

## 주성분분석을 이용한 식품의 저장중 품질변화 평가

김정환\* · 윤상기 · 최준봉 · 김재철 · 공운영

\*서울보건전문대학 전통조리과, 제일제당(주) 건강식품연구소

### Application of Principal Component Analysis to Shelf-Life Determination of Processed Food

Jung-Hoan Kim\*, Sang-Gi Yoon, Jun-Bong Choi, Jae-Cherl Kim and Un-Young Kong

\*Department of Traditional Cuisine, Seoul Health Junior College  
Foods R&D Center, Cheil Foods and chemicals Inc.

#### Abstract

Shelf-life dating of cooked and heat sterilized food was carried out with the use of principal component analysis (PCA). Changes in color, pH, acidity and sensory properties were measured and analyzed during storage at 20, 30 and 40°C. Acceptability of sample was decreased during storage, shelf-life of sample was determined 1.5, 3 and 3 months at 20, 30 and 40°C, respectively. Application of PCA to quality evaluation, principal component (PC) 1 dominated 49.6% of total variation and PC 2 expressed 28.8%. The rate of change of PC 1 to storage time was 1.3 with increasing temperature of 10°C, and close to shelf-life determined by acceptability at 20 and 40°C. Therefore, PCA was applicable to evaluate the quality, predict the shelf-life and investigate the quality parameter of food during storage.

Key words: shelf-life determination, principal component analysis

## 서 론

식품은 제조 후 시간이 경과함에 따라 품질 수준이 서서히 저하되어 어느 한계를 넘어서면 식품으로서 가치를 잃게 된다. 일반적으로 식품의 품질은 정확히 정량되거나 간단히 측정될 수 없기 때문에 관능적으로 평가된다. 관능검사에 의하여 저장기간이 설정되면 그 식품에서 저장중 나타나는 화학적, 물성학적 및 미생물학적 변화 중에서 관능적 변화와 가장 잘 일치하는 요소를 객관적인 품질지표로 선택한다. 이는 관능검사를 통하여 얻는 식품의 품질에 관한 정보를 객관적으로 평가하는 것이 어렵기 때문이다. 소재식품이나 비교적 구성성분이 단순한 식품의 경우에는 어떤 특성변화치의 온도 함수 관계로 변화의 정도를 예측할 수 있으며<sup>1)</sup>, 관능검사결과를 통계적으로 분석하여 유효기간을 나타낼 수 있는 모델을 구하고자 하는 시도도 이루어 졌다<sup>2)</sup>.

그러나 구성성분이 많고 다단계의 가공공정을 거치는 식품의 경우 그 품질 변화는 여러가지 요인과 복잡한 반응기작에 의해 이루어지므로 특정한 이화학적 분석치의 변화나 관능검사의 결과만으로 변화의 정도를 나타내기 어려운 경우가 많다. 또한 식품의 저장중 관능적

품질의 저하 및 이화학적인 성분의 변화가 저장온도와 일정한 상관관계를 갖지않는 경우도 있으며, 이와 같은 결과가 저장수명이 긴 제품을 대상으로 진행된 가속시험의 경우에서 나타난다면, 실험에서는 품질변화에 관한 많은 정보를 얻게 되지만 품질수명을 예측하는데는 많은 어려움이 따른다.

최근 식품과 같이 여러성분이 복합적으로 작용하여 관능검사 결과들과 물리, 화학적 분석치를 동시에 분석해야 하는 경우 다변량 통계 분석법(multivariate statistical analysis)을 활용하고 있다<sup>3)</sup>. 다변량 통계 분석법은 주어진 조건으로부터 얻어지는 여러 정보의 수학적 인본질을 최소화할 목적으로 이용될 수 있을 것이며, 이 중 주성분분석(principal component analysis, PCA)은 많은 변수로부터 2개 또는 3개의 주성분을 산출, 비교하는 방법으로서<sup>4)</sup>, 식품과학에 있어서는 각 제품간 관능적 특성의 비교를 통한 제품의 분류, 이화학적 측정치와 관능검사치간의 상관분석을 이용한 제품특성 분석 등에 다양하게 이용되고 있다<sup>5) 6)</sup>.

