

배추의 절임조건에 따른 관능적 특성 및 물성 변화

이명희[†] · 이기동 · 손광진* · 윤성란** · 김정숙*** · 권중호****

경북과학대학 첨단발효식품과, *우리들 식품(주)

경북과학대학 전통식품연구소, *계명문화대학 식품과학과, ****경북대학교 식품공학과

Changes in Organoleptic and Rheological Properties of Chinese Cabbage with Salting Condition

Myung-Hee Lee[†], Gee-Dong Lee, Kwang-Jin Son*, Sung-Ran Yoon**,
Jeong Sook Kim*** and Joong-Ho Kwon****

Dept. of Fermented Food, Kyungpook College of Science, Kyungpook 718-851, Korea

*Wooriduel Food Co.,

**Traditional Food Institute, Kyungpook College of Science, Kyungpook 718-851, Korea

***Dept. of Food Science, Keimyung College, Daegu 704-703, Korea

****Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

Salting conditions on organoleptic properties and rheology of Chinese cabbage were optimized and monitored by four-dimensional response surface methodology. Experimental conditions were decided in the ranges of salt concentration 8~12%, salting time 5~25 hr and salting temperature 5~15°C. The salted Chinese cabbage with experiment design was measured on organoleptic and physical properties. The organoleptic form of the salted Chinese cabbage showed maximum score in 11.28% of salt concentration, 9.75 hr of salting time and 12.81°C of salting temperature. The organoleptic taste was maximized in 11.19% of salt concentration, 11.38 hr of salting time and 13.58°C of salting temperature. The organoleptic mouth-feel was maximized in 11.24% of salt concentration, 11.71 hr of salting time and 13.57°C of salting temperature. The organoleptic palatability was maximized in 11.52% of salt concentration, 12.86 hr of salting time and 13.07°C of salting temperature. In rheological properties of salted Chinese cabbage, hardness and chewiness decreased with the increase of salt concentration.

Key words: salted Chinese cabbage, four-dimensional response surface, organoleptic properties, rheological properties, monitoring

서 론

급격한 과학기술과 산업기기의 발달에 따라 우리의 일상 은 안락함과 편리함 위주로 변해왔으며, 식생활 또한 현저하게 변화되어 왔다. 이러한 시대의 변화에도 불구하고 우리 조상들의 손맛인 김치는 우리 식탁에서 빼놓을 수 없는 우리의 자랑스런 전통발효식품이다. 배추김치는 배추를 주원료로 한 한국 고유의 야채류 발효식품으로서 그 독특한 맛으로 인하여 세계 여러 나라에서 관심이 높아지고 있으며, 김치를 공업적으로 생산하기 위한 가공방법의 연구가 계속되고 있다(1-3). 김치제조가 산업화되면서 가장 큰 문제점은 김치품질의 균일화와 신선도 유지기간의 연장에 있다. 김치는 채소를 소금에 절인 후 각종 부재료와 양념을 첨가하여 발효시킨 음식으로 배추를 소금으로 절이는 과정은 맛에 있어 매우 중요한 역할을 하고 있다(4).

소금은 배추의 표피와 접촉하여 일종의 탈수작용 또는 삼투작용을 일으키면서 내부로 확산되어 배추에 존재하는 대부분의 미생물 생육을 억제시키는 반면에 호염성 세균의 번식으로 인해 배추내에 김치숙성에 필요한 발효과정이 일어난다(5). 배추와 소금물이 접촉하면 배추 표피의 세포막 주 성분인 펙틴이 펙틴분해효소에 의하여 가수분해되면서 세포막이 파괴되는데, 이 부분을 통해 물에 잘 녹는 수용성 물질인 비타민 C, 당, 황함유 물질, 유리 아미노산 등이 배추 섬유질로부터 빠져 나온다. 따라서 절임과정을 통해 빠져 나오는 성분과 맛과의 관계를 잘 유지하여야 하기 때문에 절임은 배추의 맛을 좌우하는 중요한 공정이라 할 수 있다(6). 절임에 대한 보고로는 염농도에 따른 물김치(7), 무절임(8), 통배추 염절임(4) 및 Kim 등(9)의 보고에 의한 배추의 절임 중 lipoxigenase의 활성변화가 보고된 바 있다.

