



발효와 저장 중 온도와 시간 변화에 따른 동치미 품질 특성

조미숙 · 나예슬*
이화여자대학교 식품영양학과

The Effect of Temperature and Time on Physicochemical, Microbiological Properties and Sensory Analysis of *Dongchimi* during Fermentation and Storage

Mi Sook Cho, Yeseul Na*

Department of Nutritional Science & Food Management, Ewha Womans University

Abstract

This study examined the optimal temperature and time conditions to maintain high quality *Dongchimi* during the fermentation and storage period. *Dongchimi* was fermented at low (5°C), medium (10 and 15°C), and high (20°C) temperatures until the acidity reached 0.2, 0.3, and 0.4%, respectively. From the consumer's preference test enrolling five consumers, *Dongchimi* fermented at 15°C until an acidity of 0.3% (for approximately six days) was evaluated to be the optimal status because of its high score of overall acceptance, taste, and odor of consumers. To determine the optimal storage temperature of fermentation, *Dongchimi* was stored at three different temperatures (-1, 2, 5°C) for four weeks after fermenting at 15°C for six days. During the storage period, most of the physicochemical properties (pH, acidity, reducing sugar content, and organic acid) and microbiological properties changed significantly in the 2 and 5°C groups, resulting in a significant change in descriptive sensory analysis of *Dongchimi*. These results indicate that fermentation at 15°C and storage at -1°C for *Dongchimi* enables it to maintain the best quality for a long time.

Key Words : *Dongchimi*, fermentation, storage, long-term, quality characteristics

1. 서론

김치는 소금에 절여 물기를 뺀 절임 배추나 무를 주원료로 하여 고춧가루, 파, 마늘, 생강, 젓갈 등 여러 가지 부재료와 향신료를 첨가하여 만드는 우리나라 고유의 유산균 발효 식품으로 세계적인 발효 음식 중 하나로도 손꼽힌다(Kim et al. 2006, Hwang et al. 2012). 젓산균과 기타 유기산을 다량 함유한 식품이며, 비타민과 무기질을 공급해줌과 동시에 식이섬유소의 공급원으로 한국인의 식생활에서 매우 중요한 부식으로 여겨진다(Song & Kim 1991). 동치미류는 고춧가루 양념을 하지 않고, 주재료인 무와 소금, 부재료인 파, 풋고추, 마늘, 생강, 배 등의 비교적 간단한 재료로 담그는 김치로 무 특유의 아삭아삭한 조직감 뿐만 아니라 숙성 중에 국물에 생성된 유기산과 탄산가스가 특유의 감칠맛과 상쾌한 맛을 갖는 특징이 있다(Jo & Hwang 1997). 또한 양념을 적게 하여 맵지 않고 깔끔한 맛을 지닌 동치미는 동물성 식품이 주를 이루는 서구 식생활 식단에 식이섬유소와 비타민의 급원이 되는 웰빙 한식 상품으로 널리 활용될 것으로

사료되나, 김치류의 수출에는 김치의 적정한 숙성도 유지, 철저한 위생관리 등의 품질관리를 위한 전문기술 확보가 요구되어 수출이 원활하지 않은 실정이다. 최근 식생활이 고급화 간소화되고 젊은 세대의 김치 선호도가 감소함에 따라 김치의 소비가 감소하는 추세에 있어 정부와 학계에서는 채소류의 수요 전망과 관련하여 향후 김치 소비의 향방에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 이러한 김치의 소비 감소에도 불구하고 국민 소득 수준의 향상, 식생활에서의 편리성 추구 경향과 여성의 경제활동 증가로 인해 김치시장에서 시판 김치가 차지하는 비중은 증가하고 있다(Korea Rural Economic Institute 2000). 국내 일반 소비자들을 위한 본격적인 김치 상품이 나오게 되면서 최근에는 시판 김치의 종류가 매우 다양해지는 경향을 보이고 있어(Choi 2007) 동치미와 같은 별미 김치에 대한 관심이 높아지고 있다고 할 수 있다.

그간의 동치미에 대한 연구는 저장성 보완 연구(Kang et al 1991; Lee et al 1999), 기능성 부재료 첨가 연구(Kwon et al 1996; Kim 1997; Kim & Jang 1997; Kim et al 1997; Shin 1997; Hwang & Jang 2003; Jang & Park

*Corresponding author: Yeseul Na, department of Nutritional Science & Food Management, Ewha Womans University, 53 Ewhayeodae-gil, Seodaemun-gu, Seoul, Korea Tel: +82-10-2851-0925 Fax: +82-2-3277-4427 E-mail: chloe123@hanmail.net

