

저장온도에 따른 포장김치의 기체압력변화와 품질과의 관계

홍석인 · 박진숙 · 박노현

한국식품개발연구원

Relationships Between Fermentative Gas Pressure and Quality Changes of Packaged *Kimchi* at Different Temperatures

Seok-In Hong, Jin-Sook Park and Noh-Hyun Park

Korea Food Research Institute

Abstract

Kimchi packed in polypropylene(PP) tray was stored at different temperatures (0, 10, 20°C) to investigate the relationships between fermentative gas pressure and quality changes. The quality of *Kimchi* during storage was evaluated in terms of pH, titratable acidity, color, and sensory properties. The fermentative gas pressure changes due to CO₂ evolution showed typical sigmoidal curves at each temperature. Accordingly, inflation of *Kimchi* packages caused by increasing gas pressure occurred in 40 hours, 5 and 30 days at 20, 10, 0°C, respectively, at which gas pressure inside the packages ranged 1.2~1.4 psig. Following inflation, *Kimchi* packages stored at 20 and 10°C were burst out on 3 and 8 days, but those at 0°C were not. As the fermentative gas pressure increased, pH decreased ($r>0.968$) and titratable acidity increased ($r>0.973$) proportionally. Regarding to the color change of crushed *Kimchi* juice, L and b values were decreased exponentially, but a value remained constant during storage. Among sensory properties, the sourness and texture scores showed good accordance with pH changes. In conclusion, although *Kimchi* kept optimal tastes during storage, the inflation of package restricted shelf-life of *Kimchi*.

Key words: *Kimchi*, packaging, gas pressure

서 론

김치는 대표적인 전통 발효식품으로서 대부분 자가제조 형태로 충당되어 왔으나 70년대 이후 경제발전이 가속됨에 따라 기업적 생산이 증가하게 되어 최근에는 대량생산에 의한 포장김치의 시장공급이 활발해지고 있는 추세이다⁽¹⁾. 그러나 시판되고 있는 김치제품 특히, 비교적 유통기간이 긴 소포장 제품은 유통과정 중 김치 자체의 품질저하 보다는 포장의 팽대나 파손에 의해 상품성이 좌우되는 경우가 많다⁽²⁾. 이러한 포장의 팽대 및 파손은 김치의 숙성과정에서 발생하는 발효기체압력에 기인하는 것으로 김치의 상품가치에 매우 큰 영향을 미친다.

김치의 발효 숙성시 초기에 관여하는 대표적 미생물인 *Leuconostoc mesenteroides*, *Lactobacillus brevis*는 이상젖산발효(hetero-lactic fermentation)를 통해 젖산, 아세트산, 에탄올, CO₂ 등을 생성하고, 이들 발효산물에 의해 김치액이 산성화 및 혐기화되므로 호기성균의 생육이

억제된다고 한다⁽³⁾. 이와 같이 김치의 숙성 초기 젖산균에 의한 CO₂ 발생은 이미 잘 알려진 사실이나 가스발생에 따른 압력변화에 대해서는 연구가 미미하여 이와 전⁽⁴⁾의 보고 외에는 거의 찾아 보기 힘든 실정이다. 더우기 김치의 실제 저온저장 및 유통조건에서의 발효기체 압력 변화에 관한 연구결과는 전무한 형편이다.

이에 본 연구에서는 포장김치의 유통기간 연장과 관련하여 저장온도(0, 10, 20°C)별로 발효기체 압력변화와 pH, 총산함량, 색상 및 관능적 품질변화를 측정하여 그 상관관계를 검토함으로써, 향후 김치의 유통과정에서 안전성과 상품성 유지를 위한 팽창방지 포장기법을 개발하는데 기초자료로 삼고자 한다.

재료 및 방법

김치재료

김치제조에 사용한 재료는 분당의 수퍼마켓에서 1994년 1~3월에 구입하였다. 본 실험에 사용한 재료로는 결구형 저장 겨울배추, 고추가루(안동농협 청결고추가루), 마늘, 생강, 멸치액젓(하선정식품) 및 천일염(영진염업사)이었다.