Kim 등(10)은 절임시 배추 내부로의 소금 침투속도에 대

[†]Corresponding author. E-mail: mhlee@create.kbcs.ac.kr
Phone: 82-54-972-9584, Fax: 82-54-972-9585

한 소금의 농도 및 절임온도의 영향을 보고하였으며, Lee 등 (11)의 연구에서는 절임시간에 따른 세포구조의 변화에 대하여 보고하였다. 김치의 품질은 크게 화학적, 물리적 및 관능적 품질로 구분될 수 있으며, 김치는 영양식품이라기보다는 식탁에서 맛을 돋구어 주는 부식임을 고려할 때 맛과 관계가 깊은 관능적 품질이 중요하다(12). 또한 절임시 부피 및 중량의 변화에 기인되는 물리적 성질은 배추의 텍스처 등의 품질 변화에 큰 영향을 미칠 뿐 아니라 여러 가지 응용면에서도 중요하다(13,14).

김치의 산업화를 위해서는 일차적으로 절임방법의 표준화가 시급하다. 배추의 절임방법이 표준화된다면 균일한 품질의 김치를 생산할 수 있을 것으로 사료된다. 배추의 절임에 미치는 요인들은 많지만 본 연구에서는 절임시 가장 중요한 영향인자인 소금농도, 절임시간 및 절임온도의 변화에 따른 관능적 특성 및 물성변화를 살펴보고자 SAS 및 mathematica program을 이용한 반응표면분석으로 모니터링하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 배추는 가을 결구배추로서 경북 칠곡에서 재배된 중량 2 kg 내외의 것을 선별하여 사용하였다. 소금은 천일염(염도 80%: (주) 신동방)을 사용하였다.

배추절임

절임은 수확된 배추의 겉잎을 제거하고 수돗물로 세척 후, 4등분하여 소금농도(8, 10, 12%), 절임시간(5, 10, 15, 20, 25 hr) 및 절임온도(5, 10, 15°C)를 달리하여 배추부게에 대한 10배의 염수를 가하여 절임하였으며, 절임된 배추는 흐르는 물에 씻어 물기를 제거한 후 실험에 사용하였다. 실험계획은 중심합성계획(15)에 따라 설계하였고, 반응표면 회귀분석을 위해서는 SAS(statistical analysis system) program을 사용하였다(16).

관능검사

절임배추의 관능평가는 3 cm의 길이로 절단하여 직경 15 cm의 흰색접시에 담아두고 9점 채점법(17)에 의해 배추의 절임조건에서 수축 및 변화된 상태인 외관, 소금의 짠맛 및 배추의 단맛 등의 종합적인 맛, 배추를 씹었을 때의 조직감 및 전반적인 기호도에 대한 평가를 실시하였다(1: 매우 좋지 않다, 3: 좋지 않다, 5: 보통이다, 7: 좋다, 9: 매우 좋다). 관능평가요원으로는 경북과학대학 전통식품연구소 연구원 중에서 본 실험에 흥미가 있고 차이 식별 능력을 갖춘 10명을 관능평가요원으로 선정하여, 이들에게 절임배추에 대한 평가 요령을 숙지시킨 뒤 실험계획법에 따라 관능검사를 실시하였다.

물성측정

절임배추의 물성은 rheometer(RT-3010D, FUDOH, Japan)를 이용하여 씹힘성(chewiness)과 견고성(hardness)를 측정하였다. 물성 측정시 사용된 rheometer의 load head는 2 kg, table speed는 6 cm/min이었으며, 시료의 크기는 가로 30 mm, 세로 25 mm, 높이 3 mm로 하여 절임배추의 물성을 측정하였다(10).

결과 및 고찰

관능적 특성 변화

김치는 소금의 첨가가 발효의 정도를 조절하는 중요한 요소로서 절이는 식염의 농도에 따라 맛, 미생물의 변화, 조직감 등이 크게 달라진다. 또한 소금은 숙성온도와 숙성기간에도 영향을 미치며, 숙성 중 생성되는 유기산의 양상에도 상당한 차이를 나타낸다(18). 즉 소금절임은 김치제조 공정 중 매우 중요한 공정이라 할 수 있으며, 김치의 품질과 관련된 많은 변화를 동반하게 된다. 배추의 소금 절임시 가장 중요한 영향을 미치는 소금의 농도, 절임시간 및 절임온도를 달리하면서 관능적 특성을 모니터링하고 최적의 절임조건을 찾은 후 조건별로 관능검사를 실시한 결과는 Table 1과 같다. 절임

Table 1. Experimental data on organoleptic properties of salted Chinese cabbage under different conditions based on central composite design for response surface analysis