2003; Choi et al 2004; Son et al 2005; Kim 2006), 이화학적 특성 분석 연구(Ko et al 1995; Huh et al 2003; Lim et al 2005; Seo 2005; Seo 2007; Noh et al 2008; Park et al 2011; Choi et al 2015)가 진행된 바 있다. 그러나 동치미의 발효 온도 및 시간과 저장 조건에 관한 연구는 미미한 실정으로 이에 관한 연구의 필요성이 있다. 전통적으로 김장은 손질 온도가 4-15°C로 유지되는 초겨울에 이루어지며 김치의 품온 현상에 의해 중온대의 온도가 유지되면서 초봄까지 1-4°C의 저온의 온도대로 서서히 내려가도록 땅에 묻어 저장 하였다(Kim 2008). 이와 비슷하게 오늘날에는 김치를 담근 후 상온에서 일정 기간 발효시킨 후 냉장보관한다. 선행연구에서 동치미의 발효온도는 4°C에서부터 35°C, 저장온도는 -1°C에서 4°C로 나타난 바 있어(Kang 1991; Seo 2005; Noh et al. 2008) 이를 바탕으로 본 연구에서는 저온(5°C), 중온(10, 15°C), 고온(20°C)의 온도 조건에서 일정기간 발효시킨 후 최적 발효 상태에 도달한 동치미를 -1, 2, 5°C의 세 수준의 저온에서 4주간 저장했을 때 나타나는 이화학적, 미생물학적 및 관능적 품질 특성을 관찰하여 이 결과를 통해 동치미의 최적 발효 및 저장 조건을 확립하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 시료

본 실험에서는 시중 판매되는 동치미를 시료로 사용하였다. 제조되어 냉장보관한 동치미를 최적 발효 조건 확립을 위한 소비자 검사를 위한 1차 시료와 저장 기간 중의 품질 특성 변화를 살펴보기 위한 2차 시료로 사용하였다. 실험에 사용된 동치미는 1.2kg 단위로 포장되어 각 온도로 설정된 김치냉장고(삼성 지펠 grande style 08, SAMSUNG ZS517SQMA1V)에 보관되었으며 냉장고의 온도는 센서에 의해 실시간으로 측정되었다.

2. pH, 산도 측정

각 온도에서 저장된 동치미 30g을 증류수 270 mL와 함께 균질화 시킨 뒤, 두 겹의 거즈로 여과하여 걸러낸 여과액을 pH meter (Orion star A222, Thermo Scientific, Singapore)로 실온에서 측정하였다. 이 때 여과액을 0.1 N-NaOH로 적정하여 pH가 8.23이 되는 지점까지 소비된 0.1 N-NaOH의 양을 구한 후 다음 식으로 계산하여 산도(lactic acid %)를 계산하였다(Miller 1959).

산도(% , as lactic acid)

$$= \frac{0.009 \times \text{mL of } 0.1 \text{ N-NaOH} \times F \times \text{dilution factor}}{\text{sample (g)}} \times 100$$

3. 염도 측정

동치미 무와 국물을 1:2의 비율로 취하여 균질화 시킨 뒤, 두 겹의 거즈로 거른 여과액을 사용하였으며, 염도계(SK-10S, Tokyo, Japan)로 3번 측정하여 그 평균값을 사용하였다.

4. 환원당 측정

DNS (Dinitrosalicylic acid)법에 의하여 환원당을 정량하였다(AOAC 1995). 여과액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 넣고 vortex mixer로 stirring하여 100°C의 끓는 물에 5분간 가열하면서 40% Rochell salt 1 mL를 가한 뒤, 흐르는 수돗물에서 약 30분간 식힌 다음 분광광도계(UV spectrophotometer, T60U, PG, London, UK)에서 파장 550 nm에서 흡광도를 측정하여 포도당으로 환산하였다. 동일한 방법으로 D-glucose를 사용하여 표준곡선을 작성한 다음 시료의 환원당 농도를 계산하였다.

5. 총균수 및 젖산균 분석

동치미의 젖산균 수 측정은 시료를 10 g씩 무균 상태로 칭량하여 filter bag에 넣고, 멸균된 0.85% 생리식염수 90 mL를 첨가하여 2분간 stomacher (WS-400, shanghai Zhsun Equipment Co., Ltd., China)로 균질화 시킨 후 분석에 사용하였다. 식품공전에 준하여, 전 처리 된 검액을 멸균된 생리식염수를 이용하여 단계별로 희석하였다. 각각의 희석액 1 mL를 건조필름배지(Aerobic Count Plate, 3M)와 젖산균 분리용 배지(MRS agar, Difco)에 pouring culture method로 접종한 다음 37°C incubator에서 48-72시간 배양하여 생산된 콜로니를 log colony forming unit (CFU/mL)으로 나타내었다.

