치액의 소금 농도 측정은 Mohr법(13)을 사용하였다. 고형분의 농도는 spectrophotometer(Spectronic 20D, Milton Roy Co.)로 600nm에서 김치액 흡광도와 105°C 건조법에 의한 고형분 농도와의 직선관계($y=0.706x+0.062$, $r=0.999$)가 있었으므로 0.4~1.6% 농도 범위의 여과된 김치액의 흡광도를 측정하여 계산하였다. 소금과 당을 첨가한 시험구에서는 첨가된 이들의 양을 제외하고 고형분 농도를 계산하였다. 효소처리시 환원당은 Somogyi법(14)으로 측정하였으며 fructose 농도(%)로 표시하였다.

결과 및 고찰

소금농도의 영향

절인 배추 마쇄액에 양념인 파, 마늘, 생강을 넣고 소금의 농도가 1~5%되도록 조절하여 발효시키면서 소금 농도에 따른 김치액의 pH와 총 산도 및 고형분 함량의 변화를 측정된 결과는 Fig. 1 및 Table 2와 같다. pH는 양념만 첨가된 대조구와 비교할 때 1%와 2% 소금용액에서는 대조구보다 전반적으로 pH의 감소가 빨랐고 소금 농도가 3%보다 진할수록 pH의 감소가 느렸다. 적당한 신맛을 가진 김치의 pH는 4.2로 알려졌으며 이 pH에 도달하는 시간이 대조구는 23시간, 1%와 2% 소금용액에서는 21시간, 3%는 28시간, 4%는 34시간, 5%는 60시간으로 낮은 소금 농도에서는 김치의 발효가

Table 1. Characteristics of commercial enzymes used for hydrolysis of ground cabbage

Commercial name	Optimum temp(°C)	Optimum pH	Enzyme
Viscozyme	40~50	3.5~4.4	Arabanase, cellulase, xylanase, hemicellulase, β -glucanase
Celluclast	40~50	4.5~5.5	Cellobiohydrolase, 1,4- β -D-glucosidase, 1,4- β -D-glucanase

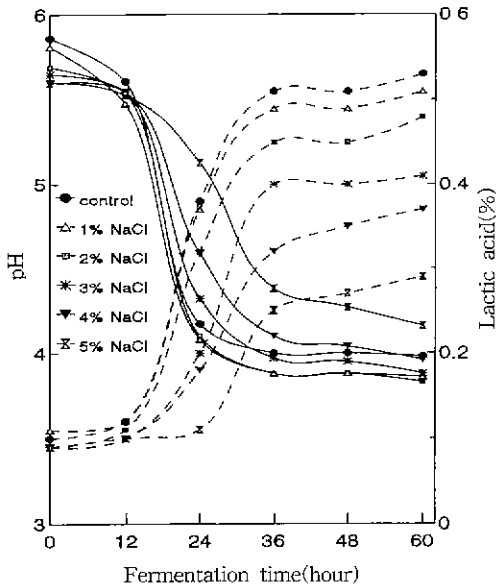


Fig. 1. Changes in pH and total acidity of Kimchi juice with addition of different concentration of NaCl during fermentation at 25°C. pH(—), total acidity(---)

Table 2. Changes in solid concentration of Kimchi juice during fermentation at 25°C with addition of different concentration of NaCl and spices

NaCl conc.	Fermentation time(hour)					
	0	12	24	36	48	60
Control	0.47	0.39	0.56	0.86	1.16	0.98
1%	0.48	0.44	0.28	0.62	0.42	0.52
2%	0.31	0.32	0.26	0.48	0.50	0.61
3%	0.28	0.24	0.30	0.40	0.38	0.41
4%	0.38	0.28	0.14	0.24	0.24	0.24
5%	0.41	0.38	0.28	0.24	0.21	0.31

촉진되었으나 소금 농도가 3% 이상으로 높아가면서 pH변화는 현저히 감소되었다.

한편 젖산으로 환산한 총 산도의 변화(Fig. 1)는 pH 변화와는 다른 양상을 보였다. 발효 24시간 후에 1% 소금용액에서는 대조구와 유사한 산도의 변화가 있었으나 소금 농도가 증가할수록 낮은 산생성을 보였고, 36시간 이후의 발효 말기에서는 총 산도의 변화가 거의 없었다. 즉 48시간 후의 총 산도는 대조구가 0.53%, 1% 소금은 0.48%, 5% 소금의 첨가로는 산생성이 대조구의 약 반으로 감소하여 소금 농도가 증가함에 따라 산생성은 뚜렷이 억제되는 경향을 나타내었다. 이러한 총 산도의 변화 양상은 pH 변화와 부합되지 않는데 이는 아마도 생성된 유기산과 무기이온 사이의 상호작용으로 중

화작용이 일어났거나 미생물 성장에 유기산이 이용되었기 때문이라 생각된다.