Salting conditions			Organoleptic properties				Texture	
Concentration of salt (%)	Salting time (hr)	Salting temperature (°C)	Appearance	Taste	Mouth-feel	Overall palatability	Hardness ($\times 10^6$ dyn/cm ²)	Chewiness ($\times 10^6$ g)
8	10	5	3.33	3.00	3.17	3.33	10.12	6.75
8	10	15	3.67	3.67	3.67	2.67	9.95	6.42
8	20	5	5.33	4.67	4.33	4.67	8.98	5.92
8	20	15	4.33	4.00	4.17	4.33	8.59	5.68
10	15	10	5.00	4.67	5.17	5.00	6.12	3.13
10	15	10	5.33	5.67	5.00	5.33	6.11	3.12
10	5	10	3.33	3.33	3.33	2.67	7.25	4.23
10	25	10	2.67	2.67	2.17	3.67	5.20	2.52
12	10	5	4.67	4.33	3.83	4.33	3.12	1.46
12	10	15	6.67	7.00	7.50	7.33	2.38	1.25
12	20	5	4.33	3.67	3.83	4.33	0.89	0.96
12	20	15	4.33	3.67	4.00	4.67	0.81	0.19

배추를 가지고 관능검사를 실시한 결과 외관은 2.67~6.67, 맛은 2.67~7.00, 조직감은 2.17~7.50 및 전반적인 기호도는 2.67~7.33 사이로 나타났다. 절임 배추의 외관, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도에 대한 R²는 각각 0.8504, 0.9528, 0.9455, 및 0.9241로, 유의성은 5% 이내에서 인정되지 않았다(Table 2).

절임배추의 외관에 대한 관능적 특성을 반응표면으로 나타낸 결과는 Fig. 1과 같다. 소금의 농도가 증가하고 절임시간이 짧으며 절임온도가 낮을수록 외관에 있어서 높은 관능평점을 나타내었다. 외관에 있어 가장 높은 관능평점을 나타낸 조건은 소금의 농도 11.28%, 절임시간 9.75 hr 및 절임온도 12.81°C였으며, 최소의 관능평점을 나타낸 조건은 소금의 농도 10.54%, 절임시간 24.51 hr 및 절임온도 10.76°C였다 (Table 4). 관능평가시 절임배추의 외관에 가장 많은 영향을 주는 것은 절임시간, 소금농도, 절임온도 순이었다(Table 3).

맛에 대한 반응표면은 Fig. 2와 같으며 절임 배추의 외관과 비슷하게 소금의 농도가 증가하고 절임시간이 짧으며 절임온도가 낮을수록 높은 관능평점을 나타내었다. 맛에 가장 영향을 주는 인자는 절임시간, 소금농도, 절임온도 순으로(Table 3) 절임시간이 맛에 가장 큰 영향을 주었다. 소금의 절임농도가 높더라도 짧은시간에 절임이 이루어지면 관능적으로 가장 우수한 맛을 가지는 절임이 됨을 알 수 있었다. 관능적 맛에 있어 가장 높은 관능평점을 나타낸 조건은 소금의 농도 11.19%, 절임시간 11.38 hr 및 절임온도 13.58°C였으며, 최소의 관능평점을 나타낸 조건은 소금의 농도 10.45%, 절임시간 24.69 hr 및 절임온도 10.54°C로 관능평가시 외관과 유사한 최대 및 최소의 관능평점을 나타내었다(Table 4). 배추의 절임시 풀냄새의 원인이 되는 lipoxigenase의 활성이 소금농도의 증가에 따라 실효정도가 증가하는데, 이는 절이는 과정에서 세포벽 등이 삼투압에 의해 파괴되고 이로 인하여 효소