Corresponding author: Seok-In Hong, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea

김치제조

배추는 4절로 절단한 후 천일염을 배추무게의 1/4배, 절임수는 소금의 5배를 사용하여 5시간 동안 절인 다음 흐르는 물에서 3회 씻어 4°C 에서 하룻밤 동안 물빼기를 하였다. 절임배추를 4~5 cm로 잘라서 부재료를 넣고 잘 버무린 후 포장하였다. 부재료의 배합비는 절임배추 100 g당 파 3.1g, 고추가루 2.3g, 마늘 1.5g, 생강 0.4g, 멸치 액젓 3.0g이었다.

포장

김치포장에 사용한 포장재는 시판제품에 많이 사용되고 있는 내용적 625 ml의 polypropylene(PP) tray(일광산업)로서 cup sealing moulder를 사용하여 두께 38 μm의 Ny/CPP lid film을 열접합하였으며, 포장단위는 500g으로 충전율[김치의 무게(g)/용기의 부피(ml)]을 0.8로 조절하였다.

발효기체 압력측정

김치발효 중 발생하는 기체압력을 측정하기 위하여 anaerobic jar(3380 ml, Difco)에 2700g의 김치를 넣어 포장구와 동일하게 충전율을 0.8로 조절한 후 압력센서가 장착된 뚜껑을 덮고 stainless clamp로 고정시켰다. 압력측정용 센서는 flat metal diaphragm transducer(PDCR 910, Druck Inc.)를 사용하였으며, 압력센서의 출력신호(0~100 mV)를 data logger(Rustrak ranger, Davis)에 입력하여 자동적으로 기체압력변화를 수집하였다. 포장 김치 내부에서의 압력발생은 tray 포장재의 덮개재에 압력센서를 부착한 후 실리콘 접착제로 밀봉하여 측정하였다.

저장조건

포장된 김치와 발효가스 압력측정구는 0°C 에서 3시간 동안 예비냉각시킨 다음 0±2°C (98% RH), 10±2°C (96% RH), 20±2°C (76% RH)로 유지되는 저온실에 저장하면서 시간별로 채취하여 분석에 사용하였다.

pH 및 산도측정

포장김치 250g을 분쇄기(금성다용도분쇄기 GFM-350 B)로 2분 30초간 마쇄하고 gauze 4겹을 사용해서 여과한 후 그 여과액을 pH, 산도 및 색상측정에 이용하였다. 여과액 30 ml를 취하여 pH meter(Corning 220, USA)로 pH를 측정하였고, 산도는 0.1 N NaOH로 pH 8.3이 될 때까지 적정한 후 소비된 NaOH 부피를 젖산으로 환산하여 표시하였다.

색상측정

분쇄한 김치여과액 30 ml를 일정한 크기의 도가니에 담아 Chroma Meter(Minolta CR-200, Japan)로 측정하였으며, 측정값은 Hunter L, a, b 값으로 표시하였다.

관능검사

김치에 대한 관능적 품질평가는 색깔, 신맛, 조직감, 냄새 및 전체기호도를 특성항목으로 하여 9점척도법⁽⁵⁾으로 측정하였으며, 점수가 높을수록 특성이 강해지는 것을 나타내도록 하였다. 관능검사는 사전 경험이 있는 요원 7~8명을 선정하여 실험의 취지를 인식시킨 후 실시하였으며, 실험결과는 SAS program⁽⁶⁾을 이용하여 통계학적으로 분석하였다.

결과 및 고찰

발효기체 압력변화

발효기체 압력변화는 Fig. 1~3에 나타낸 바와 같이

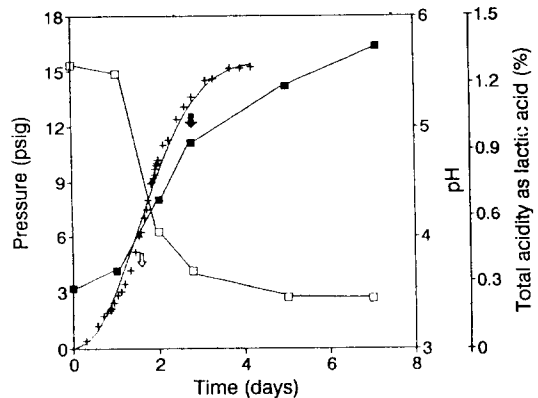


Fig. 1. The changes in pH and titratable acidity of packaged Kimchi and pressure curves during storage at 20°C