김치액 중 고형분 함량은(Table 2) 발효가 진행되면서 대조구가 지속적으로 증가하고 48시간 이후 감소하였으나 소금을 첨가한 처리에서는 고형분이 대조구와 같이 시간이 경과하면서 증가하는 경향이 없었고 전반적으로 소금의 함량이 높을수록 고형분 함량이 감소하는 경향이였다. 이는 소금 함량이 높을수록 미생물의 생육이 억제됨에 따라 탄수화물 등 고분자성분의 분해가 적어 배추로부터 용출이 적었기 때문이라고 볼 수 있다.

이러한 김치발효에 미치는 소금 농도의 결과는 민과 권(15)이 2.25~7.0% 소금 농도 범위에서 김치발효를 시켰을 때 2.25%에서 가장 발효가 왕성하였다는 결과와 유사하며 대조구의 발효시간에 따른 고형분 변화는 구 등(16)의 발효와 유사한 경향이였다.

이상의 결과에서 1%와 2% 소금용액의 pH는 대조구보다 빠르게 감소하였고 총 산도의 경우에는 대조구보다 낮았으나 큰 차이가 없었으며 고형분도 1%와 2% 소금용액에서 대조구보다 낮았으나 발효 후기에 비슷한 고형분 함량을 보였다. 그러므로 배추 마쇄액의 김치액 제조시 발효시간을 단축시키기 위한 소금 농도는 김치발효균 이외의 잠균 번식억제와 김치액의 음용기호성을 고려할 때 1% 소금용액보다 2% 소금용액이 바람직하다고 판단된다.

담 첨가의 영향

비환원당인 설탕의 영향은 절인 배추 마쇄액의 소금 농도를 2%되게 조절하고 설탕은 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0% 되게 첨가한 다음 발효 중 김치액의 pH, 총 산도 및 고형분 함량의 변화를 비교한 결과는 Fig. 2 및 Table 3과 같다. pH는 발효 24시간까지 대조구와 설탕을 첨가한 모든 배추 마쇄액이 비슷하게 감소되었으나 대조구는 24시간 이후 평형에 도달하여 pH는 약 4 정도 되었으나 설탕을 첨가한 배추 마쇄액은 36시간 이후에 평형에 도

Table 3. Changes in solid concentration of Kimchi juice during fermentation at 25°C with addition of spices, 2% NaCl and different concentration of sucrose

Sucrose conc.	Fermentation time(hour)					
	0	12	24	36	48	60
Control	0.31	0.32	0.26	0.48	0.50	0.61
0.5%	0.36	0.70	0.94	0.42	0.32	1.06
1.0%	0.66	0.94	0.84	0.80	0.66	1.42
1.5%	0.48	0.26	0.58	0.82	0.90	1.80
2.0%	0.36	1.17	0.38	1.06	1.03	1.36

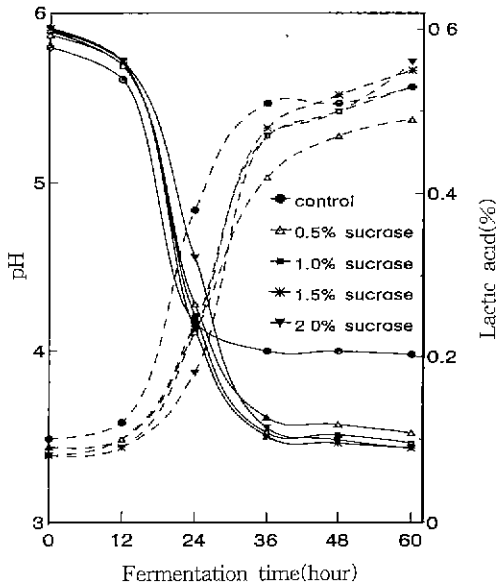


Fig. 2. Changes in pH and total acidity of Kimchi juice with addition of different concentration of sucrose during fermentation at 25°C. pH(—), total acidity(---)

