

김치의 발효 과정중 품질변화

구경형 · 강근옥* · 김우정
세종대학교 식품과학과, * 가정학과

Some Quality Changes during Fermentation of *Kimchi*

Kyung-Hyung Ku, Kun-Og Kang* and Woo-Jung Kim

Department of Food Science,
* Department of Home Economics, King Sejong University, Seoul

Abstract

The quality characteristics of pH, total acidity, and color of *Kimchi* juice and organoleptic properties of taste, odor and texture were studied for their changes during *Kimchi* fermentation. *Kimchi* was prepared by salting in 15% NaCl solution for 2 hours followed by addition of other spices and fermentation at 4-35°C. The results of pH decrease and acidity increase suggested that *Kimchi* fermentation can be classified into 3 steps of initial, intermediate and final stages. The activation energies calculated from the intermediate stage where pH decreased rapidly were 15.67Kcal/mole for pH change and 18.99Kcal/mole for acidity change. The Hunter color values of *Kimchi* liquid showed that it becomes a weak greenish bluecolor as the fermentation progressed. Sensory characteristics of fresh sourness taste and odor and fracturability of *Kimchi* were increased until pH reached approx. 4.0 and then decreased while moldy taste and odor was increased rapidly thereafter.

Key words: *Kimchi*, fermentation, pH, color, sensory characteristics

서 론

최근 김치가 국제적인 식품으로서의 관심이 높아지고 국내에서도 시장 구입의 경향이 증가하면서 대량생산에 의한 포장된 김치의 시장 공급이 활발해지고 있는 추세이다. 이에 따라 김치의 공업적 제조 및 유통과정중 김치의 품질 관리를 위하여 제조방법과 저장방법의 개발이 절실히 요구되고 있다. 김치의 품질은 크게 화학적, 물리적, 관능적 품질로 구분될 수 있는 바 이중 김치가 영양식품이라기 보다는 식탁에서 맛을 돋구어 주는 특성을 고려할 때 맛과 관계가 깊은 관능적 품질이 가장 중요하다고 하겠다.

현재까지 이루어진 김치에 관한 연구는 주로 화학적 품질면에 역점을 두어 왔다. 즉 김치의 발효과정중 관여하는 미생물의 동정과 이들의 변화⁽¹⁻⁵⁾ 그리고 김치의 성분 중 맛과 관계가 있는 유기산⁽⁶⁻¹²⁾과 유리아미노산^(8,9)에

대한 연구가 많이 이루어져 왔다. 최근 배추의 조직이 가열처리에 의하여 연화되는 현상을 연구⁽¹³⁾하여 김치의 물리적 성질에 접근한 보고가 발표된 바 있으며 관능적 성질에 대해서는 몇개의 발표^(10,11)가 있으나 김치의 전체적인 맛, 즉 냄새, 맛, 텍스처등을 포괄적으로 평가된 바는 없다.

본 연구에서는 김치의 숙성 과정중 기초적인 품질평가 척도가 되는 산도와 배추의 텍스처, 김치액의 점도등 물리화학적 품질과 맛, 냄새, 텍스처에 대한 관능적 품질의 변화를 평가 비교함을 목적으로 하였다.

재료 및 방법

본 실험에 사용된 원료, 배추의 절임 및 김치제조는 전보⁽¹⁴⁾에 상술된 방법에 의하여 2×2cm의 크기로 절단한 배추를 20°C, 15% 소금물에 2시간 절인뒤 제조하여 4, 15, 25, 35°C에서 발효시켰다.

