

모델 시스템을 이용한 제조 조건이 단무지의 색도 및 경도에 미치는 영향

구경형[†] · 박완수 · 이경아

한국식품연구원

Effects of Process Conditions on the Color and Firmness of Salted Radish Root (*Danmooji*) at Model System

Kyung-Hyung Ku[†], Wan-Soo Park and Kyung-A Lee

Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

Abstract

The effects of various seasoning components, pH of seasoning solution, heating time and storage temperature were investigated on the color and textural properties of the salted radish root (*Danmooji*). The effects of individual seasoning components in the salted radish root, additives of polyphosphate (AD3), citric acid (AD5), malic acid (AD2) delayed the color changes and softening more, compared to control soaked in water. On the other hand, additives of potassium sorbate (AD1), succinic acid (AD7), MSG (AD8), saccharin (AD6) accelerated the color changes and softening of the salted radish roots. The effects of pH of seasoning solution (X_1), and heating time (X_2) were central composite design and response surface analysis. R-square, represented dependent variables correlated independent variables (X_1 , X_2), showed over 0.8 in the color and area value, calculated thickness and firmness of salted radish root. Especially, R-square of "b" represented "yellow-green" was 0.899. And the result of crossing analysis of individual independent variables (X_1 , X_2), showed that both independent variables had significant effects on the color and textural changes of the salted radish root. The salted radish root increased its color changes and softening, rapidly at 40°C, compared to the other storage temperatures at most storage periods.

Key words: salted radish root, color, firmness

서 론

채소류는 일반적으로 육질에 짙고 특유한 향미로 우리의 식욕을 증진시키는데, 수확 후 저장 중 호흡작용과 미생물에 의해 장기 저장이 어렵다. 이를 개선하기 위하여 중국에서는 고대부터 각종 채소류를 염지, 장칩, 산장 등에 침지하여 제조된 절임 채소 절임류가 있고, 일본은 소금 절임, 장아찌, 강지, 지게미 침지 등이, 국내에서는 김치와 단무지 등의 절임류가 생산·판매되고 있다.

우리나라의 절임류는 식품위생법상 "채소류, 과일류, 향신료, 야생식물류, 해조류 등의 식물성 원료를 주원료로 하여 식염, 식초, 당류 또는 장류 등에 절인 후 그대로 또는 이에 다른 식품을 가하여 가공한 것"이라고 정의하고 있다. 국내의 절임류 시장은 김치를 제외하고 가장 큰 시장은 단무지로 저렴한 가격과 자극성이 적은 맛으로 단체급식 및 분식점에서 소비되는 제품이다.

이러한 국내의 단무지 시장 규모는 2000년도 기준으로 약 4,500억 원 내외의 시장이나 대부분이 영세한 중소 기업형의

공장에서 생산되고 있으며, 가격에 비하여 부피가 크고 무거우며 값싼 식품이라는 소비자들의 오랜 인식으로 인해 품질 개선을 위한 가공, 포장 및 저장에 대한 연구가 등한시 되어 왔다. 즉 국내 단무지 시장 규모에 비하여 업체의 영세성 및 낮은 생산성에 의해 품질 향상 사업이 미흡한 실정인어서 제품의 다양화 및 품질 고급화에 대한 개발 투자가 어렵다(1).

한편 단무지 소비가 많은 일본의 경우 단무지 원료인 염지 무의 변색 기작을 밝히는 연구(2-7)와 저장중 단무지의 조직감 변화에 관한 연구(8-13)가 있고, 현재에도 계속 연구가 진행되고 있다. 그러나 국내 단무지의 경우 1년간 상품화할 단무지를 10월~11월에 한꺼번에 고염으로 절임을 한 후 필요에 따라 탈염을 하여 상품 단무지를 제조하고 있어, 해풍에 건조하는 과정 등 국내 업체의 가공 방법과 전혀 다른 일본의 단무지 연구를 그대로 접목시키기에는 어려움이 있다. 현재까지 단무지에 관한 연구로는 국내의 경우 한두 편을 제외하고는 거의 연구 보고된 것이 없고(14), 특히 국내 단무지 제조 업체에서 가장 문제가 되고 있는 가공 또는 유통 중 단무지의 색도나 연화로 인한 조직감 변화가 있어 상품 가치를 떨어뜨

[†]Corresponding author. E-mail: khku@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9052. Fax: 82-31-709-9876

리고 있으나, 이에 관한 연구가 거의 없는 실정이다.

본 연구는 현재 단무지 제조업체에서 저장 중 문제가 되고 있는 단무지의 색도와 조직감 중 경도에 초점을 두고, 조미액 성분이 단무지 품질에 미치는 영향 조사와 단무지 조미액의 특성인 pH, 가공 공정 중의 하나인 열처리 조건을 독립변수로 하여 종속변수인 단무지의 색도 및 경도 변화를 조사하였다. 또한 시판 단무지를 구입하여 0°C, 25°C, 40°C에서 저장하면서 색도 및 경도 변화를 조사·분석하여 단무지 가공 및 유통 중 표준 지침을 확립하기 위한 기초 자료로 사용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 단무지 무(*Raphanus sativus* L.)는 미농 단백무로 2001년도 충북 영기군에서 수확한 무를 충북소재 단무지 가공 공장에 운반하여 세척한 후 저장조에서 약 5~6개월간 저장, 숙성시킨 무를 제공받았다. 이때 실험에 사용한 단무지 무는 약 10% 염농도의 단무지를 수돗물에 침지한 후 간헐적으로 침지시킨 무의 염농도를 측정하여 최종 농도가 2%가 되도록 탈염한 것을 시료로 사용하였다.

단무지 조미액 제조

탈염된 단무지를 1 cm 두께로 자르고, 제조된 첨가물 조미액에 침지시킨 후 25°C에서 저장하면서 색도 및 단무지의 조직감의 변화를 측정하였다. 조미액은 충북 소재 단무지 가공 공장 3업체에서 실제 현장에서 사용하는 식품 첨가물과 함량을 이용하여 제조하였다. 이때 조미액의 성분과 함량은 potassium sorbate 0.1%(AD1), malic acid 0.03%(AD2), polyphosphate 0.03%(AD3), ascorbic acid 0.03%(AD4), citric acid 0.04%(AD5), saccharin 0.07%(AD6), succinic acid 0.05%(AD7), MSG 0.01%(AD8), acetic acid 0.3%(AD9)를 2 L씩 각각 제조하여 뚜껑이 있는 용기에 넣고, 단무지가 조미액 속에 충분히 잠길 수 있게 한 후 저장하면서 색도와 조직감을 조사하였고, 대조구는 탈염된 단무지를 증류수에 침지시킨 시료를 대상으로 하였다.

