

김치용 월동배추 속소금 살포에 의한 적정 기계화 절임조건

김향오 · 서상룡[†] · 최영수 · 유수남 · 김영태
전남대학교 농업생명과학대학, 농업과학기술연구소

Optimal Conditions for Mechanized Salting Process of Salt-Inserting Method for Winter Cabbage to Produce *Kimchi*

Hang-Oh Kim, Sang-Ryong Suh[†], Yeong-Soo Choi, Soo-Nam Yoo
and Young-Tae Kim

Institute of Agricultural Science and Technology, College of Agriculture & Life Sciences,
Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract

This study was carried out to develop a standard methods of mechanized salt-inserting salting process for winter cabbage to produce *kimchi*. Mid or large scaled mechanized *kimchi* plants were surveyed to select dominant variables of the mechanized salting process. Salt concentration of salting water, salting time and dewatering time were selected as the dominant variables of the salting process. A series of laboratorial experiment was performed with winter cabbage to determine desirable conditions for the variables. A supplementary experiment with cabbages of the other seasons was executed also to compare the determined conditions each other. Finally the determined conditions of the salting process were tested by plant scale experiments with winter cabbage and proved their validity.

Key words : *kimchi*, salting, mechanization, salt-inserting, winter cabbage

서 론

배추김치 제조 공정은 Fig. 1과 같은 과정으로 이루어지는데, 이 중 배추절임 공정은 배추김치 제조 전체 공정의 핵심공정으로서 배추김치 맛에 가장 큰 영향을 미치는 주요 공정이다. 배추절임 방법은 지역별 그리고 동일 지역에서도 김치 제조업체나 가정별로 조금씩 차이가 있다. 더군다나 동일 지역에서 생산된 배추도 계절에 따른 배추의 특성이 같지 않으므로 김치 생산자들은 계절별로 약간씩 다른 절임 방법을 사용하고 있다. 이러한 이유들로 인해 절임 방법이 표준화 되어 있지 못하고 김치 제조업체들은 김치 제조의 자동화 및 기계화에 어려움을 겪고 있다.

배추김치 제조용 배추는 재배되는 지역과 계절에 따라 각각의 특성을 가지고 있으며 보통 재배 및 수확시기에 따라 월동배추(1~2월 수확), 봄 온실재배 배추(3~4월 수

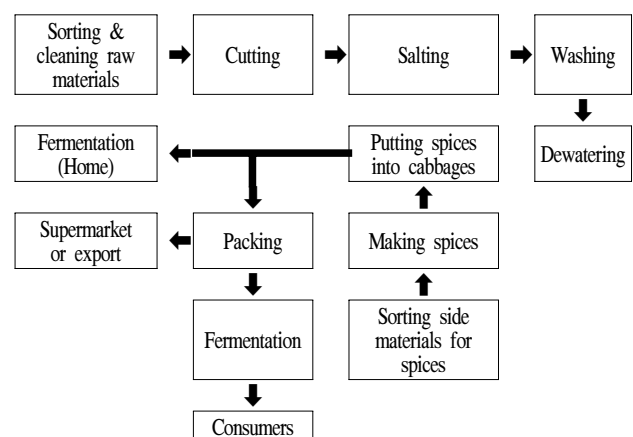


Fig. 1. Operational processes for manufacturing *kimchi*.

확), 봄 노지배추(5~7월 수확), 여름 고랭지배추(7~9월 수확) 그리고 가을 노지배추(10~12월 수확)로 구분하는데 수

[†]Corresponding author. E-mail : srsuh@jnu.ac.kr,
Phone : 82-62-530-2152, Fax : 82-62-530-2159

요가 많지 않은 봄 온실재배 배추를 제외한 나머지 4계절 배추가 각 계절을 대표하는 배추로 사용되고 있다. 이 중 월동배추는 겨울을 밭에서 나며 늦겨울이나 이른 봄철에 수확하여 사용하는 배추로서 대부분이 전남의 해남군에서 생산되고 있어 타 계절 배추에 비하여 지역과 계절에 따른 변이가 적고 비교적 그 품질이 균일한 특성이 있다. 따라서 월동배추는 김치 제조공정을 연구하는데 있어 타 계절 배추에 비하여 관련 기술을 비교적 높은 신뢰 수준에서 보편화할 수 있는 특성이 있다. 계절별 배추에 관한 절임연구에서는 실험 결과 월동배추가 봄배추나 고랭지배추에 비하여 초기염수와 말기염수의 차이가 더 큰 것으로 나타나 배추 종류에 따른 절임특성이 다르다고 발표한 바 있다(1).

배추절임에 관한 선행연구 결과를 보면, 연구방법이 불명확하거나 연구간 실험방법의 차이가 있어 상호 직접적인 비교가 곤란하고 그 결과를 공장규모의 기계화 절임에 바로 적용하는 데는 한계가 있다. 예를 들면, 배추절임 방법이 김치의 품질에 미치는 영향에 관한 연구에서는 당시 절임시간은 5시간이 가장 우수한 것으로 판단한 바 있다(2). 그러나 염수농도와 침지온도 및 시간이 절임배추의 조직감에 미치는 영향을 분석한 결과에 관한 연구에서는 25℃ 온도에서의 염도 10%인 염수로 10시간 절이거나, 15%인 염수로 6~8시간 절인 배추의 조직감이 가장 우수하다고 보고한 바 있다(3).