Corresponding author: Woo-Jung Kim, Department of Food Science, King Sejong University, Kunja-dong, Sungdong-gu, Seoul 133-150

김치액의 양과 고형분의 측정

김치액은 발효과정중 외부로 배추나 기타 재료의 조직액으로 부터 방출된 것으로서 이의 측정은 일정량의 배추(100g)를 온도와 시간별로 발효시킨뒤 한접의 가제로 여과한 액체의 부피(m^l)로 하였다. 김치액의 고형분 양은 김치액을 1차 여과한뒤 배추표면과 가제에 묻어 있는 김치액을 증류수로 씻어 회수하고 처음 회수한 김치액과 정량적으로 합하였다. 혼합한 김치액은 부피를 측정(m^l)하고, 원심분리기(Sorvall SS-3)로 8000rpm에서 20분간 분리시켜 침전물을 제거하였다. 상등액 20m^l를 알루미늄 용기에 담아 약 80°C에서 예비 건조시킨 다음 105°C에서 2시간 건조시켜 고형분의 무게를 측정하여 전체 시료의 부피로 계산한 다음 숙성 시간별로 용출된 고형분의 무게로 표시하였다.

김치액의 색 측정

김치액의 색 측정은 온도와 시간별로 숙성시켰을때 얻어진 김치액을 일정량 취하여 Digital Color Measuring/Difference Calculating Meter(Model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Kogyo Co., LTD)로 Hunter 'L' 'a' 및 'b'값을 측정하였다.

pH 및 산도측정

김치액의 pH는 상온에서 pH meter(TOD Japan)로 측정하였고, 산도는 AOAC⁽¹⁵⁾ 방법에 의하여 10m^l 김치액을 중화시키는데 소요된 0.1N NaOH의 용량(m^l)을 lactic acid 함량으로 표시하였다.

관능적 평가

일정량의 김치를 25°C의 항온실에서 시간별로 숙성시키면서, 김치의 맛, 냄새, 텍스처 그리고 전체적인 기호도를 평가하였다. 관능검사 요원의 구성은 본 실험에 흥미를 갖고 있으며 김치맛에 대한 차이식별 능력이 있는 본 대학의 대학원생과 학부생중 10명의 관능검사 요원을 1차 선정하였다. 이들로 하여금 김치의 맛, 냄새, 텍스처의 관능적 품질을 향미묘사법(flavor profile method)에 의하여 묘사케한 뒤 설문지와 같이 11개의 품질 묘사를 선정하였다. 10명의 관능검사 요원중 지속적으로 시료간의 차이를 판별할 수 있는 7명의 관능검사 요원을 최종적으로 선발하여 훈련을 시킨뒤 본 관능시험을 실시하였다. 시료의 온도는 상온(20-25°C)으로 하였으며, 다음 설문지와 같이 다시료 비교법(multiple comparison test)에 의한 7점 채점법으로 하였다. 표준시료(R)로 사

용한 김치는 pH가 4.2-4.3인 짭짤은 김치로 하였다. 관능적 평가에서 얻어진 결과의 유의성 검정은 분산분석법⁽¹⁶⁾에 의하였다.

설문지

성명 : _____ 일시 : 1987년 _____ 월 _____ 일

앞에 제시된 각 시료(김치)를 냄새, 맛, 텍스처의 순으로 표준시료(R)와 비교 평가하여 차이정도를 다음 평가방법에 따라 평가해 주십시오. 표준시료인 R보다 시료가 대단히 약하면 1, 보통 약하면 2, 약간 약하면 3, R과 차이가 없으면 4로하고 R보다 지극히 강하면 7, 보통 강하면 6, 약간 강하면 5로 표시해 주십시오.

시료번호	_____	_____	_____	_____	_____
1. 냄새	신내	_____	_____	_____	_____
	군덕내	_____	_____	_____	_____
	꽃내	_____	_____	_____	_____
	새콤한내	_____	_____	_____	_____
2. 맛	신맛	_____	_____	_____	_____
	군덕맛	_____	_____	_____	_____
	덜익은맛	_____	_____	_____	_____
	새콤한맛	_____	_____	_____	_____
3. Texture 및 기호도	사각사각	_____	_____	_____	_____
	질깃함	_____	_____	_____	_____
	기호도	_____	_____	_____	_____

