

관능점사도 아울러 행하여 상호 비교함으로써 김치의 숙성도를 평가할 수 있는 새로운 방안을 모색하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 배추는 1992년 1월 경상군 하양읍 시장에서 시판되고 있는 김장용 결구배추로써 포기당 중량이 3kg 내외의 것을 사용하였다. 부재료로는 고추가루(영양분가 고추가루), 마늘, 생강, 액체육젓(하선정 종합식품), 설탕(제일제당, 백설탕) 및 식염(한주소금)을 사용하였다.

담금 및 숙성

김치의 담금은 먼저 배추를 8등분하여 15% (w/v) 소금물(15°C)에 2시간 절인 후 흐르는 수도물에 두세 번 세척하고 약 10분간 탈수시켰다. 탈수된 배추는 적당한 크기(1.5 × 3.5cm)로 절단하고 잎과 줄기를 고르게 분포한 후 100g씩을 Table 1의 비율에 따라 혼합된 부재료와 함께 잘 버무려 polyethylene bag에 넣은 후 밀봉(Lovero Impulse Sealer, 환주실업 Co.)하였다. 마늘과 생강은 plastic 절구에서 빻아 사용하였으며, 고추가루와 액체육젓, 설탕, 식염은 그대로 사용하였다.

밀봉된 김치는 16°C의 항온실과 4°C의 냉장고(대조구)에서 6일동안 각각 숙성하였다.

김치액량, pH 및 산도

김치액량은 김치 조직 100g에서 약 10분 동안 자연 유출된 유액을 여러점의 가제로 여과하여 고형분을 제거한 뒤 부피(ml/100g)로 나타내었다. 숙성 0일의 김치액은 밀봉된 김치를 4°C의 냉장고에 2시간 저장한 후 취하여 분석에 사용하였다. pH는 실온에서 pH meter (Metrohm 632, Swiss)로, 산도는 김치액 10ml를 0.1N NaOH로 pH 9.0이 될 때까지 적정²²⁾한 후 그 소비 ml 수를 젖산의 양으로 환산²³⁾하였다.

비타민 C 함량

김치액의 비타민C 함량은 2,4-dinitrophenyl hydrazine (DNP) 비색법²⁴⁾에 의하여 정량하였다. 김치액 2ml를 2% metaphosphoric acid 용액 50ml로 추출한 후 추출액 2ml에 indophenol 0.2ml, metaphosphoric

Table 1. Ingredients and ratio for preparation of Korean cabbage kimchi

Ingredient	Ratio
Salted cabbage	100.00
Red hot pepper powder	2.24
Ginger	0.92
Garlic	1.70
Salted fish sauce	4.69
Sugar	1.00

acid 2ml를 넣어 충분히 혼합하였다. 여기에 DNP 1ml를 가하여 60°C에서 90분간 반응시키고 즉시 방냉한 후 85% H₂SO₄ 용액 5ml를 vortex상에서 가하여 실온에서 30분간 방치한 후 540nm에서 흡광도를 측정하여 검량선($Y=0.007X+0.002$, $r=0.9998$)에 의하여 그 함량을 산출하였다.

색상 측정

김치액의 색상에 대한 CIE-1976 L*, a*, b* 값은 portable Minolta Chroma Meter CR-200 (Minolta camera Co. Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 여기서 L*은 whiteness, a*는 redness, b*는 yellowness를 뜻한다. 김치액 자체의 색깔이 진하여 증류수로 5배 희석한 후 일정한 크기의 도가니에 일정량 (5ml)을 취하여 측정하였다.

Total carotenoids

김치액내의 total carotenoids 함량은 상기 희석액 1ml와 acetone 5ml를 마개가 달린 시험관 내에서 세차게 흔들어서 carotenoids를 추출한 후 diethyl ether 5ml와 소량의 물을 가하여 다시 흔든 후 분리된 상정액(ether)으로부터 일정량을 취하여 spectrophotometer (Shimadzu UV-160A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 OD를 측정한 후 total carotenoids 함량을 김치원액 1ml에 대하여 계산²⁵⁾하였다.

관능 검사

김치의 관능검사는 냄새, 맛, texture 및 기호도, wilting, 색상에 대하여 효성여자대학교 식품가공학과 학생 10명의 검사 요원을 대상으로 5점 체점법으로 행하였다.

통계 처리

모든 실험 결과는 3반복(실험시에 동일구를 3개씩 처리) 실험 평균치로 표시하였으며, 관능 검사의 평균치 간의 유의성의 검정은 SAS software package²⁶⁾를 이용하여 Duncan's multiple-range test에 의하였다.