본 연구는 이러한 연구 결과를 기초로 하여, 대규모 김치 제조 공장에서의 배추절임을 기계화/자동화하는데 있어 속소금 살포에 의한 적정 기계화 절임조건을 제시하는 목적으로 수행하였다. 이는 전통발효식품의 과학화 연구 결과(4)를 기초로 하여 김치제조공정의 기계화/자동화에 있어 필요한 개선 방법을 모색하기 위한 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 먼저 국내 주요 김치제조공장의 실태를 조사한 다음, 국내 대부분의 공장에서 적용하고 있는 관행 절임 방법인 속소금 살포 절임방법(배추 잎 사이사이에 소금을 뿌려주는 절임방법)을 대상으로 비교적 그 품질이 일정한 월동배추를 실험재료로 하여 그를 표준화하기 위한 절임의 주요 인자를 실험실에서 소단위 실험(실험실실험)을 통하여 찾고 월동배추 절임 조건의 기본 방향을 결정하고자 하였다. 그 다음 실험실실험으로부터 얻은 결과를 다양한 계절에 생산된 배추에 적용하는 절임 실험을 수행하여 절임 결과의 일치성 여부를 판단하고, 실험실실험으로부터 얻은 결과를 응용하는 김치공장 규모의 절임실험(실증실험)을 통하여 실제 김치제조공장에서의 효과적인 기계화절임 조건을 제시하고자 하였다. 실증실험은 실험실실험으로부터 얻은 결과를 단순히 검증하기 위한 단순실증실험과 실험실실험 결과를 바탕으로 대량생산 여건에 맞춰 일부 변수를 조절한 보완실증실험으로 구분하여 수행하였다.

재료 및 방법

재 료

실험실실험에 사용한 배추는 2005년 전남 해남군의 송지면과 산이면에서 각각 생산된 월동배추였으며, 포기당 중량은 보통 월동배추 김치제조에 가장 많이 사용되는 2.5~3 kg범위의 것이었다. 계절별 배추 절임실험에 사용된 배추는 2006년산으로서, 봄 노지배추와 가을 노지배추는 전남 해남군 산이면, 여름 고랭지배추는 강원도 평창군에서 생산된 것이었다. 이 중 가을 노지배추는 위의 절임기초 실험 시 사용한 배추와 비슷한 크기와 중량의 것이었으나, 봄 노지 배추와 여름 고랭지 배추는 월동배추와 가을 노지배추 보다는 외형이 약간 작고 속이 알차지 않은 구조로서 중량은 1.7~2.3 kg 범위의 것이었다. 공장 실험에 사용된 배추는 2007년 전남 해남군 송지면에서 생산한 월동배추로서 그 크기와 중량은 위의 절임기초 실험에서 사용한 월동배추와 비슷한 것이었다. 또한 모든 실험에 사용한 소금은 전라남도 신안군에서 생산된 것으로서 NaCl 함량이 약 85% 내외인 천일염이었고, 소금 뿌림량은 2절 배추 당 250 g이었다.

김치공장 배추절임 실태조사

현재 절임공정의 기계화시설을 갖춘 김치공장에서의 사용하고 있는 절임 방법을 조사하였다. 조사 대상 공장으로는 김치생산용량 10 ton/day 규모의 두 곳(전남 나주시 소재 S사와 전남 순천시 소재 N사)과 60 ton/day 규모의 한 곳(경남 거창시 소재 C사)을 선택하였으며, 조사는 이들 업체를 직접 방문하여 생산 시설을 조사하고 관련 전담자들과의 면담을 통하여 수행하였다. 조사 내용은 계절별 김치 생산량과 절임공정별 작업방법이었으며, 구체적으로는 계절별 배추의 온도, 염수의 온도 그리고 염수 농도와 절임 전처리부터 마지막 탈수과정까지 각각의 공정별 작업내용에 관한 사항이었다.

실험실실험

본 연구에서 수행한 모든 실험에서 적용한 절임의 전처리인 김치 제조업체에서 보편적으로 널리 사용하고 있는 배추 겉잎 제거 후 2절 작업과 속 소금 뿌림 작업이었다. 실험실실험 중 절임기초실험에서의 실험변수로는 김치공장 배추절임 실태조사에서 파악된 주요변수인 절임염수농도와 절임시간과 함께, 절임 후 탈수의 영향을 파악하고자 탈수시간을 추가로 선정하였다. 절임기초 실험은 가능한 사용 소금량을 최소화하며 목적하는 절임농도를 얻을 수 있는 경제적인 절임방법을 모색하고자 절임염수농도를 김치공장에서 일반적으로 적용하는 농도인 10%와 이보다 낮은 6%를 적용하여 실험하였다. 절임시간은 8시간, 12시간 그리고 16시간의 3가지 종류 그리고 탈수시간은 4시간, 8시간 그리고 12시간의 3가지 종류로 하였다. 실험은 2회에

걸쳐 수행하였으며, 실험변수 간 상호작용 구명에 큰 관심을 갖고 이를 파악하기 위하여 완전임의배치법을 적용한 요인실험(factorial design)방법에 의해 각각 8과 4반복 수행하였다.