따라서 본 실험에서는 가열 살균하여 미생물에 의한 변패의 가능성을 배제한 시료를 온도조건을 달리하여 저장하는 과정에서 나타나는 이화학적 및 관능적특성의 변화를 측정하고, 그 결과를 주성분분석의 통계적 방법으로 분석함으로써, 식품의 저장중 품질 변화의 평가에 주성분분석의 이용 가능성을 검토하고자 실시하였다.

Corresponding author: Jung-Hoan Kim, Dept. of Traditional Cuisine, Seoul health junior college, 212 Yangji-Dong, Soojung-Ku, Sunghnam, Korea

**재료 및 방법**

**시료의 제조**

본 실험에서 사용한 시료는 야채와 춘장을 주원료로 조리한 후, PET(12 μm)/VMPET(12 μm)/CPP(70 μm)의 재질을 갖는 포장재에 충전, 밀봉하고 Fo=7의 조건으로 살균하였다. 제조된 시료는 20, 30 및 40°C에서 저장하였으며, 30 및 40°C로 저장한 시료는 2주 간격으로, 20°C의 저장시료는 4주 간격으로 시료를 채취하여 이화학적 변화의 측정과 관능검사를 실시하였다.

**이화학적 변화 측정**

시료의 이화학적 변화로서는 pH, 산도 및 색도를 측정하였다. 전체 시료를 Homogenizer(Omni Mixer, OCI Instrument)로 2분간 마쇄하여 pH meter(Corning 240)로 pH를 측정하였고, Auto-titrator(AT-118, Kyoto Electronics)를 이용하여 시료 100g당 적정시 소요되는 0.1 N NaOH 용액의 ml로 산도를 구하였다.

표면색도는 분쇄한 시료를 중탕 가열하여 액상만을 분리한 뒤 색도색차계(Tokyo Denshuku Co.)를 이용하여 구하였고 그중 L(명도), a(적색도), b(황색도)만을 취하여 data로 활용하였다. 또한 저장 중의 색차(color difference, E)는 식  $\Delta E = \sqrt{(\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)}$ 를 이용하여 계산하였다.

**관능 검사**

관능검사는 훈련된 관능검사요원 12~15명을 대상으로 매회 2회 반복 실시하였으며, 전체적인 품질에 대한 기호도와 이취 및 신맛에 대한 강도를 5점 척도법(5: 매우좋다(강하다), 3: 보통이다, 1: 매우 나쁘다(약하다))으로 질문하였다.

**통계 처리**

분석치의 통계처리는 SAS program<sup>TM</sup>)을 이용하여 실시하였다. 이화학적인 변화와 관능특성간의 상관관계는 Pearson's correlation로 조사하였고, 온도조건별 저장기

간에 따른 관능치와 이화학적 변화에 관한 측정치를 이용하여 주성분 분석을 실시하였다.

**결과 및 고찰**

**시료의 저장중 품질 변화**

시료의 저장중 온도별 pH의 변화는 Table 1에 나타나 있으며 초기 pH 5.46에서 시간이 경과함에 따라 서서히 저하되어 4개월 후의 pH는 5.1~5.3 사이로 측정되었고, 산도의 변화는 pH와는 반대로 시간이 경과함에 따라 증가하였으며, 모두 40°C에서 가장 큰 폭으로 변화하였다.

색도의 변화는 Table 2에서 보는 바와 같이 L값과 b값은 유의적인 변화가 없었으며, a값의 경우 40°C에서만 저장기간에 따라 감소하는 경향을 보였으나(p<0.05), 색차 역시 5 미만으로서 실험기간중 색도의 변화는 크지 않았다.