제조 및 저장 조건

단무지 품질에 영향을 줄 수 있는 요인 중 조미액의 pH, 단무지 가공 공정상 실시하는 열처리 시간 및 저장 온도에 따른 단무지의 색도 및 경도 등의 조직감에 미치는 영향을 조사하였다. 이때 독립 변수의 경우 pH(X_1)는 공정 과정중 단무지 특성중 하나인 낮은 pH를 고려하여 phosphate buffer 0.1 M과 acetic acid 0.1 M로 pH 4, 5, 6으로 조절하였다. 즉 pH가 조절된 조미액에 탈염시킨 단무지를 48시간 침지시킨 후 겉 표면의 물기를 제거한 단무지를 시판되고 있는 수분 및 기체 차단성이 있는 단무지 비닐 포장재(PET/PE 필름)로 진공 포장하였다. 또 열처리(X_2)가 Yook 등(15)과

Manabe(16)가 연화 현상을 억제할 수 있다고 보고한 것과 실제 현장에서 80°C에서 10분간 포장된 단무지를 열처리하는 것을 기준으로 0~20분의 범위로 열처리하였다. 이렇게 처리된 단무지의 색도 및 조직감의 변화를 측정하였다. 즉 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하여 Table 1과 같이 조미액의 pH(X_1), 열처리 시간(X_2)을 독립변수로 놓고, 중심합성계획(central composite design)에 의하여 실험을 계획하여 조사하였다(17,18). 저장 기간에 따른 단무지 품질 특성을 위한 시료 제조는 탈염된 단무지를 실제 현장에서 사용하는 식품 첨가물과 함량으로 제조된 조미액에 48시간 침지시켜 포장한 후 10분간 가열 처리한 단무지를 시료로 사용하였다.

색도 및 텍스처 측정

색도 측정의 경우 시료 단무지를 1 cm 두께로 절단한 후 색차계(CE-310, Macbeth, Minolta, Japan)로 L, a, b 값과 ΔE 값을 구하였다(19). 또 조직감의 경우 1 cm 두께로 절단한 단무지를 Texture analyzer(Model TA XT-2, Stable Micro Systems, Ltd. England)를 이용하여 penetration test를 행하였다. 측정조건은 probe 2 mm, graph type: force vs time, force threshold 300 g, test speed: 1.0 mm/sec로 단무지의 중심에서 1 cm 떨어진 3지점에서 시료 두께가 100% 관통하면서 받는 최대 강도 값으로 표시하였고, 면적의 경우는 최대 강도와 관통된 단무지 두께를 환산하여 표시하였다. 이때 probe가 시료를 관통할 수 있도록 구멍이 뚫린 지지대를 사용하였고, 시료 측정 횟수는 각 처리구당 5개 시료를 선발하여 총 15회 반복한 다음 평균치를 구하였다.

통계분석

중심합성계획에 의한 실험 결과는 SAS program(20)을 이용하여 분산 분석 및 단무지의 품질 특성중 하나인 색도와 텍스처 측정값을 회귀 분석하여 model식을 유도하고, 독립 변수인 조미액의 pH, 단무지 살균시간 및 저장 온도가 단무지 유통 과정 중 단무지의 색도 및 텍스처에 미치는 영향을 분석하였다.

Table 1. Experimental design of the coded and composite design matrix using pH, heating time as independent variables

Design point	Independent variables	
	X_1 (pH of seasoning solution)	X_2 (Heating time, min)
1	-1 (4)	-1 (0)
2	1 (6)	-1 (0)
3	-1 (4)	1 (20)
4	1 (6)	1 (20)
5	- α (3.5)	0 (10)
6	+ α (6.5)	0 (10)
7	0 (5)	- α (0)
8	0 (5)	+ α (30)
9	0 (5)	0 (10)
10	0 (5)	0 (10)

결과 및 고찰

조미액 성분이 단무지 저장중 색도 및 조직감에 미치는 영향

단무지 가공 공장 3업체에서 실제 현장에서 사용하는 첨가물과 함량으로 단일 첨가물만으로 침지액을 제조한 후 1 cm 두께로 절단한 탈염 단무지를 침지한 다음, 단무지의 색도와 조직감의 변화를 측정하였다.

저장 기간별 단일 첨가물 조미액에 침지시킨 단무지의 색도 변화를 측정된 결과(Table 2), 증류수에 2시간 침지시킨 대조구 시료의 경우 밝기를 나타내는 L값은 42.43 ± 0.81 , 적색도를 나타내는 a값은 1.53 ± 0.12 , 황색도인 b값은 4.76 ± 0.12 였다. 단일 첨가물 조미액에 탈염 단무지를 2시간 정도 침지한 후의 시료군과 증류수에 침지시킨 대조구의 색도를 횡축으로 비교한 경우, AD2(malic acid, 0.03%) 침지 시료를 제외하고 대조구와 유의적으로 큰 차이가 없었다. 그러나 각각의 단일 첨가물 조미액에 침지시킨 시료를 저장기간에 따라 색도 변화를 종축으로 비교·분석한 결과 전반적으로 저장일수가 증가함에 따라 a값은 큰 차이가 없었으나, L값과 b값의 변화가 있었다. 밝기를 나타내는 L값의 경우 증류수에 침지한 대조구 시료는 저장 18일부터, 다른 시료는 저장 24일에는 유의적인 차이로 값이 감소되었고, 황색도를 나타내는 b값의 경우 조미액 성분에 따라 차이는 있었지만 저장 기간이 증가함에 따라 증가 추세를 보였다.

