

발효 온도-시간 조합이 배추김치의 품질 특성에 미치는 영향

강정화 · 강선희 · 안은숙 · 유맹자* · 정희중
전남대학교 식품공학과, 송원대학 호텔조리과
(2003년 10월 31일 접수)

Effect of the Combination of Fermentation Temperature and Time on the Properties of *Baechu Kimchi*

Jeong-Hwa Kang, Sun-Hee Kang, Eun-Sook Ahn, Maeng-Ja Yoo*, and Hee-Jong Chung

Department of Food Science and Technology, Graduate School

Chonnam National University, Gwangju, Korea 500-757

*Department of Hotel Culinary, Song Won College, Gwangju, Korea 502-742**

(Received October 31, 2003)

Abstract

In order to examine the effect of the combination of fermented temperature and time on *Baechu* kimchi in a kimchi refrigerator, *Baechu* kimchi was fermented at four different modes of the fermentation temperature and time for 16 weeks and analyzed the properties of *Baechu* kimchi. The pH, *Baechu* kimchi fermented at 20°C for 24 hours/stored at -1°C and *Baechu* kimchi fermented at 5°C for 6 days/stored at -1°C, decreased rapidly during first week and then decreased very slowly. The hardness and the chewiness of *Baechu* kimchi fermented at high temperature were higher and the values were decreased when the fermentation continued. In sensory evaluation, carbonated flavor in *Baechu* kimchi fermented at 20°C for 24 hours/stored at -1°C was the best after 4 weeks, and *Baechu* kimchi fermented at 5°C for 3 days or 6 days/stored at -1°C was the best after 8 weeks. The scores for sourness were the highest on 8 weeks and 12 weeks in kimchi fermented at 20°C for 24 hours/stored at -1°C and fermented at 5°C for 3 days or 6 days/stored at -1°C, respectively. The sensory scores for overall acceptability were the best on 4 weeks and 8 weeks in kimchi fermented at 20°C for 24 hours/stored at -1°C and fermented at 5°C for 3 days or 6 days/stored at -1°C, respectively. Total microbial count was increased as the temperature of fermentation increased. Counts of *Leuconostoc* spp. reached to the highest after 6 days and counts of *Lactobacillus* spp. reached to the highest after 5 days in kimchi fermented at 20°C for 24 hours/stored at -1°C. From these results, it was concluded that it required 4 weeks to eat most edible *Baechu* kimchi in kimchi refrigerator fermented at 20°C for 24 hours/stored at -1°C, and 8 weeks to eat most edible *Baechu* kimchi in kimchi refrigerator fermented at 5°C for 3 days or 6 days/stored at -1°C.

Key Words : *Baechu* kimchi, combination of temperature and time, kimchi fermentation, kimchi refrigerator

I. 서론

김치는 우리 고유의 전통 채소발효식품으로¹⁾ 김치의 재료 중 비타민 C, β -carotene, 식이섬유소, 페놀성 화합물, 함유물질의 항산화 효과 및 발효 중 생성되는 각종 천연물질과 젖산균 등에 의한 암 예방, 항산화, 면역증강, 변비예방 효과²⁾ 등이 보고되고 있다. 특히 배추김치의 항돌연변이 및 항암효과 등이 연구되어 훌륭한 기능성 식품으로 대두되고 있으며^{3,4)} 첨가하는 부재료의 다양성과 채소류에 다량 함유되어 있는 비타민 C와 무기성분을 고려할 때 김치의 기능성이 새롭게 인식되고 있다.

김치는 재료 자체가 갖는 주 영양소와 함께 각종 발효 생성물을 갖는데⁵⁾ 젖산균에 의한 발효작용으로 풍미가 주어지며 발효과정에 관여하는 미생물의 증식 양상은 배추의 품종⁶⁾, 발효온도⁷⁾, 염분⁸⁾ 등에 영향을 받는데 염분보다는 온도의 영향이 큰 것으로 알려져 있다⁹⁾. 또한 발효과정에서 소금농도와 발효온도가 중요하며 발효기간은 발효온도 및 시간과 가장 밀접한 관계가 있다⁷⁾. 그동안 김치의 저장성을 향상시키기 위하여 저온저장, 낮은 온도에서 가열 및 방사선처리, 방부제·완충제·향신료 및 인산염 등의 첨가 등이 연구되어 왔으며 그중에서 현재 가장 많이 활용되고 있는 방법은 냉장온도에서 김치를 발효시키면서 저장하는 저온저장 방법으로 현재까지의 연구결과를 종합적으로 고찰해 볼 때 김치의 숙성도를 간접적으로 결정하는 품질지표인 총산도는 식염농도 및 숙성온도에 가장 큰 영향을 받으며 김치의 발효속도에 가장 큰 영향을 주는 인자는 온도라고 보고되어 왔다¹⁰⁾. 또한 김치의 적숙기는 발효온도에 따라 관여하는 균이 달라지며 발효 양태는 염도보다는 온도와 더 많은 관계가 있어 발효와 저장온도에 따라 김치의 맛도 차이가 있다.

따라서 본 연구에서는 배추김치를 김치냉장고에 넣어 발효 및 저장하면서 먹을 경우, 배추김치에 가장 적합한 김치냉장고의 발효 및 저장 조건을 확립하기 위하여 발효 온도-시간 조합을 4 가지 유형으로 각각 달리하여 16주 동안 발효 및 저장하였을 때 배추김치의 pH와 산도, 관능적 특성 및 미생물학적 특성 변화를 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

배추는 광주광역시 광산구 (주)대인물산에서 절임상태의 삼진배추(염도2.0%)를 구입하였고 부재료인 고춧가루, 멸치액젓(염도 11%), 마늘, 생강, 파 등은 광주광역시 북구 빅마트에서 제조전일 구입하여 사용하였다.

2. 김치제조

배추김치는 조 등¹¹⁾의 방법에 따라 <Table 1>과 같은 주·부재료 배합비율로 제조하였고 김치의 최종 염도는 시판되는 김치의 염도와 같은 3.0%가 되도록 소금을 첨가하여 조절하였다.

3. 발효 온도와 시간의 조합

제조된 배추김치는 15 l(25×33×20 cm)의 김치 전용용기에 담아 A사 김치전용 냉장고에 넣고 16주 동안 발효시키면서 품질 특성을 분석하였다. 발효 온도와 시간 조합은 20°C 24시간 발효/-1°C 저장 조합, 5°C 6일간 발효/-1°C 저장 조합, 및 5°C 3일간 발효/-1°C 저장 조합, 무발효/-1°C 저장 조합을 각각 사용하였다.

4. pH 및 산도 측정

김치의 pH 변화는 pH meter(Orion, 520A)로 측정

<Table 1> Ingredient ratios for the preparation of *Baechu* kimchi

Ingredient	Quantity(g)
Korean cabbage(<i>Samjin Baechu</i>)	100.0
Radish	13.0
Powdered red pepper	3.5
Garlic	1.4
Ginger	0.6
Fermented anchovy sauce	2.2
Green onion	2.0
Sugar	1.0

* Final salinity was adjusted to 3.0% with NaCl.

하였고, 산도는 AOAC 법¹²⁾에 준하여 lactic acid(% w/w)로 환산하여 나타냈다.

5. 김치의 조직감 변화

김치의 조직감 변화¹³⁾는 Texture Analyzer (Model TA-XT2, England)를 사용하여 절단강도(cutting force)와 압축강도(compression force)를 <Table 2>와 같은 분석조건에서 측정하였다. 배추의 잎은 가장 바깥쪽으로부터 분류하여 9군으로 나눈 다음 4번째 군에 속하는 배추 잎을 선정하였으며 배추 잎 전장의 1/4되는 지점을 제 1 측정점으로 정하고 그 지점에서 3 cm 하단을 제 2 측정점으로 정한 뒤 그들을 기준으로 하여 그 둘레를 절단하였다. 절단강도의 측정을 위한 시료는 가로 2 cm, 세로 5 cm가 되게 자른 후 측정하였으며 압착강도의 시료는 가로 2 cm, 세로 2 cm 가 되도록 잘라 사용하였다.

6. 김치의 관능적 특성 변화

김치의 관능평가는 5점 척도법에 따라 실험에 대한 관심도와 검사원으로서의 적합성이 인정된 학부 학생과 대학원 학생 10명을 평가원으로 선발하여 본 실험의 목적을 설명하고 필요한 훈련을 적절하게 시킨 후 실시하였다.

