KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 26, No. 3, pp. 199~203(1994)

냉장고를 이용한 김치발효 및 저장 제어시스템의 개발

고용덕* · 김흥재* · 전성식 · 성낙계
*(주)금성사 생활시스템연구소, 경상대학교 식품공학과

Development of Control System for *Kimchi* Fermentation and Storage Using Refrigerator

Yong-Duck Ko*, Heung-Jae Kim*, Sung-Sik Chun and Nack-Kie Sung
*GoldStar Co., Changwon, Korea
Department of Food Science and Technology, Gyeongsang National University

Abstract

Software for refrigerator capable of both rapid fermentation and suitable storage of *Kimchi* was developed and its performance was investigated. Refrigerator system consists of an insulated fermentation room, heater, damper for the control of outer cold air and two sensors for recognizing temperature of heater and fermentation room, which control temperature and time period of affecting *Kimchi* fermentation. Effects of fermentation at different NaCl concentration and three fermentation function keys were studied; At key I, time which was elapsed to edible ripening state, pH 4.5 and total acid 0.6%, was about 3~4, 4~5 and 11~12 days, respectively. At key II, time was about 2~3, 3~4, and 10~11 days, and at key III, about 2, 3 and 9~10 days, respectively. Effect of storage at three fermentation function keys was all maintained to the level of a palatable pH range until 14 days. Sensory evaluation of *Kimchi* showed also significant difference in a taste.

Key words: *Kimchi* fermentation and storage, software program, fermentation key, refrigerator

서 론

김치는 우리 식탁에서 필수적인 독특한 식품으로서 채소에 젓갈과 양념, 향신료를 가미한 특수 발효식품이다. 특히 우리나라 김치는 중국의 淹菜, 일본의 漬物, 서양의 오이 pickle, sauerkraut 등의 발효식품에서는 볼 수 없는 채소 특유의 신선한 맛과 영양성분이 보유되고 여기에 유기산류가 조화롭게 생성되어 상쾌한 맛과 특유한 발효취를 나타내는 독특한 식품이라 할 수 있다[1].

지금까지 김치발효 및 저장에 관한 연구는 주로 고정된 온도에서 발효 또는 저장에 대해서만 진행되었고 최적 발효 및 저장조건이 제시되어 발효 및 저장제어의 가능성이 시사되었다[2-6]. 김[7]과 송[8]은 컴퓨터를 장착한 특수 냉장고에서 발효시킨 후 자동으로 온도를 낮추어 저장할 수 있는 획기적인 김치제조 및 저장용 냉장고를 개발하여 김치발효 및 저장실험을 보고한 바 있다. 그러나 김치발효가 5~8℃에서 이루어지게 되어 있어 최적 숙성기에 이르는 시간이 연장되어 발효온도의 수정이 요구되는 단점을 가지고 있다.

한편, 산업화로 인한 주부들의 사회참여의 기회증가로 김치의 시장구입이 늘어나고 있다. 이것은 시판되고 있는 일반 김치는 부재료의 다양성 결여로 소비자의 기호도 반영 및 가정에서 식이하는 김장 김치맛을 부여하기가 어렵기 때문이다. 또한 김치는 담그는 시기에 따라 김치의 품온이 달라지기 때문에 숙성정도와 맛이 달라지고 식염농도에 의해서도 많은 영향을 받는다[5]. 그러나 일반 가정에서 식염농도는 담글때 조정이 가능하나 김치의 품온은 일정하게 맞추기가 어려워 기온차가 심한 우리나라의 기후조건에 비추어 볼때 사계절에 따라 일정한 김치맛을 유지하기가 쉽지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 고유 전통발효식품인 김치를 계절에 관계없이 일정한 김치맛을 갖도록 외기온도를 감지하여 김치의 품온을 추론한 다음 보다 빨리 김치를 숙성시켜 장기간 저장할 수 있는 자동 제어시스템을 개발하여 식품을 저온 및 동결상태로 유지시킴으로써 식품의 신선도 연장을 주기능으로서 사용되어 오던 기존의 냉장고에 도입하여 김치의 조기숙성 및 저장효과에 대해 연구한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