증류수에 탈염된 단무지를 2시간 침지시킨 시료를 대조구로 하여 각각의 단일 첨가물 조미액에 침지시킨 단무지의 색도를 저장 기간에 따라 ΔE로 환산한 결과를 그림으로 도시한 결과이다(Fig. 1). 그 결과 단무지의 색도 변화에 영향을 주는 첨가물 군이 대조군을 기준으로 크게 2가지로 나누어졌다. 증류수에 침지시킨 대조군 단무지의 경우 저장 기간이 증가함에 따라 색도 차이를 나타내는 ΔE값이 지속적으로 증가하여 저장 18일 이후에는 육안으로 색의 차이를 확실하게 구별할 수 있는 4.0이상의 값을 보였다. 이는 Ozawa 등(4,5,7)의 무를 염지시키면 무의 매운맛 성분인 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanide(4-MTBI)라는 물질이 황색 색소 형성에 관여를 하고, 이들 색소는 철, 동 등의 금속 이온이 색소 형성에 영향을 준다는 보고로 미루어 보아 조미액 성분이 전혀 첨가되지 않은 대조군의 경우도 침지한 물의 무기질 성분과 무 자체의 성분들에 의한 색소 변화가 자체적으로 변화가 있는 것으로 여겨진다.

증류수 침지군을 기준으로 polyphosphate 침지군(AD3), acetic acid(AD9), malic acid(AD2), citric acid(AD5) 침지군은 색도 변화가 지연되었고, 특히 식품 산화 방지제로 많이 사용하고 있는 polyphosphate 첨가구가 가장 색도 변화가 없었으며, AD5(citric acid) > AD2(malic acid) > AD9(acetic acid)의 순서로 색도 변화가 지연되었다. 반면에 같은 유기산의 하나인 ascorbic acid(AD4)는 저장 기간이 증가함에

따라 색도 변화가 가속화되었는데, 이는 ascorbic acid가 단무지의 황색도를 증가시켰다는 Maeda 등(3)의 결과와 동일하였다. 이외에 단무지의 방부제로 사용하는 potassium sorbate(AD1)이 가장 단무지 색도 변화를 가속화시켰고, 단맛을 내는 사카린 침지군(AD6), succinic acid 침지군(AD7), MSG(AD8) 침지군이 색도 변화를 가속화시켰다. 이는 일반적으로 식품에 첨가되어 식품의 갈변을 억제, pH 조절 능력, 미생물의 성장 억제능 및 수분 결합능력이 있다는 이유로 많이 사용되는 polyphosphate의 경우 효과적으로 본 실험에서도 색도 변화를 지연시켰다(21,22).

한편 Fig. 2는 저장 기간별 단일 첨가물 조미액 중의 단무지의 색도 변화와 함께 단무지의 조직감을 나타내는 단단한 정도를 측정된 결과로, 색도에 영향을 끼쳤던 첨가물과 달리 경도에 다른 영향을 끼쳤다. 즉 증류수에 침지시킨 대조구 시료의 경우 저장기간이 증가함에 따라 색도 변화가 진행되었던 결과와 달리 저장 기간이 증가함에 따라 단무지 강도에 변화가 거의 없었다. 색도 변화를 크게 지연시켰던 polyphosphate 침지군(AD3)은 저장 기간이 증가함에 따라 강도 변화가 거의 없었고, 비교적 색도 변화를 지연시켰던 citric acid(AD5), malic acid(AD2) 침지군은 저장기간이 증가함에 따라 강도에 큰 영향이 없었다. 색도 변화를 가속화시켰던 potassium sorbate(AD1), ascorbic acid(AD4), saccharin(AD6), MSG(AD8)의 경우 저장기간이 증가함에 따라 단무지의 경도가 감소되었다. 단무지 강도 저하를 지연시킨 첨가물은 succinic acid(AD7) < polyphosphate(AD3) < citric acid(AD5) < malic acid(AD2)의 순서로 효과적이었고, 반면에 연화를 촉진시킨 첨가물을 saccharin(AD6) < ascorbic acid(AD4) < potassium sorbate(AD1) < acetic acid(AD9) < MSG(AD8)의 순이었다.

본 결과는 실제 단무지 제조 공장에서 사용하고 있는 조미액 첨가물과 함량을 이용하여 실험한 것으로 단무지 제조시 사용하는 소금 성분, 조미액의 개별 첨가물과 그 함량 등에 따라 단무지의 색도와 조직감에 영향을 준다는 보고(3,4,9, 10)를 미루어 보아 국내 단무지의 품질 저하 요인중 하나인 색도 및 조직감 변화에 관한 체계적인 연구가 더 요구된다.

조미액의 pH, 열처리 시간이 단무지에 미치는 영향

단무지 품질에 영향을 줄 수 있는 요인 중 조미액의 pH, 단무지 가공 공정상 실시하는 열처리 시간이 단무지의 색도 및 조직감에 미치는 영향을 조사하였다.

Table 3은 단무지 조미액의 pH(X_1), 살균시간(X_2)를 독립 변수로 놓고, 중심합성계획(central composite design)에 의해 제조된 단무지의 저장 기간별 색도 변화와 조직감 변화를 나타낸 결과이다. 단무지 제조 직후의 색도 변화는 조미액 pH 6.0, 열처리 시간 20분이었던 시료 4가 비교적 다른 실험구에 비하여 밝기를 나타내는 L값과 황색도인 b값이 높게 나타났고, 경도는 1,410.3~1,777 g force, 경도와 단무지의

Table 2. Effects of various seasonings on the color values of salted radish root according to storage periods