7. 김치의 미생물학적 변화

1) 총균수

김치즙액 1 mL를 무균적으로 취하여 0.1% peptone water로 희석한 다음 PCA(Plate Count Agar) 배지를 이용하여 희석액 1 mL를 pouring

culture method¹⁴⁾로 접종한 다음 37°C에서 48시간 배양한 후 형성된 colony 수를 계수하였고 동일한 방법으로 계수실험을 3번 반복하여 평균치를 산출하였다.

2) *Lactobacillus* spp.와 *Leuconostoc* spp.

Leuconostoc 속과 *Lactobacillus* 속 젖산균 수의 측정¹⁵⁾은 *Lactobacilli* MRS broth(Difco)에 0.002% bromophenol blue를 첨가하여 미리 제조한 고체배지에 총 균수 실험에서의와 동일하게 희석한 김치즙액 시료 0.1 mL을 취하여 surface culture method로 접종한 다음 30°C에서 72시간 배양한 후에 colony를 관찰하여 계수하였다. 동일한 방법으로 3번 반복하여 얻은 균 수를 평균하여 최종적으로 젖산균 수를 산출하였다.

3) 효모수

김치즙액 시료 0.1 mL를 취하여 미리 10% tartaric acid로 배지의 pH를 3.5±0.1로 조정된 potato dextrose agar(Difco)에 도말하여 30°C±1°C에서 3일간 배양한 다음 colony를 계수하고 동일한 실험을 3번 반복하여 평균값으로 효모수¹⁶⁾를 산출하였다.

8. 통계분석

실험결과에 대한 통계처리는 Statistical Analysis System(SAS) 프로그램¹⁷⁾을 이용하여 평균값과 표준편차를 산출하였으며 각 발효 및 저장의 온도-시간 조합별과 저장기간을 요인으로 하는 이원배치 분산분석을 수행하였고, 평균차이의 검정법인 다중 비교에서 Duncan 방법에 의해 그 유의성을 분석하였다.

<Table 2> Analytical conditions for Texture Analyzer

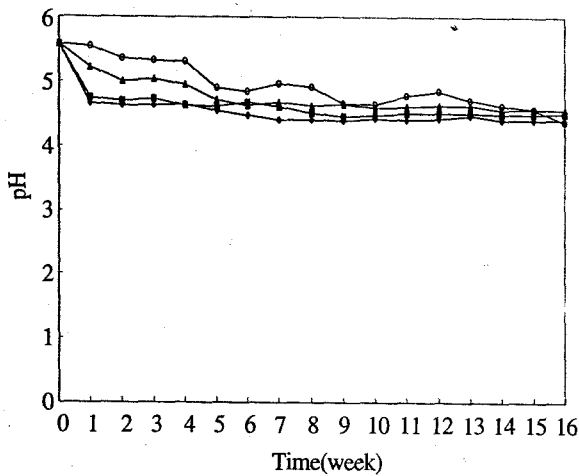
Instrument	The Universal Texture Analyzer (Model TA-XT2, England)	
Probe	Knife	SM-5 Circle (diameter 35 mm)
Travel distance	100%	50%
Probe Speed	1.0 mm/sec	1.0 mm/sec
Pre-test Speed	5.0 mm/s	5.0 mm/s
Sample size	2.0×8.0(cm)	2.0×2.0(cm)

III. 결과 및 고찰

1. 김치의 pH와 산도 변화

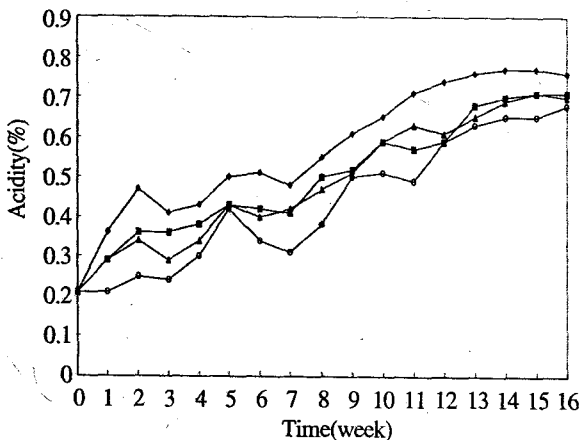
김치의 pH는 발효초기에 거의 일정하다가 급속히 감소한 후 다시 완만해지고 산도는 pH와 반대로 점차 증가하다가 완만해지는 S자형 곡선을 나타냈다. 담금 초기의 pH는 5.57로 16주 동안의 변화는

<Fig 1>과 같이 전반적으로 발효 온도가 높고 발효 기간이 길수록 pH 감소속도가 증가하는 경향을 나타냈으며 무발효/ -1°C 저장 조합의 경우 14주 후에 4.62로 다른 시험구 보다 높았는데 이것은 구 등 18)의 결과와 같이 미생물의 생육이 발효온도의 영향을 크게 받아 산 생성이 적고 젖갈 등의 완충작용에 의해 pH 변화가 거의 없는 것이다. 또한 산도는 담금 초기에 0.21로 16주 동안 변화는 <Fig 2>에서 처럼 5°C 발효의 경우에 20°C 에서 발효한 김치



<Fig. 1> Changes in pH of *Baechu* kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks.

- ◆ ; I, Kimchi was fermented at 20°C for 24 hours and stored at -1°C .
- ; II, Kimchi was fermented at 5°C for 6 days and stored at -1°C .
- ▲ ; III, Kimchi was fermented at 5°C for 3 days and stored at -1°C .
- ; IV, Kimchi was not fermented and directly stored at -1°C .



<Fig. 2> Changes in acidity of *Baechu* kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks.

See footnotes in Fig. 1.

보다 약간 낮은 수준으로 증가하였고 무발효 경우 산의 생성이 현저히 낮았는데 이는 박 등¹⁹⁾이 보고한대로 같이 온도에 따라 젖산균의 종류와 증식정도가 달라지기 때문이다.

2. 김치의 텍스처 변화

1) Cutting force의 변화

배추김치를 16주 동안 발효 숙성시키면서 조직의 cutting force를 측정된 결과는 <Table 3>과 같이 각 조합별로 큰 차이 없이 서서히 감소하는 경향을 보였는데 이것은 이 등²⁰⁾의 배추김치는 숙성 중에도 계속해서 소금이 탈수작용으로 절단면에 걸리는 섬유소 수의 증가와 밀도가 높아져 절단력이 증가한다는 연구 결과와 관련이 있다고 생각되며 조합유형별에 cutting force가 차이가 나는 것은 김치의 발효과정 중 탈수작용과 발효작용의 정도의 차이 때문으로 판단된다.

2) Compression force의 변화

각 조합별 compression force의 측정결과는 <Table 4a~4c>에서처럼 포기의 배추에서 일관된 sampling 자체의 어려움 때문에 변화 편차가 컸으나 초기 발효온도가 높을수록 compression force가 크게 낮아지는 것으로 나타났고 온도변화에 따라 gumminess와 chewiness는 크게 차이가 있었으나 springiness, cohesiveness, hardness는 거의 차이가 없는 것으로 분석되었다.

3. 김치의 관능적 특성 변화

16주 동안 발효 숙성시킨 배추김치의 탄산미, 신맛, 경도, 외관, 총 기호도에 대한 관능적 특성 변화는 <Table 5a~5c>에 나타냈다. 탄산미는 20°C 에서 발효시킨 경우 4주, 5°C 에서 6일간 발효시킨 경우에는 5주, 5°C 에서 3일간 발효시킨 김치는 7주, 무발효/ -1°C 저장 조합 김치는 13주 후에 각각 가장 높은 평가결과를 나타냈으며 신맛도 탄산미와 유사하였다. 경도는 탄산미나 신맛의 평가와는 반대 경향을 나타냈으며 맛을 제외한 배추김치의 외관 평가는 담금 직후의 김치가 가장 높은 평가결과를 보였고,

무발효/-1°C 저장 조합김치의 경우는 1주일 후에 양념 옷이 벗겨져 가장 낮은 평가를 받았다. 총 기호도는 배추김치의 발효온도가 낮아지면 장기간 동안 좋은 김치 맛을 볼 수 있는 것으로 분석되었으나 무발효/-1°C 저장 조합 김치는 전 발효기간을 통하여 낮은 평가를 받아 품질에 부정적 결과를 보였다.