+; Pressure, □; pH, ■; Acidity —; Simulation, ◇; Inflation point, ↓; Bursting point

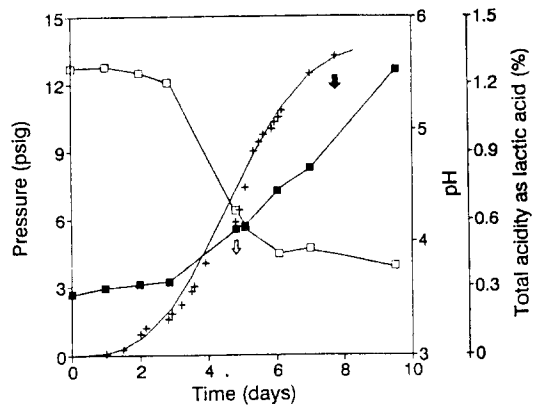


Fig. 2. The changes in pH and titratable acidity of packaged Kimchi and pressure curves during storage at 10°C

+; Pressure, □; pH, ■; Acidity —; Simulation, ◇; Inflation point, ↓; Bursting point

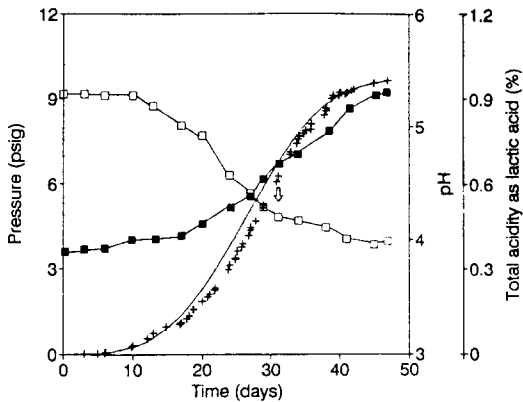


Fig. 3. The changes in pH and titratable acidity of packaged Kimchi and pressure curves during storage at 0°C

+; Pressure, □; pH, ■; Acidity —; Simulation, ∩; Inflating point

저장기간의 경과에 따라 각 온도에서 모두 일정 정체를 갖은 후 S자형으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 가스압력 변화는 김치발효에 관여하는 미생물 또는 미생물군의 동적인 변화^(3,7,8)와 관계있다고 판단된다. 즉 발효초기에 미생물 유도기를 거친 다음, *Leu. mesenteroides* 등의 이상발효(heterofermentative) 젖산균이 급격히 증식하므로써 CO₂ 가스가 발생하여 누적되다가, 발효말기에는 정상발효(homofermentative) 젖산균으로 전환되므로써 더 이상의 가스발생이 중지되어 압력이 일정해지는 것으로 추정된다.

한편 이와 전⁽⁴⁾은 김치 숙성상태의 지표로서 김치발효 중 가스압력 변화를 측정할 바 있는데, 25°C와 30°C에서 발효시켜 얻은 압력변화 곡선은 2단계의 증가 양상을 나타내었다. 이는 본 연구에서의 S자형 압력증가 양상과는 비교되는 결과로서 아마도 김치숙성시 저장온도의 차이와 품온저하를 위해 행한 예비냉각에 기인한다고 예상된다.

그림에 표시하였듯이 저장 중 가스압력이 증가함에 따라 20°C에서는 40시간, 10°C에서는 5일, 0°C에서는 30일 이후부터 포장이 팽대하기 시작하였으며, 이때의 각 포장구 내부압력은 1.2~1.4 psig 정도였다. 그 후로 포장구가 계속 팽창하여 20°C에서는 저장 3일째, 10°C에서 저장 8일째에 포장이 파열되었으나 0°C에서는 파열되지 않았다. 포장 파열시 내부압력은 약 3 psig 내외로서 일반적인 nylon 복합필름이 400 kg/cm²의 인열강도⁽⁹⁾를 갖는데 비해 매우 낮은 압력에서 김치 포장이 파열된 이유는 열접착시 덮개재의 접합부분이 상당히 약해졌기 때문으로 판단된다.