Storage periods (days)	Color value	Seasonings of salted radish root ¹⁾									
		Control	AD1	AD2	AD3	AD4	AD5	AD6	AD7	AD8	AD9
0	L	42.43 ± 0.81 ^{ba}	44.06 ± 1.16 ^{abA}	40.99 ± 0.22 ^{dB}	43.43 ± 0.64 ^{abA}	43.28 ± 0.07 ^{abA}	42.73 ± 1.46 ^{abA}	43.45 ± 0.47 ^{abA}	43.04 ± 0.79 ^{abA}	42.84 ± 0.33 ^{abA}	42.43 ± 0.35 ^{abA}
	a	1.53 ± 0.12 ^{abA}	1.03 ± 0.92 ^{abA}	1.67 ± 0.58 ^{abA}	1.12 ± 0.63 ^{abA}	1.42 ± 0.09 ^{abA}	1.55 ± 0.23 ^{abA}	1.40 ± 0.23 ^{abA}	1.37 ± 0.19 ^{abA}	1.59 ± 0.07 ^{abA}	1.54 ± 0.35 ^{abA}
	b	4.76 ± 0.12 ^{ba}	5.31 ± 0.47 ^{ca}	4.88 ± 0.21 ^{cb}	5.33 ± 0.55 ^{ca}	5.27 ± 0.49 ^{bca}	4.90 ± 0.43 ^{bca}	5.34 ± 0.75 ^{ca}	4.83 ± 0.37 ^{abA}	4.82 ± 0.48 ^{abA}	4.96 ± 0.63 ^{abA}
2	L	41.96 ± 0.36 ^b	44.30 ± 0.81 ^{ab}	42.92 ± 1.16 ^c	44.76 ± 0.22 ^a	41.18 ± 0.64 ^{ab}	43.25 ± 0.07 ^a	42.94 ± 1.46 ^a	42.47 ± 0.47 ^a	43.26 ± 0.79 ^a	45.41 ± 0.33 ^a
	a	1.53 ± 0.12 ^a	1.03 ± 0.92 ^a	1.67 ± 0.58 ^a	1.12 ± 0.63 ^a	1.42 ± 0.09 ^a	1.55 ± 0.23 ^a	1.40 ± 0.23 ^a	1.37 ± 0.19 ^a	1.59 ± 0.07 ^a	1.54 ± 0.35 ^a
	b	4.76 ± 0.12 ^b	5.31 ± 0.47 ^c	3.88 ± 0.21 ^c	5.33 ± 0.55 ^a	5.27 ± 0.49 ^{bc}	4.90 ± 0.43 ^{bc}	5.34 ± 0.75 ^a	4.83 ± 0.37 ^b	4.82 ± 0.48 ^b	4.96 ± 0.63 ^{ab}
4	L	45.57 ± 0.49 ^a	43.04 ± 0.98 ^{ab}	44.45 ± 1.61 ^{bc}	43.80 ± 0.33 ^{ab}	42.21 ± 0.88 ^{ab}	41.16 ± 1.31 ^a	43.13 ± 0.41 ^a	44.32 ± 0.79 ^a	41.58 ± 0.68 ^{ab}	44.83 ± 1.09 ^a
	a	1.04 ± 0.53 ^a	1.45 ± 0.19 ^a	1.33 ± 0.59 ^a	1.27 ± 0.04 ^a	1.35 ± 0.08 ^a	1.60 ± 0.13 ^a	1.03 ± 0.72 ^a	1.03 ± 0.32 ^a	1.69 ± 0.15 ^a	1.19 ± 0.10 ^a
	b	4.52 ± 0.29 ^b	5.92 ± 0.17 ^c	5.75 ± 0.86 ^{ab}	4.24 ± 0.09 ^a	5.74 ± 0.19 ^b	3.59 ± 0.47 ^c	3.89 ± 0.07 ^c	4.81 ± 0.43 ^b	4.13 ± 0.14 ^b	4.54 ± 1.11 ^{ab}
6	L	41.59 ± 0.27 ^b	44.75 ± 0.71 ^a	46.93 ± 0.99 ^a	42.79 ± 1.02 ^{ab}	41.61 ± 0.88 ^{ab}	43.61 ± 1.18 ^a	43.11 ± 0.48 ^a	41.87 ± 0.76 ^{ab}	42.23 ± 0.63 ^a	41.34 ± 0.51 ^{ab}
	a	2.06 ± 0.05 ^a	1.25 ± 0.12 ^a	1.00 ± 0.11 ^a	1.65 ± 0.05 ^b	1.28 ± 0.44 ^{bc}	1.55 ± 0.08 ^b	1.47 ± 0.10 ^b	1.48 ± 0.16 ^b	1.50 ± 0.04 ^b	1.40 ± 0.25 ^{bc}
	b	6.40 ± 0.16 ^a	5.43 ± 1.18 ^c	5.98 ± 1.36 ^{ab}	4.90 ± 0.60 ^a	4.16 ± 0.47 ^{bc}	4.42 ± 0.38 ^{bc}	5.61 ± 0.42 ^{ab}	4.56 ± 1.40 ^b	4.90 ± 0.43 ^b	3.17 ± 0.38 ^{bc}
8	L	44.86 ± 1.81 ^a	41.34 ± 1.33 ^b	44.21 ± 1.78 ^{bc}	42.16 ± 1.65 ^{ab}	42.89 ± 0.53 ^{ab}	41.58 ± 0.69 ^a	42.52 ± 1.44 ^a	45.76 ± 0.55 ^a	44.17 ± 1.04 ^a	45.61 ± 1.21 ^a
	a	1.06 ± 0.22 ^a	1.34 ± 0.41 ^a	1.22 ± 0.35 ^a	1.75 ± 0.25 ^a	1.39 ± 0.23 ^a	1.76 ± 0.09 ^a	1.31 ± 0.32 ^a	1.10 ± 0.14 ^a	1.48 ± 0.04 ^a	1.06 ± 0.50 ^a
	b	5.26 ± 0.50 ^a	4.96 ± 1.00 ^c	5.43 ± 0.92 ^{ab}	4.71 ± 0.34 ^a	4.79 ± 0.26 ^{bc}	4.46 ± 0.42 ^{bc}	4.71 ± 0.34 ^a	5.50 ± 0.42 ^b	5.20 ± 0.46 ^b	5.67 ± 1.20 ^{ab}
12	L	43.18 ± 0.06 ^b	43.57 ± 1.94 ^{ab}	45.88 ± 0.79 ^{ab}	42.86 ± 0.94 ^{ab}	41.97 ± 0.66 ^{ab}	42.85 ± 0.87 ^a	45.46 ± 0.56 ^a	44.46 ± 0.14 ^a	43.63 ± 0.99 ^a	42.67 ± 0.82 ^{ab}
	a	1.21 ± 0.15 ^{ab}	1.25 ± 0.17 ^a	1.07 ± 0.11 ^{ab}	1.51 ± 0.44 ^{ab}	1.75 ± 0.11 ^a	1.58 ± 0.09 ^a	1.40 ± 0.06 ^{ab}	1.71 ± 0.11 ^a	1.55 ± 0.29 ^{ab}	1.44 ± 0.15 ^a
	b	5.68 ± 0.20 ^b	7.29 ± 1.86 ^{ab}	6.47 ± 0.57 ^a	4.88 ± 5.11 ^a	5.79 ± 0.19 ^b	4.88 ± 0.56 ^{bc}	5.34 ± 1.21 ^{ab}	5.66 ± 0.30 ^b	5.37 ± 1.57 ^b	5.06 ± 0.78 ^{ab}
18	L	39.65 ± 0.68 ^c	42.88 ± 0.97 ^{ab}	43.85 ± 0.27 ^{bc}	41.33 ± 1.04 ^b	43.77 ± 0.90 ^{ab}	43.01 ± 0.71 ^a	40.05 ± 0.27 ^b	45.85 ± 0.26 ^a	42.36 ± 1.11 ^a	43.95 ± 0.98 ^a
	a	1.86 ± 0.29 ^a	1.51 ± 0.09 ^{bc}	1.35 ± 0.11 ^a	1.97 ± 0.08 ^a	1.85 ± 0.07 ^a	1.41 ± 0.32 ^c	1.95 ± 0.09 ^a	1.60 ± 0.01 ^a	1.93 ± 0.14 ^a	1.65 ± 0.16 ^a
	b	6.20 ± 0.62 ^a	7.87 ± 0.44 ^{ab}	4.21 ± 1.21 ^{bc}	4.52 ± 0.69 ^a	9.22 ± 1.22 ^a	7.85 ± 0.34 ^a	4.25 ± 0.34 ^b	5.54 ± 0.28 ^b	7.13 ± 1.35 ^{ab}	5.32 ± 0.45 ^{ab}
24	L	38.41 ± 1.18 ^c	38.77 ± 0.97 ^c	39.45 ± 0.15 ^d	40.80 ± 0.40 ^b	37.48 ± 1.78 ^b	44.04 ± 2.31 ^a	37.40 ± 1.03 ^c	35.99 ± 0.13 ^c	39.45 ± 1.20 ^c	39.72 ± 2.03 ^c
	a	1.46 ± 0.25 ^a	1.98 ± 0.32 ^a	1.11 ± 0.14 ^c	1.11 ± 0.24 ^c	1.64 ± 0.24 ^a	0.39 ± 0.04 ^d	1.58 ± 0.06 ^d	1.91 ± 0.06 ^a	1.75 ± 0.24 ^a	1.26 ± 0.26 ^a
	b	6.72 ± 1.05 ^a	13.58 ± 0.50 ^a	5.37 ± 0.52 ^{ab}	6.29 ± 0.33 ^a	8.59 ± 1.40 ^a	7.10 ± 1.02 ^a	6.74 ± 0.29 ^a	8.26 ± 1.30 ^a	9.09 ± 3.25 ^a	6.47 ± 0.91 ^a