결과 및 고찰

김치액량

Fig. 1은 김치 숙성과정중 김치 조직 100g에서 자연 유출된 김치액량의 변화를 나타낸 것이다. 숙성 0일의 김치액은 밀봉된 김치를 4°C의 냉장고에 2시간 저장한 후 얻었다. 김치액은 숙성 1일째 가장 급속한 증가를 보였으며 이후 서서히 증가하였다. 김치액은 숙성 온도가 높을수록 많이 생성되었으며 4°C에서 6일간 숙성한 후 얻어진 액량(18ml)은 16°C에서 1일 숙성 후 얻어진 액량과 동일하였다.

김치가 숙성되면서 생성된 김치액은 대부분이 배추 조직으로부터 나온 조직액으로 본 실험에서 나타난 김치액의 변화는 구 등¹⁶⁾이 발표한 결과와 액량에는 차이가 있으나 경향은 유사하였다.

김치액의 pH

김치액의 pH 변화 (Fig. 2)는 숙성 온도에 따라 크게 영향을 받았다. 숙성 온도 16°C에서는 담금 초기에 pH가 6.3이던 것이 숙성 3일째에는 4.3으로 떨어지고 그 후 서서히 감소하여 6일째에는 3.7에 이르렀다. 반면, 4°C에서의 pH 변화는 숙성 기간 동안 완만한 감소를 보여 숙성 6일째의 pH (5.1)는 16°C에서 숙성 2일째의 pH 값(5.3)과 유사하였다. 이와 같이 숙성 온도가 높으면 낮을 때보다 발효 속도가 빨라 pH가 급격하게 떨어져 보다 낮은 pH를 나타내며 따라서 김치가 빠르게 산패된다²⁷⁾.

김치 숙성중 품질평가의 한 방법으로 pH 측정이 널리 이용되고 있다. 조 등²⁸⁾의 연구 결과에 의하면 실제 김치가 가장 맛있을 때의 pH는 4.2 부근으로 그 이상이면 미숙이고 그 이하면 과숙으로 평가되고 있다. 따라서, 본 실험에서는 16°C에서 숙성시 pH 4.3, 4.1을 각각 나타내는 숙성 3, 4일째가 적숙기이며 4°C에서는 숙성 6일 후에도 여전히 미숙 상태인 것으로 여겨진다.

구 등¹⁶⁾은 김치의 맛이 가장 적절한 pH 범위인 4.2까지 이르는 시간을 15°C에서 2.4일로, 박 등²⁹⁾은 20°C

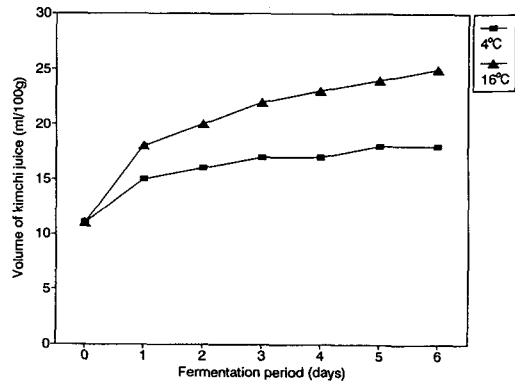


Fig. 1. Change in volume of kimchi juice during fermentation at 4°C and 16°C.

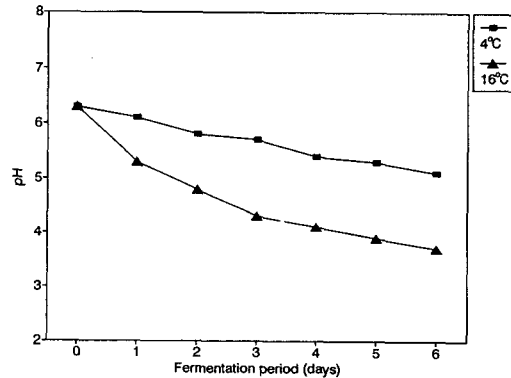


Fig. 2. Change in pH of kimchi juice during fermentation at 4°C and 16°C.

에서 7일로 보고하였다. 이와 같은 결과의 상위성은 아마도 김치 제조에 사용된 부재료의 종류와 그 조성 비율이 다른데서 기인하는 차이라고 여겨진다^{10,30)}.

산도

김치 숙성중 김치액의 적정산도의 변화(Fig. 3)는 pH 변화와 반대 현상을 나타냈다. 적정산도와 pH 간의 상관관계를 온도별로 보면 4°C에서는 r=-0.94, 16°C에서는 r=-0.97로 적정산도와 pH간에 상당히 밀접한 역관계를 보여 주었다.