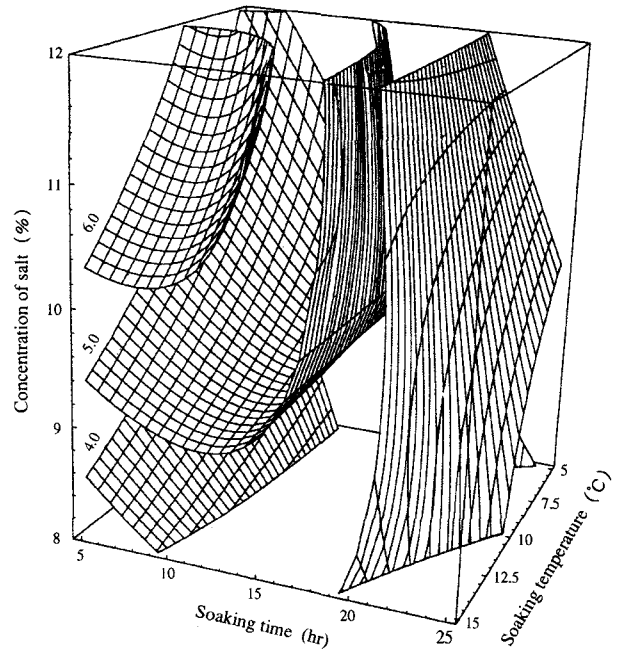


Fig. 1. Response surface for sensory scores in appearance of salted Chinese cabbage at constant values (sensory score : 4.0-5.0-6.0) as a function of concentration of salt, salting time and salting temperature.

가 직접 소금물에 노출되기 때문인 것으로 보고(9)되고 있으며, 배추의 절임시 소금농도는 풀냄새를 제거하는 공정에 기여하므로 높은 소금농도에서 짧은시간 절임을 하더라도 관능적 품질이 높게 평가되리라 사료된다.

조직감에 대한 반응표면도 외관과 맛의 반응표면과 유사한 경향을 나타내었다(Fig. 3). 조직감에 대한 반응표면은 안장점의 형태를 나타내고 있으며 소금의 농도와 절임시간에

Table 2. Polynomial equation calculated by RSM program for processing of salted Chinese cabbage

Responses	Polynomial equation ¹⁾	R ²	Significance
Organoleptic appearance	$Y = -15.35125 + 2.333750X_1 + 1.117250X_2 - 0.048500X_3 - 0.072812X_1^2 - 0.066750X_1X_2 - 0.011650X_2^2 + 0.033250X_1X_3 - 0.016700X_2X_3$	0.8504	0.2879
Organoleptic taste	$Y = -22.148125 + 2.878750X_1 + 1.558875X_2 + 0.033750X_3 - 0.094063X_1^2 - 0.074875X_1X_2 - 0.0217X_2^2 + 0.033375X_1X_3 - 0.020050X_2X_3$	0.9528	0.0617
Organoleptic mouth-feel	$Y = -15.96 + 1.7125X_1 + 1.5015X_2 - 0.0210X_3 - 0.047188X_1^2 + 0.06450X_1X_2 - 0.0233350X_2^2 + 0.043750X_1X_3 - 0.020800X_2X_3$	0.9455	0.0757
Organoleptic palatability	$Y = -16.046250 + 1.91625X_1 + 1.452250X_2 - 0.30850X_3 - 0.052188X_1^2 - 0.070750X_1X_2 - 0.019950X_2^2 + 0.054250X_1X_3 - 0.0117X_2X_3$	0.9241	0.1194
Hardness	$Y = 11.812500 + 1.061250X_1 - 0.022500X_2 - 0.035000X_3 - 0.134375X_1^2 - 0.016250X_1X_2 + 0.001100X_2^2 - 0.003250X_1X_3 + 0.002200X_2X_3$	0.9968	0.0012
Chewiness	$Y = 27.306875 - 3.213750X_1 - 0.134625X_2 + 0.07750X_3 + 0.097813X_1^2 + 0.000125X_1X_2 + 0.002500X_2^2 - 0.005125X_1X_3 - 0.002350X_2X_3$	0.9990	0.0002

¹⁾X₁: Concentration of salt (%), X₂: Salting time (hr), X₃: Salting temperature (°C).

Table 3. Analysis of variables for regression model of organoleptic and physical properties in preparation of salted Chinese cabbage

Preparation conditions	Organoleptic properties				Texture	
	Appearance	Taste	Mouth-feel	Overall palatability	Hardness	Chewiness
Concentration of salt (%)	2.428	7.094*	4.892	5.870*	219.2***	710.10***
Salting time (hr)	3.258	11.902**	8.697*	5.056	13.161**	35.766***
Salting temperature (°C)	1.343	5.062	5.668*	2.785	0.678	6.004*

*Significant at 10% level; **Significant at 5% level; ***Significant at 1% level.