¹⁾Control, water; AD1, potassium sorbate 0.1%; AD2, malic acid 0.03%; AD3, polyphosphate 0.03%; AD4, ascorbic acid 0.03%; AD5, citric acid 0.04%; AD6, saccharin 0.07%; AD7, succinic acid 0.05; AD8, MSG 0.01%; AD9, acetic acid 0.3%.

^{a-c}Values with different alphabets in a column of each storage period are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

^{A,B}Values with different alphabets in a column of each additive are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

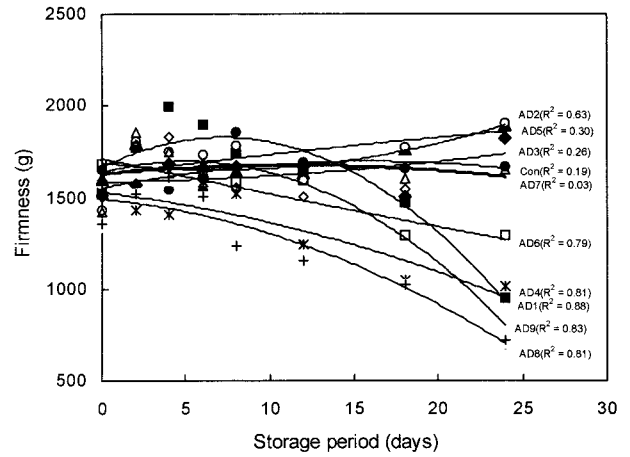
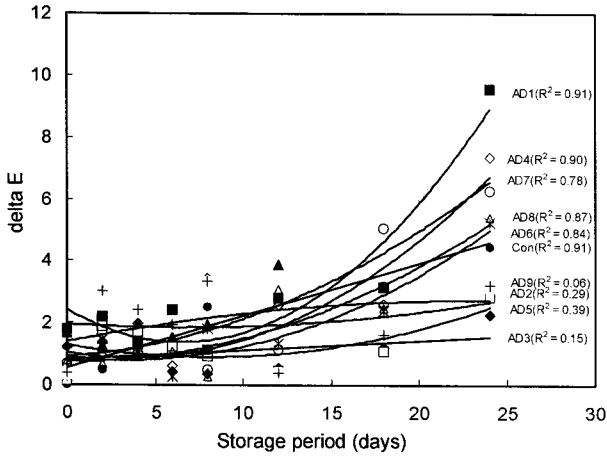


Fig. 1. Effects of various seasoning additives on the ΔE of salted radish root according to storage periods.

Groups are the same as in Table 2.

$$\Delta E = \{ (L_{\text{sample}} - L_{\text{standard}})^2 + (a_{\text{sample}} - a_{\text{standard}})^2 + (b_{\text{sample}} - b_{\text{standard}})^2 \}^{1/2}$$

Fig. 2. Effects of various seasoning additives on the firmness of salted radish root according to storage periods.

Groups are the same as in Table 2.

Table 3. Effects of pH and heating time on the color and textural properties of salted radish root

Design point	Color value			Textural properties	
	L	a	b	Firmness (g)	Area (g · cm ²)
1	54.44 ± 0.06	-1.30 ± 0.07	9.44 ± 0.30	1,410.3 ± 150.3	6,483.1 ± 471.9
2	53.63 ± 0.32	-0.20 ± 0.03	7.42 ± 0.35	1,248.3 ± 210.5	7,002.9 ± 660.9
3	56.63 ± 0.16	-0.99 ± 0.09	5.13 ± 0.05	1,437.3 ± 133.2	7,002.9 ± 418.2
4	64.71 ± 0.10	-0.91 ± 0.09	10.12 ± 0.12	1,746.2 ± 148.1	9,295.7 ± 465.0
5	53.91 ± 0.02	-0.93 ± 0.10	7.37 ± 0.07	1,637.0 ± 223.1	8,171.3 ± 386.5
6	53.34 ± 0.07	-0.45 ± 0.10	7.91 ± 0.05	1,609.7 ± 312.8	8,530.9 ± 982.2
7	51.65 ± 0.02	0.61 ± 0.06	6.92 ± 0.20	1,765.2 ± 123.1	8,171.3 ± 386.5
8	57.37 ± 0.02	0.13 ± 0.06	6.92 ± 0.20	1,777.0 ± 91.5	9,865.1 ± 287.3
9	57.27 ± 0.11	-0.49 ± 0.06	8.06 ± 0.08	1,552.4 ± 245.3	8,114.8 ± 770.2
10	53.34 ± 0.02	-0.44 ± 0.06	7.90 ± 0.20	1,609.7 ± 211.3	8,530.3 ± 663.5