결과 및 고찰

김치액의 pH 및 총산도

김치는 발효과정중 배추에 함유된 각종 효소들과 미생물의 번식으로 인하여 주요성분이 분해되고 또한 재합성이 이루어진다. 특히 배추의 주 성분인 탄수화물의 분해로 각종 유기산들이 만들어져 김치 특유의 신선한 신맛을 주게 된다. 그리하여 김치액의 총산도와 pH는 김치의

주요 품질 지표라 할 수 있겠다. Fig. 1은 김치 발효과정 중 김치액의 pH의 변화를 발효 온도별로 측정한 것으로서 pH의 감소가 발효온도에 크게 영향 받음을 알 수 있다. 김치제조중 pH의 변화에 대하여는 본 결과와 비슷한 여러 보고⁽¹⁷⁻²⁰⁾가 있으나 발효 온도가 좁은 범위로 한정되어 있어서 발효온도에 따른 pH의 변화를 속도론적으로 검토할 수 없었다. 각 온도별 pH의 변화는 발효가 진행되면서 일반적으로 pH가 5.4 정도로 감소될 때까지의 완만한 감소를 보여주는 초기 발효단계, 그 후 급속히 감소하여 먹기에 적당한 신맛 범위인 pH 4.2~4.4에 도달할 때까지의 중간 발효단계 그리고 서서히 pH 4 이하로 떨어지는 최종 발효단계로 구분할 수 있는 sigmoidal 곡선을 보여 주었다. 김치의 맛이 가장 적절한 pH 범위인 4.2 정도까지 이르는 시간을 발효 온도별로 고찰하면 4°C에서 10일, 15°C에서 2.4일, 25°C에서는 1일 그리고 35°C에서는 19시간 정도였다. 이러한 온도의 영향을 pH의 감소가 가장 빠른 속도로 일어났던 중간 발효기간을 중심으로 하여 pH의 감소속도와 온도의 영향을 도시한 결과는 Fig. 2와 같이 직선관계를 보여 주며 Arrhenius 방정식에 의하여 활성화 에너지를 계산한 값은 15,673 Kcal/mole 이었다.

한편 김치 발효중 총산도의 변화는 Fig. 1과 같이 pH

변화와 반대 현상을 보여 주었다. 산도의 증가 경향은 pH의 감소 경우와 같이 3단계의 뚜렷한 변화는 없었으

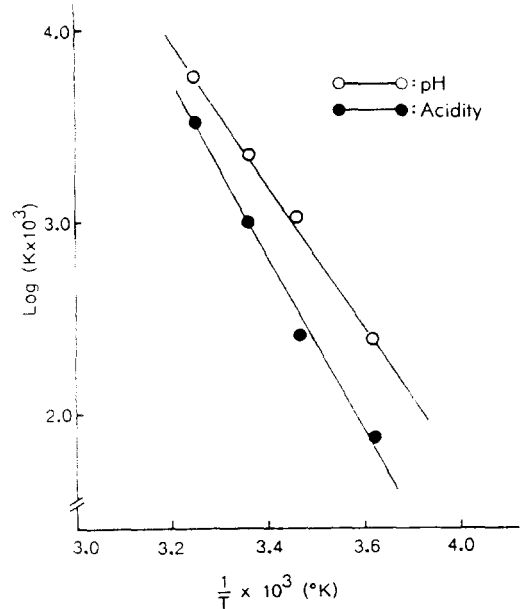


Fig. 2. Arrhenius plots of rate constants of pH and acidity changes of Kimchi liquid during fermentation.