김치 발효실 및 제어장치

Corresponding author: Nack-Kie Sung, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Gyeongsang National University, Chinju 660-701, Korea

김치발효에 관여하는 미생물의 생육은 온도와 시간의 변수에 의해 많은 영향을 받고 있기 때문에[2,5,9] 항온상태를 유지하여야 한다. 따라서 냉장고 내부는 단열상태가 되어야 한다. 그리고 계절에 관계없이 일정한 김장 김치맛을 느낄 수 있게 하고 소비자의 김치맛 선호도를 고려하여 김치의 발효 정도를 달리할 수 있도록 냉장고 외부 상단에 외기온도를 감지하는 온도센서, 김치발효 및 저장실에 발열히터와 냉기조절 damper를 설치하는 한편, 김치발효 및 저장 전환이 될 수 있도록 히터감지용 센서 및 발효실 감지용 센서를 벽면에 설치하였다. Fig. 1과 Table 1은 김치 발효실의 구조와 규격을 나타낸 것이고 Fig. 2는 김치발효 제어 micom 블록도를 나타낸 것이다.

Fig. 3은 외기온도 감지용 센서에 의한 김치의 품온을 간접적으로 유추하므로써 발효 및 저장 key에 따른 발효온도 및 시간을 조절할 수 있도록 하기 위한 김치 발효조절 개념도이다.

김치의 제조

원료배추는 진주 중앙시장에서 결구배추를 구입하여 사용하였고, 김치담금을 위한 재료의 배합비는 배추 100 g, 고추 2.5g, 마늘 2g, 파 2g, 생강 0.8g, 젓갈 2g으로 하였다.

염농도 2%, 3% 및 5%인 김치를 동시에 제조하기 위하여 약 4×4 cm 정도의 크기로 자른 배추를 염농도 2%인 시험구는 10% 소금물에 약 1.5시간, 염농도 3%인 시험구는 15% 소금물에 약 2.5시간, 염농도 5%인 시험구는 20% 소금물에 약 3.5시간 절였다. 일정시간 절인 뒤 수세하고 바구니에 받혀 약 30분 정도 물을 뺀 다음, 그 중 일부를 마쇄하여 디지탈 염도계(Merbabu NS-39, Japan)로써 염농도를 측정하였으며, 부족한 농도만큼은 식염을 보충하여 염농도가 각각 2%, 3% 및 5%인 김치를 제조하였다.

pH 및 산도 측정

시료 김치를 마쇄한 후 여과하여 pH 및 산도를 측정하였다. pH는 여과액을 pH meter(Good digital pH meter, Model 2002)로 측정하였고, 산도는 여과액 20 ml을 취하여 0.1 N NaOH로 pH 8.2까지 적정한 다음 이때 소비된 0.1 N NaOH의 부피를 이용하여 젖산으로 환산하여 표시하였다[10].

총균수 및 젖산균수의 측정

김치액 1 ml을 취하여 0.85% 생리식염수로 적절히 희석한 다음 총균은 nutrient agar 배지에 평판수가법으로 도말하여 30℃에서 24~28시간 배양한 후 나타나는 colony 수를 계산하였고, 젖산균수는 MRS 한천배지[11]에 총균수 측정시와 동일한 방법으로 접종·배양하여 계수하였다.