Table 4. Predicted level of optimum condition for the organoleptic properties in preparation of salted Chinese cabbage by the ridge analysis

Preparation condition	Organoleptic properties								Texture			
	Appearance		Taste		Mouth-feel		Overall palatability		Hardness		Chewiness	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Concentration of salt (%)	10.54	11.28	10.45	11.19	10.30	11.24	9.16	11.52	11.91	8.15	11.87	8.08
Salting time (hr)	24.51	9.75	24.69	11.38	24.86	11.71	5.98	12.86	17.98	11.25	18.30	12.28
Salting temperature (°C)	10.76	12.81	10.54	13.58	10.40	13.57	9.41	13.07	10.17	9.68	10.69	9.84
Estimated response	3.14	6.25	2.42	6.11	2.15	6.30	2.35	6.17	1.52	9.58	0.74	6.25
Morphology	Saddle point		Saddle point		Saddle point		Saddle point		Saddle point		Saddle point	

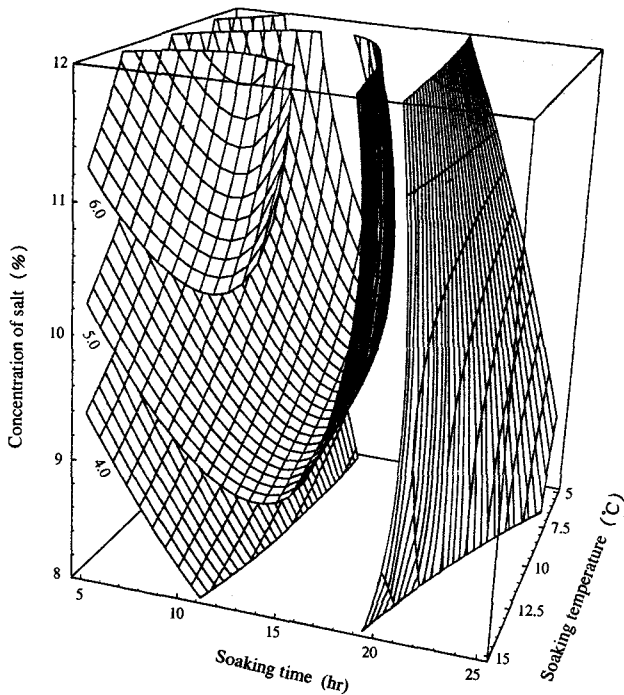


Fig. 2. Response surface for sensory scores in taste of salted Chinese cabbage at constant values (sensory score : 4.0-5.0-6.0) as a function of concentration of salt, salting time and salting temperature.

따라 관능적인 기호도가 비례적으로 변화하였다. 절임시 변수 요인인 소금농도, 절임시간 및 절임온도 중 절임시간에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다(Table 3). 관능적인 조직감에 대한 최대의 관능평점을 나타낸 조건은 소금의 농도, 절임시간 및 절임온도가 각각 11.24%, 11.71 hr 및 13.57°C였으며, 최소의 관능평점을 나타낸 조건은 10.30%, 24.86 hr 및 10.40

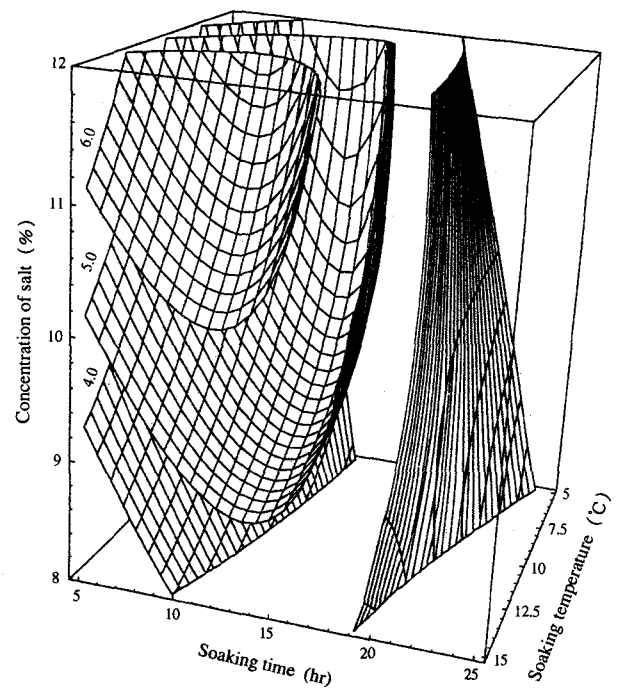


Fig. 3. Response surface for sensory scores in mouth-feel of salted Chinese cabbage at constant values (sensory score : 4.0-5.0-6.0) as a function of concentration of salt, salting time and salting temperature.