6. 유기산 측정

동치미의 무와 국물을 1:2의 비율로 취하여 균질화 시킨 뒤, 두 겹의 거즈로 여과한 시료를 사용하였다. 시료를 희석하여 membrane filters (MFS, pore size 0.45um) 후 분석을 진행했으며, HPLC의 조건은 <Table 1>과 같다. 표준 물질로는 표준 citric acid, malic acid, fumaric acid, lactic acid, acetic acid를 사용하였으며 각 시료의 chromatogram의 peak에 나타난 retention time을 비교하여 peak 면적으로 정량을 산출하였다.

7. 소비자 검사

인터넷 게시판을 이용해 모집된 서울 지역 20대 여성 55명을 대상으로 2013년 1월 소비자 검사를 실시하여 시료의 전반적 기호도, 향, 맛, 질감, 짠맛, 신맛, 군덕내, 탄산감의 강도에 대해 평가하도록 하였다.

<Table 1> Conditions of HPLC conditions

Classification	condition
System	HPAEC-ECD system, Dionex, USA
Eluent solvent	0.4 mM heptafluorobutyric acid
Column	IonPac ICE-AS6 column (9×250 mm, Dionex)
Flow Rate	1 mL/min
Injection volume	25 µL

8. 관능평가

관능검사에는 8명의 식품영양학과 20대 대학원생을 대상으로 시료의 특성 및 특성 강도, 평가방법에 대한 예비 훈련을 실시하였다. 이후 패널들은 동치미 시료에 대한 9가지 관능적 특성 용어를 개발하고 각각의 관능적 특성 용어에 대한 정의를 내렸으며, 평가시 분별성(discriminability) 및 재현성(reproducibility)이 나타나도록 반복하여 훈련을 실시하였다. 관능평가는 2013년 3월에 하루에 2개의 세션으로 구성되었으며, 시료별로 3반복하여 진행하였다. 패널들은 각 시료의 관능적 특성 강도를 표준 시료와 비교하여 평가하였으며, 0-15점 항목 척도를 사용하였다. 평가 시 패널간 대화를 금하였으며 각 시료와 시료 사이에는 따뜻한 물과 크래커로 입안을 충분히 행구도록 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 최적 발효 조건 확립을 위한 소비자 검사

발효 온도에 따른 동치미의 최적 발효 조건을 조사하기 위해서 고온(20°C), 중온(10, 15°C), 저온(5°C)에서 동치미를 발효시켰다. 선행연구에서 동치미의 적숙 산도가 0.12-0.25% (Huh et al. 2003), 0.2-0.3% (Kim et al. 2004), 0.3-0.4%

(Jang & Kim 1997)로 보고됨에 따라 각 발효 온도에서 동치미 시료의 산도가 0.2, 0.3, 0.4% 도달 시에 발효를 종료하는 것으로 하였으며, 발효를 시작한 후 약 7시간 간격으로 산도를 측정하였다. 담금 1일 후 시판 동치미의 초기 산도는 0.08%였으며, 각 발효 온도별로 0.2, 0.3, 0.4%의 적숙 산도에 도달할 때까지 소요된 시간은 20°C에서 총 146시간(6일 2시간), 15°C에서 총 216시간(9일), 10°C에서 296시간(12일 8시간)이었다. 그러나 5°C의 경우 192시간까지도 산도가 0.1%를 조금 넘는 수준에 머물러 다른 실험군에 비해 미미한 산도 변화로 소비자 검사에 적합하지 않다고 판단되어 실험에서 제외되었다. 고, 중, 저온 발효 시 어떤 산도에서 소비자 기호도가 가장 높은 최적 발효 상태인지 알기 위하여 소비자 검사를 실시한 결과는 <Table 2>와 같다. 시료의 소비자 검사 항목 별로 분산분석을 수행한 결과, 총 8개의 평가 항목 중 질감(texture)와 균덕내(moldy flavor)를 제외한 전반적 기호도(overall preference), 향(odor), 맛(taste), 짠맛(salty flavor), 신맛(acidic flavor), 탄산미(carbonated flavor)에서 시료간의 유의적인 차이를 보였다(p<0.05). 전반적 기호도(overall preference)의 경우, 15°C 0.3% (15°C에서 산도 0.3%로 발효) 시료의 기호도가 9.94±2.95로 유의하게 높았으며, 10°C 0.3% 시료, 15°C 0.2% 시료 순서로 나타났다