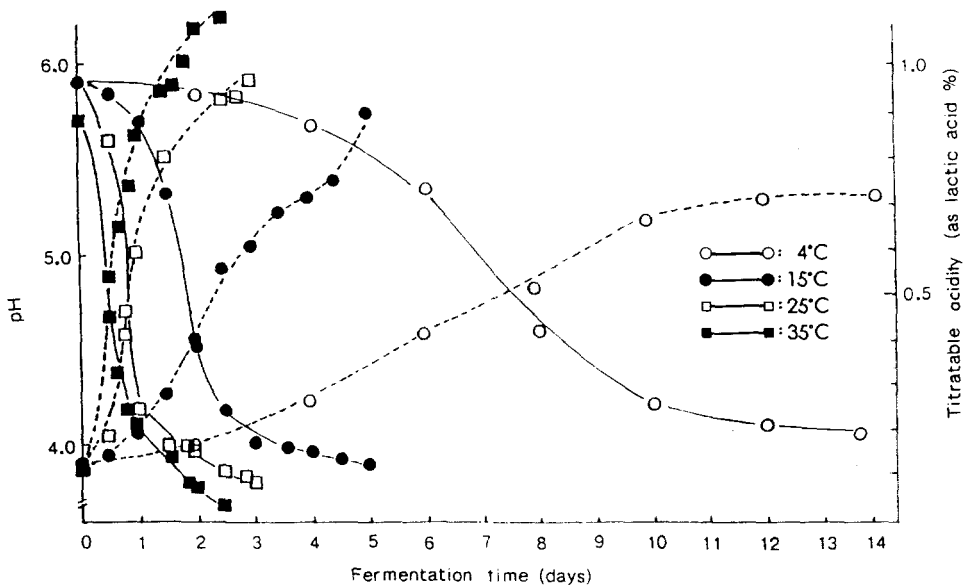


Fig. 1. Changes in pH and titratable acidity of Kimchi liquid during fermentation at various temperatures. — : pH - - - - : Titratable acidity

나 그와 유사한 초기, 중간, 최종 과정을 보여 주었다. 이러한 산도의 증가는 발효중 유기산 생성에 의한 것으로서 발효가 진행되면서 lactic acid와 acetic acid가 점차 증가되는 반면 다른 유기산은 발효 이전이나 이후 별차이가 없다는 이등의 결과(12)를 참고할 때 본 총산도의 증가는 주로 lactic acid나 acetic acid에 의해 가장 크게 좌우되었음을 추측할 수 있다. 또한 총산도의 증가 속도를 온도의 영향으로 고찰할 때 Fig. 2에서와 같이 온도가 높을수록 증가 속도가 빨라지는 직선관계를 보여 주었다. 총산도의 증가를 위한 활성화 에너지는 18.99Kcal/mole로 밝혀졌다.

김치액과 고형분의 양

일반적으로 김치가 숙성되면서 김치액은 증가한다. 이때 생성된 김치액은 대부분이 배추조직으로부터 나온 조직액으로서 염용성 또는 수용성 저분자 화합물이 함유된 것으로 믿어진다. Fig. 3과 Fig. 4는 김치 숙성과정중 김치액과 고형분량 변화를 측정 한 것으로서, 김치액 (Fig. 3)은 발효 초기에 빠르게 증가하다가 점차 완만해지는 증가 속도를 보였다. Fig. 4의 고형분 함량 변화는 발효중 반기(pH 4.5근방)까지 증가하여 최고점에 도달하였다가 감소하는 특이한 현상을 보였으며 이러한 추이는 모든 숙성 온도에서 유사한 경향을 보여주고 있다. 숙성 중반기에서의 고형분의 감소는 산 발효균의 증식이 활발하게 되면서 김치액에 있는 고형분 물질 즉 탄수화물을 주요한 성분들이 분해되어, 숙성 과정중 휘발하였거나 고형분 측정 과정중 높은 온도(105°C)에서 휘발되어 손실되는 것이 주 원인이라 사료되며, 손실되는 속도가 김치 조직에서의 저분자 물질들의 용출 속도보다 빠르게 진행되기 때문으로 추측되나 본 실험에서는 이를 확인할 수 없었다. 한편 pH가 4.2 이하로 감소되면서 고형분 함량이 다시 서서히 증가하였는데, 이는 낮은 pH로 인하여 미생물의 증식 가속도가 줄어들면서 용출된 화합물의 분해속도가 감소되는 반면 배추조직 내의 화합물들의 용출이 지속적으로 일어나서 김치액의 고형분 함량이 증가된 것이라고 여겨진다.