김치숙성 판단기준으로 발효가스 압력측정법을 사용하기 위해서는 각 저장온도에서의 압력측정과 함께 정확한 압력변화의 예측이 필수적이나, 아직까지 김치의

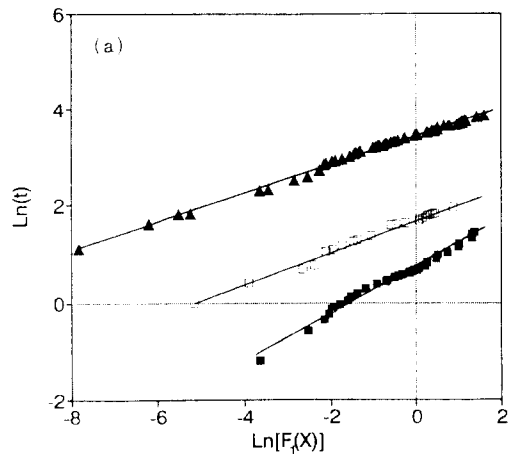


Fig. 4. (a) Plot of Ln[F_i(X)] vs. Ln(t) and (b) plot of F(X) vs. time for pressure evolution at different temperatures with least square linear fits

▲; 0°C, □; 10°C, ■; 20°C, —; Regression

저온숙성시 압력변화는 물론 이의 예측에 관해 연구된 바가 전혀 없어 압력측정법 자체가 잘 활용되고 있지 못하는 형편이다. 향후 포장김치의 저온유통시 발효상태 지표로서 압력측정법이 효과적으로 이용되고 동시에 팽창/파손 방지 김치포장기법을 개발하는데 필요한 기초 자료로 삼고자, 저장온도에 따른 발효가스 압력변화를 반응속도함수를 도입하여 수식화하였다.

각 온도에서의 시간(t)에 따른 가스압력(P) 변화는 sigmoid 곡선 형태를 나타내므로 X=P/P_n (P_n은 정상발효 종료시의 예상 압력값으로 0°C에는 9.7, 10°C에는 13.7, 20°C에는 15.5 psig를 대입)으로 P 값을 일반화한 다음, X를 측정 변수로 사용하여 Gauss 함수를 적용할 경우 아래와 같이 표시할 수 있다.

$$X = 1 - \exp[-(kt)^n] \quad (1)$$

Table 1. Reaction rate constants, exponents and coefficients of determination for pressure changes in anaerobic jars with Kimchi during storage at different temperatures

Relation	Temp.(°C)	n	k(day ⁻¹)	R ²
Ln(t) vs. Ln[F ₁ (X)]	0	3.40	0.0328	0.995
	10	3.03	0.1848	0.990
	20	2.14	0.4876	0.984
F(X) vs. t	0		0.0338	0.994
	10		0.1898	0.991
	20		0.4880	0.989

이를 정리하면

$$F(X) = \left[\text{Ln} \left(\frac{1}{1-X} \right) \right]^{1/n} = kt \quad (2)$$

를 얻을 수 있는데, n이 미지수이기 때문에 식 (2)로부터 직접 반응속도상수 k를 구할 수 없으므로 다시 양변에 대수를 취하여 정리하면

$$\begin{aligned} \text{Ln}[F(X)] &= \frac{1}{n} \cdot \text{Ln} \left[\text{Ln} \left(\frac{1}{1-X} \right) \right] = \frac{1}{n} \cdot \text{Ln}[F_1(X)] \\ &= \text{Ln}(k) + \text{Ln}(t) \end{aligned} \quad (3)$$

형태의 식 (3)을 얻게 된다. Ln[F₁(X)]와 Ln(t)의 관계를 그래프로 그리면 Fig. 4(a)와 같이 직선으로 나타나므로 이들 직선의 기울기와 절편으로부터 지수 n과 반응속도상수 k를 온도별로 구하여 Table 1 상단에 표기하였다. 구해진 n값을 식 (2)에 대입한 후 시간에 따른 F(X) 변화를 그래프로 그리면 Fig. 4(b)와 같이 역시 직선형태로 나타나므로 이들 직선의 기울기로 부터 F(X) = -kt를 만족시키는 반응속도상수 k와 각각의 결정계수(R₂)를 구하여 Table 1 하단에 표시하였다. Table 1에서 보는 바와 같이 계산된 속도상수가 상하단에서 거의 일치하므로서 위의 식들을 이용한 가스압력변화의 수식와 절차가 매우 합리적임을 알 수 있었다. 또한 발효온도의 증가에 따라 지수 n은 감소하고 속도상수 k는 증가하는 경향을 알 수 있었으나, 측정 온도값의 제한성(≥4 point)으로 인해 이들의 온도 의존성을 파악하기는 곤란하였다.