4. 김치의 미생물 수 변화

1) 총 균수의 변화

김치발효의 최고 균수는 보통 $10^8 \sim 10^{10}$ cell/mL로 2) 발효온도가 낮은 경우에는 총 균수도 낮은 것처럼 (Fig 3)에서와 같이 초기 총 균수는 1.00×10^6 로 최대의 균 수에 이르는 기간은 무숙성 김치를 제외하고는 1주 후로 발효초기에 급증하여 최적 발효기에 최대로 되었다가 그 이후 서서히 감소하였으며 발효온도가 낮은 발효의 경우 총 균수도 낮음을 알 수 있었다.

2) *Lactobacillus* spp.와 *Leuconostoc* spp.의 변화

김치발효를 주도하는 젖산균 중 *Leuconostoc* spp.와 *Lactobacillus* spp.의 균수의 변화는 (Fig 4)에 나타났다. 본 실험에서 *Leuconostoc* spp.는 발효와 저장온도가 낮을수록 높은 분포상태를 더 지속적으로 나타내고 감소하기 시작하는 시기나 속도가 더 늦어지는 경향을 나타냈으며 *Leuconostoc* spp.는 발효 초기에 급속히 증가한 후 감소하는 경향을 보였다. 또한 발효 이후 모두 -1°C에서 저장이 이루어지기 때문에 처음 증식하였던 *Leuconostoc* spp.이 저장기간 동안 감소하였지만 저장 16주 후까지 10^6 수준을 유지함으로써 산패의 정도가 심하지 않았다. 이것은 *Lactobacillus* 속이 저온에서는 활발하게 증식하지 못한다는 신²²⁾의 결과와도 일치하였다.

3) 효모수의 변화

효모는 김치 발효 후기에 나타나 김치의 조직연화나 품질 변화에 관여하며 각 조합별 효모수의 변화는 (Fig 5)와 같다. 발효기간 동안 20°C에서 발효

<Table 3> Changes in cutting force of Baechu kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks

Time(week)	Cutting force(kg)			
	I)	II	III	IV
0	5.00±0.67 ^{a2)A3)}	5.00±0.67 ^{aAB}	5.00±0.67 ^{aAB}	5.00±0.67 ^{aA}
1	4.35±0.18 ^{bCDEF}	4.15±0.15 ^{bCD}	4.09±0.36 ^{bG}	5.06±0.15 ^{aABC}
2	4.23±0.23 ^{bCDEF}	4.59±0.29 ^{abCD}	4.84±0.05 ^{abCDEF}	5.53±0.66 ^{aA}
3	3.84±0.35 ^{cF}	4.53±0.17 ^{bCD}	4.68±0.14 ^{bCDEF}	5.31±0.31 ^{aABC}
4	4.31±0.06 ^{abCDEF}	4.52±0.36 ^{aCD}	4.45±0.47 ^{aEFG}	5.09±0.21 ^{aABC}
5	4.05±0.17 ^{bF}	3.95±0.34 ^{bD}	4.34±0.21 ^{abFG}	4.93±0.18 ^{aABC}
6	4.12±0.18 ^{abF}	3.85±0.33 ^{bD}	4.50±0.41 ^{abEFG}	4.82±0.39 ^{aABC}
7	3.97±0.16 ^{bF}	4.17±0.08 ^{bCD}	5.16±0.09 ^{aBC}	4.90±0.34 ^{aABC}
8	4.60±0.35 ^{aABCDE}	5.76±0.06 ^{aA}	5.71±0.15 ^{aA}	4.91±0.71 ^{aABC}
9	4.69±0.18 ^{abABCD}	4.86±0.18 ^{aBC}	5.02±0.10 ^{aCDE}	4.29±0.33 ^{bC}
10	4.88±0.24 ^{aAB}	4.59±0.11 ^{aCD}	5.02±0.15 ^{aCDE}	4.56±0.21 ^{aABC}
11	4.76±0.14 ^{aABC}	4.56±0.34 ^{aCD}	4.98±0.14 ^{aCDE}	4.36±0.38 ^{aBC}
12	4.95±0.35 ^{abA}	4.49±0.24 ^{abCD}	5.11±0.30 ^{abCD}	4.28±0.35 ^{bC}
13	4.44±0.29 ^{abCDEF}	4.52±0.35 ^{aCD}	4.59±0.22 ^{aCDEFG}	5.48±0.90 ^{aAB}
14	4.23±0.14 ^{bCDF}	5.42±0.67 ^{aAB}	5.58±0.08 ^{aAB}	4.69±0.20 ^{abABC}
15	4.23±0.13 ^{bCDEF}	4.37±0.22 ^{bCD}	4.58±0.05 ^{bCDEFG}	5.20±0.28 ^{aABC}
16	4.01±0.02 ^{bEF}	4.30±0.22 ^{abCD}	4.56±0.00 ^{abDEFG}	4.97±0.44 ^{aABC}

1,2) See footnotes in Fig. 1.

3) A-G means with the same superscript in a column are not significantly different at $p < 0.05$.

Data were presented as means ± standard deviation.

<Table 4> Changes in compression force(springness, gumminess) of *Baechu* kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks

Time (week)	Springness				Gumminess			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
0	0.34 ± 0.10 ^{aA}	0.34 ± 0.10 ^{aA}	0.34 ± 0.10 ^{aA}	0.34 ± 0.10 ^{aA}	3.66 ± 0.68 ^{aA}	3.66 ± 0.68 ^{aA}	3.66 ± 0.68 ^{aA}	3.66 ± 0.68 ^{aA}
1	0.36 ± 0.01 ^{aAB}	0.41 ± 0.03 ^{aAB}	0.41 ± 0.00 ^{aA}	0.36 ± 0.02 ^{aBCDE}	1.73 ± 0.37 ^{ABCD}	2.44 ± 0.19 ^{bABCD}	3.09 ± 0.12 ^{abA}	3.23 ± 0.31 ^{aABC}
2	0.36 ± 0.03 ^{aAB}	0.39 ± 0.04 ^{aABC}	0.39 ± 0.02 ^{aABCD}	0.41 ± 0.01 ^{aABC}	2.22 ± 0.26 ^{aA}	2.67 ± 0.30 ^{aAB}	2.94 ± 0.48 ^{aAB}	3.06 ± 0.22 ^{aABCD}
3	0.35 ± 0.03 ^{aAB}	0.40 ± 0.03 ^{aAB}	0.41 ± 0.00 ^{aA}	0.41 ± 0.00 ^{aABC}	2.10 ± 0.41 ^{bAB}	2.78 ± 0.30 ^{aA}	2.61 ± 0.17 ^{bABC}	3.64 ± 0.39 ^{aAB}
4	0.36 ± 0.03 ^{aAB}	0.37 ± 0.03 ^{aABC}	0.38 ± 0.03 ^{aABCD}	0.38 ± 0.03 ^{aBCD}	1.21 ± 0.13 ^{cd}	1.90 ± 0.32 ^{abCD}	1.52 ± 0.22 ^{bcG}	2.39 ± 0.07 ^{aCDEF}
5	0.36 ± 0.04 ^{aAB}	0.34 ± 0.04 ^{aBC}	0.33 ± 0.03 ^{aCD}	0.41 ± 0.05 ^{aAB}	1.78 ± 0.17 ^{bABCD}	1.97 ± 0.43 ^{bbCD}	2.18 ± 0.29 ^{bcDEF}	3.07 ± 0.42 ^{aABCD}
6	0.39 ± 0.01 ^{aA}	0.42 ± 0.02 ^{aA}	0.38 ± 0.03 ^{bABCD}	0.40 ± 0.07 ^{aBC}	1.85 ± 0.25 ^{aABC}	2.21 ± 0.15 ^{abABCD}	2.22 ± 0.41 ^{aCDEF}	2.85 ± 0.93 ^{abCD}
7	0.36 ± 0.02 ^{bAB}	0.37 ± 0.02 ^{bABC}	0.39 ± 0.03 ^{bABC}	0.47 ± 0.01 ^{aA}	1.37 ± 0.10 ^{bCD}	1.71 ± 0.25 ^{abd}	1.87 ± 0.01 ^{abEFG}	2.53 ± 0.54 ^{aCDE}
8	0.36 ± 0.05 ^{aAB}	0.33 ± 0.03 ^{aC}	0.33 ± 0.03 ^{aD}	0.37 ± 0.03 ^{aBCD}	1.54 ± 0.18 ^{bbCD}	1.78 ± 0.21 ^{bCD}	1.78 ± 0.21 ^{bFG}	2.64 ± 0.33 ^{aCDE}
9	0.34 ± 0.01 ^{aAB}	0.35 ± 0.02 ^{aABC}	0.36 ± 0.00 ^{aABCD}	0.37 ± 0.02 ^{aBCD}	1.66 ± 0.03 ^{bABCD}	1.96 ± 0.04 ^{abCD}	1.55 ± 0.07 ^{bG}	1.55 ± 0.15 ^{bF}
10	0.32 ± 0.01 ^{abAB}	0.34 ± 0.00 ^{aABC}	0.34 ± 0.01 ^{aBCD}	0.29 ± 0.03 ^{bE}	1.78 ± 0.02 ^{aABCD}	1.87 ± 0.08 ^{aCD}	1.86 ± 0.07 ^{aEF}	1.79 ± 0.04 ^{aEF}
11	0.36 ± 0.00 ^{aAB}	0.35 ± 0.00 ^{aABC}	0.37 ± 0.00 ^{aABCD}	0.32 ± 0.03 ^{aDE}	1.57 ± 0.08 ^{bBCD}	1.79 ± 0.06 ^{abCD}	1.96 ± 0.05 ^{aDEFG}	1.86 ± 0.26 ^{abEF}
12	0.39 ± 0.04 ^{aA}	0.37 ± 0.05 ^{aABC}	0.39 ± 0.03 ^{aABCD}	0.37 ± 0.03 ^{aBCD}	1.83 ± 0.30 ^{bABC}	1.83 ± 0.21 ^{bCD}	2.20 ± 0.13 ^{abcDEF}	2.50 ± 0.08 ^{aCDE}
13	0.31 ± 0.04 ^{bB}	0.41 ± 0.02 ^{aAB}	0.40 ± 0.05 ^{aAB}	0.34 ± 0.02 ^{abCDE}	1.64 ± 0.21 ^{abCD}	2.49 ± 0.68 ^{aABC}	2.62 ± 0.22 ^{aABC}	1.86 ± 0.18 ^{aEF}
14	0.32 ± 0.03 ^{aAB}	0.37 ± 0.03 ^{aABC}	0.34 ± 0.00 ^{aBCD}	0.34 ± 0.03 ^{aCDE}	1.33 ± 0.34 ^{bCD}	2.19 ± 0.28 ^{abCD}	2.35 ± 0.20 ^{aCDE}	1.82 ± 0.19 ^{abEF}
15	0.33 ± 0.01 ^{bAB}	0.37 ± 0.00 ^{aABC}	0.36 ± 0.01 ^{aBCD}	0.35 ± 0.01 ^{aCDE}	1.38 ± 0.01 ^{bCD}	2.38 ± 0.10 ^{aABCD}	2.25 ± 0.06 ^{aCDEF}	2.19 ± 0.12 ^{abDEF}
16	0.33 ± 0.01 ^{cAB}	0.38 ± 0.01 ^{bABC}	0.37 ± 0.01 ^{bABCD}	0.43 ± 0.02 ^{aAB}	1.45 ± 0.01 ^{cCD}	2.35 ± 0.07 ^{bABCD}	2.51 ± 0.00 ^{bBCD}	3.78 ± 0.29 ^{aA}