김치의 색

숙성 시간에 따른 김치액의 색 변화를 알기 위하여, Hunter L(밝기), a(적색-녹색), b(황색-청색)의 값으로 측정 한 결과는 Table 1과 같다. 김치가 숙성되면서 L 값은 초기의 23.1에서 약간씩 증가하여 pH 4.2에 도달했을 때의 L 값은 4°C와 15°C에서는 27내외, 25°C에서는

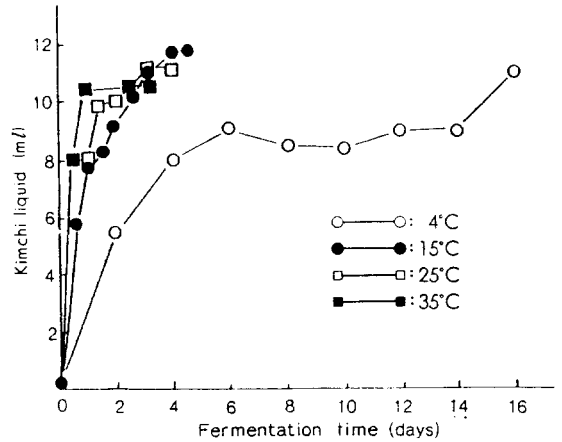


Fig. 3. Changes in the volume of Kimchi liquid extracted from 100g Kimchi during fermentation at various temperature.

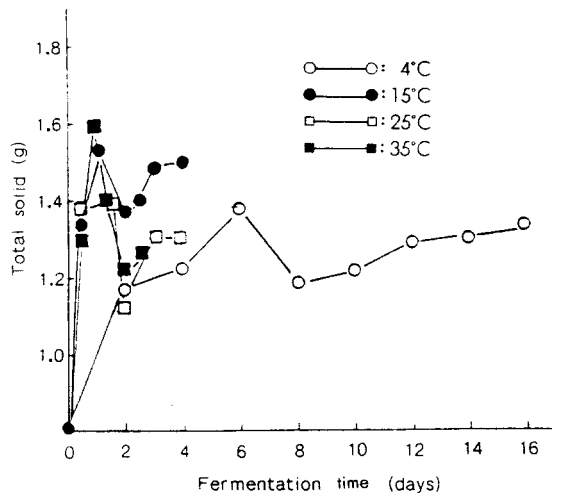


Fig. 4. Changes in total solids extracted from 100g Kimchi during fermentation at various temperature.

31, 35°C에서는 33정도로 발효 온도가 높아질 수록 L 값의 증가 현상이 더욱 현저함을 알 수 있었다. 반면 a 값은 4°C에서 변화의 어떤 경향을 볼 수 없었으나 그 외의 온도에서는 약간 감소하는 전반적인 경향을 보여 주었다. 그리하여 a 값에서는 숙성이 될수록 김치액이 연한 녹색을 갖고 있음을 알 수 있었다. 한편 b 값은 4-25°C 온도 범위에서 약간의 증폭은 있으나 큰 변화는 없었고, 35°C에서는 현저한 증가를 보여 초기의 -1.3에서 (+)값으로

Table 1. Changes in hunter color values of kimchi liquid during fermentation at various temperatures

Fermentation time (days)		0	2	4	8	12	14
4°C	Value						
	"L"	23.1	27.1	27.6	33.1	27.6	25.4
	"a"	-1.3	0.1	1.6	-1.9	0.0	0.3
	"b"	0.9	0.0	-0.4	0.0	-1.5	-1.0
Fermentation time (hours)		0	24	48	60	84	108
15°C	Value						
	"L"	23.1	23.7	27.6	27.6	29.5	31.8
	"a"	-1.3	-0.5	-1.6	-1.6	-1.7	-1.8
	"b"	0.9	0.9	0.7	0.7	0.1	0.1
Fermentation time (hours)		0	18	36	72	90	108
25°C	Value						
	"L"	23.1	21.2	31.4	32.3	40.8	42.8
	"a"	-1.3	-1.2	-1.8	-1.9	-2.4	-2.5
	"b"	0.9	-0.2	0.5	0.1	0.2	1.5
Fermentation time (hours)		0	12	20	36	44	72
35°C	Value						
	"L"	24.3	30.9	33.1	39.4	39.0	42.1
	"a"	0.5	-1.8	-1.9	-2.3	-2.3	-2.5
	"b"	-1.3	0.0	0.9	2.3	4.3	5.9