°C였다. 염장에 의하여 부피 및 중량의 변화는 세포구조의 변화를 동반함으로써 조직감에 크게 영향을 미치고 관능적인 품질에도 영향을 미친다. Yoo 등(19)의 보고에서 야채류를 염절입할 때 조직감의 변화는 펙틴의 에스텔화 정도와 펙틴의 용해성의 차이에 기인한다고 하였다. 즉 배추의 절임시 소금의 농도, 절임시간 및 절임온도에 따라 펙틴질이 변화하

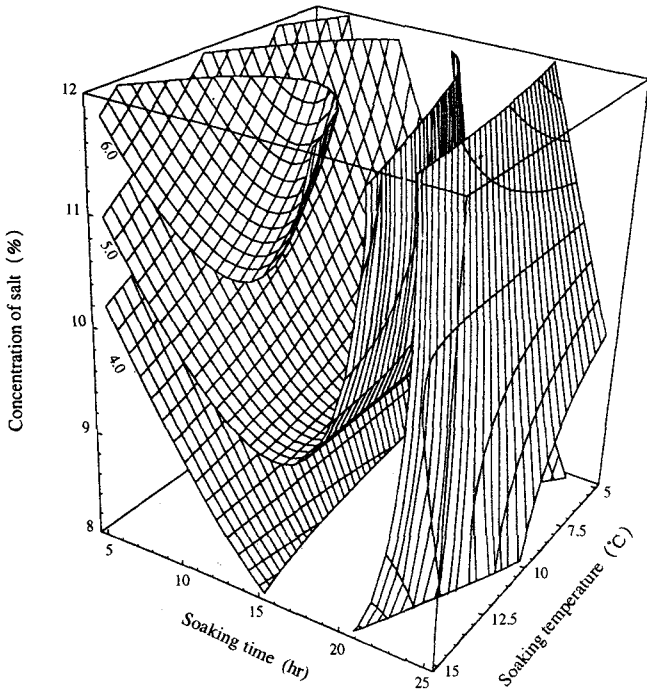


Fig. 4. Response surface for sensory scores in overall palatability of salted Chinese cabbage at constant values (sensory score : 4.0-5.0-6.0) as a function of concentration of salt, salting time and salting temperature.

고 그에 따라 조직감이 변화함으로 관능적인 특성에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

전반적인 기호도에 대한 반응표면은 Fig. 4와 같으며, 이는 앞서 설명한 관능적 품질과 유사한 형태를 나타내었다. 즉 소금의 농도가 증가할수록 절임시간 및 절임온도가 짧을수록 높은 관능평점을 나타내었다. 전반적인 기호도에 영향을 주는 인자로는 소금의 농도 및 절임시간으로 나타났다(Table 3). 전반적인 기호도에서 최대의 관능평점을 나타내는 조건은 소금의 농도, 절임시간 및 절임온도가 각각 11.52%, 12.86 hr 및 13.07°C였으며, 최소의 관능평점을 나타낸 조건은 9.16%, 5.98 hr 및 9.41°C였다(Table 4).

물리적 특성 변화

김치의 품질요소는 향미와 즙액이 많이 느껴지면서 아삭아삭한 감촉을 주는 상쾌한 조직감으로 특징지을 수 있다. 절임조건에 따른 배추의 조직감을 알아보기 위해 견고성(hardness)과 씹힘성(chewiness)을 조사해 본 결과 Table 1과 같았다. 견고성의 경우 R²는 0.9968이었고 유의성이 1% 이내에서 인정되었으며, 씹힘성의 R²는 0.9990로 유의성은 견고성과 동일하게 1% 이내에서 인정되었다(Table 2). 물성측정시 견고성은 소금의 농도, 절임시간 및 온도에 따라 변화하였는데, 견고성은 소금의 농도에 가장 많은 영향을 받았으며, 절임온도 및 절임시간은 소금의 농도에 비해 영향을 덜 받았다(Table 3). 견고성에 대한 반응표면은 Fig. 5에 나타나 있는 것처럼 소금의 농도가 높아질수록 견고성은 낮아지는