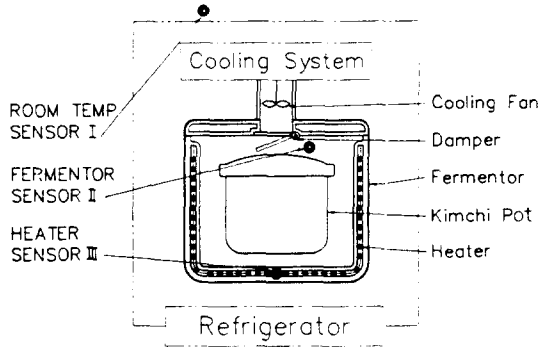

Fig. 1. Structure of *Kimchi* fermentation system

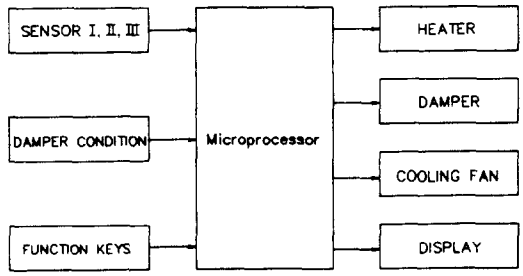

Fig. 2. Block diagram of control system for *Kimchi* fermentation

Table 1. Specification of *Kimchi* fermenter

Part	Specification	Remarks
Micom	TMP 47C860N (Toshiba)	4 bit
Thermistor	NBM-K43-G2 (Shibaura)	R=30.00 kΩ±5% (0℃) R=10.74 kΩ±5% (25℃) B constant=345 K±2%
Heater	Plate type	22 W/220 V
Damper	One motor Two flap	AC 220 V
Cooling fan	Φ 100 mm, 4 blade	300 rpm
Kimchi pot	Polypropylene	225×225×210 (mm)
Fermenter	Polystyrene	Nonflammable 330×390×230 (mm)

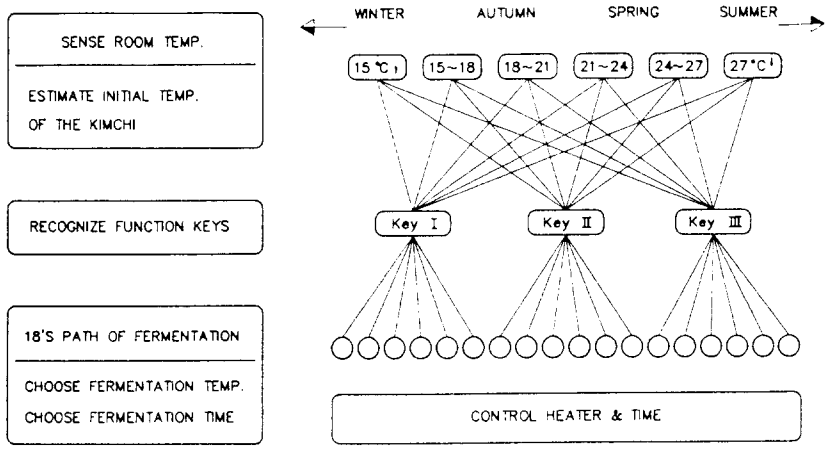

Fig. 3. Control concept of *Kimchi* fermentation

환원당 측정

환원당 측정은 발효성당의 감소정도를 알아보기 위해 dinitrosalicylic acid(DNS)법[12]으로 측정하였다. 즉, 50배 희석한 시료 1 ml에 DNS 시약 3 ml을 가하여 비등·냉각시키고 550 nm에서 흡광도를 측정하여 환원당 함량을 산출하였다.

관능검사

관능검사는 매일 오후 2~4시에 제공하여 동일 조건에서 시식하게 하여 실시하였다. 특히, 소비자들의 기호도를 고려하여 아주 싱겁거나 신 김치를 좋아하는 사람을 제외한 10명을 검사요원으로 선정하여 맛, 향, 색택 및 조직감에 대하여 5점 판정법으로 검사하였다. 즉, 5: 아주 좋다, 4: 좋다, 3: 보통이다, 2: 나쁘다, 1: 매우 나쁘다로 하여 평가한 후 그 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