실험실실험 중 계절별 절임실험은 본 실험은, 월동배추를 대상으로 수행한 절임기초 실험 결과를 다양한 계절별 배추에의 적용가능성 여부를 판단하기 위하여 봄 노지배추, 여름철 고랭지배추, 가을 노지 배추의 3종 배추를 대상으로 수행하였다. 실험 시 실험변수는 위의 절임기초 실험에서 얻은 결과를 고려하여 탈수시간은 제외하고 절임염수 농도와 절임시간 그리고 절임 전 배추 뿌리 부분에 수직으로 칼로 약 2 cm 깊이로 절단(뿌리부분 절단)하는 작업을 변수로 추가하여 수행하였다. 이는 절임기초 실험 결과 절임 시 뿌리부분은 절임이 잘 안되는 현상을 알게 되었고, 뿌리부분 절단작업은 이를 개선할 수 있을 것으로 판단하였기 때문이다. 실험에 있어 조사항목과 분석방법은 위의 절임기초 실험과 같다. 본 실험도 실험변수 간 상호작용 규명에 큰 관심을 갖고 이를 파악하기 위해 요인실험방법에 의해 각 계절별 배추에 대하여 4반복으로 수행하였다.

실증실험

단순실증실험은 절임시간이 절임에 미치는 영향을 확인하기 위한 실험으로서 절임 염수의 염도는 6%, 절임시간은 12시간과 16시간, 탈수시간과 염수교체주기는 모두 4시간으로 하여 1회 수행하였다. 보완실증실험에서는 절임 최종 염도가 1.8%인 저염 김치와 2.4% 내외인 남도형 김치의 절임배추 생산을 목표로 하였다. 절임시간은 15시간으로 고정하였고 실험실실험결과를 고려하여 최종염도를 사용하는 절임염수 염도에 의해 조절하도록 하였다. 이 때 절임 염수 염도는 앞서 수행한 단순실증실험의 결과와 실험한 김치 생산공장의 실제 절임공정을 고려하여 저염 절임배추와 남도형 절임배추의 경우는 각각 12%와 15%로 하였고, 탈수시간과 염수교체주기는 단순실증실험과 같이 모두 4시간으로 하여 각각 1회 실험하였다. 각 실험에 있어 사용한 배추 시료의 양은 절임탱크 용량인 1 ton 내외이었다.

절임설비

실험실실험은 2절 배추 1개를 실험 기초단위로 하여 그 크기가 350 × 300 × 250 mm인 소형의 절임통을 사용하여 수행하였다. 이 절임통은 비교적 크기가 큰 2절 배추 한 개가 충분히 들어갈 수 있고 절임 동안 배추가 부력으로 떠오를 수 없도록 눌러주는 모래주머니(배추 무게의 약 2 배)도 충분히 들어가는 플라스틱 통이었다. 실증실험은 김치제조공장에서 실시하였으며, 사용된 절임관련기계 사양은 Table 1과 같다.

Table 1. Specification of the salting machinery used for the validation tests

Machine used	Size W*L*H (mm)	Capability	Power (kW)	Water flow (L/min)	Material
Salty Water Mixer	1,360*2,580*1,200	4.2 m ³	0.8		SUS ¹⁾ 304
Salty Water Tank	2,000*2,000*2,400	9.6 m ³	2.2		SUS 304
Pre-washer	900*1,800*850	1.5 ton of cabbage/hr	6.1	120	SUS 304
Salting Tank	1,360*2,840*1,000	1 ton of cabbage			SUS 304
Water-Air Washer	1,000*4,650*1,450	2 ton of cabbage/hr	6.1	120	SUS 304
Hand Wash Tank	1,140*1,740*850	1.7 m ³		50	SUS 304

¹⁾SUS: Stainless steel.

염도측정

배추절임실험은 기본적으로 절임용 염수의 염도와 탈수 완료 후 절임배추의 염도를 측정하였다. 절임배추의 염도는 일반적으로 절임한 배추 전체를 압착하고 그 즙을 추출하여 이로부터 절임 배추의 평균 염도를 측정한다. 그러나 본 연구에서는 배추의 평균 염도와 함께 절임의 균질도도 파악하기 위하여 Fig. 2와 같이 2절 배추 7곳에서 배추 부위별로 시료를 채취를 하고 그 염도를 측정하였다. 염수의 염도 측정장치는 굴절식 염도계(HS-28 모델, Atago, Japan)를 사용하였고, 염록소 성분이 많이 포함되는 배추 시료의 염도 측정은 굴절에 영향을 받지 않는 전기전도식 염도계(ES-421 모델, Atago, Japan)를 사용하여 측정하였다.