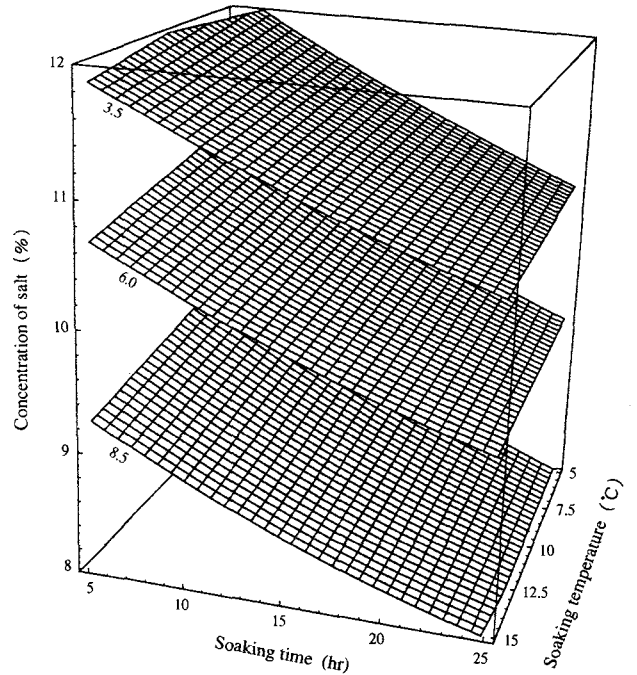


Fig. 5. Response surface for hardness of salted Chinese cabbage at constant values (hardness : 3.5-6.0-8.5 × 10⁶ dyn/cm²) as a function of concentration of salt, salting time and salting temperature.

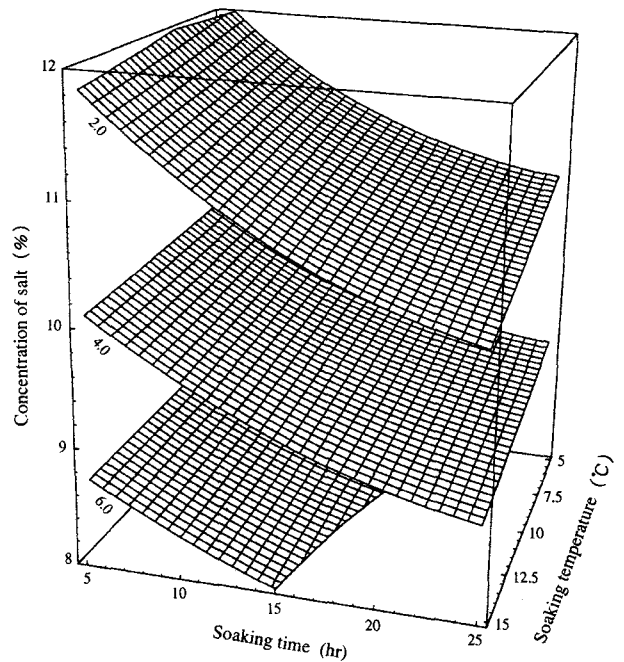


Fig. 6. Response surface for chewiness of salted Chinese cabbage at constant values (chewiness: 2.0-4.0-6.0 × 10⁶ g) as a function of concentration of salt, salting time and salting temperature.

경향이 나타났는데, 이는 소금농도가 증가할수록 세포 외부의 삼투압이 높아 세포내의 수분이 탈수되면서 원형질 분리와 원형질막 파괴에 따라 세포내액이 용액 중으로 급속히 유실되므로 급격한 중량감소에 의한 영향으로 사료된다(5). 견

고성이 가장 낮게 나타난 조건은 소금의 농도, 절입시간 및 절입온도가 각각 11.90%, 17.98 hr 및 10.17°C였으며 견고성이 가장 높게 나타난 조건은 소금의 농도 8.15%, 절입시간 11.25 hr 및 절입온도 9.68°C였다(Table 4). 씹힘성에 대한 반응표면은 Fig. 6에서처럼 견고성과 유사하게 소금의 농도가 증가할수록 값이 낮아지는 경향이였다. 씹힘성은 소금의 농도에 가장 영향을 많이 받고 절입시간, 절입온도의 순으로 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 3). 씹힘성의 최소값을 나타낸 조건은 소금의 농도 11.86%, 절입시간 18.29 hr 및 절입온도 10.69°C였고, 최대값을 나타낸 조건은 소금의 농도 8.07%, 절입시간 12.28 hr 및 절입온도 9.83°C였다(Table 4). Lee와 Park(20)은 한국인의 조직감 용어 표현에 관한 연구에서 김치의 조직감이 품질을 결정하는 중요한 요소임을 확인한 바 있다. 김치의 주요 조직감 표현용어 중 연한, 호물호물한, 아삭아삭한, 질긴, 말랑말랑한, 뽀뽀한 등이었고, 이것을 물성학적 개념으로 표현하여 견고성(hardness)과 씹히는 성질(chewiness), 깨어지는 성질(crispiness) 등으로 표현하였다.