온도센서와 디지탈값과의 상관관계

Fig. 2의 회로를 이용하여 온도변화에 따른 입력전압을 Fig. 3의 프로그램으로 입력시킨 결과, 온도에 대한 micom의 디지탈 출력값과의 상관관계(R=0.9759)를 아래 식과 같이 얻을 수 있었다.

$$T(℃) = -2.1516D + 61.2037$$

여기서 T는 변환시킨 온도이고 D는 디지탈값이다. 즉, 김치발효 및 저장 선택 3단계 key별 발효온도 및 시간의 결정은 외기온도 감지센서, 숙성실 감지센서 및 히터감지센서에서의 계측신호를 A/D변환 등을 통해 정격전압 범위로 가공하여 micom에 입력시킨 후 조절할 수 있었다.

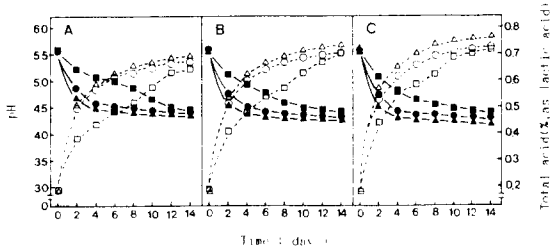

Fig. 4. Effect of *Kimchi* fermentation and storage at key I(A), key II(B) and key III(C)

pH	NaCl	Total acid
—▲—	2%	--△--
—●—	3%	--○--
—■—	5%	--□--

발효 key 및 식염농도에 따른 김치발효 및 저장효과

김치의 발효 및 저장은 여러가지 요인에 의하여 영향을 받으나[13,14], 온도와 염농도에 의한 것이 가장 크다. 따라서 본 연구에서는 소비자의 김치 기호도를 고려하여 발효 및 저장선택 key를 I, II, III으로 구분하였다. 즉 key I은 풋맛, key II는 김장맛, key III은 익은맛에 가까운 김치의 발효 및 저장을 위하여 발효 최대온도를 약간씩 높게 프로그램을 입력시킨 다음 식염농도에 따른 김치발효 및 저장효과를 조사하였다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 발효온도가 높을수록, 그리고 식염농도가 낮을수록 발효가 빨리 진행됨을 알 수 있었는데 이것은 민과 권[2]과 김과 이[15]의 연구결과와 일치하였다. 즉, key I에서는 식염농도 2%, 3% 및 5%의 경우 민과 권[2]과 최 등[5]이 보고한 김치의 적숙기에 해당하는 pH 4.5, 산도 0.6%에 이르는데 각각 약 3~4일, 4~5일 및 11~12일, key II에서는 약 2~3일, 3~4일 및 10~11일, 그리고 key III에서는 약 2일, 3일 및 9~10

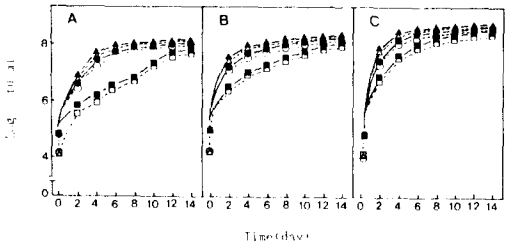

Fig. 5. Microbial changes during *Kimchi* fermentation and storage at key I(A), key II(B) and key III(C)

Total cell —▲— —●— —■—
NaCl 2% 3% 5%
Lactic bacteria --△-- --○-- --□--

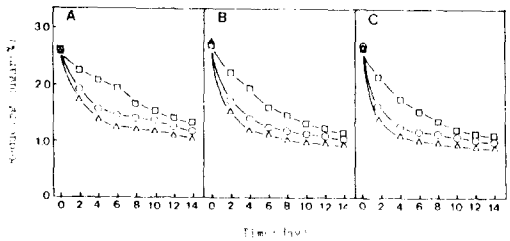

Fig. 6. Changes of reducing sugar content during *Kimchi* fermentation and storage at key I(A), key II(B) and key III(C)