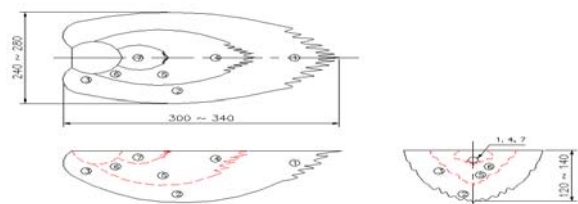


Fig. 2. Measuring points of the concentration of salt for a bisected cabbage (unit : mm).

저온저장고

배추절임 시 염수의 온도차는 염수 농도차를 발생시키는 원인이 된다. 따라서 실험실실험 동안 염수와 배추의 온도를 일정하게 유지하도록 저온저장고(WS-1544DR, 우성공업)를 사용하였으며, 실험 중 배추와 염수의 온도는 약 4°C로 유지하도록 하였다.

절임의 균질도와 최종염도 분석

실험 변수 수준의 적정성 여부를 판단하기 위해 절임의

균질도와 절임 최종 염도를 조사하였다. 절임 균질도는 위에서 설명한 절임배추 7곳 측정부위 염도로부터 다음 식과 같이 구한 변이계수(coefficient of variation; CV)로 판단하였고, 최종 염도는 탈수 후 절임배추 7곳 측정부위 염도의 평균값으로 구하였다.

$$CV(\%) = \frac{s}{\bar{X}} \times 100$$

여기서 s = 절임배추 7곳 측정부위 염도의 표준편차
 \bar{X} = 절임배추 7곳 측정부위 염도의 평균값

분석방법

이상의 실험 결과 분석에 있어 기초 통계와 경향 분석은 Microsoft Excel(Ver. 2002, Microsoft, U.S.A.)를 이용하였고, 요인실험 결과의 분산분석과 Duncan의 다중비교분석은 SAS(Ver. 8.2, SAS Institute Inc., U.S.A.)를 이용하여 수행하였다.

결과 및 고찰

김치공장 배추절임 실태조사

절임 전 처리로는 배추 다듬기, 2절, 세척 등이 있으며, 배추 다듬기는 주로 뿌리절단과 곁잎 제거이며, 배추의 2절 작업은 일부만이 2절기를 사용한 기계화방법으로 수행하고 있었다. 절임 전 세척은 일반적으로 물을 사용하나, 8~12%의 염수로 수행하는 곳도 있었다. 배추 속에 소금 뿌리는 작업(속소금 뿌림 작업)은 모든 공장에서 수행하고 있으며 이때 사용하는 소금량은 2절 배추당 200~300g 정도로서 거의 비슷한 것으로 조사되었다.

작업장 온도는 대체로 15~18℃ 정도로 유지되고 있었고 절임 전 배추 온도는 가능한 일정 온도를 유지하려고 하나 저장 유무나 계절에 따라 차이가 있는 것으로 조사되었다. 절임용 염수의 농도는 보통 10% 내외로 판단되었으며 맛김치를 생산하는 공장에서는 16% 이상의 높은 염수를 사용하고 있는 곳도 있었다. 절임시간은 업체간의 큰 차이는 없었으며 연일 24시간 주기로 계속해서 반복하는 작업장의 작업방식에 맞춰 보통 15시간 내외와 22시간 내외인 두 종류의 절임시간을 적용하고 있었다.

절임이 끝난 배추의 세척 작업은 업체마다 세척시설이 달라 세부적인 방법에서 차이가 있었다. 각 업체에서 세척은 보통 3단계로 수행하고 있는데, 초기 1~2단에서는 대부분 절임 배추를 용기 내 바닥에서 세척수를 압축 공기로 분출하여 절임 배추의 잎이 퍼지게 하면서 세척수 순환에 의해 절임한 배추를 세척과 이송을 동시에 수행한다. 그리고 마지막 단은 몇 명의 작업자가 관찰하며 이물질들을 손으

로 집어내는 수작업을 병행하고 있었다. 총 세척시간은 보통 2분 이내이나 세척공정이 많은 경우는 5분 이내인 것으로 나타났다.

탈수 시 모든 업체에서는 저온저장고에서 수행하고 있고 그 시간은 보통 4시간 정도이었지만 공정 흐름에 따라 16시간동안 탈수하는 경우도 있는 것으로 조사되었다.

실험실 절임기초 실험

배추 절임기초 실험의 3가지 변수가 절임에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험한 1차와 2차 실험에서 처리별 평균값을 구한 결과는 Table 2와 같으며, 본 실험결과로부터 각 실험변수 그리고 실험변수 간 상호작용에 대해 분산분석(유의수준 : 5%)한 결과는 Table 3과 같다. Table 3의 절임 1차 실험 결과를 보면, 실험변수인 절임염수의 농도, 절임 시간, 탈수시간 모두 절임의 균질도와 최종 염도에 영향을 주는 것으로 분석되었으며, 특히 절임시간은 높은 유의수준으로 절임의 균질도와 최종 염도에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그러나 실험한 3가지 변수의 상호작용은 절임의 균질도나 최종 염도에 있어 모두 그 유의성이 없는 것으로