저장중 관능특성의 변화는 Table 3에서 보는 바와 같다. 시료의 신맛과 이취에 대한 강도는 시간이 경과됨에 따라 증가하는 양상을 나타내어, 40°C에서 신맛의 경우는 3개월 이후부터, 이취의 경우는 1.5개월 이후부터 "보통"(3점) 이상의 강도로 인지되었다. 이취에 대한 관

**Table 1. Changes in pH and acidity of sample during storage**

Time (month)	20°C		30°C		40°C	
	pH	Acidity <sup>1)</sup>	pH	Acidity	pH	Acidity
0	5.46	36.45	5.46	36.45	5.46	36.45
0.5			5.37	39.36	5.28	42.58
1	5.27	46.53	5.28	44.75	5.23	47.73
1.5			5.29	47.09	5.19	47.31
2	5.29	47.55	5.29	45.09	5.27	46.95
2.5			5.25	48.84	5.17	50.74
3	5.28	47.38	5.24	47.72	5.19	51.54
3.5			5.21	50.64	5.10	53.54
4	5.20	47.59	5.22	49.65	5.14	53.11

<sup>1)</sup>ml of 0.1 N NaOH/100g of sample

**Table 2. Changes in Hunter's L, a, b values and color difference of sample during storage**

Time (month)	20°C				30°C				40°C			
	L	a	b	ΔE <sup>1)</sup>	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
0	24.57	4.36	2.09	—	24.57	4.36	2.09	—	24.57	4.36	2.09	—
0.5					26.97	5.46	4.03	3.29	25.66	4.85	2.99	1.51
1	21.76	4.50	5.43	4.36	22.53	4.77	5.96	4.78	22.01	4.48	5.45	4.03
1.5					23.96	4.16	1.92	0.83	23.67	3.87	1.68	1.11
2	24.48	4.51	2.43	0.41	23.87	4.39	2.08	0.92	23.03	3.82	1.04	1.94
2.5					22.21	4.58	5.18	3.89	21.69	4.21	4.90	4.03
3	24.39	4.39	2.88	1.02	24.47	3.93	2.79	1.00	23.24	3.53	1.79	1.60
3.5					25.13	4.48	2.89	0.89	24.37	3.81	2.24	0.66
4	24.62	4.02	2.18	0.36	24.94	4.09	2.40	0.55	24.35	3.43	1.36	1.06

<sup>1)</sup>ΔE =  $\sqrt{(\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)}$

**Table 3. Changes in sensory scores of sample during storage at different temperatures**

Time (month)	20°C			30°C			40°C		
	Sourness	Off-flavor	Acceptability	Sourness	Off-flavor	Acceptability	Sourness	Off-flavor	Acceptability
0	2.62	2.41	3.34	2.62	2.41	3.34	2.62	2.41	3.34
0.5				2.40	2.39	3.59	2.63	2.55	3.52
1	2.68	2.82	3.49	2.78	2.67	3.33	2.75	2.51	3.17
1.5				2.85	3.17	3.10	2.92	3.40	2.89
2	2.81	2.91	3.45	2.68	3.07	3.38	3.07	3.18	2.81
2.5				2.83	2.75	3.20	2.91	2.84	2.93
3	3.30	2.75	2.87	3.18	2.90	2.92	3.35	3.15	2.77
3.5				2.96	3.26	2.93	3.31	3.31	2.35