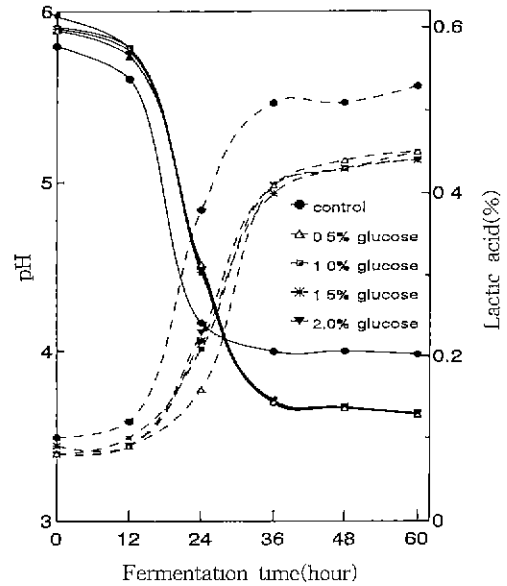


Fig. 3. Changes in pH and total acidity of Kimchi juice with addition of different concentration of glucose during fermentation at 25°C. pH(—), total acidity(---)

달하고 이때의 pH는 3.6 정도 되었다. 설탕의 농도간에는 큰 차이가 없었지만 0.5% 설탕 첨가구가 1.0~2.0% 설탕 첨가구보다 약간 느렸다.

한편 총 산도는(Fig. 2) 일정한 변화경향을 보여 주지 않았지만 대조구에 비하여 당첨가구는 24시간까지 증가하다가 급격히 감소한 후 48시간 이후 다시 증가하였고, 1.0% 설탕 첨가구는 대조구보다 넓은 범위에서 증감이 있었는데 발효 초기에 증가한 후 조금씩 감소하다가 48시간 이후 많이 증가하였다. 이와같이 숙성 중반기에서 고형분 감소는 발효균의 증식이 활발하게 되면서 김치액에 있는 일부 탄수화물을 주된 고형분이 유기산과 휘발성 성분으로 변화되어 숙성과정 중 휘발하고, 수용성 물질들이 미생물 성장빈식에 이용되었기 때문이라고 사료된다. 설탕 농도별로는 발효 4시간까지는 일정한 경향이 없었으나 발효 36시간 이후에는 설탕농도가 높을수록 고형분 함량이 높아지는 경향이었는데 이는 아마도 설탕에 의한 미생물의 생육이 촉진되고 설탕첨가로 dextran 등 polysaccharide 형성이 많아졌기 때문으로 사료된다. 이러한 발효 중 김치액의 고형분 변화는 구 등(16)의 결과와 유사하였다.

한편, 환원당인 포도당의 영향은 Fig. 3 및 Table 4와 같다. pH는 설탕 첨가의 경우와 같이 포도당 첨가로 발효 12시간까지는 서서히 감소하였으나 이후 36시간까지 급격히 감소한 후 평형을 이루어 24시간 이후에

Table 4. Changes in solid concentration of Kimchi juice during fermentation at 25°C with addition of spices, 2% NaCl and different concentration of glucose

Glucose conc.	Fermentation time(hour)					
	0	12	24	36	48	60
Control	0.31	0.32	0.26	0.48	0.50	0.61
0.5%	0.34	0.64	0.34	0.70	0.14	0.06
1.0%	0.46	0.24	1.00	0.64	1.12	0.16
1.5%	0.36	0.62	1.20	0.74	0.64	0.10
2.0%	0.50	0.10	1.02	0.70	0.24	0.30

평형에 도달한 대조구와 차이를 보였으나 포도당 농도에 따른 차이는 거의 보이지 않았다. 발효 중 총 산도는 전 발효기간을 통하여 포도당 첨가로 대조구보다 낮아 발효 후기에 대조구와 큰 차이를 보이지 않았던 설탕의 경우와는 약간의 차이를 보였다. 포도당 농도별로는 pH와 같이 차이가 거의 없었다. 명(17)과 정 등(18)도 포도당 첨가로 산생성량을 감소시켰다고 보고하여 이들의 결과와 같은 경향을 보였다. 한편 김치액 중 고형분은(Table 4) 포도당 첨가로 발효 후 36시간까지 대조구에 비해 높았으나 36시간 이후 발효 말기에는 감소하여 전체적으로 대조구보다 적었다.