두께를 고려한 조직감 그래프의 전체 면적으로 환산한 값은 7,002.9~9,295.7 g · cm²의 범위를 나타내었다. 본 실험에 사용하였던 중심합성 계획에 의해 설계되었던 2개의 독립 변수(X₁, X₂)와 종속변수인 밝기(L), 적색도(a), 황색도(b), 단무지의 경도(firmness) 및 경도와 단무지의 두께를 환산한 그래프의 면적과의 다중회귀 분석을 하였다(Table 4). 그 결과 조직감의 경도를 나타낸 값을 제외하고 2개의 독립변수와의 회귀 분석 결과 상관관계를 나타내는 R²값이 0.8이상이었으며, 특히 황색도를 나타내는 b값은 0.899의 R²값을 보였다. 또 단무지 제조 직후 개별 독립변수와 교차 분석중 0.05% 범위에서 유의적인 값으로 종속변수에 영향을 준 독립변수는 종속변수에 따라 약간의 차이가 있었는데, L값과 b값은

가열시간(X₂)이 유의적으로 독립변수에 영향을 주었고, a값, 경도 및 경도와 단무지 두께를 환산한 면적의 경우는 pH(X₁)가 독립변수에 유의적으로 영향을 끼쳤다. 또 Fig. 3은 제조된 단무지의 색도와 조직감과 독립 변수 간에 계산된 모델식 중 R²값이 0.8이상인 값을 반응표면 분석법으로 도식한 결과이다.

단무지 조미액의 pH가 낮을 경우 밝기를 나타내는 L값과 적색도를 나타내는 a값에 가열 시간의 영향이 거의 없었으나, 조미액 pH가 높을수록 가열시간이 증가함에 따라 L값은 약간 증가하고, a값은 약간 감소하는 추세였다(a, b). 반면에 황색도를 나타내는 b값의 경우 pH가 낮으면 가열시간이 증가하더라도 황색도에 상대적으로 크게 영향을 받지 않으나,

Table 4. Effects of pH and heating time on the values of regression coefficients calculated of salted radish root

Independent variables	Regression equation ¹⁾	R ²
L	= 80.72 - 10.13X ₁ - 1.15X ₂ + 0.902X ₁ ² + 0.222X ₁ X ₂ + 0.017X ₂ ²	0.793*
a	= -22.26 + 8.47X ₁ + 0.06X ₂ - 0.790X ₁ ² - 0.03X ₁ X ₂ + 0.003X ₂ ²	0.798*
b	= 25.62 - 6.04X ₁ - 0.86X ₂ + 0.487X ₁ ² + 0.175X ₁ X ₂ - 0.002X ₂ ²	0.899*
Firmness (g)	= -1865.1 - 1475.6X ₁ - 47.42X ₂ - 157.3X ₁ ² + 11.77X ₁ X ₂ - 0.131X ₂ ²	0.531
Area (g · cm ²)	= -14781 + 8949.93X ₁ - 102.38X ₂ - 886.36X ₁ ² + 44.28X ₁ X ₂ - 2.19X ₂ ²	0.805*

¹⁾X₁: pH, X₂: heating time. *Significant at p<0.05.

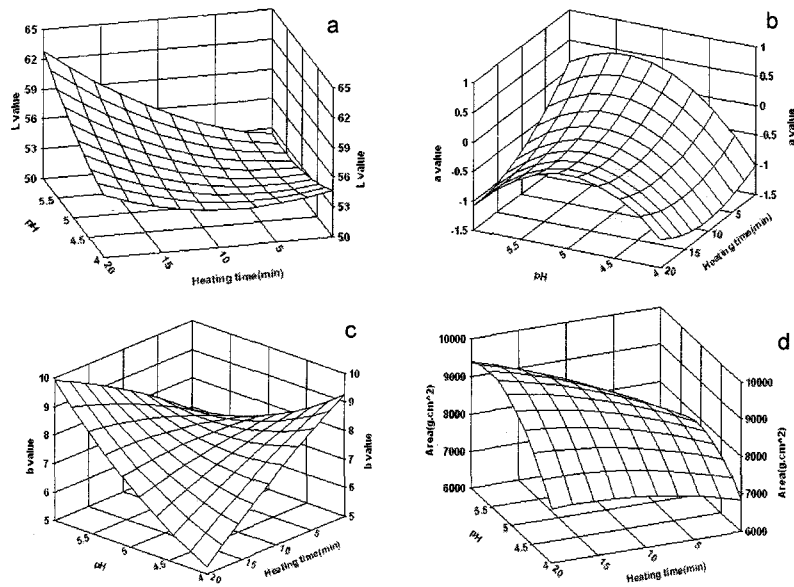


Fig. 3. Response surfaces on the color and textural properties of salted radish root according to pH and heating time.

pH가 높을 경우 가열시간이 증가하면 황색도가 급속하게 증가하는 경향이있다(c). 또 단무지의 경도와 두께를 환산한 그래프의 면적의 경우 pH가 낮을수록 가열 처리의 영향이 없었으나, pH가 높고, 가열처리 시간이 많을수록 면적 값이

증가하였다(d).