민과 권¹²⁾과 조²⁸⁾는 관능검사를 통해 김치가 적숙기 일때의 pH 및 산도(젖산)는 각각 4.2와 0.6%라고 보고하였다. 본 실험에서는 16°C에서 숙성 3일 후 pH가 4.3 일때 총산도는 0.54%, 숙성 4일 후 pH가 4.1일때 0.57%로 이는 전자의 보고와 거의 일치한다. 한편 4°C

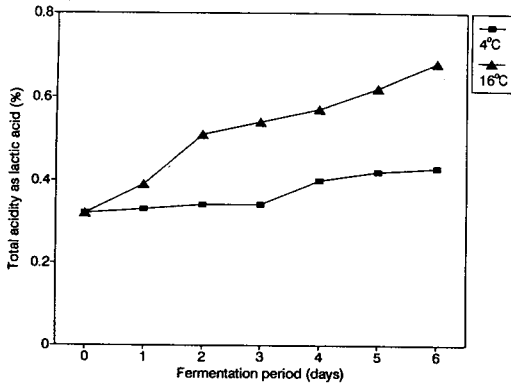


Fig. 3. Change in titratable acidity of kimchi juice during fermentation at 4°C and 16°C.

에서는 숙성 6일 후에도 산도는 0.43%를 나타내어 여전히 미숙상태인 것을 짐작할 수 있다.

김치 숙성중 산도의 증가는 발효중 생성된 유기산, 특히 lactic acid와 succinic acid에 의해 주로 좌우되며⁹⁾, 산도의 증가속도는 온도가 높을수록 빠르다³¹⁾. 따라서 김치숙성에 있어 가장 큰 문제점인 과숙현상을 지연시키기 위해 저온에서 저장하거나^{12,31)} pH 조절제³²⁻³⁴⁾ 등을 첨가함으로써 가식기간을 연장시킬 수 있다.

비타민 C 함량

김치액의 비타민 C 함량은 Fig. 4에서와 같이 4°C에서는 숙성 6일동안 거의 변화가 없었다. 그러나 16°C에서는 초기에 다소 감소하는 경향을 보이다가 2일부터 급속히 증가하여 숙성 3~4일째 절정에 달했으며 그 후 다시 감소하여 담금 초기의 함량과 유사하였다.

김치 숙성중 비타민 C 함량의 변화를 조사한 여러 연구들^{4,35,36)}은 본실험에서와 같이 숙성 초기에 감소하던 비타민 C의 함량이 숙성 적기엔 일시적이거나 현저히 증가한다고 하여 숙성과정에서 비타민 C가 생합성되고 있음을 시사하였으며 이는 김치 재료중의 효소작용에 기인하는 것으로 보고된 바 있다³⁰⁾.

Total carotenoids 함량

김치액의 carotenoids 함량(Fig. 5)은 4°C에서는 숙성기간중 약간의 증폭은 있으나 큰 변화는 없었다. 16°C에서는 숙성 3일까지는 증가하다가 그후 급속히 감소하여 숙성 6일후 carotenoids 함량 (41.3 μ g/ml)은 숙성 3일후 함량 (82.1 μ g/ml)의 절반에 이르렀다. 김치액내 carotenoids 함량의 이와 같은 변화에 대해서는

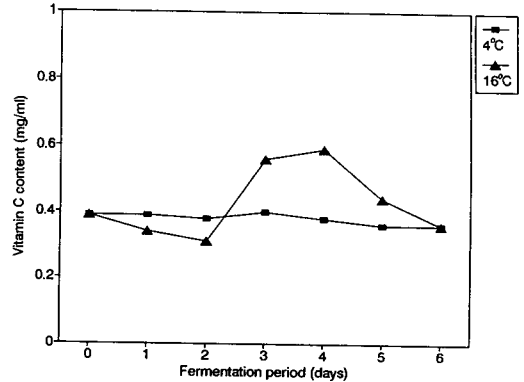


Fig. 4. Change in vitamin C content of kimchi juice during fermentation at 4°C and 16°C.

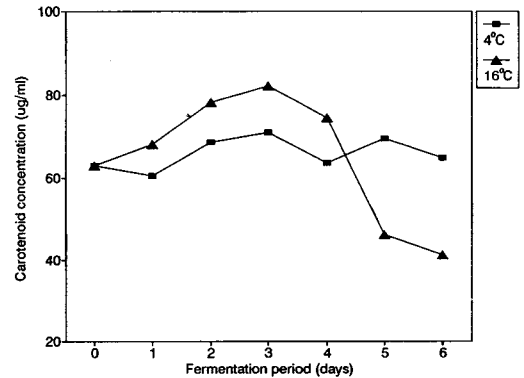


Fig. 5. Change in carotenoid concentration of kimchi juice during fermentation at 4°C and 16°C.