NaCl; —△— 2%, —○— 3%, —□— 5%

Table 2. Sensory evaluation of *Kimchi* fermented and stored at key I(A), key II(B) and key III(C)

Time	NaCl	Taste			Flavor			Texture		
(day)	(%)	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	2	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	4.2	4.2	4.2
0	3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	4.2	4.2	4.2
	5	2.4	2.4	2.4	2.8	2.8	2.8	4.1	4.1	4.1
	2	3.4	3.5	3.6	3.0	3.0	3.1	3.4	3.3	3.2
2	3	3.4	3.6	3.7	3.0	3.2	3.3	3.6	3.4	3.3
	5	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	3.9	3.8	3.7
	2	3.7	3.8	3.8	3.2	3.3	3.3	3.3	3.2	3.1
4	3	3.9	4.0	4.1	3.3	3.5	3.5	3.5	3.3	3.2
	5	2.9	3.1	3.2	2.9	3.0	3.2	3.7	3.6	3.4
	2	3.8	3.9	4.0	3.3	3.4	3.5	3.2	3.0	3.0
6	3	4.0	4.1	4.1	3.4	3.5	3.7	3.4	3.2	3.1
	5	3.0	3.3	3.4	3.1	3.2	3.3	3.5	3.4	3.1
	2	3.8	3.9	4.1	3.4	3.5	3.7	3.1	3.0	3.0
8	3	4.1	4.1	4.2	3.4	3.6	3.7	3.2	3.1	3.1
	5	3.2	3.5	3.6	3.1	3.2	3.4	3.4	3.3	3.1
	2	3.9	4.0	4.1	3.5	3.7	3.8	3.1	2.9	2.9
10	3	4.1	4.2	4.2	3.5	3.6	3.7	3.2	3.0	2.9
	5	3.4	3.6	3.7	3.2	3.3	3.4	3.3	3.3	3.0
	2	3.9	4.0	4.1	3.6	3.7	3.8	3.0	2.8	2.7
12	3	4.2	4.2	4.3	3.6	3.6	3.8	2.9	2.8	2.7
	5	3.6	3.7	3.7	3.2	3.4	3.5	3.2	3.2	2.9
	2	4.0	4.0	4.2	3.8	3.8	3.9	3.0	2.7	2.7
14	3	4.2	4.3	4.4	3.7	3.8	4.0	2.8	2.7	2.7
	5	3.7	3.8	3.9	3.3	3.5	3.5	3.0	3.1	2.9

일이 소요되었다. 발효 및 숙성 3단계 key에서 저장효과는 모두 14일까지 식이가능한 수준의 pH 범위로 유지되었고 어느정도 저장효과가 더 연장될 것으로 보였다.

한편, 지금까지 김치의 맛과 저장에 효과적인 염농도로는 일반적으로 3%로 알려져 있는데[2,16] 본 연구에서도 식염 3% 시험구가 발효 및 저장 3단계 key에서 모두 적정 pH와 산도를 나타내었다.

총균수 및 젖산균수의 변화

발효 및 저장실에서 선택 key I, II, III에서 식염농도에 따른 총균수 및 젖산균수의 경시적인 변화는 Fig. 5와 같다. 즉, 선택 key에 따른 총균수 및 젖산균수의 변화가 뚜렷하게 나타났으며 특히 식염농도에 의해 많은 영향을 받았다. 그리고 발효가 진행됨에 따라 총균수 중 젖산균의 점유율이 크게 증가하였는데 이는 Fig. 4에서와 같이 pH의 감소 및 산도증가가 젖산균의 증식에 따른 각종 유기산의 생성에 의한 것임을 알 수 있었다[15,17]. 이는 김치발효가 저온·고식염농도에서 보다 고온·저식염농도에서 더 빨리 진행된다는 민과 권[2]의 연구결과와 유사성을 보여주었다. 그러나 김치를 가정에서 직접 담구어 냉장고에서 바로 발효 및 저장하면서 식이하는 것을 목적으로 하여 발효 및 저장시간을 14일 밖에 하지 않았기 때문에 총균수 및 젖산균수가 최대로 되어 감소하는 구간은 나타나지 않았다.