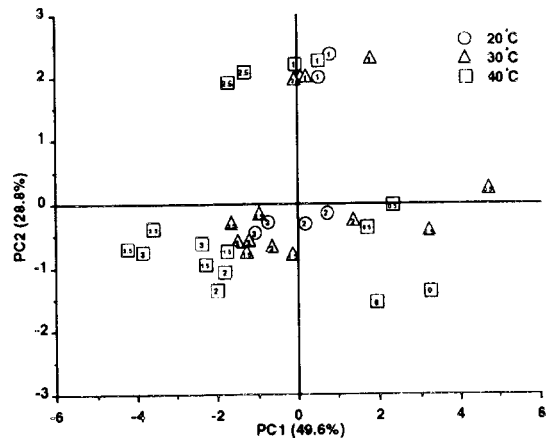
**Table 4. Correlation coefficient among physicochemical and sensory properties of sample**

	pH	Acidity	'L'	'a'	'b'	Sourness	Off-flavor	Acceptability
pH	1.000							
Acidity	-0.9192***	1.000						
L value	0.364	-0.4123	1.000					
a value	0.3871	-0.4531	0.4028	1.000				
b value	-0.1488	0.1179	-0.3927	0.5385	1.000			
Sourness	-0.6261***	0.6494***	-0.1716	-0.5994	-0.2181	1.000		
off flavor	-0.6745***	0.7141***	-0.1661	-0.5898	-0.3513	0.6411***	1.000	
Acceptability	0.6442***	-0.6376***	0.2078	0.7317***	0.3130	-0.8615***	-0.6792***	1.000

\*\*\*: Significant at 0.1%

능치의 변화는 저장온도가 높을수록 빨라지는 경향이었으나, 신맛의 강도 변화는 20°C 저장조건에서의 증가 경향이 40°C 저장시료와 유사하였으며, 30°C 저장시료보다 높게 나타났다. 또한 전체적인 품질(acceptability)에 대한 기호도는 시간이 경과함에 따라 서서히 떨어져 40°C의 경우는 1.5개월 부터 5점척도상에서 "보통"(3점) 이하로 평가되었으며, 20°C 및 30°C의 경우는 3개월경 부터 3점이하로 평가되어 시료의 관능적인 품질수명은 상온에서 약 3개월 수준이었으나, 온도의 증가에 따른 품질저하속도의 차이는 뚜렷하게 나타나지는 않았다. 이처럼 온도 상승에 따른 품질의 저하속도가 일정하지 않은 이유는 시료의 제조과정에서 장기저장을 목적으로 Fo=7 수준의 강한 열처리를 시킴에 따라 실험기간중 20°C 저장조건에서는 품질변화가 유의성이 없었던 때문으로 사료된다.

Table 4는 시료의 저장중 이화학적인 변화와 관능특성간의 상관계수를 나타내고 있다. 저장중 품질수명에 가장 중요한 요소인 전체적인 품질은 색도 L값과 b값을 제외한 모든 이화학적인 측정치와 통계적으로 유의적인 상관관계를 나타내었다. 특히 산도 및 pH는 전체적인 기호도와와의 상관계수가 각각 -0.6376(P<0.001) 및 0.6442(P<0.001)로서 높게 나타나, 시간이 경과함에 따라 산도는 증가하고 pH가 저하하여 시료의 기호도가 떨어진 것으로 판단되었으며, 이때 신맛과 이취의 강도는 증가하였다. 반면 색도 a값은 전체적인 기호도에 대하여 양의



**Fig. 1. Scattered diagram for principal components of sensory scores and physicochemical parameters (The storage time(month) of sample was indicated in symbols).**

상관을 나타내었으나, Table 2에서 볼수 있듯이 저장시간에 따른 변화가 일관성이 없어 색도의 변화는 품질 지표로서 부적합하였다.

일반적으로 식품은 저장중 품질저하가 수반되며 저장온도가 상승함에 따라 어느정도 그 속도가 빨라지는데, 본실험에서는 전체적으로 온도에 따른 측정지표간의 변

**Table 5. Rotated factor pattern of physicochemical and sensory data**

Parameters	PC 1	PC 2
Eigenvalue	4.4668	2.5890
Proportion(%)	49.6	28.8
pH	-0.9015	-0.3015
Acidity	0.8996	0.2553
L value	-0.1684	-0.4554
a value	-0.5090	0.5019
b value	-0.1094	0.9538
$\Delta E^{1)}$	0.0373	0.9405
Sourness	0.8349	-0.2027
Off flavor	0.8361	-0.2286
Acceptability	-0.8235	0.2841