지금까지 보고된 바가 없으나, 아마도 숙성이 시작됨에 따라 고추가루의 점차적인 유화현상에 의해 시료 김치액내 고추가루 함유량의 증가로 인한 carotenoids 함량이 증가하다가 숙성 적기인 3~4일 이후 과숙기로 접어들면서 과다하게 생성된 산에 의하여 파괴된 것으로 추측된다.

관능 검사

김치의 관능검사 결과는 Table 2와 같다. 김치를 16°C에서 숙성시 신내와 신맛은 숙성기간에 비례하여 점차 증가하였으며 숙성 3일째 가장 바람직한 것으로 평가되었다. 숙성 5일째 부터 신맛은 상당히 강한 것으로 나타난 반면 종합적인 맛은 대체로 양호하였다. 이는 아마도 짠맛과 매운맛이 전반적으로 적당하다고 느껴진데서 기인하리라 여겨진다. 관능검사 결과로 볼 때, 고추가루의 첨가량은 대체로 적당한 것으로 여겨

Table 2. Results* for sensory evaluation of kimchi

Fermentation temperature	Attribute	Fermentation period (days)						
		0	1	2	3	4	5	6
16°C	Odor							
	Sour	1.6 ^d	2.4 ^c	1.9 ^{cd}	3.4 ^b	3.9 ^{ab}	4.4 ^a	4.0 ^{ab}
	Moldy	1.5 ^b	2.4 ^a	2.2 ^{ab}	2.6 ^a	2.6 ^a	3.0 ^a	2.2 ^{ab}
	Grassy	3.7 ^a	3.2 ^{ab}	3.1 ^{ab}	2.9 ^{ab}	2.5 ^{bc}	2.0 ^{cd}	1.5 ^d
	Taste							
	Sour	1.3 ^e	2.0 ^d	1.4 ^{de}	2.8 ^c	3.9 ^b	4.8 ^a	4.3 ^{ab}
	Moldy	1.7 ^c	2.2 ^{bc}	2.1 ^{bc}	2.3 ^{bc}	2.7 ^{ab}	3.2 ^a	2.3 ^{bc}
	Grassy	4.1 ^a	3.0 ^{bc}	3.3 ^{ab}	3.1 ^b	2.2 ^{cd}	1.4 ^e	1.5 ^{de}
	Salty	2.4 ^c	2.6 ^c	2.7 ^{bc}	3.3 ^{ab}	2.6 ^c	3.0 ^{abc}	3.6 ^a
	Hot	2.3 ^b	2.4 ^{ab}	2.6 ^{ab}	2.7 ^{ab}	2.5 ^{ab}	2.6 ^{ab}	3.0 ^a
	Overall	2.1 ^c	2.4 ^{bc}	2.4 ^{bc}	2.8 ^{abc}	3.1 ^{ab}	3.4 ^a	3.3 ^a
	Texture							
	Crispy	4.0 ^a	3.0 ^b	3.8 ^a	3.0 ^b	2.8 ^b	3.3 ^{ab}	3.0 ^b
	Durable	2.8 ^{ab}	3.4 ^a	2.9 ^{ab}	3.0 ^{ab}	2.6 ^b	2.8 ^{ab}	3.2 ^{ab}
	Preference	2.6 ^b	2.8 ^b	2.6 ^b	2.6 ^b	3.1 ^{ab}	3.6 ^a	3.2 ^{ab}
	Wilting	2.0 ^c	2.2 ^c	2.8 ^{ab}	2.3 ^{bc}	3.1 ^a	3.2 ^a	3.2 ^a
	Color	2.1 ^c	2.0 ^c	2.2 ^{bc}	2.4 ^{abc}	2.7 ^{ab}	2.8 ^a	2.5 ^{abc}
4°C	Odor							
	Sour	1.6 ^b	2.2 ^{ab}	1.9 ^{ab}	2.2 ^{ab}	2.4 ^a	2.2 ^{ab}	2.2 ^{ab}
	Moldy	1.5 ^c	2.8 ^a	1.8 ^{bc}	2.6 ^a	2.5 ^{ab}	2.4 ^{ab}	2.8 ^a
	Grassy	3.7	3.0	3.4	3.7	3.6	3.4	3.1
	Taste							
	Sour	1.3 ^b	1.4 ^b	1.6 ^{ab}	1.7 ^{ab}	2.0 ^a	1.6 ^{ab}	1.8 ^{ab}
	Moldy	1.7	2.2	2.2	2.2	2.5	2.6	2.5
	Grassy	4.1	3.6	3.3	3.6	3.5	3.4	3.7
	Salty	2.4	2.4	2.5	2.7	2.4	2.4	2.9
	Hot	2.3	2.2	2.3	2.5	2.4	2.4	2.3
	Overall	2.1	2.0	2.1	2.0	2.4	2.0	2.1
	Texture							
	Crispy	4.0 ^a	3.4 ^{ab}	3.6 ^{ab}	3.4 ^{ab}	3.5 ^{ab}	2.8 ^b	2.9 ^b
	Durable	2.8	2.4	3.1	2.4	2.6	2.4	2.8
	Preference	2.6	2.2	2.2	2.3	2.3	2.2	2.3
	Wilting	2.0	2.0	2.6	2.5	2.5	2.4	2.5
	Color	2.1 ^c	2.0 ^c	2.3 ^{bc}	2.9 ^a	2.8 ^a	2.6 ^{ab}	2.9 ^a