Table 2. Results of the fundamental experiments for salting winter cabbages

Salting condition ¹⁾			1st experiment		2nd experiment	
A (%)	B (hr)	C (hr)	UOS ²⁾ (%)	FCS ³⁾ (%)	UOS ²⁾ (%)	FCS ³⁾ (%)
6	4	4	47.3	1.4	67.1	1.3
		8	67.4	1.2	43.8	1.5
		12	59.2	1.0	46.3	1.0
	12	4	43.3	1.9	46.2	1.9
		8	44.0	1.6	45.1	1.6
		12	48.4	1.4	46.9	1.1
10	4	4	46.4	2.4	40.4	2.3
		8	49.3	1.7	39.0	2.1
		12	42.6	1.8	48.7	2.0
	8	4	45.9	1.8	48.7	1.8
		8	57.1	1.4	35.9	1.5
		12	47.6	1.3	53.1	1.3
16	4	41.2	2.0	38.9	2.2	
	8	39.1	2.1	33.1	2.0	
	12	47.1	1.7	44.4	1.6	
16	4	40.4	2.3	41.8	3.4	
	8	45.0	2.0	55.9	2.5	
		12	38.4	1.8	49.0	1.6

¹⁾A: concentration of salt water, B: duration of salting process, C: duration of dewatering.

²⁾UOS: uniformity of salting evaluated by CV (coefficient of variation) of salt concentration at various location of a bisected cabbage.

³⁾FCS: final concentration of salt.

나타났다. 절임 2차 실험 결과를 1차 실험 결과와 비교하면, 실험한 3 가지 실험변수가 절임의 균질도에 미치는 영향은 1차 실험 결과와 상이하게 모든 실험변수에서 그 유의성이 없는 것으로 나타났다. 이는 크기가 거의 같은 월동배추라 하더라도 산지나 재배방법에 따라 배추의 절임특성이 달라진 결과로 판단된다. 그러나 절임 최종염도에 대한 3 가지 실험변수는 1차 절임기초 실험 결과와 거의 비슷한 수준에서 그 유의성이 인정되었고, 실험변수 간 상호작용의 유의성이 없음은 절임기초 실험 결과와 동일한 결과였다.

Table 3. ANOVA of the fundamental experiments for salting winter cabbages

Source of variation ¹⁾	1st experiment		2nd experiment	
	UOS ²⁾ (%)	FCS ³⁾ (%)	UOS ²⁾ (%)	FCS ³⁾ (%)
A	*	*	NS	*
B	***	***	NS	***
C	*	*	NS	*
A*B	NS	NS	NS	NS
A*C	NS	NS	NS	NS
B*C	NS	NS	NS	NS
A*B*C	NS	NS	NS	NS

¹⁾ same as specified on Table 2.

²⁾UOF: uniformity of salting as specified on Table 2, where *: level of significant, NS: not significant.

³⁾FCS: final salt concentration, where *: level of significant, NS: not significant.

절임실험의 3 가지 변수에 대하여 그 수준별 유의성을 Duncan의 다중분석법에 의해 분석한 결과는 Table 4와 같다. 절임의 균질도를 보면, 1차 실험의 경우 절임염수의 염도가 높고 절임시간이 길면 좀더 균일한 것으로 나타났으나 탈수시간이 절임의 균질도에 미치는 영향에 대해서는 일정한 추세를 파악할 수 없었다. 절임의 균질도에 관한 2차 실험 결과는 실험한 3 가지 변수에 있어 각 변수의 수준 간 차이가 없는 것은 Table 3의 ANOVA 분석결과와

Table 4. Results of Duncan's multiple range tests of the fundamental experiments for salting winter cabbages

Exp. variable	Level	1st experiment		2nd experiment	
		UOF ¹⁾	FCS ²⁾	UOF ¹⁾	FCS ²⁾
Concentration of salt water (%)	6	49.8 ^a	1.6 ^b	47.0 ^a	1.6 ^b
	10	44.6 ^b	1.8 ^a	44.5 ^a	2.0 ^a
Duration of salting process (hr)	8	54.1 ^a	1.4 ^b	49.2 ^a	1.4 ^b
	12	43.8 ^b	1.8 ^a	45.8 ^a	1.7 ^b
	16	43.7 ^b	2.0 ^a	42.4 ^a	2.3 ^a
Duration of dewatering (hr)	4	44.1 ^b	1.9 ^a	47.2 ^a	2.1 ^a
	8	50.3 ^a	1.7 ^b	42.1 ^a	1.9 ^a
	12	47.2 ^{ab}	1.5 ^b	48.1 ^a	1.4 ^b

¹⁾ and ²⁾ same as specified on Table 2.

Superscript letters are results of the Duncan's multiple range test.

동일하다. 절임 배추 각 위치별 염도의 변이계수로 구한 절임의 균질도는 그 전반적 수준이 40-55%임을 감안하면 절임 후 절임 배추의 염도는 배추 위치별로 상당한 차이가 있음을 알 수 있는데, 실제로 모든 절임 배추에 있어 배추 위치별 염도는 초록색 겉잎 부분이 높고 속잎 부분과 뿌리 부분은 상당히 낮은 결과를 보였다.