되어 연한 청색에서 황색으로 이전되고 있음을 보여 주었다. 이러한 경향은 김치의 숙성 과정에서 용출된 착색물질의 분해와 pH 변화에 따른 천연 색소의 변화 그리고 고형분의 분해로 인하여 투명도의 증가가 영향을 주었으리라 여겨진다.

김치의 관능적 성질

김치의 품질로서 가장 중요한 것은 무엇보다 맛, 냄새, 텍스처, 색등 모든 관능적 특성을 포괄적으로 의미하는 맛이라고 여겨진다. 이중 맛, 냄새, 텍스처가 특히 김치 맛을 좌우한다고 믿어져 이들 3가지 품질을 25°C에서 김치를 숙성시키면서 관능적 품질의 변화를 평가한 결과 Fig. 5와 6같은 결과를 보여 주었다.

향미 묘사법(flavor profile method)에 의하여 선정된 묘사는 신맛(acidic taste), 균덕맛(moldy taste), 생배추 맛(fresh cabbage taste), 상큼한 맛(fresh sourness taste)과 이에 상응하는 냄새들 그리고 사각사

각(fracturability)과 질김(chewiness)의 텍스처등 10개의 관능품질 묘사와 전체적인 기호도(total acceptability)를 다시료 비교법에 의하여 평가한 결과, 발효기간에 따른 각각의 묘사 변화는 5% 이내에서의 유의성을 보여 주었다. 숙성 시간이 증가하면서 생배추맛과 냄새는 계속 감소한 반면 신내와 균덕내, 그리고 이들의 맛은 증가하였다. 특히 균덕내는 적당히 익었을 때의 pH 4.2까지는 거의 느껴지지 않다가 그 후 급격히 상승하였다가 그 증가 속도가 줄어들거나 서서히 감소함을 알 수 있었다. 배추 조직을 씹을때의 관능적 성질인 텍스처는 사각사각한 성질이 발효 22시간 까지 상승한 반면, 질김은 약간 감소하여 변화된 맛과 냄새와 함께 잘 익은 김치의 특이한 맛을 형성하고 있음을 알 수 있다.

김치가 더욱 시게 되면서 사각사각한 면은 급속히 감소되었고, 질김은 약간씩 계속 상승하였다. 전체적인 기호도는 발효 22시간에서 최고의 평가를 받아 이때의 맛과 냄새, 텍스처가 가장 입맛에 좋을 수 있다. 김치의

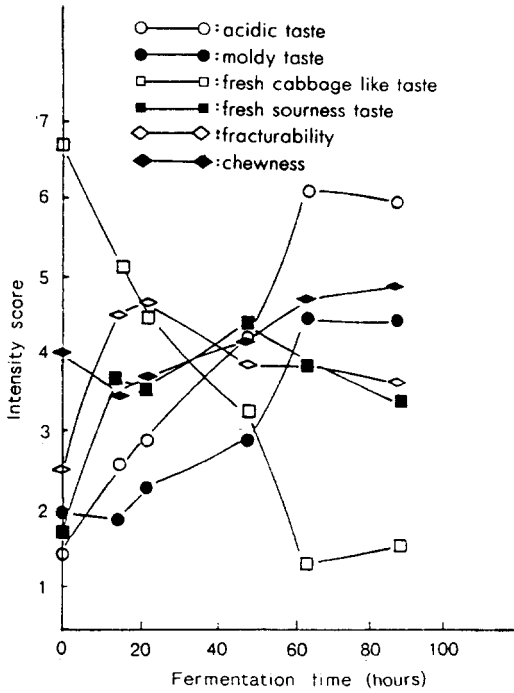


Fig. 5. Changes in taste and texture intensities of Kimchi during fermentation at 25°C.