* Means of n=10 based on 5 points score(1 : very weak, 2 : weak, 3 : proper, 4 : strong, 5 : very strong)

abcde Different superscripts within a row indicate significant differences ($p < 0.05$)

지며 이것이 또한 김치 색깔에 영향을 미친것 같다. 조 직감 및 기호도도 숙성 3~4일째가 가장 바람직한 것으로 평가 되었다. 반면, 4°C에서는 숙성이 지연되어 숙 성 6일후에도 앞의 분석 결과에서와 같이 관능검사에 서도 미숙단계에 있는 것으로 평가되었다.

따라서, 관능검사에서 평가된 결과와 상기의 화학적 인 성분분석 결과와는 상당히 일치감을 나타냄으로 후 자가 김치의 숙성도를 판별하는데 주요 지표로 사용될 수 있음을 증명해 주고 있다. 본 실험에서는 16°C에서 숙성 3일째 김치의 숙성 적기 pH인 4.3에 달하였으며

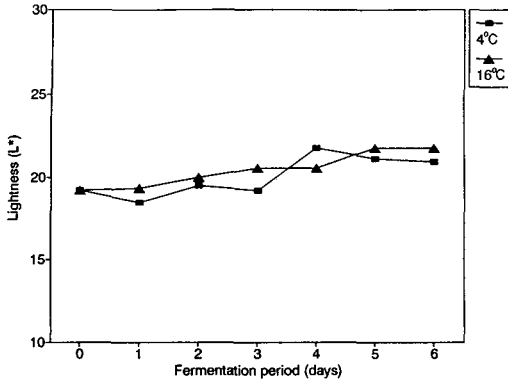


Fig. 6. Change in color L* value of kimchi juice during fermentation at 4°C and 16°C.

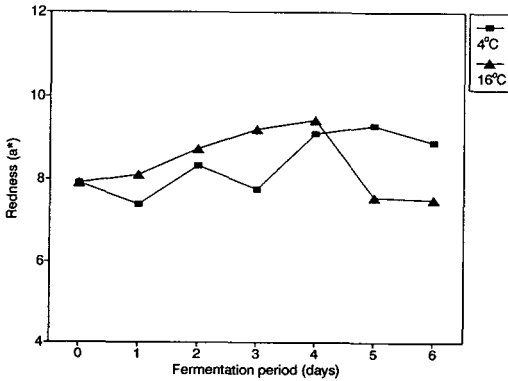


Fig. 7. Change in color a* value of kimchi juice during fermentation at 4°C and 16°C.

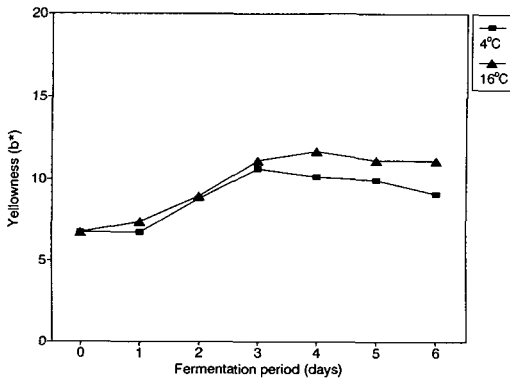


Fig. 8. Change in color b* value of kimchi juice during fermentation at 4°C and 16°C.

이때 비타민 C 및 carotenoids 함량도 거의 최고치에 달하고 신맛과 조식감도 적당하였다.