절임배추의 최종염도는 절임염수의 염도가 높고 절임시간이 길어지면 당연히 높은 결과를 보였는데, Table 4와 같이 1차 실험의 경우 절임시간 12시간과 16시간 절임 후 최종염도는 유의차가 없는 것으로 나타났으나 2차 실험의 경우는 절임 12시간과 16시간 간 절임 후 최종염도는 유의차가 있는 것으로 나타났다. 따라서 12시간 이상 절여야 최종염도 1.8% 이상을 확보할 수 있는 것으로 나타났다. 탈수시간이 길어지면 최종염도는 1차와 2차 실험 모두 낮아지는 결과를 보였다. 이러한 탈수시간 연장에 따른 최종염도 저하 현상은 절임배추 표면에 남아있는 염수가 탈수시간 증가에 따라 감소하게 되어 나타난 결과로 해석되었다. 다만 1차 실험의 경우 탈수시간 8시간과 12시간 간 최종염도는 2차 실험 결과와 다르게 유의차가 없는 것으로 나타났으나 최종염도 결과를 바탕으로 최종 절임배추의 염도가 1.8% 이상은 되어야 한다는 점을 고려하면 8시간 이상의 탈수 시간은 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

김치제조 시 매일 반복되는 절임작업에 있어 가장 중요한 목표는 매일 일정한 균질도와 최종염도의 절임 배추를 제조하는 것인데, 본 절임기초 실험의 1차와 2차 실험에서 사용한 배추는 재배 장소가 다른 월동배추임에도 불구하고 유사한 절임 결과를 나타냈으므로 그 결과를 종합하면 월동배추 절임방법의 적정 조건을 제시할 수 있음을 알 수 있다. 즉 바람직한 절임의 균질도나 안정적인 일정한 절임의 최종염도를 위해서는 절임시간을 12시간 이상으로 하고, 탈수시간은 8시간 정도로 하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다. 그리고 실험한 변수간의 상호작용은 모두 그 유의성이 없으므로 여기서 제시한 조건으로 절임할 경우 절임의 최종염도는 절임염수의 염도로 조절할 수 있음을 알 수 있었다.

이상의 결과를 고려하여 김치제조 시 월동배추 절임의 적정 조건을 제시하면, 절임시간은 12~16시간 탈수시간은 8시간 정도로 하되 절임염수의 최종염도는 Table 2의 각 실험조건별 최종염도를 보고 절임시간과 탈수시간과 함께 고려하여 결정하는 것이다.

계절별 배추 절임실험

다양한 계절별 배추에 월동배추의 절임기초 실험 결과의 적용가능성 여부를 판단하기 위하여 봄 노지배추, 여름 고랭지배추, 가을 노지배추의 3종 배추를 대상으로 수행한 실험결과는 Table 5와 같으며, 각 실험변수 그리고 실험변수 간 상호작용에 대해 분산분석(유의수준 : 5%)한 결과는 Table 6과 같다.

Table 5. Results of the fundamental experiments for salting cabbages to produce kimchi performed with various seasonal cabbages

Salting condition ¹⁾			Spring field cabbage		Summer mountain cabbage		Fall field cabbage	
A (%)	B (hr)	C	UOS ²⁾ (%)	FCS ³⁾ (%)	UOS ²⁾ (%)	FCS ³⁾ (%)	UOS ²⁾ (%)	FCS ³⁾ (%)
6	8	Yes	55.8	1.6	63.1	2.8	60.7	1.1
		No	56.9	2.1	57.3	2.6	53.2	1.2
	12	Yes	47.2	2.9	61.3	3.2	79.4	2.0
		No	50.3	2.1	52.6	3.6	56.4	1.1
	16	Yes	49.7	2.1	36.4	3.9	45.8	1.8
		No	54.3	2.0	59.6	2.8	61.3	1.4
10	8	Yes	60.3	2.2	34.7	3.1	64.4	1.8
		No	59.3	2.7	44.8	3.2	66.5	1.3
	12	Yes	61.4	2.5	53.0	3.2	33.4	2.0
		No	56.5	2.8	49.9	3.2	48.0	1.8
	16	Yes	49.6	2.3	42.5	3.5	59.1	2.3
		No	54.1	2.4	45.6	3.5	61.8	1.6

¹⁾A: concentration of salt water, B: duration of salting process, C: incising cabbages.

²⁾UOS: uniformity of salting evaluated as specified on Table 2.

³⁾FCS: final concentration of salt.

Table 6. ANOVA of the fundamental experiments for salting cabbages to produce kimchi performed with various seasonal cabbages

Source of variation ¹⁾	Spring field cabbage		Summer mountain cabbage		Fall field cabbage	
	UOF ²⁾	FCS ³⁾	UOF ²⁾	FCS ³⁾	UOF ²⁾	FCS ³⁾
A	NS	*	*	NS	NS	NS
B	NS	*	**	NS	NS	NS
C	NS	NS	NS	NS	NS	NS
A*B	NS	NS	NS	NS	*	NS
A*C	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B*C	NS	NS	*	NS	NS	NS
A*B*C	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹⁾ same as specified on Table 5.