1) See footnotes in Table 3.

A ~ F means with the same superscript in a column are not significantly different at p < 0.05.

Data were presented as means ± standard deviation.

<Table 4b> Changes in compression force(cohesiveness, adhesiveness) of *Baechi*/kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks

Time(week)	Cohesiveness				Adhesiveness			
	I ¹⁾	II	III	IV	I	II	III	IV
0	0.36 ± 0.06 ^{aA}	0.36 ± 0.06 ^{aA}	0.36 ± 0.06 ^{aA}	0.36 ± 0.06 ^{aA}	-0.03 ± 0.01 ^{aA}	-0.03 ± 0.01 ^{aA}	-0.03 ± 0.01 ^{aA}	-0.03 ± 0.01 ^{aABC}
1	0.31 ± 0.03 ^{aAB}	0.27 ± 0.02 ^{aE}	0.31 ± 0.03 ^{aB}	0.31 ± 0.03 ^{aB}	-0.03 ± 0.00 ^{aA}	-0.02 ± 0.00 ^{aABCD}	-0.03 ± 0.00 ^{aB}	-0.02 ± 0.00 ^{aAB}
2	0.30 ± 0.03 ^{aB}	0.28 ± 0.02 ^{aDE}	0.33 ± 0.00 ^{aB}	0.31 ± 0.03 ^{aB}	-0.03 ± 0.00 ^{aA}	-0.04 ± 0.01 ^{aE}	-0.03 ± 0.00 ^{aAB}	-0.03 ± 0.00 ^{aABC}
3	0.31 ± 0.04 ^{aAB}	0.28 ± 0.01 ^{aDE}	0.31 ± 0.03 ^{aB}	0.32 ± 0.03 ^{aB}	-0.03 ± 0.01 ^{aA}	-0.03 ± 0.01 ^{aCDE}	-0.03 ± 0.00 ^{aAB}	-0.02 ± 0.01 ^{aAB}
4	0.35 ± 0.04 ^{aAB}	0.33 ± 0.04 ^{aABCDE}	0.32 ± 0.03 ^{aB}	0.29 ± 0.02 ^{aB}	-0.02 ± 0.00 ^{aA}	-0.02 ± 0.00 ^{aABC}	-0.02 ± 0.00 ^{aAB}	-0.04 ± 0.00 ^{bC}
5	0.31 ± 0.02 ^{aAB}	0.30 ± 0.03 ^{aDE}	0.32 ± 0.02 ^{aB}	0.33 ± 0.02 ^{aAB}	-0.03 ± 0.01 ^{aA}	-0.02 ± 0.00 ^{aABCD}	-0.01 ± 0.00 ^{aA}	-0.02 ± 0.00 ^{aAB}
6	0.32 ± 0.03 ^{aAB}	0.34 ± 0.01 ^{aABCDE}	0.33 ± 0.33 ^{aB}	0.32 ± 0.04 ^{aB}	-0.02 ± 0.00 ^{aA}	-0.03 ± 0.01 ^{aDE}	-0.02 ± 0.00 ^{aAB}	-0.03 ± 0.00 ^{aABC}
7	0.33 ± 0.03 ^{aAB}	0.31 ± 0.02 ^{aCDE}	0.32 ± 0.02 ^{aB}	0.35 ± 0.04 ^{aAB}	-0.02 ± 0.00 ^{abA}	-0.02 ± 0.00 ^{abABCD}	-0.03 ± 0.00 ^{bAB}	-0.01 ± 0.00 ^{aA}
8	0.31 ± 0.03 ^{aAB}	0.32 ± 0.04 ^{aBCDE}	0.32 ± 0.04 ^{aB}	0.30 ± 0.04 ^{aB}	-0.03 ± 0.00 ^{aA}	-0.03 ± 0.00 ^{aABCDE}	-0.03 ± 0.00 ^{aAB}	-0.03 ± 0.01 ^{aABC}
9	0.31 ± 0.01 ^{bAB}	0.32 ± 0.01 ^{bCDE}	0.36 ± 0.02 ^{abAB}	0.40 ± 0.04 ^{aA}	-0.02 ± 0.00 ^{aA}	-0.03 ± 0.00 ^{abCDE}	-0.02 ± 0.00 ^{aAB}	-0.02 ± 0.00 ^{aA}
10	0.33 ± 0.01 ^{aAB}	0.35 ± 0.01 ^{aABCD}	0.35 ± 0.01 ^{aAB}	0.31 ± 0.01 ^{bb}	-0.02 ± 0.00 ^{aA}	-0.03 ± 0.00 ^{aCDE}	-0.03 ± 0.00 ^{aAB}	-0.03 ± 0.01 ^{aBC}
11	0.34 ± 0.01 ^{abAB}	0.33 ± 0.00 ^{bABCDE}	0.36 ± 0.01 ^{aAB}	0.35 ± 0.02 ^{abAB}	-0.03 ± 0.00 ^{aA}	-0.02 ± 0.00 ^{aABCD}	-0.03 ± 0.00 ^{aAB}	-0.02 ± 0.01 ^{aA}
12	0.37 ± 0.03 ^{aA}	0.32 ± 0.03 ^{aBCDE}	0.36 ± 0.01 ^{aAB}	0.33 ± 0.00 ^{aB}	-0.09 ± 0.00 ^{aB}	-0.03 ± 0.00 ^{aCDE}	-0.03 ± 0.01 ^{ab}	-0.02 ± 0.00 ^{aAB}
13	0.34 ± 0.01 ^{aAB}	0.34 ± 0.06 ^{aABCDE}	0.41 ± 0.04 ^{aA}	0.32 ± 0.00 ^{aB}	-0.03 ± 0.09 ^{aA}	-0.02 ± 0.01 ^{aABC}	-0.03 ± 0.01 ^{aAB}	-0.03 ± 0.01 ^{aABC}
14	0.34 ± 0.03 ^{aAB}	0.39 ± 0.02 ^{aA}	0.37 ± 0.01 ^{aAB}	0.35 ± 0.02 ^{aAB}	-0.02 ± 0.00 ^{aA}	-0.01 ± 0.01 ^{aA}	-0.25 ± 0.02 ^{aAB}	-0.02 ± 0.00 ^{aAB}
15	0.35 ± 0.01 ^{bAB}	0.39 ± 0.01 ^{aAB}	0.37 ± 0.01 ^{abAB}	0.30 ± 0.01 ^{cb}	-0.02 ± 0.00 ^{aA}	-0.01 ± 0.00 ^{aAB}	-0.03 ± 0.00 ^{aAB}	-0.03 ± 0.01 ^{aABC}
16	0.36 ± 0.01 ^{aAB}	0.37 ± 0.00 ^{aABC}	0.36 ± 0.00 ^{aAB}	0.31 ± 0.02 ^{bb}	-0.02 ± 0.00 ^{aA}	-0.02 ± 0.00 ^{aABCD}	-0.03 ± 0.00 ^{aAB}	-0.03 ± 0.00 ^{aBC}