환원당 함량의 변화

김치의 발효 및 저장기간 동안에 발효성당의 감소정도를 알아보기 위해 환원당 함량의 변화를 조사하였다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 발효 및 저장선택 key, 즉 발효온도와 식염농도에 따른 환원당 함량의 변화가 뚜렷하였는데 특히 식염농도에 의한 영향이 현저하였다. 이것은 시간의 경과에 따른 환원당 함량의 감소가 미생물활동에 의해서 보다는 주로 삼투압 현상에 의해 당이 유리되며, 유리되어 나오는 환원당을 미생물이 탄소원으로 이용하므로써 당이 제거된다고 하는 유 등[6]의 결과와 잘 일치하였다. 그리고 발효초기에 환원당이 크게 감소하는 경향을 보이고 있는데 이는 김치의 발효에 관계하는 젖산균이 환원당을 유기산으로의 전환을 활발히 하기 때문인 것으로 생각되었다. 한편, 식염농도가 낮은 시험구가 다른 시험구에 비해 전반적으로 환원당 함량이 낮게 나타났는데 이는 식염농도가 다른 김치를 제조하기 위하여 배추를 소금물에 절인 시간이 다른 시험구에 비하여 상대적으로 짧아 같은 무게의 배추라 할지라도 고형분의 함량이 다른 시험구에 비해 더 낮았기 때문이라는 박과 박[16]의 연구결과와 거의 일치하였으며,

특히 김치숙성 중 유리당의 함량이 주로 배추 및 무우에 기인하며 기간이 경과할수록 그 함량이 감소한다는 Ha 등[18]의 결과와 잘 일치하였다. 그리고 저장 14일까지 환원당이 아직 잔존하고 있기 때문에 미생물들의 증식에 의한 pH 및 산도변화가 어느정도 더 진행될 것으로 보인다. 즉 저장효과가 더 연장될 것으로 보여지며 Figs. 4, 5의 결과와 일치하는 경향을 나타내었다.

관능검사

발효 및 저장선택 key와 식염농도에 따른 김치의 맛, 향 및 조직감에 대하여 기호도를 평가하여 평균값을 나타낸 결과는 Table 1과 같다. 즉, key I과 key II에서는 식염농도 2%, 3% 및 5%에서는 각각 약 2~4일, 2~4일 및 10~12일, 그리고 key III에서는 각각 약 2일, 2일 및 10일부터 좋은 맛을 내기 시작하여 14일까지 품질이 모두 유지되었다. 이것은 Figs. 4~6의 결과와 거의 일치하는 경향을 보여 주었다. 그러나 발효 및 저장선택 key와는 관계없이 식염농도에 따른 pH 및 산도변화에서 저염조건에 해당하는 2% 시험구들은 적염조건에 해당하는 3% 시험구들 보다 빠르게 변화하였으나 관능적인 면에서 약간 낮게 나타났으며 고염조건에 해당하는 5% 시험구들은 pH 및 산도변화도 느리고 관능적인 면에서도 바람직하지 못한 것으로 나타났다.