pH 및 산도변화

저장온도별 발효 진행에 따른 포장김치의 pH 및 산도 변화는 Fig. 1~3과 같다. 김치의 pH와 산도 변화는 여러 연구결과^(3,10,11)에서 보고된 바와 같이 저장온도에 크게 좌우되었으나, 전반적으로 pH는 발효초기에 거의 일정하다가 급속히 감소한 후 다시 완만해지는 경향을 나타내었고 산도는 pH와 반대로 점차 증가하다가 완만해지는 S자형 곡선 양상을 나타내었다. 그림에서 보듯이 김치가 pH 4.2~4.4 범위의 적숙기^(11,12)에 도달하는 시간

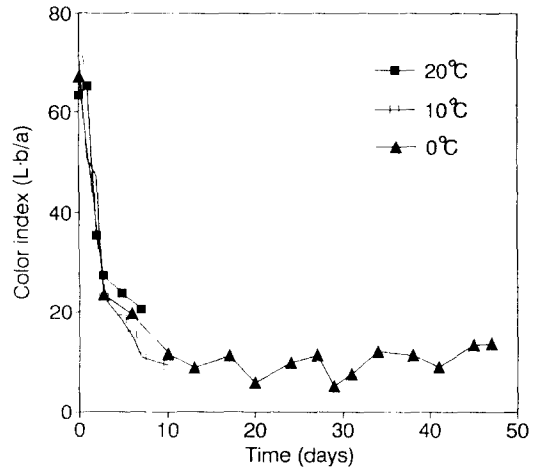


Fig. 5. The changes in color index (L·b/a) values of crushed Kimchi juice during storage at different temperatures

은 20°C 에서 1.7일, 10°C 에서 4.5일, 0°C 에서 24일이었는데, 이를 다른 실험결과들과^(3,11-14)과 비교했을 때 적숙기 도달시간이 일치하지 않는 것은 pH 측정방법, 배추의 수확기, 부재료의 종류 및 조성비율에서 기인하는 차이라고 생각된다.

저장 중 김치의 발효가스 압력변화와 pH, 산도 변화와의 상관관계⁽⁶⁾를 살펴본 결과, 각 온도에서 pH는 가스압력이 증가할수록 비례적으로(r>0.968) 감소하였으며 산도는 비례적으로(r>0.973) 증가하였다. 이에 따라 김치가 적숙기에 도달하면서 포장이 팽창하기 시작하여 그림에 표시하였듯이 20°C 에서 1.7일, 10°C 에서 4.8일, 0°C 에서 31일부터 포장의 팽창으로 인해 김치의 품질과 상관없이 상품적 가치가 저하되었다.

색상변화

저장기간에 따른 김치 분쇄액의 색상변화를 측정된 결과, 전체적으로 온도에 관계없이 L과 b 값은 모두 지수적인 감소 경향을 보였으나, a 값은 약간의 증감을 갖으며 서서히 증가하였다. 이러한 색상변화 경향은 김치액의 색상변화를 측정한 다른 연구보고^(10,11)와 전혀 상이한 것으로, 이는 주로 색 측정에 사용한 김치의 시료 처리방법(김치액/김치분쇄액)에 기인한 차이라고 생각한다.