$^1)\Delta E = \sqrt{(\Delta a^2 + \Delta b^2 + \Delta L^2)}$

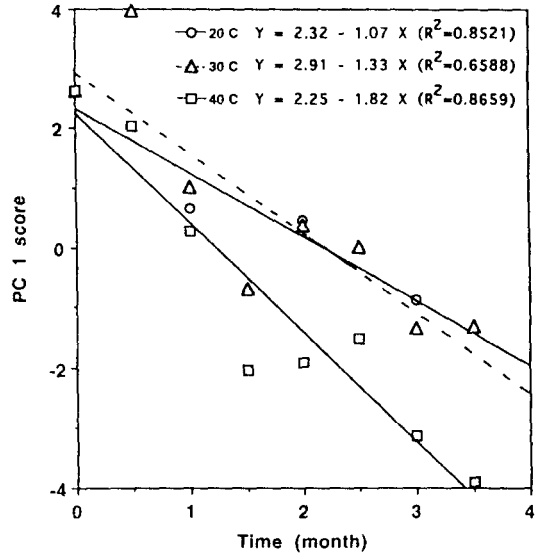
화경향이 일정치 않아 그 측정치를 이용하여 품질지표를 설정하는 것은 물론 저장수명을 예측하는 것이 불가능하였다.

**주성분분석을 이용한 품질변화 평가**

본 실험에서 얻은 각 측정치를 토대로 주성분 분석을 실시하였으며, 그 결과 저장시료의 특성은 Fig. 1과 같다. 즉, 저장중 pH, 산도, 색도 및 관능적 특성들의 변화 등 9개의 변수에 대하여 고유치가 1 이상인 주성분은 2개로서 제 1주성분은 49.6%, 제 2주성분은 28.8%를 설명할 수 있었으며 누적기여율은 78.4%였다. 또한 시료의 품질특성은 저장기간이 경과함에 따라 제 1주성분의 점수가 작아졌다. 특히 Table 5에서 보는 바와 같이, 제 1주성분은 전체적인 기호도 등의 관능평가 및 산도와, 제 2주성분은 색도 b 및 색차와 높은 상관성을 보였다. 따라서 본 시료의 저장중 품질변화에 있어서 관능특성과 산도의 변화 사이에 밀접한 관계가 있으며 중요한 변화성분으로 평가되었다.

Fig. 2는 시료의 품질특성이 저장기간의 경과에 따라 제 1주성분 점수의 변화경향을 이용하여 저장기간에 대한 제 1주성분점수의 직선회귀식을 산출한 결과이다. 각 온도별로 산출된 제 1주성분점수의 변화 기울기는 유의적이었으며( $P < 0.01$ ), 20, 30 및 40°C에서 각각 -1.07, -1.33 및 -1.82로서, 온도가 10°C 증가함에 따라 저장기간에 따른 제 1주성분 점수의 변화속도는 약 1.30배씩 증가하였는데, 본 실험조건과 유사한 가열살균 처리한 통조림식품에서의  $Q_{10}$  값이 1.5~2.5수준이었다는 보고<sup>(1)</sup>와 비교하면 본 실험에서는 온도 증가에 따른 품질변화의 속도가 빠르지 않았으며, 이는 조성물의 차이와 이들의 복합적인 반응들에 의한 것으로 사료되었다.

또한 40°C에서의 관능검사에 의한 저장수명이 1.5개월이었으므로 위의 결과를 적용하면, 비록 30°C에서의 변화경향과 일치하지는 않지만, 20°C에서는 저장수명이 약 2.7개월 수준으로 계산되며 이는 관능검사에 의한



**Fig. 2. Relationship between PC 1 and storage time**

저장수명 3개월수준과 유사하였다. 즉 주성분분석으로서 수학적으로 예측하기 어려웠던 저장온도에 따른 시료의 이화학적 및 관능적 특성에 관한 각각의 변화를 설명하며, 온도에 따른 변화를 제 1주성분 점수에 의하여 계산하므로써 시료의 저장수명을 예측할 수 있었다.