²⁾ and ³⁾ same as specified on Table 3.

먼저 3종 배추를 대상으로 한 실험결과의 공통점을 보면, 본 실험의 변수인 배추 뿌리 부분 절단의 효과는 3종 배추 공히 절임의 균질도나 최종염도에 미치는 효과가 없는 것으로 나타났다. 그리고 실험변수 간 상호작용은 여름 고랭지 배추와 가을 노지배추의 경우 절임의 균질도에 약간의 영향은 있으나 전반적으로 그 영향을 무시할 수 있는 정도로 나타났으며 이는 위에서 설명한 월동배추 실험 결과와 거의 같은 결과로 판단되었다.

실험한 3종 배추 간 차이점을 보면, 봄 노지 배추의 경우, 절임 균질도에 관한 분석 결과는 월동배추 2차 실험 결과와 거의 같은 결과이고, 최종염도에 영향을 주는 변수는 절임

염수농도와 절임시간으로 월동배추와 같은 결과로 나타났다. 그러나 여름 고랭지배추의 경우 절임 균질도의 분석 결과는 월동배추 1차 실험 결과와 비슷한 결과이나, 최종염도에 영향을 주는 변수는 월동배추와는 다르게 없는 것으로 나타났다. 최종염도에 관한 이러한 결과는 가을 노지배추에 있어서도 같은 결과로 나타났다.

참고로 실험한 3종 배추에 있어 절임실험의 3 가지 변수에 대하여 그 수준별 유의성을 Duncan의 다중분석법에 의해 분석한 결과는 Table 7과 같다. 각 계절별 배추의 절임 최종염도는 계절배추별로 상당한 차이가 있으며, 월동배추 실험결과와 비교하면 가을 노지배추만이 유사한 결과임을 알 수 있다.

배추절임에 있어 절임 최종염도는 절임의 양부를 판단하는 가장 중요한 인자인데, 위에서 설명한 바와 같이 각 계절 배추에 있어 최종염도에 영향을 미치는 변수가 다르고 절임 결과도 상호 상당한 차이를 나타낸 것으로 보아 월동배추의 기초실험으로 얻은 절임조건을 타 계절배추에 적용하는 것은 타당하지 않은 것으로 판단되었다.

Table 7. Results of Duncan's multiple range tests of the fundamental experiments for salting cabbages to produce kimchi performed with various seasonal cabbages

Experimental Variable	Level	Spring field cabbage		Summer mountain cabbage		Fall field cabbage	
		UOF ¹⁾	FCS ²⁾	UOF ¹⁾	FCS ²⁾	UOF ¹⁾	FCS ²⁾
Concentration of salt water	6%	52.4 ^a	2.1 ^b	53.2 ^a	3.1 ^a	59.5 ^a	1.4 ^a
	10%	56.9 ^a	2.5 ^a	46.9 ^b	3.3 ^a	55.5 ^a	1.8 ^a
Duration of salting process	8 hr	58.1 ^a	2.2 ^a	58.5 ^a	3.0 ^a	61.2 ^a	1.4 ^a
	12 hr	53.8 ^a	2.2 ^a	43.9 ^b	3.3 ^a	54.3 ^a	1.7 ^a
	16 hr	51.9 ^a	2.6 ^b	47.7 ^b	3.4 ^a	57.0 ^a	1.8 ^a
Incising cabbage	Yes	54.0 ^a	2.3 ^a	51.6 ^a	3.3 ^a	57.1 ^a	1.8 ^a
	No	55.2 ^a	2.4 ^a	48.5 ^a	3.1 ^a	57.9 ^a	1.4 ^a

¹⁾ and ²⁾ same as specified on Table 2. Superscript letters are results of the Duncan's multiple range test.

단순실증실험

실험실실험결과를 공장 생산규모로 실증하기 위하여 실험한 결과를 실험실실험 결과와 대비하여 Table 8에 나타내었으며, 실험실실험 결과와 공장실증실험 결과는 상당한 차이를 보였다. 먼저 절임 균질도를 비교하면, 실증실험 결과는 실험실실험 결과에 비하여 상당히 낮은 결과를 나타냈고, 절임 최종염도도 실험실실험 결과에 비하여 상당히 낮은 결과를 나타냈다. 이는 실험의 규모와 정밀함을 고려할 때 어느 정도 예상했으나 그 수준이 예상 밖의 상당한 차이를 보였다. 이러한 결과는, 공장의 절임시설이 예비실험의 경우에 비하여 그 규모가 매우 클 뿐 아니라 실험에 사용한 배추 양에 있어서도 큰 차이가 있어 동일 수준의

절임요인에 있어서도 실제 절임과정은 상당히 상이하였기 때문인 것으로 사료되었다. 절임 16시간에도 최종염도가 보통 절임 배추의 염도인 1.8%보다 낮은 것으로 보아 공장 규모 절임에 있어 사용하는 절임염수의 염도는 실험실실험에서 소금 절약의 가능성을 확인하기 위해 시도하였던 절임 염수 염도보다는 높여야 할 것으로 판단되었다.