요 약

외기의 온도를 감지하여 김치의 품온을 유추함으로써 사계절에 관계없이 일정한 김장 김치맛을 갖도록 하면서 소비자의 기호도를 고려하여 풋맛(key I), 김장맛(key II), 익은맛(key III)에 가까운 김치를 조기에 숙성시켜 장기간 저장할 수 있는 냉장고용 자동 제어시스템을 개발하였다. 이때 온도에 대한 micom의 디지탈 출력값과의 상관관계식은 T(℃)=−2.1516D+61.2037이었고 R은 0.9759로 나타났다. 자동제어시스템에 의한 김치 발효효과를 조사한 결과 key I에서는 식염농도 2%, 3% 및 5%의 경우 김치의 적숙기에 해당하는 pH 4.5, 산도 0.6%에 이르는데 각각 약 3~4일, 4~5일 및 11~12일, key II에서는 약 2~3일, 3~4일 및 10~11일 그리고 key III에서는 약 2일, 3일 및 9~10일이 소요되었다. 그리고 발효 및 저장선택 3단계 key에서 저장효과는 모두 14일까지 식이 가능한 수준의 pH 및 산도범위로 유지되었고 pH 및 산도, 총균수 및 젖산균수, 환원당 함량의 변화 결과로 보아 저장효과가 어느정도 더 연장될 것으로 나타났다. 한편, 김치의 관능평가에서도 기호도면에서 뚜렷한 차이를 보였는데 특히 3% 시험구가 관능적으로 가장 좋았고 2%, 5% 순으로 나타났다. 더욱이 5% 시험구는 발효도 느리게 일어나고 관능적인 면에서도 바람직하지 못한 것으로 나타났다.

문 헌

1. 윤서석 : 한국 김치의 역사적 고찰. 한국식문화학회지, 6(4), 467(1991)
2. 민태익, 권태완 : 김치발효에 미치는 온도 및 식염농도의 영향. 한국식품과학회지, 16(4), 443(1984)
3. 박우포, 김재욱 : 소금농도가 김치발효에 미치는 영향. 한국농화학회지, 34(3), 295(1991)
4. 김우정, 강근옥, 경규항, 신재익 : 김치의 저장성 향상을 위한 염혼합물의 첨가. 한국식품과학회지, 23(2), 188(1991)
5. 최신양, 김영붕, 유진영, 이인선, 정건섭, 구영조 : 김치 제조시의 온도 및 염농도에 따른 저장효과. 한국식품과학회지, 22(6), 707(1990)
6. 유형근, 김기현, 윤 선 : 김치의 저장성에 미치는 발효성당의 영향과 Shelf-Life 예측 모델. 한국식품과학회지, 24(2), 107(1992)
7. 김이경 : 김치발효 및 저장냉장고. 특허공보(B_1) 1309, 5(1987)
8. 송윤강 : 김치저장고와 김치 담그는 방법. 특허공보(B_1) 1404, 1(1988)
9. 이승교, 전승규 : 김치의 숙성에 미치는 온도의 영향. 한국영양식량학회지, 11(3), 63(1982)
10. 임종락 : 김치에서 내적물질호름에 의한 미생물의 천이. 인하대 박사학위논문(1991)
11. 홍완수 : 양념 및 겨자유의 첨가가 김치숙성에 미치는 영향에 관한 연구. 연세대 석사학위논문(1987)
12. Miller, G.L.: Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem,* 31(3), 426(1959)
13. 안승요 : 김치제조에 관한 연구(제1보). 국립공업연구소 연구소보, 20, 1(1970)
14. 김명희, 신말식, 전덕영, 홍윤호, 임현숙 : 재료를 달리한 김치의 품질. 한국영양식량학회지, 16(4), 268(1987)
15. 김현옥, 이혜수 : 숙성온도에 따른 김치의 비휘발성 유기산에 관한 연구. 학국식품과학회지, 7(2), 74(1975)
16. 박영란, 박봉옥 : 우리나라 저장식품중의 NaCl함량. 한국영양식량학회지, 7, 25(1974)
17. 허우덕, 하재호, 석호문, 남영중, 신동화 : 김치의 저장중 향미성분의 변화. 한국식품과학회지, 20(4), 511(1988)
18. Ha, J.H., Hawer, W.S., Kim, Y.J. and Nam, Y.J.: Changes of free sugars in *Kimchi* during fermentation. *Korean J. Food Sci. Technol.,* 21(5), 633(1989)

(1993년 8월 17일 접수)