한편 색상변화 경향이 김치의 숙성과 어떠한 연관성을 갖을 것으로 판단되어 이들 색상 측정값을 L·b/a 형태의 색지수로 표시하여 Fig. 5에 나타내었다. 그림에 나타낸 바와 같이 저장기간에 따라 색지수는 지수적으로 감소하였으며, 특히 기울기가 달라지는 변곡점 부근에서 pH가 급격히 감소함을 알 수 있었다. 이를 토대로 색지수의 변화와 pH 감소와의 상관성⁽⁶⁾을 계산해 본 바,

Table 2. The changes in sensory evaluation* of packaged Kimchi during storage at different temperatures

Storage temperature	Attributes	Storage time (days)								
		1	2	3	5	7				
20°C	Color	5.0 ^a	5.0 ^a	4.7 ^a	5.0 ^a	5.1 ^a				
	Flavor	5.3 ^a	5.7 ^a	5.9 ^a	6.4 ^d	6.6 ^a				
	Sourness	2.3 ^c	5.9 ^b	7.3 ^a	7.6 ^a	8.2 ^a				
	Texture	6.7 ^a	5.1 ^b	3.3 ^c	3.1 ^c	2.1 ^c				
	Preference	6.3 ^a	6.8 ^a	6.4 ^a	4.2 ^b	3.2 ^b				
Storage temperature	Attributes	Storage time (days)								
		1	3	5	7	10				
10°C	Color	4.4 ^a	3.9 ^b	4.4 ^a	4.6 ^a	4.0 ^a				
	Flavor	6.2 ^b	6.3 ^b	4.2 ^a	4.8 ^{ab}	5.7 ^{ab}				
	Sourness	1.7 ^c	4.3 ^b	5.7 ^b	6.4 ^{ab}	7.2 ^a				
	Texture	7.4 ^a	6.4 ^{ab}	5.4 ^b	3.2 ^c	3.8 ^c				
	Preference	5.3 ^{ab}	5.7 ^a	6.0 ^a	4.7 ^{ab}	3.7 ^b				
Storage temperature	Attributes	Storage time (days)								
		3	6	13	20	24	27	31	38	45
0°C	Color	4.7 ^c	5.0 ^{bc}	5.8 ^{ab}	6.3 ^a	6.2 ^a	6.5 ^a	5.6 ^{abc}	6.0 ^{ab}	6.1 ^{ab}
	Flavor	8.1 ^a	7.7 ^{ab}	7.0 ^{abc}	8.0 ^a	7.3 ^{abc}	6.1 ^{bc}	6.1 ^{bc}	7.0 ^{abc}	5.9 ^c
	Sourness	1.7 ^d	2.1 ^d	2.4 ^d	2.6 ^d	4.3 ^c	5.9 ^b	6.3 ^b	7.0 ^{ab}	7.6 ^a
	Texture	7.4 ^a	7.6 ^a	7.0 ^{ab}	7.0 ^{ab}	6.3 ^{abc}	6.1 ^{abc}	5.6 ^{bc}	5.7 ^{abc}	5.1 ^c
	Preference	6.1 ^{abc}	5.7 ^{bc}	6.1 ^{abc}	6.3 ^{abc}	7.4 ^a	7.0 ^{ab}	6.7 ^{ab}	6.3 ^{abc}	5.1 ^c

*Sensory test by 7~8 experienced persons. As the values increase from 1 to 9, the intensity of sensory characteristics increases. ^{abcd}Different superscripts within a row indicate significant differences ($p < 0.05$).

$r = 0.844 \sim 0.997$ ($p < 0.05$)로서 매우 밀접한 상관관계를 갖는 것으로 밝혀져 이러한 색지수를 또 다른 김치숙성의 품질지표로 사용할 수 있는 가능성을 확인하였다.

관능검사

포장김치를 0°C, 10°C, 20°C로 온도를 달리하여 저장하면서 실시한 관능검사의 결과는 Table 2에 나타낸 바와 같다. 표에서 알 수 있듯이 김치의 관능적 특성 중 저장기간에 따라 유의적인 차이($\alpha = 0.05$)를 나타내는 것은 주로 신맛과 조직감이었으며, 색깔과 냄새는 크게 변하지 않는 것으로 분석되었다. 전체기호도의 경우, 20°C에서는 저장 2일째에 가장 높았다가 5일후부터 현저히 낮아졌고, 10°C에서는 저장 5일째에 가장 기호도가 높았으며, 0°C에서는 24일까지 전체 기호도가 증가하다가 그 이후에 서서히 감소하였다. 이는 각 저장온도에서 전체기호도가 최고점에 이르는 시간과 김치의 적숙기 pH 범위에 도달하는 시간이 정확히 일치함을 보여 주는 것으로, 앞서 언급했듯이 저장기간 중 김치 자체는 아직까지 상미를 유지함에도 불구하고 포장이 팽창되므로서 상품성이 떨어지는 사실을 다시 확인할 수 있었다.