Table 8. Comparison of laboratory experiments with plant experiments

Duration of salting (hr)	Uniformity of salting (%)		Final concentration of salt (%)	
	LE ¹⁾	Plant test	LE ¹⁾	Plant test
12	46.1	64.4	1.9	0.9
16	42.7	58.9	2.1	1.1

¹⁾LE : Lab scale experiments.

보완실증실험

보완실증실험에서는 실제로 국내 시장에서 요구하고 있는 2 가지 염도(맛)의 절임 배추 생산을 목표로 하였다. 이러한 2 종 염도의 절임배추는 현재 김치 시장에서 요구되고 있는 비교적 염도가 낮은 저염 김치와 비교적 염도가 높으며 전라도 김치를 대표하는 남도형 김치 제조용 절임배추의 염도이다. 김치공장 배추절임 실태조사 결과에 의하면 일반적으로 저염 김치의 절임 최종 염도는 약 1.8%, 남도형 김치는 2.4% 내외로 알려져 있다. 실험한 김치공장에서 배추절임작업은 작업자의 출퇴근 시간과 하루 작업 내용과 공정 흐름을 고려하여 배추절임작업시간을 15시간으로 수행하고 있었으므로 이를 기준으로 실험하였다.

절임의 최종염도는 위에서 설명한 바와 같이 절임 염수 농도나 탈수시간으로 어느 정도 조절이 가능하다. 공장 규모 절임을 위해 김치공장실태조사 결과와 한(4)의 연구를 고려하여, 절임염수의 농도를 저염 김치 생산을 위해선 12%(목표 배추절임농도 = 1.8%), 남도형 김치 생산을 위해선 15%(목표 배추절임농도 = 2.4%)로 하여 절임을 수행한 결과는 Table 9와 같다. 본 보완실험은 실험실실험의 결과가 실증실험의 결과와 상이하여 실험실실험에서 얻어진 적정 절임요인수준을 공장수준에서 직접 적용하기 어렵다고 판단되었기에, 실증실험을 행한 공장의 시설을 이용하여 염수의 염도만을 높여 원하는 절임효과를 얻을 수 있는 가능성을 확인하기 위하여 수행한 것이다.

본 보완실증실험의 결과는 Table 9와 같이 절임 균일도는 실험실실험 결과에서 설명한 수준의 균일도임을 알 수 있다. 절임의 최종염도는, 저염 김치용 절임배추의 경우 본 연구에서 설정한 염도인 1.8%보다 조금 높게 나왔고, 남도 김치용 절임배추의 최종염도는 희망했던 최종염도를 얻을 수 있었다. 따라서 본 보완실증실험에서 얻은 절임의 균일도와 절임의 최종염도를 고려하면, 본 실험에서 적용한 월

동배추 절임방법은 월동배추를 속소금 살포 방법에 의해 대규모로 절임하는 기계화/자동화 방법으로서 권장할만한 것으로 판단되었다.

Table 9. Salting result in the plant experiments

Type of kimchi	Concentration of salt water(%)	Uniformity of salting (%)	Final salt concentration of cabbage (%)
Low salty	12	46.0	2.0
Namdo	15	41.8	2.4

요 약

본 연구는 김치제조용 월동배추의 속소금 살포 절임 기계화 작업의 표준화를 위한 것이다. 이를 위해 중대형 김치 공장을 조사하여 속소금 살포에 의한 배추의 기계화 절임의 주요변수를 구하였으며, 그 결과 절임염수 농도, 절임시간, 탈수시간이 주요변수임을 파악하였다. 절임 시 이 변수의 적정값을 구하기 위하여 일련의 실험실 기초실험을 월동배추를 사용하여 수행하였고, 그 실험 결과를 타 계절 배추 절임에 적용 가능성을 확인하기 위하여 타 계절 배추에 대해서도 실험하였다. 마지막으로 실험실 기초실험 결과의 정당성을 확인하기 위하여 공장 규모의 실증실험을 수행하였으며 그 결과 본 연구에서 얻은 결과는 공장 규모의 월동배추 속소금 살포 절임방법으로 권장할 만 함을 확인하였다.

참고문헌

1. Yoon, H.H. and Kim, D.M. (2000) Changes of brine characteristics during the salting process of winter, spring, and summer Chinese cabbage. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 29, 26-29
2. Song, J.E., Kim, M.S. and Han, J.S. (1995) Effects of the salting of Chinese cabbage on taste and fermentation of kimchi. Korean J. Soc. Food Sci., 11, 223-232
3. Shim, Y.H., Ahn, G.J. and Yoo, C.H. (2003) Characterization of salted Chinese cabbage in relation to salt content, temperature and time. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 19, 210-215
4. 한웅수 (1995) 전통발효식품의 과학화 연구-김치제조공정의 개선 및 자동화에 관한 연구. 과학기술처 보고서, 28-76

(접수 2007년 9월 28일, 채택 2007년 11월 30일)