<Table 2> Results of consumer preference test of Dongchimi under different fermentation conditions

sample	Overall preference	odor	taste	texture
10°C 0.2%	7.43±3.42 ^{1)c2)}	8.06±3.35 ^b	7.42±3.50 ^c	10.10±3.18 ^{NS3)}
10°C 0.3%	9.67±3.23 ^a	9.77±2.57 ^a	9.49±3.64 ^a	10.58±2.76
10°C 0.4%	8.94±2.93 ^{ab}	9.47±2.08 ^a	8.71±2.92 ^{abc}	10.91±2.57
15°C 0.2%	9.41±3.15 ^a	9.47±2.97 ^a	9.57±3.20 ^a	11.02±2.88
15°C 0.3%	9.94±2.95 ^a	9.79±2.20 ^a	9.64±2.87 ^a	11.08±2.85
15°C 0.4%	7.96±3.25 ^{bc}	8.91±2.35 ^{ab}	7.94±3.03 ^{bc}	10.72±2.43
20°C 0.2%	8.98±3.00 ^{ab}	9.45±2.34 ^a	8.98±3.17 ^{ab}	11.08±2.82
20°C 0.3%	8.88±3.54 ^{ab}	9.30±2.76 ^a	8.96±3.44 ^{ab}	10.58±2.64
20°C 0.4%	9.86±3.35 ^a	9.81±2.35 ^a	9.87±3.58 ^a	11.23±2.58
F-value	**	*	**	NS
sample	salty flavor	acidic flavor	moldy odor	carbonated taste
10°C 0.2%	9.55±3.47 ^d	7.40±3.11 ^c	8.75±3.41 ^{NS}	6.74±3.25 ^c
10°C 0.3%	10.38±2.93 ^{a^{bc}}	10.13±2.75 ^b	8.51±3.30	8.94±2.69 ^a
10°C 0.4%	10.94±2.62 ^{ab}	9.92±3.17 ^b	8.72±2.97	8.42±2.98 ^{ab}
15°C 0.2%	9.85±3.18 ^{cd}	7.77±2.88 ^c	8.11±2.95	7.36±2.82 ^{bc}
15°C 0.3%	10.26±2.74 ^{abcd}	9.85±3.46 ^b	8.55±3.00	8.25±2.67 ^{ab}
15°C 0.4%	11.34±2.46 ^a	11.60±3.10 ^a	9.53±2.71	9.25±3.09 ^a
20°C 0.2%	9.43±3.14 ^d	7.83±2.93 ^c	7.79±3.03	7.40±2.73 ^{bc}
20°C 0.3%	10.70±2.61 ^{abc}	9.89±3.34 ^b	9.09±3.38	8.77±3.23 ^a
20°C 0.4%	11.42±2.68 ^a	10.72±2.60 ^{ab}	8.85±2.66	9.21±2.98 ^a
F-value	**	***	NS	***

¹⁾Means±SD

²⁾NS: Not significant (p<0.05)

³⁾a-c: Means with the same superscript in a column are significantly different at p<0.05

<Table 3> The changes in pH and of Dongchimi depends on storing temperature and period

weeks	temperature		
	-1°C	2°C	5°C
0	4.07±0.01 ^{1)NS2)}	4.07±0.01 ³⁾	4.07±0.01 ^a
1	4.06±0.02	4.06±0.02 ^a	4.05±0.02 ^{ab}
2	4.06±0.02	4.05±0.01 ^a	4.03±0.03 ^b
3	4.05±0.03 ^{A4)}	4.04±0.06 ^{aA}	3.96±0.02 ^{cB}
4	4.04±0.08 ^A	4.00±0.03 ^{bB}	3.94±0.01 ^{cC}

¹⁾Means±SD

²⁾NS: Not significant (p<0.05)

³⁾a-c: Means with the same superscript in a column are significantly different at p<0.05

⁴⁾A-C: Means with the same superscript in a row are significantly different at p<0.05

(p<0.05). 향(odor)에서는 20°C 0.4% 시료가 9.81±2.35로 유의하게 높았으며, 15°C 0.3% 시료가 9.79±2.20로 두 번째로 높은 기호도를 나타냈다(p<0.05). 맛(taste)에서는 20°C 0.4% 시료의 기호도가 9.87± 3.58로 유의하게 높았으며, 15°C 0.3%, 10°C 0.3% 시료 순으로 나타났다(p<0.05). 향(odor)과 맛(taste) 항목에서 10°C 0.3% 시료가 유의하게 가장 낮은 기호도를 나타냈다(p<0.05). 짠맛(salty flavor)의 강도는 20°C 0.4%, 10°C 0.4% 시료 순으로 강한 것으로 나타났고, 신맛(acidic flavor), 군덕내(moldy odor), 탄산미(carbonated flavor) 항목에서는 15°C 0.4% 시료의 강도가 11.60, 9.53, 9.25로 가장 강한 것으로 나타났다. 짠맛(salty flavor)은 20°C 0.2% 시료가 9.43±3.14로 가장 낮았고, 신맛과 탄산맛은 10°C 0.2%가 7.40, 6.74로 가장 약한 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 향(odor)과 맛(taste)의 기호도가 높고 군덕내(moldy flavor)의 강도가 낮으며 전반적 기호도가 가장 높은 15°C 0.3% 시료가 최적 발효 상태라고 평가되었다. 이는 선행연구에서 보고한 0.12-0.4%의 적숙 산도에서 크게 벗어나지 않는 수준이며, Noh et al. (2008)이 보고한 적정 발효 온도인 10-15°C와 동일한 결과이다.