김치액의 색

숙성기간에 따른 김치액의 색(CIE-1976 L*a*b*)의 변화에 대한 결과는 Fig. 6~8과 같다. L* 값(Fig. 6)은 숙성기간중 숙성온도에 관계없이 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 반면 a* 값(Fig. 7)은 4°C에서는 숙성이 진행됨에 따라 약간의 증폭은 있으나 서서히 증가하는 경향을 보였으며, 16°C에서는 숙성 4일까지는 상승하다가 이후 급속히 감소하였다. b* 값(Fig. 8)은 숙성 3일까지는 증가하다가 그후 4°C에서는 약간 감소하는 경향이 있었으나 16°C에서는 거의 변화가 없었다.

숙성온도 16°C에서 김치의 적숙기인 숙성 3일째의 L*, a*, b* 값은 다음과 같다.

$$L^* = 20.53, a^* = 9.20, b^* = 11.12.$$

삼관 관계

Table 3은 16°C에서 숙성기간중 김치액의 색(CIE-1976 L*a*b*)과 김치액의 양, pH, 산도, 비타민 C 및 carotenoids 함량과의 상관관계를 나타낸 표이다. 김치액량, pH 및 산도는 김치액의 L* 혹은 b* 값과 상당히 밀접한 관계를 보여주었다 ($R^2 = 0.74 \sim 0.82$ for L*, $0.82 \sim 0.89$ for b*). 반면, 비타민 C 함량은 숙성기간중 증폭이 심하여 L*a*b* 값과 상관관계를 찾아보기 힘들었으며, carotenoids 함량은 다만 a* 값과 높은 상관관계($R^2=0.78$)를 나타냈다.

이와같이 김치액량, pH 및 산도가 L* 또는 b* 값과 높은 상관관계를 나타내는 것은 숙성기간중 이들이 큰 변화가 없이 대체적으로 완만하게 증가 혹은 감소하였기 때문이라 생각된다. a* 값은 김치액중에 용출되어 있는 고추가루의 carotenoids 함량에 의해 주로 좌우되며, 숙성 4일 이후 carotenoids의 급격한 감소는 a*값의 감소와 잘 일치하고 있다.

김치액의 색상으로 김치의 숙성 정도를 평가하기 위해서는 숙성기간중 담금 초기의 값과 별 변화가 없는 L*값 보다는 a* 혹은 b* 값을 지표로 삼는 것이 바람직하다고 여겨진다. a* 값은 담금 초기시 7.90이며 발효가 진행됨에 따라 발효 3~4일째 9.20~9.42로 증가하였다가 발효 5,6일째 7.55, 7.50으로 각각 감소하였다. 그러므로, 담금 초기의 a* 값에 비추어 보아 동등 혹은 낮은 값을 나타낼 때에는 김치가 이미 적숙기를 지났다고 평가할 수 있다. b* 값은 담금 초기에 6.70에서 서서히 증가하여 숙성 적기인 발효 3일째 11.12를 나타냈으며 그후 거의 직선 관계를 나타냈다. 따라서 b*

Table 3. Correlation between color values and volume, pH, acidity, vitamin C, carotenoid concentration of kimchi juice

Fermentation temperature	Independent variable(X)	Dependent variable(Y)	Regression equation	R ²
16° C	Volume	Lightness(L*)	Y= 0.187X+16.635	0.744
	pH	"	Y=-1.020X+25.169	0.816
	Acidity	"	Y= 7.807X+16.398	0.903
	Vitamin C	"	Y= 2.097X+19.551	0.049
	Carotenoid	"	Y=-0.041X+23.076	0.381
	Volume	Redness(a*)	Y= 0.051X+ 8.039	0.008
	pH	"	Y=-0.079X+ 8.717	0.012
	Acidity	"	Y=-0.281X+ 8.487	0.002
	Vitamin C	"	Y= 4.600X+ 6.376	0.417
	Carotenoid	"	Y= 0.044X+ 5.520	0.779
	Volume	Yellowness(b*)	Y= 0.385X+ 1.845	0.823
	pH	"	Y=-2.089X+19.391	0.887
	Acidity	"	Y=14.720X+ 2.086	0.832
	Vitamin C	"	Y=11.679X+ 4.733	0.392
	Carotenoid	"	Y=-0.019X+10.967	0.022

값이 거의 변화가 없을 때는 또한 과숙기에 이르렀다고 할 수 있다. 그러나 이들 a*, b* 값을 지표로 삼을 때에는 적숙기를 사전에 예측하기 어렵다는 점이 있다.