효소분해의 영향

절인 배추 마쇄액에 0.1%와 0.2%의 viscozyme과 cel-

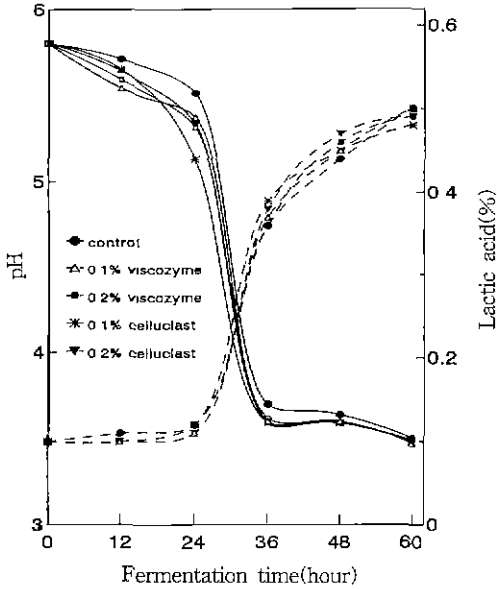


Fig. 4. Changes in pH and total acidity of Kimchi juice during fermentation at 25°C after enzymatic hydrolysis at 50°C for 1 hour. pH(—), total acidity(---)

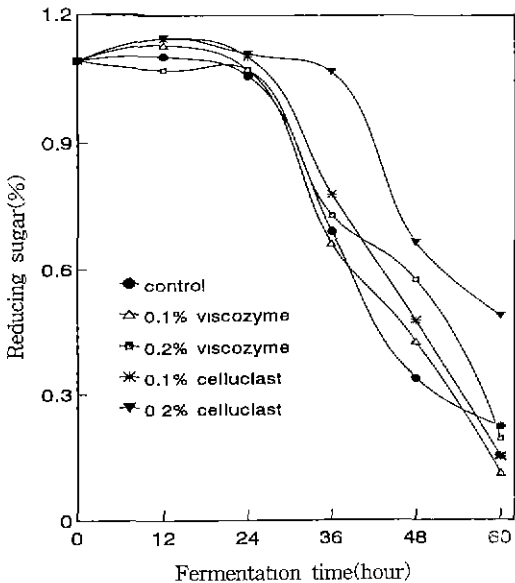


Fig. 5. Changes in reducing sugar of Kimchi juice during fermentation at 25°C after enzymatic hydrolysis at 50°C for 1 hour.

luclast로 각각 가수분해시킨 후 25°C에서 발효시키면서 김치액의 pH, 산도, 고형분 및 환원당 변화에 미치는 효소종류 및 효소 농도 영향은 Fig. 4, 5 및 Table 5와

Table 5. Changes in solid concentration of Kimchi juice during fermentation at 25°C after enzymatic hydrolysis at 50°C for 1 hour with addition of spices and 2% NaCl

Enzyme addition	Fermentation time (hour)					
	0	12	24	36	48	60
Control	0.31	0.32	0.26	0.48	0.50	0.61
0.1% viscozyme	0.24	0.16	0.36	0.40	0.64	1.54
0.2% viscozyme	0.24	0.46	0.40	0.40	0.46	0.90
0.1% celluclast	0.24	0.10	0.10	0.52	0.76	1.20
0.2% celluclast	0.24	0.12	0.16	0.70	0.40	0.32

같다. pH는 대조구와 효소 첨가구 모두 발효 후 24시간까지는 서서히 감소하다가 이후 급격한 감소가 있었고 36시간 이후는 평형을 이루는 양상을 보였다. 대조구는 효소처리구보다 약간 높았고 효소 종류별 및 효소 농도 간에는 차이가 거의 없었다. 총 산도(Fig. 4)는 pH와 비교할 때 전체적으로 거의 같은 경향이였다.

환원당은(Fig. 5) 발효 시작 12시간 동안 0.1% viscozyme, 0.1% 및 0.2% celluclast는 환원당이 1.09mg%에서 1.13mg%로 증가하였다가 감소하기 시작하여 24시간 이후의 발효 증반기에 빠른 감소를 보였다. 0.1% viscozyme은 24시간에서 대조구에 비해 약간 빠른 감소를 보이다가 39시간 이후 느린 감소를 보인 후 발효 말기에는 다시 빠른 감소를 보인 반면 0.1% celluclast는 대조구보다 느린 감소를 보인 후 발효 말기에서 약간 빠른 감소를 보였고 0.2% celluclast는 대조구보다 느린 감소를 보였다. 이 결과는 육 등(19)이 무김치에서 환원당은 김치가 익을 때까지 증가되었다가 그 이상이 되면 감소한다는 결과와 유사한 경향이였다.