2. 저장 중 pH와 산도 변화

저장 온도와 기간을 달리하여 4주간 저장한 동치미의 pH를 측정된 결과는 <Table 3>과 같으며 산도를 측정된 결과는 <Table 4>와 같다. 발효 직후의 pH는 4.07±0.01이었고, -1, 2, 5°C에서 4주간 저장한 이후, pH는 각각 4.04±0.08, 4.00±0.03, 3.94±0.01로 감소하여 저장 기간이 길어짐에 따라 pH가 감소하였다. 저장 기간 중 동치미의 산도 변화는 pH의 변화와 마찬가지로 저장 온도가 높을수록 빠르게 증가하는 경향을 보였다. 발효 직후 동치미의 산도는 0.310± 0.01%로, -1°C 저장군은 4주간 pH가 0.341±0.02%로 유의적인 변화 없이 유지되었으나, 2°C 저장군과 5°C 저장군의 pH에서는 저장 4주 후 0.400±0.05, 0.430±0.04% 각각 29, 38%가 증가하여

<Table 4> The changes in acidity of Dongchimi stored at -1, 2, 5°C for 4 weeks

weeks	temperature		
	-1°C	2°C	5°C
0	0.310±0.01 ^{1)NS2)}	0.310±0.01 ^{NS}	0.310±0.01 ^{c3)}
1	0.323±0.01	0.336±0.03	0.359±0.03 ^b
2	0.328±0.02	0.358±0.04	0.399±0.03 ^{ab}
3	0.335±0.03 ^{B4)}	0.370±0.02 ^{AB}	0.400±0.05 ^{abA}
4	0.341±0.02 ^B	0.400±0.05 ^{AB}	0.430±0.04 ^{aA}

¹⁾Means±SD

²⁾NS: Not significant

³⁾a-c: Means with the same superscript in a column are significantly different at p<0.05

⁴⁾A-C: Means with the same superscript in a row are significantly different at p<0.05

⁵⁾ND: Not detected

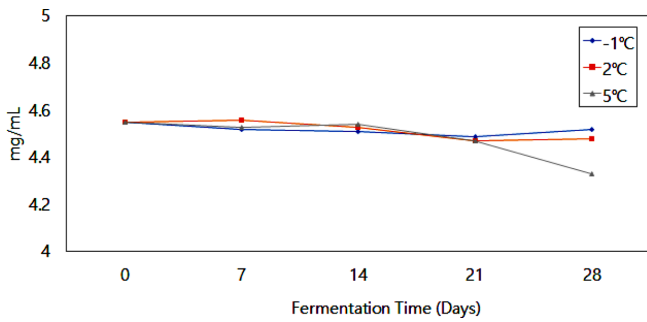
pH의 변화에 기간에 따른 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). pH와 산도 모두 3주차와 4주차에는 저장 온도에 따른 시료간 유의적인 차이가 나타났다(p<0.05).

3. 염도

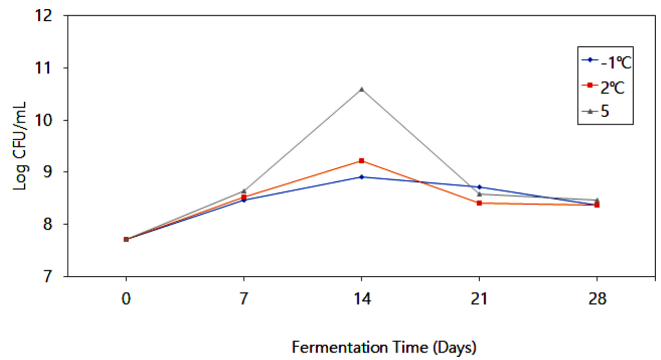
발효 직후의 염도는 0.52±0.05%를 나타내었고, 저장 온도를 -1, 2, 5°C로 달리하여 4주 동안 저장한 동치미의 염도는 0.52±0.05%에서 저장 온도에 따라 0.48±0.05-0.57±0.15 수준으로 변화하는 경향을 보였다. 김치 제조에 있어 소금은 염도에 직접적인 영향을 주며 미생물 생육을 조절하여 안정된 젖산발효와 함께 바람직하지 못한 미생물에 의한 부패를 줄여주는 역할을 한다고 알려져 있다(Mheen & Kwon 1984). 그러나 본 연구에서 온도에 따른 염도의 유의적인 차이는 나타나지 않아 저장 온도와 염도는 관련이 없는 것으로 생각된다(p>0.05).