요 약

포장김치의 유통기간 연장과 관련하여 저장온도(0, 10,

20°C)별로 발효가스 압력변화와 pH, 총산함량, 색상 및 관능적 품질변화를 측정하여 그 상관관계를 검토하였다. 발효가스압력은 각 온도에서 모두 일정 정체를 갖은 후 S자형으로 증가하는 경향을 나타내었으며, 저장 중 가스압력이 증가함에 따라 20°C에서는 40시간, 10°C에서는 5일, 0°C에서는 30일 이후부터 포장이 팽대하기 시작하였다. 이때의 각 포장구 내부압력은 1.2~1.4 psig 범위였고, 이후 가스압력이 계속 증가하여 20°C에서 저장 3일째, 10°C에서 저장 8일째에 포장이 파열되었으나 0°C에서는 파열되지 않았다. 또한 가스압력이 증가할수록 pH는 비례적으로($r > 0.968$) 감소하였으며, 총산 함량은 비례적으로($r > 0.973$) 증가하였다. 김치액상의 색변화에서 L과 b값은 지수적으로 감소하였으나 a값은 서서히 증가하였고, 김치 숙성과 관련있는 색지수(L·b/a)도 저장 중 지수적으로 감소하였다. 관능검사 결과, 신맛은 pH가 감소함에 따라 증가하였고, 조직감은 침차 감소하였으며, 전체 기호도는 20°C에서 저장 2일후에 가장 높았다가 5일후부터 현저히 낮아졌고, 10°C에서는 저장 5일후에 가장 기호도가 높았으며, 0°C에서는 24일까지 전체 기호도가 증가하다가 그 이후에 서서히 감소하였다. 결론적으로 저장온도가 높을수록 저장기간 중 김치 자체는 상미를 유지함에도 불구하고 포장이 팽대되는 현상이 일어나므로서 상품성을 잃는 결과를 초래하였다.

감사의 글

본 연구는 과학기술처의 특정연구과제 연구비 지원에 의하여 이루어진 내용의 일부로서 이에 감사드립니다.

문헌

1. 한국식품개발연구원 : 김치 증장기 연구개발 계획수립을 위한 산업 및 연구개발 현황조사. E1197-0347 과제보고서 (1993)
2. 백운화 : 김치의 포장과 유통. 식품과학, 21(1), 33(1988)
3. 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)
4. 이영진, 전재근 : 김치발효 중 가스압력 변화와 압력측정시스템의 개발. 한국식품과학회지, 22(6), 686(1990)
5. 김광옥, 이영춘 : 식품의 관능검사. 학연사, p.149(1991)
6. SAS: SAS/STAT Guide for Personal Computer, SAS Institute Inc., Cary, NC(1988)
7. 김호식, 전재근 : 김치발효 중 세균의 동적변화에 관한 연구. 원자력연구소 논문집, 6, 112(1977)
8. 한홍의, 임종락, 박현근 : 김치발효의 지표로서 미생물군집의 측정. 한국식품과학회지, 22(1), 26(1990)
9. 산업디자인포장개발원 : 포장기술편람, p.611(1989)
10. 노홍균, 이명희, 이명숙, 김순동 : 김치액의 색상에 의한 배추 김치의 품질 평가. 한국영양식량학회지, 21(2), 163(1992)
11. 구경형, 강근옥, 김우정 : 김치의 발효과정 중 품질변화. 한국식품과학회지, 20(4), 476(1988)
12. 조재선 : 김치의 이화학적 특성. 식품과학, 21(1), 25(1988)
13. 박길동, 이철, 윤석인, 하승수, 이영남 : 김치의 숙성과정 중 조직감 변화. 한국식문화학회지, 4(2), 167(1989)
14. 이철우, 고창영, 하덕모 : 김치발효 중의 젖산균의 경시적 변화 및 분리 젖산균의 동정. 산업미생물학회지, 20(1), 102(1992)

(1994년 9월 23일 접수)