김치의 적숙기를 예측하는 한 방법으로 a*와 b*의 비 (a*/b*)를 이용할 수 있다. 즉, Fig. 9에서와 같이 a* / b*의 비값이 1 이상 혹은 1에 가까울 때는 미숙기, 0.8 부근 일 때는 적숙기, 0.8보다 작아 질수록 적숙기에서 과숙기로 점차 옮겨감을 알 수 있다. 그러나, 이와 같은 결과가 실제 김치의 적숙 및 과숙의 평가 자료로 활용되기 위해서는 앞으로 김치의 종류별 또는 온도별에 대한 보다 지속적인 연구를 필요로 한다.

요 약

김치의 숙성도를 평가하기 위한 한 방법으로 김치의 숙성과정중 자연적으로 유출되는 김치액의 색상 변화를 색차계를 이용해서 측정하고, 또한 이들 결과를 성분분석과 관능적인 평가와 비교 조사하였다. 성분분석과 관능검사 결과는, 16°C에서 숙성 3일째 김치의 숙성 적기 pH인 4.3에 달하였으며 이때 비타민 C 및 carotenoids 함량도 거의 최고치에 달하고 신맛과 조적감도 적당하였다. 숙성온도 4°C에서는 숙성 6일후에도 미숙단계에 있었다. 숙성온도 16°C에서 김치액의

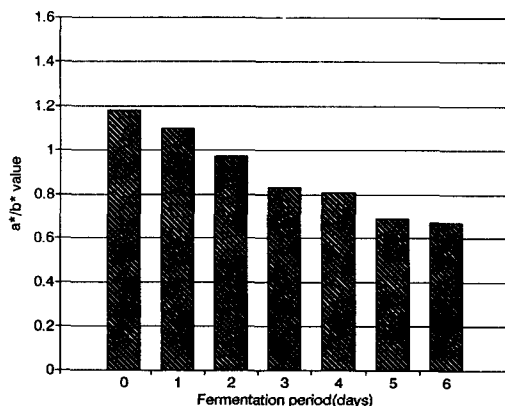


Fig. 9. Change in color a*/b* value of kimchi juice during fermentation at 4° C and 16° C.

L* 값은 숙성기간중 뚜렷한 변화를 나타내지 않았다. 반면 a* 값은 숙성 4일까지는 상승하다가 이후 급속히 감소하였으며 b* 값은 숙성 3일까지는 증가하다가 그 후 거의 변화가 없었다. 김치액량, pH 및 산도는 김치액의 L* 혹은 b* 값과, carotenoids 함량은 다만 a* 값과 높은 상관관계를 나타냈다. 김치액의 색상으로 김치의 숙성 정도를 평가하기 위해서는 a* 혹은 b* 값을 지표로 삼는 것이 바람직하였다. 즉, a* 값이 담금 초기와 비교해서 동등 혹은 낮은 값을 나타내거나 b* 값이 거의 변화가 없을 때는 과숙기에 이르렀다고 할 수 있었

다. 김치의 적숙기를 예측하는 한 방법으로 a^* 와 b^* 의 비(a^*/b^*)를 이용할 수 있었다. 즉, a^*/b^* 의 비값이 1 이상 혹은 1에 가까울 때는 미숙기, 0.8 부근 일때는 적숙기, 0.8보다 작아 질수록 적숙기에서 과숙기로 점차 옮겨감을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 1991년도 (주) 미원 부설 한국음식문화연구원 연구비 보조에 의해 수행된 "색상에 의한 배추 김치의 품질 평가" 연구의 일부이며 연구비를 지원하여 준 연구원에 깊은 감사를 드립니다. 또한 본 연구를 수행하는데 실험보조를 해준 식품공학 연구실생 여러분에게도 감사를 드립니다.