4. 환원당

발효 직후 동치미의 환원당 함량은 4.55 mg/mL 수준이었는데, -1°C 저장군에서는 저장기간 중 환원당이 유의적인 변화 없이 비슷하게 유지되었다<Figure 1>. 이러한 결과는 Kang (1991)의 연구와 같이 낮은 온도에서는 김치의 발효속성 과정 중 미생물의 생육 작용의 영향을 덜 받는다는 결과와 유사하다. 4주 후 환원당 함량은 2°C 저장군에서 4.48± 0.02 mg/mL, 5°C 저장군에서는 4.33±0.31 mg/mL로 감소하였으며, 4주차에 저장 온도에 따른 시료 간의 유의적인 차이가 나타났다(p<0.05). 저장 기간 동안에 김치의 환원당이 감소하는 것은 미생물 생육도와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다(Kim & Jang 1997; Oh et al. 1999; Choi et al. 2004). 이러한 변화는 젖산균을 비롯한 미생물이 저장 기간 동안 동치미 무의 고분자 탄수화물이 당분해 효소에 의해 생성된 환원당을 lactic acid, alcohol 및 CO₂로 분해하며 생장하기 때문이며, 저장 온도에 따라 영향을 받는다는 Kim (2008)의 결과와 유사하다.



<Figure 1> The changes in reducing sugar of *Dongchimi* depends on stored at -1, 2, 5°C for 4 weeks



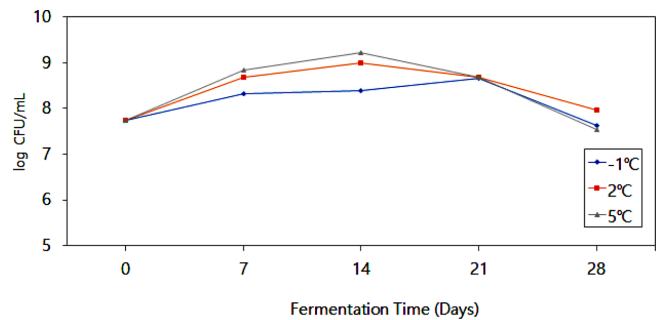
<Figure 2> The changes in total bacteria of *Dongchimi* stored at -1, 2, 5°C for 4 weeks

5. 총균수 및 젖산균 수

저장 온도와 기간을 달리하여 4주간 저장한 동치미의 총균수를 측정된 결과는 <Figure 2>와 같으며 젖산균을 측정된 결과는 <Figure 3>과 같다. 발효 직후 젖산균수가 7.75 ± 0.09 log CFU/mL 수준이었는데 세 저장군에서의 최대 증식 젖산균수는 8.65 ± 1.54 - 9.22 ± 1.08 log CFU/mL 수준까지 증가하였다<Figure 3>. 총균수와 젖산균 수의 변화를 살펴보면 총균수와 마찬가지로 세 저장군 모두 저장 초기에 젖산균 수가 증가하기 시작하여 최대 증식에 이른 후 감소하는 경향을 보이는데, 2°C 저장군과 5°C 저장군에서 저장 1주차부터 젖산균수가 크게 증가하였다($p < 0.05$). 저장 온도가 높을수록 최대 증식균수가 더 높았고, 이러한 결과는 동치미의 저장 중 젖산균 수를 측정된 Seo (2005)의 연구 결과와 동일하다. 이러한 결과는 본 연구의 결과 중 유기산의 변화에서 젖산균 수와 크게 관련이 있는 Lactic acid의 검출량과 관련지을 수 있는데, 2°C 저장군과 5°C 저장군에서 Lactic acid의 검출량이 각각 저장 2주차, 저장 1주차부터 유의적으로 증가하는 것과 관련이 있는 것으로 생각된다.

6. 유기산

저장 온도를 달리한 동치미의 저장 기간 중 유기산을 Bio-LC로 분석한 결과는 <Table 5>와 같다. 표준시료로 사용한 citric acid, malic acid, fumaric acid, lactic acid, acetic acid 중 fumaric acid를 제외한 4가지 성분이 검출되었다. -1°C 저장군에서는 발효 직후 검출되었던 유기산 성분의 조성이 저장 기간 중 유의적인 변화 없이 유지되었다. 2°C 저장군과 5°C 저장군에서는 citric acid와 malic acid가 유의하게 감소하고 발효 직후에 검출되지 않았던 lactic acid는 2°C 저장군에서는 저장 2주차부터, 5°C 저장군에서는 저장 1주차부터 검출되기 시작하여 저장 4주 후 0.62 - 0.66 mg/100 mL 수준까지 증가했고, acetic acid가 acetic acid는 0.22 - 0.24 mg/100 mL 수준까지 증가하였다($p < 0.05$). Citric acid와 malic acid는 발효 직후 각각 0.19 ± 0.03 mg/100 mL와 0.40 ± 0.06 mg/100 mL 수준으로 검출되었는데, 2°C 저장군에서는 0.08 ± 0.00 mg/100 mL로 감소하여 citric acid는 저장 3주차부터,