식품의 품질은 일반적으로 기호도로써 평가하며, 장기저장식품에 있어서 가속저장실험은 불가피하지만, 저장중 측정요소간의 변화가 큰 차이를 보이거나 저장온도에 따른 품질 변화속도의 경향이 불규칙적으로 나타날때, 이상에서 보는 바와 같이 주성분분석을 활용하면 품질변화의 측정에 이용된 각종 자료의 손실을 최소화함으로써, 품질에 영향을 미치는 품질지표의 선정, 저장수명의 예측 등이 가능할 것으로 보여진다.

**요 약**

조리가공후 열처리하여 미생물학적 변패의 가능성을 배제한 식품의 저장중 일어나는 이화학적, 관능적 변화를 주성분분석을 이용하여 품질저하를 평가하였다. 제조된 식품을 20, 30 및 40°C에서 저장하면서, pH, 산도, 색도 및 3개의 관능특성 변화 등 9개의 항목을 측정하였다. 전체적인 기호도는 시간이 경과함에 따라 서서히 떨어져 시료의 관능적 품질수명은 40°C의 경우는 1.5개월, 20°C 및 30°C의 경우는 3개월 수준으로 나타났다. 그러나 저장온도의 상승에 따른 이화학적 품질의 변화속도는 일정한 경향이 없었다. 주성분분석을 이용하여 저장중의 품질 변화를 평가한 결과, 9개의 측정항목에 대하여 제 1주성분은 49.6%, 제 2주성분은 28.8%를 설명할 수 있었다. 제 1주성분점수의 변화는 유의적이었으며, 변화의 기울

기가 20, 30 및 40℃에서 각각 -1.07, -1.33 및 -1.82로서, 제 1주성분점수의 변화는 저장온도가 10℃씩 증가함에 따라 약 1.30배씩 증가하여, 기호도검사에 의한 20℃ 및 40℃의 저장수명 변화와 일치하였다. 따라서 주성분분석을 이용하여 식품의 저장중 품질변화를 평가하고, 저장수명을 예측하며, 품질에 영향을 미치는 지표의 선정이 가능할 것으로 사료되었다.

## 문 헌

1. Labuza, T.P.: *Shelf-life dating of foods*. Food & Nutrition Press Inc., Westport, Conn. (1982)
2. Gacula, Jr. M.C. and Kubala, J.J.: Statistical models for shelf-life failures. *J. Food Sci.*, **40**, 404 (1975)
3. Ennis, D.M., Boeleus, H., Haring, H. and Bowman, P.: Multivariate analysis in sensory evaluation. *Food Technol.*, **32**(11), 83 (1982)
4. Peppard, T.L.: Principal component analysis-its application in monitoring the consistency of beer quality. *J. Inst. Brew.*, **91**, 325 (1985)
5. DeVaux, M.F., Bertrand, D., Robert, P. and Qanner, M.: Application of multidimensional analysis to the extraction of discriminant spectral patterns from HIR spectra. *Applied Spectroscopy*, **42**, 1015 (1988)
6. Apostolopoulos, C. and Brennau, T.G.: Interrelationships between sensory and mechanical characteristics of canned peaches. *J. Texture Studies*, **25**, 191 (1994)
7. Pilando, L.S. and Wrolstad, R.E.: The effectiveness of pattern recognition sugar, nonvolatile acid, and <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C analysis for detecting adulteration in apple juice. *J. Food Comp. Anal.*, **5**, 10 (1992)
8. SAS: SAS/STAT User's Guide. SAS Institute Inc. Cray, NC (1988)

---

(1995년 3월 2일 접수)