한편 고형분은(Table 5) 다른 처리에서와 달리 0.2% celluclast를 제외하고는 전체적인 경향은 12시간 후에 감소하고 그 이후 시간이 경과하면서 증가하여 발효 60시간 후에는 0.9~1.5%이었다. 대조구와 0.1, 0.2% viscozyme 그리고 0.1% celluclast는 60시간 후에 최고치에 달하였으나 0.2% celluclast는 36시간에 최고치에 달하고 그 이후 감소하였다.

요 약

폐기되는 시든 배추잎을 이용한 김치즙의 제조를 위하여 당의 첨가, 소금 농도, 효소분해가 발효과정 중 몇가지 주요 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 김치즙스는 배추 걸잎을 소금에 절인 뒤 마쇄하고 발효시킨다 음 여과하였다. 소금의 농도가 5.0%에서 1.0%로 감소하면서 발효가 빠르게 진행되었으며 설탕과 포도당의 첨가(0.5~2.0%)로 발효를 향상시켰다. 발효 전 상업용

다당류 분해효소로 절인 배추 마쇄액을 분해시킨 뒤 발효시켰을 때 발효속도가 약간 증가하였다. 그러나 김치쥬스의 고형분 농도는 소금 농도의 증가로 현저한 감소 경향을 보였지만, 설탕의 첨가는 향상시켰고 효소분해는 초기에 감소, 후기에는 증가시켰다. 환원당은 발효 24시간부터 급속히 감소하는 경향을 보여주었으며 효소분해의 영향은 적었다.

문 헌

1. 김호식, 황규현 : 김치의 미생물학적 연구(제1보). 혐기적 세균의 분리과 동정. 과연취보, 4, 54(1960)
2. 한홍의, 임종락, 박현근 : 김치발효의 지표로서 미생물군집의 측정 한국식품과학회지, 22, 26(1990)
3. 조남철, 전덕형 : 김치에서 분리한 호기성세균의 생육에 관한 마늘의 영향. 한국식품과학회지, 20, 357(1988)
4. 윤진숙, 이혜수 : 김치의 향기성분에 관한 연구 한국식품과학회지, 9, 116(1977)
5. 김현옥, 이혜수 : 숙성온도에 따른 김치의 비취발성 유기산에 관한 연구. 한국식품과학회지, 7, 74(1975)
6. 유재연, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 성분의 변화. 한국식품과학회지, 16, 169(1984)
7. 김우정, 구경형, 조한옥 : 김치의 절임 및 숙성과정 중 물

- 리적 성질의 변화. 한국식품과학회지, 19, 515(1987)
8. 최동원, 김주봉, 유명식, 변유량 : 배추조직의 가열연화의 속도론적연구. 한국식품과학회지, 19, 515(1987)
9. 김동희, 전윤기, 김우정 : 동치미액 제조를 위한 발효기간 단축연구. 한국식품과학회지, 26, 726(1994)
10. Kim, D. H., Chun, Y. K. and Kim, W. J. : Effects of processing conditions on some characteristics of dongchimi juice. *J. Food Sci Nutr.* 1, 46(1966)
11. 임태현 : 저염 동치미 쥬스의 제조 및 살균에 관한 연구. 세종대학교 석사학위논문(1997)
12. AOAC : *Official methods of analysis*. 16th ed., Association of official chemists, Vol. II, 37. 1. 37(1995)
13. AOAC : *Official methods of analysis*. 16th ed., Association of official chemists, Vol. I, A. 1 11(1995)
14. AOAC : *Official methods of analysis*. 16th ed., Association of official chemists, Vol. I, 3. 5 03(1995)
15. 민태익, 권태환 : 김치발효에 미치는 온도 식염 농도의 영향. 한국식품과학회지, 16, 443(1984)
16. 구경형, 강근옥, 김우정 : 김치의 발효과정 중 품질변화. 한국식품과학회지, 20, 476(1988)
17. 평원경 : 원료 무의 당함량이 깍두기의 발효에 미치는 영향. 세종대학교 석사학위논문(1988)
18. 정하숙, 고영태, 임순자 : 당류가 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정도에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 18, 36(1985)
19. 육철, 장금, 박관화, 안승요 : 예비열처리에 의한 무우김치의 연화방지. 한국식품과학회지, 17, 447(1985)

(1997년 6월 9일 접수)