<Figure 3> The Changes of lactic acid bacteria count of *Dongchimi* stored at -1, 2, 5°C for 4 weeks

malic acid는 저장 2주차부터 불검출되었고, 5°C 저장군에서는 저장 2주차부터 검출되지 않았다. 김치에 함유된 유기산은 원재료 내에 존재하는 것도 있지만 발효과정 중 주부재료의 효소와 미생물의 작용에 의해 젖산과 그 외 여러 가지 유기산들이 생성된다(Kim 2008). Kim (1997)의 결과에서 acetic acid와 lactic acid는 동치미가 과숙될수록 다량 검출된다는 결과로 미루어 보아 2°C 저장군과 5°C 저장군에서는 발효 직후의 품질 특성을 유지할 수 없는 것으로 판단할 수 있다. 또한, Seo (2005)의 결과에서 0°C 이상의 온도에서 저장했을 때 동치미의 발효속성과 관련 있는 젖산균을 비롯한 미생물의 생장을 억제하지 못해 저장 기간이 경과할수록 산도가 유의하게 증가하고, Lactic acid, Acetic acid 등의 유기산 함량이 유의하게 증가한 것과 같은 결과라고 해석할 수 있다.

7. 관능검사

본 연구에서는 저장 온도를 달리한 동치미의 관능적 특성 강도를 비교하기 위하여 전반 맛강도, 발효취, 이취, 투명 정도, 마늘 향미, 탄산감, 군덕내, 단단한 정도, 짠맛, 단맛, 신맛, 감칠맛, 쓴맛, 무향미, 과향미와 같은 총 15가지 항목에 대하여 묘사 분석 평가를 진행하였다. 그러나 시료의 개수가 너무 많은 관계로 정확한 관능적 특성 평가를 위하여 발효 직후와 유의적인 차이가 없다고 판단된 저장 1주차 시료는 관능적 특성 평가에서 제외되었다. 저장 온도와 주수를 달리

<Table 5> Changes of organic acids of *Dongchimi* stored at -1, 2, 5°C for 4 weeks

non-volatile organic acid (mg/100 mL)	weeks	temperature		
		-1°C	2°C	5°C
malic	0	0.34±0.06 ^{1)NS2)}	0.40±0.06 ^{a3)}	0.40±0.06 ^a
	1	0.39±0.01 ^{A4)}	0.19±0.01 ^{bb}	0.08±0.07 ^{bc}
	2	0.36±0.11	- ^{ND5)}	-
	3	0.27±0.04	-	-
	4	0.22±0.05	-	-
citric	0	0.19±0.03 ^{NS}	0.19±0.28 ^a	0.19±0.03 ^a
	1	0.17±0.25 ^B	0.15±0.03 ^{bb}	0.20±0.08 ^{aA}
	2	0.17±0.01	0.08±0.00 ^c	-
	3	0.16±0.01	-	-
	4	0.16±0.00	-	-
lactic	0	-	-	-
	1	-	-	0.54±0.30 ^b
	2	-	0.40±0.05 ^b	0.64±0.30 ^{ab}
	3	-	0.62±0.04 ^a	0.66±0.08 ^{ab}
	4	-	0.65±0.07 ^a	0.68±0.93 ^a
acetic	0	-	-	-
	1	-	-	0.21±0.08 ^a
	2	-	0.11±0.02 ^b	0.20±0.14 ^a
	3	-	0.20±0.20 ^a	0.24±0.45 ^a
	4	-	0.22±0.03 ^a	0.24±0.02 ^a

¹⁾Means±SD

²⁾NS: Not significant (p<0.05)

³⁾a-c: Means with the same superscript in a column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾A-C: Means with the same superscript in a row are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

한 총 10개의 동치미 시료간 15개의 관능적 특성 강도 차이를 알아보기 위하여 저장기간과 패널 효과를 주효과로 하여 다변량 분산분석(Multivariate Analysis of Variance; MANOVA)을 실시한 결과는 <Table 6>과 같다. 다변량 분산 분석 결과, 동치미 시료의 관능평가 항목 중 저장 4주 후 저장 온도가 높을수록 맛 강도가 높게 나타났다(p<0.05). 5°C 저장군에서는 이취(Off flavor)가 저장 4주 차에 -1°C와 2°C 저장군에 비해 4.95±2.60로 유의하게 높게 나타났으며(p<0.05), 파 향미(green onion flavor)의 경우, 3.76±2.51에서 2.91±2.00로 다소 낮아지는 경향을 보였다(p<0.05). 발효취(Fermented Odor)는 -1°C 저장군에서는 비슷한 수준으로 유지된 반면, 2°C 저장군에서는 6.10±2.43에서 6.52±3.09로 증가(p<0.05)하였고, 5°C 저장군에서는 6.71±2.90에서 7.19±2.52로 증가하였으나 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 투명정도(transparency)는 저장 3주차에 -1°C 저장군에서 71±2.26로 저장 온도에 따른 차이가 나타났으나, 저장 4주차에는 저장 온도에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