1) See footnotes in Table 3.

A ~ E means with the same superscript in a column are not significantly different at p < 0.05. Data were presented as means ± standard deviation.

<Table 4c> Changes in compression force(hardness, chewiness) of *Baechu* kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks

Time(week)	Hardness				Chewiness			
	I ¹⁾	II	III	IV	I	II	III	IV
0	12.50 ± 1.20 ^{aA}	12.50 ± 1.20 ^{aA}	12.50 ± 1.20 ^{aA}	12.50 ± 1.20 ^{aA}	1.52 ± 0.38 ^{aA}	1.52 ± 0.38 ^{aA}	1.52 ± 0.38 ^{aA}	1.52 ± 0.38 ^{aA}
1	7.80 ± 0.14 ^{cA}	8.92 ± 0.22 ^{bA}	10.65 ± 0.23 ^{aA}	10.63 ± 0.81 ^{aB}	0.67 ± 0.09 ^{cABCD}	1.00 ± 0.00 ^{bAB}	1.34 ± 0.10 ^{aA}	1.22 ± 0.20 ^{abABCD}
2	7.45 ± 0.05 ^{bA}	9.35 ± 0.40 ^{aA}	9.34 ± 1.16 ^{aB}	10.50 ± 0.13 ^{aB}	0.82 ± 0.15 ^{aAB}	1.04 ± 0.21 ^{aAB}	1.15 ± 0.22 ^{aAB}	1.26 ± 0.14 ^{aABCD}
3	7.07 ± 0.75 ^{cA}	8.94 ± 0.56 ^{bA}	8.53 ± 0.23 ^{bBC}	10.60 ± 0.23 ^{aB}	0.84 ± 0.12 ^{cA}	1.19 ± 0.15 ^{abA}	1.07 ± 0.06 ^{bcABC}	1.48 ± 0.17 ^{aAB}
4	5.56 ± 0.65 ^{bB}	6.45 ± 0.96 ^{bB}	6.98 ± 0.55 ^{abCD}	8.24 ± 0.37 ^{aCDE}	0.43 ± 0.04 ^{cD}	0.78 ± 0.15 ^{abBC}	0.59 ± 0.13 ^{bcD}	0.91 ± 0.08 ^{aCDEF}
5	5.70 ± 0.68 ^{bB}	6.51 ± 0.96 ^{bB}	6.85 ± 0.52 ^{abCD}	8.26 ± 0.11 ^{aCDE}	0.70 ± 0.15 ^{bABCD}	0.62 ± 0.13 ^{bC}	0.74 ± 0.17 ^{bCD}	1.36 ± 0.36 ^{aABC}
6	5.68 ± 0.31 ^{bB}	6.58 ± 0.57 ^{abB}	6.94 ± 1.43 ^{abCD}	8.11 ± 0.36 ^{aCDE}	0.72 ± 0.11 ^{aABC}	0.92 ± 0.11 ^{aABC}	0.84 ± 0.21 ^{aBCD}	1.22 ± 0.52 ^{aABCD}
7	4.18 ± 0.60 ^{cCD}	5.58 ± 0.37 ^{bB}	5.94 ± 0.39 ^{bD}	8.75 ± 0.68 ^{aCD}	0.50 ± 0.06 ^{bCD}	0.63 ± 0.13 ^{bC}	0.72 ± 0.08 ^{bCD}	1.17 ± 0.25 ^{abABCD}
8	5.04 ± 0.40 ^{bBC}	6.02 ± 1.17 ^{bB}	6.02 ± 1.17 ^{bD}	8.99 ± 0.33 ^{aC}	0.56 ± 0.14 ^{bbCD}	0.55 ± 0.15 ^{cC}	0.55 ± 0.15 ^{bD}	1.00 ± 0.21 ^{aBCDE}
9	4.99 ± 0.01 ^{bBC}	6.01 ± 0.07 ^{ab}	6.04 ± 0.06 ^{bD}	4.63 ± 0.35 ^{bG}	0.68 ± 0.01 ^{aABCD}	0.59 ± 0.01 ^{aC}	0.65 ± 0.01 ^{abd}	0.62 ± 0.62 ^{bcEF}
10	5.03 ± 0.04 ^{BC}	5.86 ± 0.86 ^{ab}	6.15 ± 0.09 ^{bD}	5.47 ± 0.23 ^{bFG}	0.60 ± 0.02 ^{aABCD}	0.60 ± 0.01 ^{aC}	0.62 ± 0.02 ^{aD}	0.46 ± 0.02 ^{bF}
11	4.89 ± 0.07 ^{bBC}	5.99 ± 0.07 ^{ab}	5.99 ± 0.11 ^{bD}	5.27 ± 0.53 ^{abFG}	0.60 ± 0.01 ^{aABCD}	0.61 ± 0.01 ^{aC}	0.68 ± 0.03 ^{aCD}	0.60 ± 0.15 ^{aEF}
12	4.94 ± 0.59 ^{BC}	5.64 ± 0.23 ^{bcB}	6.16 ± 0.29 ^{bD}	7.64 ± 0.22 ^{abE}	0.71 ± 0.18 ^{aABCD}	0.68 ± 0.17 ^{abC}	0.85 ± 0.05 ^{abCD}	0.93 ± 0.10 ^{aCDEF}
13	4.90 ± 0.78 ^{abC}	7.10 ± 0.87 ^{ab}	7.18 ± 1.19 ^{abCD}	5.92 ± 0.55 ^{abF}	0.53 ± 0.14 ^{aCD}	1.03 ± 0.30 ^{abAB}	1.22 ± 0.42 ^{abAB}	0.63 ± 0.09 ^{abEF}
14	3.88 ± 0.94 ^{bCD}	5.96 ± 0.90 ^{ab}	6.78 ± 0.26 ^{bD}	5.16 ± 0.68 ^{abFG}	0.44 ± 0.16 ^{bCD}	0.84 ± 0.16 ^{aABC}	0.84 ± 0.05 ^{abCD}	0.61 ± 0.10 ^{abEF}
15	3.60 ± 0.06 ^{cd}	5.88 ± 0.13 ^{bb}	6.89 ± 0.11 ^{aCD}	7.34 ± 0.47 ^{abE}	0.51 ± 0.01 ^{dCD}	0.68 ± 0.01 ^{cBC}	0.85 ± 0.03 ^{abCD}	0.77 ± 0.04 ^{bDEF}
16	3.63 ± 0.05 ^{cd}	5.68 ± 0.12 ^{bb}	6.47 ± 0.08 ^{bD}	12.03 ± 0.63 ^{aA}	0.53 ± 0.00 ^{cD}	0.61 ± 0.01 ^{bC}	0.83 ± 0.00 ^{bBCD}	1.60 ± 0.14 ^{aA}

¹⁾ See footnotes in Table 3.

a ~ d means with the same superscript in a row are not significantly different at p < 0.05.

A ~ G means with the same superscript in a column are not significantly different at p < 0.05.