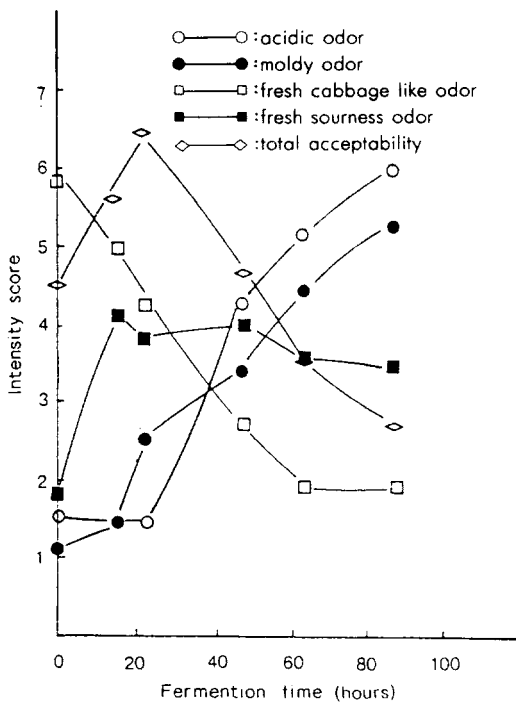


Fig. 6. Changes in odor and total acceptability intensities of Kimchi during fermentation at 25°C.

관능적 품질을 전체적으로 비교하기 위하여, 생김치 (pH 6.15), 짭짤은 김치 (pH 4.63), 그리고 신김치 (pH 3.67)에 대하여 평가된 각각의 묘사의 척도를 QDA(quantitative descriptive analysis) 묘사법에 의하여 도시한 결과는 Fig. 7과 같다. 각각의 묘사를 평균 강도에 따라 연결시킨 면적은 생김치의 경우보다 숙성시킨 김치들의 면적이 넓게 나타나 관능적 특성이 풍부해지고 있음을 보여 주었고, 숙성되어 pH가 감소하면서 군덕맛, 신맛, 신내, 군덕내, 상큼한 맛 등의 증가가 있음을 알 수 있었다.

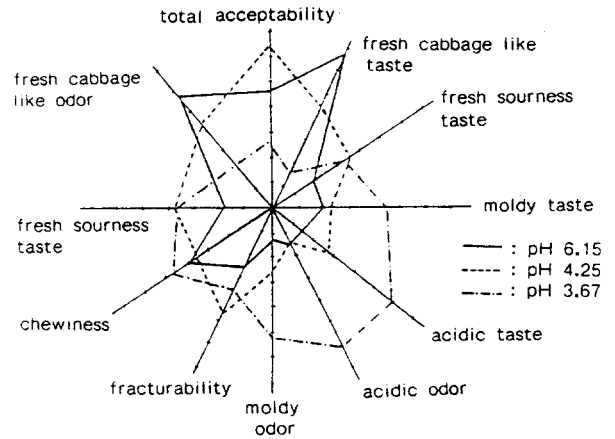


Fig. 7. Changes in QDA profiles of Kimchi as affected by pH of Kimchi liquid.

요 약

김치의 발효 과정에서 김치의 주요 품질의 변화를 알기 위하여 김치액의 pH와 총산도, 부피와 고형분의 양 그리고 색을 측정하였으며, 김치의 맛, 냄새, 텍스처에 대한 관능적 성질을 평가하였다. 김치의 발효는 배추를 소금물에 절인 뒤 4-35°C 범위의 온도에서 발효시켰다. 그 결과 pH의 감소나 총산도의 증가는 변화 속도에 따라 초기, 중간, 최종 단계의 3단계로 구분할 수 있었으며, 이들의 변화는 sigmoidal 곡선을 보여 주었다. pH와 총산도가 가장 빠르게 변화하는 중간 발효 단계에서의 계산된 활성화에너지는 각각 15.67 및 18.99 Kcal/mole이었다. 발효중 배추 조직으로부터 나온 김치액은 발효 초기에 빠르게 증가하다가 완만하여 졌으며 김치액의 총 고형분은 초기에 증가하였다가 감소하는 현상을 보였다.