한편 Table 5는 제조된 단무지 저장 기간 및 온도별 색도와 조직감 측정을 조사한 결과이다. 색도는 제조 직후의 단무지의 L, a, b값이 43.43, 0.17, 9.35에서 저장 온도 0°C와

Table 5. Effects of storage conditions on the color values and textural properties of salted radish root

Storage periods (days)	Storage temp (°C)	Color value			Textural properties	
		L	a	b	Firmness (g)	Area (g · cm ²)
0	Control	43.43±0.17	0.17±0.10	9.35±0.25	1496.5±125.1	8080.7±392.8
10	0	43.43±0.17	0.16±0.10	9.35±0.31	1741.3±245.1	8592.1±770.2
	25	45.20±0.41	-0.15±0.09	11.46±0.09	2088.3±113.4	9922.3±392.8
	40	44.26±0.22	0.02±0.09	10.14±0.18	1320.3±255.4	6014.7±769.1
25	0	45.30±0.72	-0.66±0.55	10.99±1.40	1693.4±125.3	9677.0±381.5
	25	45.51±2.68	-0.90±0.31	9.88±0.39	1878.9±121.5	10124.0±884.2
	40	39.09±2.14	2.83±0.35	9.81±0.71	878.2±153.1	3524.9±606.3
35	0	45.01±1.27	-1.93±0.17	10.93±1.55	1700.1±251.5	7621.0±497.5
	25	43.58±0.67	0.19±0.39	8.82±1.35	1672.9±143.1	8171.5±403.5
	40	37.54±1.03	2.76±0.36	9.02±0.33	808.0±138.5	4305.2±287.3
45	0	42.06±1.05	-0.58±0.49	10.05±1.34	1706.1±91.5	9114.8±271.9
	25	42.69±0.79	0.13±0.14	8.38±0.52	1927.4±89.6	11189.0±520.9
	40	37.99±0.57	2.86±0.10	8.84±0.34	878.2±90.5	4322.9±394.1
55	0	43.96±0.71	-0.93±0.27	10.52±0.62	1615.2±86.6	7468.0±538.4
	25	42.33±1.52	0.96±0.43	8.03±1.03	1583.8±125.5	7815.3±275.7
	40	36.66±0.91	4.30±0.50	9.50±0.56	562.1±21.9	3503.4±527.3
80	0	48.11±0.51	-0.14±0.33	7.50±0.41	1662.6±241.1	7031.9±351.2
	25	48.82±0.39	-0.24±0.05	7.45±0.07	1542.3±134.5	6718.0±100.3
	40	36.93±0.29	5.75±0.19	12.81±0.20	148.4±45.3	871.9±35.3
100	0	44.52±0.44	-0.23±0.22	10.43±0.49	1843.7±241.1	7031.9±251.2
	25	44.70±0.67	-0.99±0.14	10.00±0.65	2050.4±341.5	6718.0±100.3
	40	35.93±0.29	6.75±0.19	13.81±0.21	191.1±32.2	885.96±93.1
120	0	44.52±0.44	-0.23±0.22	10.43±0.49	1811.3±133.1	8085.1±221.1
	25	44.70±0.67	-0.99±0.14	10.00±0.65	1811.3±252.1	8085.3±58.3
	40	-	-	-	-	-

25°C의 경우 저장 기간이 증가함에 따라 제조 직후와 크게 색도 차이가 없었으나, 저장온도 40°C에서는 저장 기간이 증가함에 따라 L값은 감소하고, a값은 급격하게 증가하였다. 또 단무지의 경도 값과 단무지의 경도와 두께를 환산한 그래프의 면적의 경우, 저장 온도 40°C에서는 급격하게 감소하여 저장 120일에는 단무지의 조직이 붕괴되어 조직감 측정이 불가능하였다. 이 결과는 Lee 등(23)의 염절입한 무의 경우 저장 온도가 증가할수록 탄성과 경도가 저하되었다는 결과와 유사하였다. Fig. 4a는 제조 직후의 단무지 색도 값을 대조구로 하여 저장 온도별, 저장 기간별 색도 변화를 조사한 결과로 0°C와 25°C에 저장한 단무지는 비교적 완만하게 색이 변하는 경향을 보였으나, 40°C 고온에서 저장한 단무지의 경우 급속도로 색변화가 있었다. 또 단무지의 경도를 나타내는 peak force의 경우(Fig. 4b) 색도 변화와 유사하게 0°C와 25°C저장 구는 제조 직후의 경도와 큰 차이가 없었으나, 40°C에서 저장한 시료는 저장 기간이 증가함에 따라 급속도로 경도가 감소하였다.

즉 2개의 독립 변수(X_1 , X_2)와 종속변수와 다중회귀 분석을 한 결과 가장 높은 값을 보인 것은 황색도를 나타내는 b값이었으며, 각 개별 독립변수와 교차 분석중 유의적인 값으로 황색도에 영향을 준 독립변수는 제조 직후에는 X_2 (가

열시간)였으나, 2차 교차 분석의 경우 X_1 (pH)과 X_2 (가열시간) 모두 영향을 주었고, 특히 저장온도 40°C 경우 색도와 경도 변화에 가장 큰 영향을 끼쳤다. 이상의 결과는 단무지의 특성인 낮은 pH, 열처리 및 가공 및 유통 중의 온도가 복합적으로 색도 및 단무지의 조직감에 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 본 결과는 단무지 제조 공장에서 실제 사용하는 조미액 성분과 열처리 방법 및 저장 및 유통 중의 가능한 온도 범위로 실험을 수행한 것으로 단무지의 고급화 및 품질 관리를 위하여 단계적이고, 지속적인 연구가 요구된다.

요 약

단무지 조미액 성분이 단무지 품질에 미치는 영향 조사와 단무지 조미액의 pH(X_1), 열처리 조건(X_2)의 영향 및 저장 온도와 기간별 단무지의 색도 및 조직감 변화를 조사하였다. 개별 단무지 조미액 성분이 단무지의 색도 및 경도 변화에 미치는 영향의 경우, 증류수 침지군을 기준으로 AD9(acetic acid) 침지군을 제외하고 AD3(polyphosphate), AD5(citric acid), AD2(malic acid)은 색도 변화와 단무지 연화를 지연시켰다. 반면에, AD1(potassium sorbate), AD7(succinic acid), AD8(MSG), AD6(saccharin)처리구는 색도 변화와 경도 감소를 가속화시켰다. 또 단무지 조미액과 열처리 조건의 영향은 중심합성 계획(central composite design)과 반응표면 분석법(response surface analysis)을 이용하여 분석하였다. 그 결과 독립 변수와 종속 변수의 상관 정도를 나타내는 R^2 값이 종속변수 경도 값을 제외하고 0.8이상이었으며, 특히 황색도를 나타내는 b값은 0.899을 나타내었다. 각 개별 독립변수와 교차 분석 결과 독립 변수인 X_1 (pH)과 X_2 (가열시간) 모두 단무지의 색도와 조직감 변화에 영향을 끼쳤다. 또 저장 온도의 경우, 40°C에서 저장한 단무지의 색도가 다른 온도에 저장한 시료에 비하여 저장기간이 증가함에 따라 급속한 색도 변화와 연화가 진행되었다.