Data were presented as means ± standard deviation.

<Table 5a> Changes in sensory evaluation scores(carbonated flavor, sourness) of Baechu kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks

Time(week)	Sourness																		
	Carbonated flavor				I				II				III				IV		
0	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aC}	1.00 ± 0.00 ^{aD}	1.00 ± 0.00 ^{aB}	1.00 ± 0.00 ^{aD}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}	1.00 ± 0.00 ^{aE}		
1	3.43 ± 0.78 ^{aDE}	3.57 ± 0.49 ^{aAB}	3.14 ± 0.49 ^{aBCD}	1.57 ± 0.49 ^{bF}	3.14 ± 0.49 ^{aA}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{aF}		
2	3.71 ± 0.69 ^{aCDE}	3.71 ± 0.41 ^{aA}	3.71 ± 0.41 ^{aB}	1.71 ± 0.41 ^{bF}	3.71 ± 0.41 ^{aA}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}	3.43 ± 0.49 ^{aF}		
3	4.00 ± 0.00 ^{aBCD}	3.29 ± 0.41 ^{bABC}	3.00 ± 0.57 ^{bBCD}	2.00 ± 0.29 ^{aEF}	3.00 ± 0.57 ^{bBCD}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}	3.57 ± 0.49 ^{aEF}		
4	4.71 ± 0.41 ^{aA}	3.29 ± 0.61 ^{bABC}	3.29 ± 0.41 ^{bBCD}	1.57 ± 0.49 ^{aF}	3.29 ± 0.41 ^{bBCD}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}	3.71 ± 0.41 ^{bDEF}		
5	4.43 ± 0.49 ^{aAB}	3.71 ± 0.41 ^{bA}	3.29 ± 0.61 ^{bBCD}	2.57 ± 0.49 ^{aDE}	3.29 ± 0.61 ^{bBCD}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}	3.57 ± 0.49 ^{bEF}		
6	4.29 ± 0.41 ^{aABC}	3.43 ± 0.49 ^{bAB}	4.43 ± 0.49 ^{aA}	3.14 ± 0.49 ^{bBCD}	4.43 ± 0.49 ^{aA}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBCD}		
7	2.14 ± 0.24 ^{aH}	3.29 ± 0.41 ^{bABC}	4.57 ± 0.49 ^{aA}	3.29 ± 0.49 ^{bABC}	4.57 ± 0.49 ^{aA}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}	4.29 ± 0.41 ^{bBC}		
8	3.71 ± 0.41 ^{aCDE}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	3.71 ± 0.41 ^{aB}	2.71 ± 0.41 ^{bCD}	3.71 ± 0.41 ^{aB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}	4.71 ± 0.41 ^{aAB}		
9	3.43 ± 0.49 ^{aDE}	3.00 ± 0.29 ^{aBCD}	3.43 ± 0.49 ^{aBC}	3.00 ± 0.29 ^{aBCD}	3.43 ± 0.49 ^{aBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}	4.29 ± 0.41 ^{abBC}		
10	3.43 ± 0.49 ^{aDE}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	3.29 ± 0.61 ^{aBCD}	3.00 ± 0.29 ^{abbCD}	3.29 ± 0.61 ^{aBCD}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}	4.00 ± 0.29 ^{bCDE}		
11	3.29 ± 0.61 ^{aDEF}	2.71 ± 0.41 ^{aCD}	2.86 ± 0.49 ^{aCD}	3.00 ± 0.57 ^{abCD}	2.86 ± 0.49 ^{aCD}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}	4.57 ± 0.49 ^{abAB}		
12	2.28 ± 0.41 ^{bH}	2.71 ± 0.41 ^{bCD}	2.86 ± 0.49 ^{abCD}	3.43 ± 0.49 ^{aAB}	2.86 ± 0.49 ^{abCD}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}		
13	3.00 ± 0.29 ^{bEFG}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	3.86 ± 0.49 ^{aA}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}	4.71 ± 0.41 ^{abAB}		
14	2.71 ± 0.41 ^{bGFH}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	2.71 ± 0.41 ^{bCD}	3.71 ± 0.41 ^{aAB}	2.71 ± 0.41 ^{bCD}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}		
15	2.43 ± 0.49 ^{bGH}	2.43 ± 0.49 ^{bD}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	3.71 ± 0.41 ^{aAB}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}		
16	2.57 ± 0.49 ^{bGH}	2.43 ± 0.49 ^{bD}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	3.86 ± 0.49 ^{aA}	2.57 ± 0.49 ^{bD}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}	5.00 ± 0.00 ^{aA}		

1) See footnote in Table 3.

A ~ H means with the same superscript in a column are not significantly different at p < 0.05. Data were presented as means ± standard deviation.

<Table 5b> Changes in sensory evaluation scores(hardness, appearance) of Baechu kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks

Time(week)	Hardness				Appearance			
	I ¹⁾	II	III	IV	I	II	III	IV
0	4.29 ± 0.41 ^{aA}	4.29 ± 0.41 ^{aA}	4.29 ± 0.41 ^{aA}	4.29 ± 0.41 ^{aA}	3.00 ± 0.00 ^{bC}	3.00 ± 0.00 ^{bB}	3.00 ± 0.00 ^{bBC}	3.00 ± 0.00 ^{bA}
1	2.71 ± 0.41 ^{bB}	2.86 ± 0.49 ^{bA}	3.57 ± 0.49 ^{aA}	4.00 ± 0.29 ^{aA}	3.57 ± 0.49 ^{aB}	2.71 ± 0.61 ^{bCD}	3.86 ± 0.49 ^{aA}	2.86 ± 0.24 ^{bBCDE}
2	2.43 ± 0.49 ^{bC}	2.71 ± 0.61 ^{bca}	3.14 ± 0.49 ^{bAB}	3.86 ± 0.24 ^{aB}	3.43 ± 0.49 ^{aBC}	3.14 ± 0.73 ^{aBC}	3.71 ± 0.61 ^{aAB}	3.00 ± 0.57 ^{aBCD}
3	2.14 ± 0.24 ^{bBCDE}	2.29 ± 0.61 ^{bABCD}	2.71 ± 0.41 ^{bBCD}	3.57 ± 0.49 ^{aABC}	3.57 ± 0.49 ^{aBB}	2.14 ± 0.49 ^{cDE}	3.00 ± 0.29 ^{bCDEF}	3.71 ± 0.41 ^{aAB}
4	4.43 ± 0.49 ^{aA}	2.14 ± 0.49 ^{cBCD}	2.57 ± 0.49 ^{cBCDE}	4.43 ± 0.61 ^{bA}	3.71 ± 0.41 ^{bb}	4.43 ± 0.65 ^{aA}	3.43 ± 0.49 ^{bABC}	3.29 ± 0.41 ^{bBC}
5	2.71 ± 0.41 ^{bB}	2.71 ± 0.82 ^{bA}	2.86 ± 0.49 ^{aBC}	3.57 ± 0.49 ^{aABC}	4.57 ± 0.49 ^{aA}	3.57 ± 0.49 ^{bcaB}	3.29 ± 0.41 ^{cABCD}	4.14 ± 0.49 ^{aBA}
6	2.14 ± 0.49 ^{bCDE}	2.57 ± 0.49 ^{aAC}	2.71 ± 0.61 ^{aBCD}	3.29 ± 0.61 ^{aBCD}	3.00 ± 0.57 ^{bBCD}	3.57 ± 0.49 ^{abbB}	3.57 ± 0.49 ^{abABC}	4.14 ± 0.73 ^{aA}
7	2.29 ± 0.61 ^{bBCD}	2.71 ± 0.61 ^{abA}	2.71 ± 0.41 ^{abBCD}	3.14 ± 0.24 ^{aCDE}	3.57 ± 0.65 ^{bb}	3.29 ± 0.41 ^{aBC}	3.71 ± 0.41 ^{aAB}	2.29 ± 0.41 ^{bDE}
8	2.00 ± 0.00 ^{cDE}	2.43 ± 0.49 ^{bcaBCD}	2.71 ± 0.61 ^{bbBCD}	3.00 ± 0.00 ^{bcDE}	2.71 ± 0.61 ^{bcDE}	3.43 ± 0.49 ^{uBC}	3.14 ± 0.53 ^{uBCDE}	2.86 ± 0.49 ^{uBCDE}
9	1.71 ± 0.41 ^{bDEF}	2.57 ± 0.49 ^{aABC}	2.43 ± 0.49 ^{aBCDE}	2.86 ± 0.24 ^{aDEF}	3.00 ± 0.00 ^{aBCD}	3.14 ± 0.49 ^{aBC}	3.00 ± 0.29 ^{aCDEF}	3.00 ± 0.57 ^{aBCD}
10	1.86 ± 0.49 ^{bCDEF}	3.00 ± 0.29 ^{aA}	2.57 ± 0.49 ^{aBCDE}	2.71 ± 0.41 ^{aDEF}	2.71 ± 0.41 ^{aCDE}	3.14 ± 0.49 ^{aBC}	2.71 ± 0.41 ^{aDEFG}	3.14 ± 0.49 ^{aBCD}
11	1.57 ± 0.49 ^{bEF}	2.57 ± 0.49 ^{aABC}	2.43 ± 0.49 ^{aBCDE}	2.71 ± 0.41 ^{aDEF}	2.57 ± 0.65 ^{aDE}	3.00 ± 0.57 ^{aBC}	2.57 ± 0.49 ^{aEFGH}	3.00 ± 0.86 ^{aBCD}
12	1.71 ± 0.61 ^{bDEF}	2.29 ± 0.49 ^{abABCD}	2.43 ± 0.49 ^{aBCDE}	2.57 ± 0.49 ^{aDEFG}	2.57 ± 0.65 ^{aDE}	2.71 ± 0.41 ^{aCD}	2.43 ± 0.49 ^{aFGHI}	2.71 ± 0.41 ^{aCDE}
13	1.86 ± 0.49 ^{cDEF}	2.14 ± 0.24 ^{abCD}	2.29 ± 0.41 ^{aCDE}	2.29 ± 0.61 ^{aEFG}	2.43 ± 0.61 ^{aDE}	3.29 ± 0.41 ^{aBC}	2.43 ± 0.49 ^{aFGHI}	2.86 ± 0.78 ^{aBCDE}
14	1.29 ± 0.41 ^{cF}	1.86 ± 0.24 ^{bcCD}	2.14 ± 0.49 ^{abCDE}	2.57 ± 0.65 ^{aFGH}	1.71 ± 0.41 ^{aF}	2.14 ± 0.53 ^{aDE}	2.00 ± 0.29 ^{aHI}	2.43 ± 0.65 ^{cDE}
15	1.29 ± 0.41 ^{bF}	1.86 ± 0.24 ^{aCD}	2.00 ± 0.29 ^{aDE}	2.00 ± 0.29 ^{aGH}	2.00 ± 0.57 ^{aEF}	1.86 ± 0.24 ^{aE}	2.14 ± 0.24 ^{aGHI}	2.43 ± 0.49 ^{aCDE}
16	1.29 ± 0.41 ^{bF}	1.71 ± 0.41 ^{abd}	1.86 ± 0.24 ^{aE}	1.71 ± 0.41 ^{abH}	1.57 ± 0.49 ^{aF}	1.86 ± 0.24 ^{aE}	1.86 ± 0.24 ^{aI}	2.00 ± 0.29 ^{aE}