Hunter L 값은 약간씩 증가하였고 김치액의 색은 연한 녹색색으로 변화하였다. 김치의 관능적 성질은 pH 4.0 부근에 도달할 때까지 상큼한 맛과 냄새 및 사각사각한 조직감이 증가하다가 발효 최종 단계에서 모두 감소하였으며 군덕내와 맛은 급격히 증가하였다.

사 의

본 연구는 김치 및 동치미의 숙성중 물리화학적 및 관능적 성질의 변화에 관한 연구의 제 1보로 1986년도 후반기 한국과학재단 연구비로 수행된 것이다. 저자들은 연구비를 지원하여 준 한국과학재단에 심심한 사의를 표하는 바이다.

문 헌

- 권숙표 : 김치의 세균학적 연구(제 1 보), 분리한균에 대하여, 중앙화학연구보고, 4, 42(1955)
- 김호식·황규찬 : 김치의 미생물학적 연구(제 1 보), 혐기성 세균의 분리와 동정, 과연회보, 4(1), 56(1959)
- 황규찬·정윤수·김호식 : 김치의 미생물학적 연구(제 2 보), 혐기성 세균의 분리와 동정, 과연회보, 5(1), 51(1960)
- 김호식·정윤수 : 김치 및 김에서 분리한 호기성 세균의 동정에 관하여, 한국 농화학회지, 3, 19(1962)
- 정윤수·박근창·유상열·김정훈 : 식품의 세균학적 표준연구(제 5 보), 김치의 숙성도와 관련된 Coliform group의 사멸성에 관하여, 기술연구보고, 6, 5(1967)
- 김호식·조덕현·이준영 : Gas chromatography에 의한 김치의 유기산 검색, 서울대 논문집(생농계), 14(1963)
- 김덕순·조의순·이근배 : 김치의 유기산 및 비타민 함량, 대한 생화학회 잡지, 1(2), 111(1964)
- 강동희·우영숙 : 고들빼기 김치의 유기성분(I). 유리아미노산에 관하여, 한국영양식량학회지, 12(3), 225(1983)
- 조영·이혜수 : 김치 맛 성분에 관한 연구. 유리아미노산에 관하여, 한국영양식량학회지, 11(1), 25(1979)
- 천종희·이혜수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구, 한국식품과학회지, 8(2), 90(1976)
- 윤진숙·이혜수 : 김치의 휘발성 향기 성분에 관한 연구, 한국식품과학회지, 9(2), 116(1977)
- 유재연·이혜성·이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향기 성분의 변화, 한국식품과학회지, 16(2), 169(1984)
- 최동원·김주봉·유영식·변유량 : 배추 조직의 가열연화의 속도론적 연구, 식품과학회지, 19(6), 515(1987)
- 김우정·구경형 : 김치의 절임 및 숙성 과정중 물리적 성질의 변화, 식품과학회지, 20(4), 483(1988)
- A.O.A.C. : *Official Methods of Analysis*, 14th ed., Association of official Analytical Chemists, 22, 058(1984)
- Larmond, E. : *Methods for Sensory Evaluation of Foods*, Canada Department of Agriculture(1970)
- 이준영·김호식·전재근 : 김치통조림 제조에 관한 연구, 한국농화학회지, 10, 33(1968)
- 김순동 : 김치의 숙성에 미치는 pH 조정제의 영향, 한국영양식량학회지, 14(3), 259(1985)
- 이승교·전승규 : 김치 숙성에 미치는 온도의 영향, 한국영양식량학회지, 11(3), 63(1982)
- 정동효 : 김치성분에 관한 연구(제 3 보). 동치미의 산화 환원 전위에 대하여, 한국식품과학회지, 2(2), 34(1970)

(1988년 3월 11일 접수)