감사의 글

이 연구는 2002년도 농림기술개발 사업 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. The Agricultural, Fishery and Livestock News. 2002. *Korea food yearbook*. p 590.
2. Ozawa Y, Uda Y, Kawakishi S. 1992. Oxidation product derived from a tetrahydro-β-carboline derivative, the yellowish precursor of processed radish root. *Biosci Biotech Biochem* 56: 144.
3. Maeda Y, Ozawa Y, Uda Y. 1982. Precursor of yellow substance in fresh radish root and some factors affecting the yellowing thereof (Studies on the yellowing mechanism

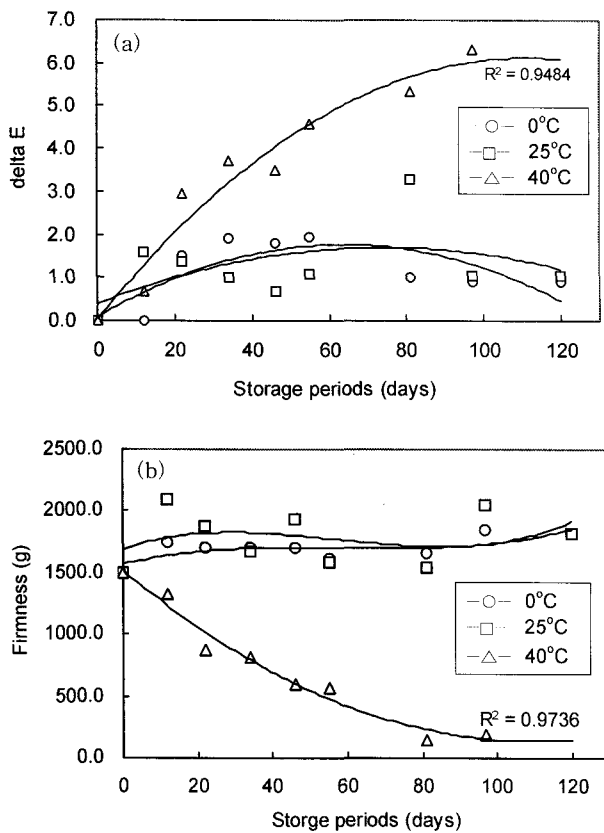


Fig. 4. Effects of storage temperature on the ΔE and firmness of salted radish root according to storage periods. $\Delta E = \{[(L_{\text{sample}} - L_{\text{standard}})^2 + (a_{\text{sample}} - a_{\text{standard}})^2 + (b_{\text{sample}} - b_{\text{standard}})^2]^{1/2}$.

- of salted radish pickle, part I). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 29: 522-528.
4. Ozawa Y, Uda Y, Kawakishi S. 1993. Effects of pH, metal ions and ascorbic acid on the formation of yellow pigments from tetrahydro- β -carboline derivative. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 40: 528-531.
 5. Ozawa Y, Uda Y, Kawakishi S. 1992. Formation of yellow pigment containing a β -carboline skeleton in salted radish roots and its properties. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 39: 490-495.
 6. Kitamura E, Kato S, Oshima S. 1981. Yellow pigments in salted radish. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 28: 325-327.
 7. Ozawa Y, Uda Y, Ohshima T, Saito K, Maeda Y. 1990. Formation of yellow pigment by the reaction of 4-methylthio-3butenyl isothiocyanate with L-ascorbic acid some dihydroxyphenolic compounds. *Agric Biol Chem* 54: 605-611.
 8. Uda Y, Ozawa Y, Ohshima T, Kawakishi S. 1990. Identification of enolated 2-thioxo-3-pyrrolidinecarbaldehyde, a new degradation product of 4-methylthio-3-butennyl isothiocyanate. *Agric Biol Chem* 54: 613-617.
 9. Kaneko K, Iwata M, Watanabe T, Maeda Y. 1983. Effect of added CaCl_2 on viscosity of radish root pectic-NaCl solution and its reaction mechanism. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 30: 579-584.
 10. Kaneko K, Kurosaka M, Maeda Y. 1983. Studies on the mechanism of pectic substance changes in the salted radish root. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 29: 611-617.
 11. Kato S, Kitamura E, Ohshima S. 1983. Storage of salted radish in nitrogen gas packaging system. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 30: 300-302.
 12. Kaneko K, Kurosaka M, Maeda Y. 1982. Textural properties of salted radish root and their changes during salting. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 29: 443-450.
 13. Okazaki T, Maeshige S, Suzuki K. 1997. Kinetic studies on softening of Japanese radish and β -elimination of citrus pectin during thermal process. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 44: 647-652.
 14. Kim BG, Hong KP, Park JY. 1998. Improvement in storage stability of Danmooji (salted radish) by high hydrostatic pressure and heat treatment. *Korean J Food Sci Technol* 30: 132-138.
 15. Yook C, Chang K, Park KH, Ahn SY. 1985. Pre-heating treatment for prevention of tissue softening of radish root Kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 17: 447-452.
 16. Manabe T. 1980. Studies on the firming mechanism of Japanese radish root by preheating treatment. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 27: 234-239.
 17. Cochran WG, Cox CM. 1957. *Experimental designs*. 2nd ed. Library of congress Catalog card No:57-5908, New York. p 376-378.
 18. Gacalar MC. 1993. *Design and analysis of sensory optimization*. Food & Nutrition press, Inc., Connecticut, USA.
 19. Hutchings JS. 1994. Instrumental specification. In *Food colour and appearance*. Blackie Academic & Professional, Bedford, UK. p 217-223.
 20. SAS Institute, Inc. 2003. *SAS/STAT User's Guide*. Version 8.2th ed. Cary, NC, USA.
 21. Dziezak JD. 1986. Preservatives; Antioxidants. *Food Technol* 40: 94-102.
 22. Sofos JN. 1986. Use of phosphates in low-sodium meat products. *Food Technol* 40: 52-69.
 23. Lee SI, Kim BY, Cho JS. 1992. A mechanical model for texture changes and rheological properties of radish during salting. *Korean J Food Sci Technol* 24: 335-340.

(2005년 8월 28일 접수; 2005년 11월 3일 채택)