¹⁾ See footnote in Table 3.

A ~ I means with the same superscript in a column are not significantly different at p < 0.05.

Data were presented as means ± standard deviation.

<Table 5c> Changes in sensory evaluation scores(overall acceptability) of Baechu kimchi fermented at different combination of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks

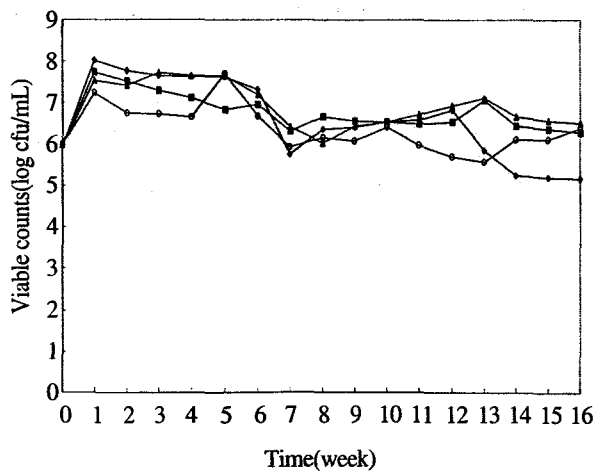
Time(week)	Overall acceptability			
	I ¹⁾	II	III	IV
0	3.00±0.00 ^{aB}	3.00±0.00 ^{aBC}	3.00±0.00 ^{aBC}	3.00±0.00 ^{aA}
1	3.57±0.49 ^{aBC}	3.71±0.41 ^{aBCDE}	3.71±0.41 ^{aBC}	2.14±0.24 ^{bCD}
2	4.00±0.29 ^{aAB}	4.14±0.73 ^{aABCD}	3.86±0.24 ^{aBC}	2.71±0.49 ^{bBC}
3	4.29±0.41 ^{aA}	3.57±0.65 ^{bCDE}	3.29±0.49 ^{bCD}	3.29±0.41 ^{bAB}
4	3.43±0.49 ^{bBCD}	4.71±0.41 ^{aA}	3.86±0.49 ^{bBC}	1.71±0.41 ^{cD}
5	4.57±0.49 ^{aA}	4.43±0.49 ^{aAB}	4.29±0.41 ^{aB}	3.29±0.41 ^{bAB}
6	2.86±0.49 ^{bDEF}	4.29±0.41 ^{aABC}	4.14±0.24 ^{aB}	3.86±0.49 ^{aA}
7	2.71±0.61 ^{cEFG}	4.14±0.24 ^{bABCD}	4.86±0.24 ^{aA}	2.86±0.24 ^{cBC}
8	3.00±0.29 ^{bCDE}	4.14±0.49 ^{aABCD}	4.14±0.24 ^{aB}	3.43±0.65 ^{abAB}
9	2.43±0.49 ^{bEFG}	3.86±0.49 ^{aBCD}	3.71±0.41 ^{aBC}	3.29±0.61 ^{aAB}
10	2.43±0.49 ^{bEFG}	3.43±0.49 ^{aDE}	3.71±0.41 ^{aBC}	3.14±0.73 ^{aAB}
11	2.29±0.41 ^{bFGH}	3.14±0.24 ^{aEF}	3.00±0.57 ^{abDE}	3.14±0.73 ^{aAB}
12	2.14±0.53 ^{aGH}	2.71±0.41 ^{aFG}	2.57±0.49 ^{aEF}	2.71±0.41 ^{aBC}
13	1.71±0.41 ^{cHI}	2.29±0.41 ^{bcHG}	2.43±0.49 ^{abEF}	3.00±0.29 ^{aB}
14	1.43±0.49 ^{cl}	1.71±0.41 ^{bcHI}	2.14±0.24 ^{bEFG}	2.71±0.41 ^{aBC}
15	1.29±0.41 ^{cl}	1.57±0.65 ^{bcl}	2.14±0.24 ^{abFG}	2.71±0.41 ^{aBC}
16	1.29±0.41 ^{bl}	1.43±0.49 ^{bl}	1.86±0.24 ^{bG}	3.00±0.29 ^{aB}

1) See footnote in Table 3.

A~I means with the same superscript in a column are not significantly different at p <0.05.

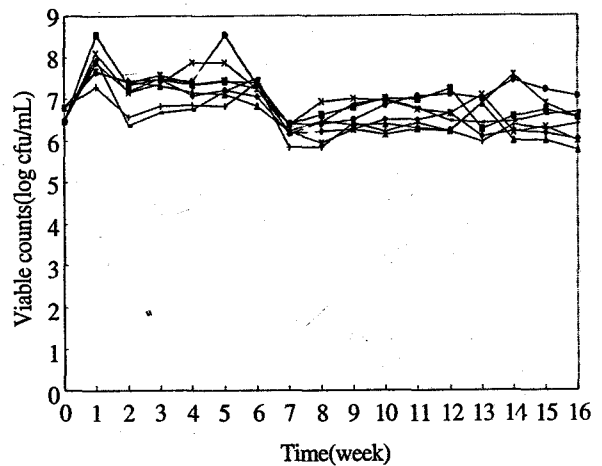
Data were presented as means ± standard deviation.