문헌

- 이승교, 김화자 : 절임조건별 배추에 의한 김치의 숙성중 riboflavin과 ascorbic acid의 함량변화. 한국영양식량학회지, **13**(2), 131(1984)
- 이선화, 우순자 : 배추김치 숙성중 일부첨가 재료가 질산염, 아질산염 및 vitamin C 함량에 미치는 영향. 한국식문화학회지, **4**(2), 161(1989)
- 정하숙, 고영태, 임숙자 : 당류가 김치의 발효와 ascorbic acid의 안정성에 미치는 영향. 한국영양학회지, **18**(1), 36(1985)
- 이태영, 김점식, 정동효, 김호식 : 김치성분에 관한 연구(제2보), 김치숙성 과정에 있어서의 vitamin 함량의 변화. 과학회보, **5**(1), 43(1960)
- 안승요 : 김치제조에 관한 연구, 제1보, 조미료 첨가가 김치발효에 미치는 효과. 국립공업연구소 연구보고, **20**, 61(1970)
- 김덕순, 조의순, 이근배 : 김치의 유기산 및 비타민 함량. 대한생화학학회지, **1**(2), 111(1964)
- 유재현, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향기 성분의 변화. 한국식품과학회지, **16**(2), 169(1984)
- 강군중 : 김치 숙성중의 유기산의 소장에 관한 연구. 진주농전대 논문집, **19**, 243(1981)
- 김현옥, 이혜수 : 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구. 한국식품과학회지, **7**(2), 74(1975)
- 이신호, 김순동 : 김치의 부재료가 김치숙성에 미치는 효과. 한국영양식량학회지, **17**(3), 249(1988)
- 이승교, 전승규 : 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향. 한국영양식량학회지, **11**(3), 63(1982)
- 민태익, 권태환 : 김치 발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향. 한국식품과학회지, **16**(4), 443(1984)
- 조영 : 김치의 맛 성분에 관한 연구. 한국방송통신대학 논문집, 제 1집, p.485(1983)
- 이서래 : 김치의 맛과 영양. 김치와 전통 식생활. 식품과 영양, **8**(2), 20(1987)
- 허우덕, 하재호, 석문호, 남명중, 신동화 : 김치의 저장중 향미성분 변화. 한국식품과학회지, **20**(4), 511(1988)
- 구경형, 강근옥, 김우정 : 김치의 발효 과정중 품질변화. 한국식품과학회지, **20**(4), 476(1988)
- 황인주, 우순자, 이혜문 : 칼슘급원 및 보존료 첨가 김치 발효중 비타민 함량 변화에 미치는 영향. 대한가정학회지, **26**(1), 309(1988)
- 유재현, 이혜성, 이혜수 : 재료의 종류에 따른 김치의 유기산 및 휘발성 향기 성분의 변화. 한국식품과학회지, **13**(2), 134(1984)
- 노완섭, 허운행, 오현근 : 김치의 발효 숙성에 관여하는 미생물의 소장에 관한 연구. 서울보건전문대학 논문집, **1**, 15(1981)
- 노완섭 : 한국산 칩채류의 발효숙성에 관여하는 효모에 관한 연구. 동국대학교 대학원 박사학위 논문, p. 44(1981)
- 김호식, 황규찬 : 김치의 미생물학적 연구(제 1보), 호기성세균의 분리와 동정. 과학회보, **4**(1), 56(1959)
- 이명연, 노일혁, 최석상 : 정량분석학, 동명사, 서울, p.83(1964)
- 이양희, 양익환 : 우리나라 김치의 포장과 저장방법에 관한 연구. 한국농화학회지, **13**(3), 207(1970)
- 정동효, 장현기 : 식품분석. 진로연구사, 서울, p.250(1990)
- 김동연, 이종욱 : 건조 고추 저장 중의 변색에 관한 연구. 한국식품과학회지, **12**(1), 53(1980)
- SAS : SAS / STAT guide for personal computers, Version 6th ed., SAS Institute Inc., Cary, NC(1985)
- 오현근 : 김치의 발효 숙성에 관여하는 미생물의 소장에 관한 연구. 동국대학교 석사학위논문, p.22(1979)
- 조재선 : 김치의 이화학적 특성. 식품과학, **21**(1), 25(1988)
- 박길동, 이철, 윤석인, 하승수, 이영남 : 김치의 숙성과정 중 조직감 변화. 한국식문화학회지, **4**(2), 167(1989)
- 한홍의, 임종락, 박현근 : 김치발효의 지표로서 미생물군집의 측정. 한국식품과학회지, **22**(1), 26(1990)
- 조영, 이혜수 : 젖산균과 온도가 김치발효에 미치는 영향(I). 한국조리과학회지, **7**(1), 15(1991)
- 김순동, 이신호 : pH 조정제 sodium malate buffer의 첨가가 김치의 숙성에 미치는 효과. 한국영양식량학회지, **17**(4), 358(1988)
- 김순동 : 김치 숙성에 미치는 pH 조정제의 영향. 한국영양식량학회지, **14**(3), 259(1985)
- 장경숙 : 김치용 천연 pH 조정제 연구. 한국영양식량학회지, **18**(3), 321(1989)
- 김정자 : 하기 열무 김치의 비타민 C에 관하여. 이화여자대학교 석사학위 논문(1960)
- 이태영, 이정원 : 김치 숙성중의 비타민 C 함량의 소장과 galacturonic Acid의 첨가 효과. 한국농화학회지, **24**(2), 139(1981)

(1992년 3월 11일 접수)