요 약

절입은 배추의 맛을 결정하는 중요한 공정이므로 배추의 소금 절입시 가장 중요한 영향인자인 소금농도, 절입시간 및 절입온도에 따른 관능적 특성 및 물리적 특성에 대하여 반응표면분석을 실시하였다. 절입배추의 외관에 대한 관능평점은 소금농도 11.28%, 절입시간 9.75 hr 및 절입온도 12.81°C에서 가장 높았으며, 맛에 대한 관능평점은 소금농도 11.19%, 절입 시간 11.38 hr 및 절입온도 13.58°C에서 가장 높게 나타났다. 조직감에 대한 관능평점은 소금농도 11.24%, 절입시간 11.71 hr, 절입온도 13.57°C에서 가장 높게 나타났으며, 전반적인 기호도에서는 소금농도 11.52%, 절입시간 12.86 hr, 절입온도 13.07°C에서 가장 높은 관능평점을 나타내었다. 물리적 특성으로 견고성과 씹힘성은 소금의 농도가 증가할수록 값이 낮아지는 경향을 보였으며 소금의 농도에 가장 영향을 많이 받고 절입시간, 절입온도의 순으로 영향을 받는 것으로 나타났다.

문 헌

- Choi SY. 1991. The present condition of kimchi industry. *Korean J Dietary Culture* 6: 527-536.
- Park WP, Ahn DS, Lee DS. 1997. Comparison of quality characteristics of whole and sliced kimchi at different fermentation temperatures. *Korean J Food Sci Technol* 29: 784-789.
- Kim GH, Kang JK, Park HW. 2000. Quality maintenance of minimally processed Chinese cabbage for kimchi preparation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 218-223.
- Han KY, Noh BS. 1996. Characterization of Chinese cabbage during soaking in sodium chloride solution. *Korean J Food Sci Technol* 28: 707-713.
- Kim JB, Yoo MS, Cho HY, Choi DW, Pyun YR. 1990. Changes in physical characteristics of Chinese cabbage during salting and blanching. *Korean J Food Sci Technol* 22: 445-450.
- Jo JS. 2000. *The study of kimchi*. Yurim Munhwasa, Seoul, Korea.
- Oh JY, Hahn YS. 1999. Effect of NaCl concentration and fermentation temperature on the quality of mul-kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 31: 421-426.
- Kim MR, Park HY, Chun BM. 2001. Characteristics of Kakdugi radish cube by autumn cultivates during salting. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 25-31.
- Kim DK, Han KY, Noh BS. 1997. Change of lipoxygenase activity in Chinese cabbage submerged in brines. *Korean J Food Sci Technol* 29: 576-580.
- Kim WJ, Ku KH, Cho HO. 1988. Changes in some physical properties of kimchi during salting and fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 20: 483-487.
- Lee CH, Hwang IJ, Kim JK. 1988. Macro- and microstructure of Chinese cabbage leaves and their texture measurements. *Korean J Food Sci Technol* 20: 742-748.
- Ku KH, Kang KO, Kim WJ. 1988. Some quality changes during fermentation of kimchi. *Korean J Food Sci Technol* 20: 476-482.
- Kwon TW. 1977. The study on the storage of kimchi. KAIST Report BSI 227-926-5.
- Lee CH, Hwang IJ. 1988. Comparison of cutting and compression tests for the texture measurement of Chinese cabbage leaves. *Korean J Food Sci Technol* 20: 749-754.
- Motycka RR, Devor RE, Bechtel PJ. 1992. Response surface methodology. *J Food Sci* 57: 190-196.
- SAS institute Inc. 1990. SAS User's Guide Version 6. 4th ed. SAS institute Inc. Vol 2, p 1457-1478.
- Lee GD, Jeong YJ. 1999. Optimization on organoleptic properties of red pepper jam by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1269-1274.
- Lee JM, Kim HJ. 1994. A study on the standardization method of brining conditions and storage day in the preparation of traditional Chinese whole cabbage kimchi. *Korean J Dietary Culture* 9: 87-93.
- Yoo MS, Kim JB, Pyun YR. 1991. Changes in tissue structure and pectins of Chinese cabbage during salting and heating. *Korean J Food Sci Technol* 23: 420-427.
- Lee CH, Park SH. 1982. Studies on the texture describing terms of Korean. *Korean J Food Sci Technol* 14: 21-28.

(2001년 12월 19일 접수; 2002년 5월 13일 채택)