사킬 경우 다른 조합의 경우보다 김치의 부패가 빨리 일어나서 효모의 증식이 빨리 진행되었음을 보여주었는데 이것은 신 등²²⁾의 발효온도가 높을수록 효모의 발현이 빠르고 그 검출수준도 높다는 것과



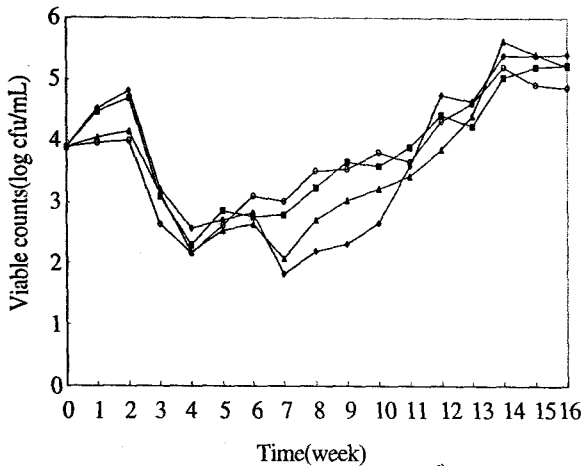
<Fig. 3> Changes in total microbial counts of Baechu kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks.

See footnotes in Fig. 1.



<Fig. 4> Changes in lactic acid bacteria counts of Baechu kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored for 16 weeks.

- ◆ ; I, Kimchi was fermented at 20°C for 24 hours and stored at -1°C(Leuc).
- ; I-1, Kimchi was fermented at 20°C for 24 hours and stored at -1°C(Lac).
- ▲ ; II, Kimchi was fermented at 5°C for 6 days and stored at -1°C(Leuc).
- × ; II-1, Kimchi was fermented at 5°C for 6 days and stored at -1(Lac).
- * ; III, Kimchi was fermented at 5°C for 3 days and stored at -1°C(Leuc).
- ; III-1, Kimchi was fermented at 5°C for 3 days and stored at -1(Lac).
- + ; IV, Kimchi was not fermented and directly stored at -1°C(Leuc).
- ; IV-1, Kimchi was not fermented and directly stored at -1(L).



<Fig. 5> Changes in yeast counts of *Baechu* kimchi fermented at different combinations of temperature and time, and stored at -1°C for 16 weeks.

See footnotes in Fig. 1.

일치하였다.

IV. 요약

김치냉장고에서 배추김치에 가장 적합한 발효온도와 시간 및 저장온도를 결정하기 위하여 발효와 저장 온도-시간 조합을 달리하여 16주 동안 저장하면서 배추김치의 품질 특성 변화를 분석하였다. pH의 변화는 발효온도가 높을수록 pH가 크게 감소하여 20°C 24시간 발효/ -1°C 저장 조합과 5°C 6일 발효/ -1°C 저장 조합의 경우 초기 1주 동안 pH가 크게 감소한 이후에는 아주 서서히 감소하였다. Hardness와 chewiness는 발효온도가 높을수록 더 낮은 값을 보였는데 발효가 진행됨에 따라 서서히 감소하는 경향을 나타냈고 특히 초기 4주 동안 크게 감소하였다. 관능적 특성에서 탄산미는 20°C 24시간 발효/ -1°C 저장 조합에서는 4주, 5°C 3일 발효 또는 6일 발효/ -1°C 저장 조합에서는 8주 후가 가장 좋았다. 신맛은 20°C 24시간 발효/ -1°C 저장 조합에서는 8주, 5°C 3일 또는 6일 발효/ -1°C 저장 조합에서는 12주 후에 강한 신맛을 주었고 무발효/ -1°C 저장 조합에서는 16주 후까지 신맛이 서서히 증가되었다. 따라서 총 기호도는 20°C 24시간 발효/ -1°C 저장 조합에서는 4주, 5°C 3일 또는 6일 발효/ -1°C 저장 조합에서는 8주 후가 가장 좋았다.

총 균수는 발효온도가 높을수록 높았고 20°C 24시간 발효/ -1°C 저장 조합의 경우 5일 후에 4.47×10^8 으로 최고치를 나타낸 후에 16주 후에는 1.51×10^5 까지 감소하였다. 젖산균 수는 5°C 6일 발효/ -1°C 저장 조합의 경우 *Leuconostoc*은 6일 후에 1.05×10^9 으로, *Lactobacillus*는 5일 후에 1.35×10^9 으로 최고치를 나타내 20°C 24시간 발효/ -1°C 저장 조합의 경우보다 많은 것으로 나타났다. 이상의 결과로부터, 20°C 24시간 발효/ -1°C 저장 조합의 김치냉장고에서 배추김치는 4주가 최적 가식기간이었고, 5°C 6일 발효/ -1°C 저장 조합과 5°C 3일 발효/ -1°C 저장 조합에서는 8주가 최적 가식기간인 것으로 분석되었다.

■참고문헌

- 1) Joen YS, Kye IS, Cheigh HS. Changes of Vitamin C and Fermentation Characteristics of Kimchi on Different Cabbage Variety and Fermentation Temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28(4): 773-779, 1999.
- 2) Park KY. The Nutritional Evaluation, and Antimutagenic and Anticancer Effects of Kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 24(1): 169-182, 1995.
- 3) Cho EJ, Lee SM, Rhee SH, Park KY. Studies on the Standardization of Chinese Cabbage Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30(2): 324-332, 1998.
- 4) Choi sk, Hwang SY, Jo JS. Standardization of Kimchi and Related Products(3). *Korean J. Dietay Culture.* 12(5): 531-548, 1997.
- 5) Choi MW, Kim KH, Park KY. Effects of Kimchi Extracts on the Growth of Sarcoma-180 cells and Phagocytic Activity of Mice. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 26(2): 254-260, 1997.
- 6) Lee IS, Park WS, Koo YJ, Kang KH. Changes in Some Characteristics of Brined Chinese Cabbage of Fall Cultivars During Storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26(3): 239-245, 1994.
- 7) Choi SY, Kim YB, Yoo JY, Lee IS, Chung KS, Koo YJ. Effect of Temperature and Salts Concentration of Kimchi Manufacturing on Storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22(50): 707-710, 1990.
- 8) Ko YD, Kim HJ, Chun SS, Sung NK. Development

- of Control System for Kimchi Fermentation and Storage Using Refrigerator. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26(3): 199-203, 1994.
- 9) Park WS, Lee IS, Han YS, Koo YJ. Kimchi Preparation with Brined Chinese Cabbage and Seasoning Mixture Stored Separately. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26(3): 231-238, 1994.
- 10) Lee KH, Cho HY, Pyun YR. Kinetic Modelling for the Prediction of Shelf-life of Kimchi Based on Total Acidity as a Quality Index. *Korean J. Food Sci. Technol.* 23(3): 306-310, 1991.
- 11) Cho EJ, Park KY, Rhee SH. Standardization of Ingredient Ratios of Chinese Cabbage Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29(6): 1228-1235, 1997.
- 12) A.O.A.C : Official Methods of Analysis, 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA, 413, 1984.
- 13) Han ES, Seok MS, Park JH, Lee HJ. Quality Changes of Salted Chinese Cabbage with the Package Pressure and Storage Temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(4): 650-656, 1996.
- 14) Difco Manual : Difco Laboratories, 10th edition, Detroit, Michigan, USA, 689(1984).
- 15) Rhie SG, Chun SK. The Influence of Temperature on Fermentation of Kimchi. *Korean J. Nutr. & Food.* 11(4): 63-66, 1982.
- 16) Cheigh MJ, Han JS, Rhee SH, Park KY. Standardization of Ingredient Ratios of Wooong(Burdock , Arctium lappa, L) Kimchi. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27(4): 618-624, 1997.
- 17) SAS : SAS/STAT guide for personal computers. Version 6 edition. SAS Institute Inc., Cary, NC. (1985).
- 18) Koo KH, Kang KO, Kim WJ. The Changes of the Properties of Kimchi during the Fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20(4): 511-517, 1988.
- 19) Park HK, Lim JR, Han HH. The Trend of the Microbial Changes of Kimchi during the Fermentation at Different Temperatures. *Journal of Basic Science Research.* In Ha University. 11: 61-69, 1990.
- 20) Lee CH, Hwang IJ, Kim JK. Macro- and Microstructure of Chinese Cabbage Leaves and Their Texture Measurements. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20(6): 742-748, 1988.
- 21) Park SK, Kang SG, Chung HJ. Effects of Essential Oil in Astringent persimmon Leaves on Kimchi Fermentation. *Kor. J. Appl. Microbial. Biotechnol.* 22(2): 217-221, 1994.
- 22) Shin DH, Kim MS, Han JS, Lim DK, Bak WS. Changes of Chemical Composition and Microflora in Commercial Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28(1): 137-145, 1996.