8. 이화학 분석과 관능검사 결과의 PCA 분석

본 연구에서는 저장 온도를 달리한 동치미의 이화학적 특

성 변화와 관능검사 결과에 대한 PCA (주성분 분석) 분석을 실시한 결과는 <Figure 4>와 같다. 제1 주성분(PC1)이 전체 데이터의 31.63%를 설명하였고 제 2 주성분(PC2)이 22.97%를 설명하였다. 짠맛, 전반 맛 강도는 제1 주성분의 양(+)의 방향으로 강하게 부하되었고 발효취, 신맛, 탄산감과 동치미의 과숙시 검출되는 아세트산, 젖산과 같은 유기산은 제 2 주성분의 양(+)의 방향으로 강하게 부하되었다. 동치미의 발효 직후에 검출되었던 malic acid, citric acid는 무 향미, 쓴맛과 함께 음(-)의 방향으로 강하게 부하되었다<Figure 4(A)>. -1°C 저장군 시료(-1-2, -1-4)에 있어 발효 직후와 같은 무향미의 특성이 크게 나타났으며, 제1주성분의 음의 방향으로 강하게 부하되었다. 시료의 분포를 살펴보면 시료들이 저장 온도에 따라 분포된 것을 확인할 수 있다<Figure 4(B)>. PCA 분석 결과, 상대적으로 고온에서 발효 시킨 5°C 저장 군(5-2, 5-3, 5-4)은 저장 기간이 길어질수록 전반 맛 강도, 신맛, 발효취, 짠맛, 탄산감 등의 과숙 김치에서 발현되는 특성이 많이 나타났으며, 2°C 저장군(2-2, 2-3, 2-4)에서는 파 향미, 마늘향미 같은 양념 향미 특성이 강하게 부하된 것을 확인할 수 있다.

<Table 6> Changes of Taste Intensity of *Dongchimi* stored at -1, 2, 5°C for 4 weeks

temp	weeks	Overall flavor	Fermented Odor	Off flavor	transparency	garlic flavor	carbonated flavor	moldy odor	firmness
-1°C	0	10.43±1.57 ¹⁾	6.52±2.71	4.95±3.47	7.1±2.26	3.33±2.99	4.14±2.56	4.05±3.46	7.29±2.24
	2	10.62±1.96 ^{NS2)}	6.57±3.04 ^{NS}	5.33±2.67 ^{NS}	7.14±2.59 ^{b3)}	3.33±2.60 ^b	4.81±2.52 ^{NS}	3.67±2.89 ^{NS}	6.48±2.50 ^{NS}
	3	10.67±1.43	7.38±2.99	3.71±2.81	8.71±2.26 ^{aA4)}	4.10±3.18 ^a	5.19±2.86	3.67±2.71	6.95±1.96
	4	9.86±1.82 ^B	6.33±2.31	4.81±3.16 ^A	6.33±1.82 ^b	3.57±2.65 ^{ab}	5.90±3.04	3.29±2.76	7.29±2.45
2°C	2	9.76±1.73	6.10±2.43 ^b	4.67±2.94 ^a	6.95±2.20	3.90±2.64	4.43±2.74 ^{NS}	3.33±2.75 ^{NS}	7.24±2.30 ^{NS}
	3	10.29±1.65	7.43±2.89 ^a	3.00±2.43 ^b	6.57±2.52 ^B	4.00±3.26	5.00±2.99	3.71±2.88	6.67±1.60
	4	10.24±2.07 ^A	6.52±3.09 ^{ab}	2.90±2.36 ^{bb}	7.71±2.00	3.57±2.86	5.06±3.35	3.19±2.54	6.71±2.08
5°C	2	10.19±2.18	6.71±2.90 ^{NS}	4.86±2.82 ^{NS}	6.67±2.20	3.57±2.62	4.95±3.15 ^b	3.67±2.75 ^{NS}	6.43±1.68 ^b
	3	10.71±1.90	7.29±2.72	4.14±2.33	5.76±2.23 ^B	3.67±2.44	5.67±2.69 ^{ab}	3.14±2.75	7.62±1.79 ^a
	4	11.33±1.49 ^A	7.19±2.52	4.95±2.60 ^A	7.24±2.28	3.19±2.50	6.52±2.87 ^a	3.62±2.89	6.67±1.56 ^b

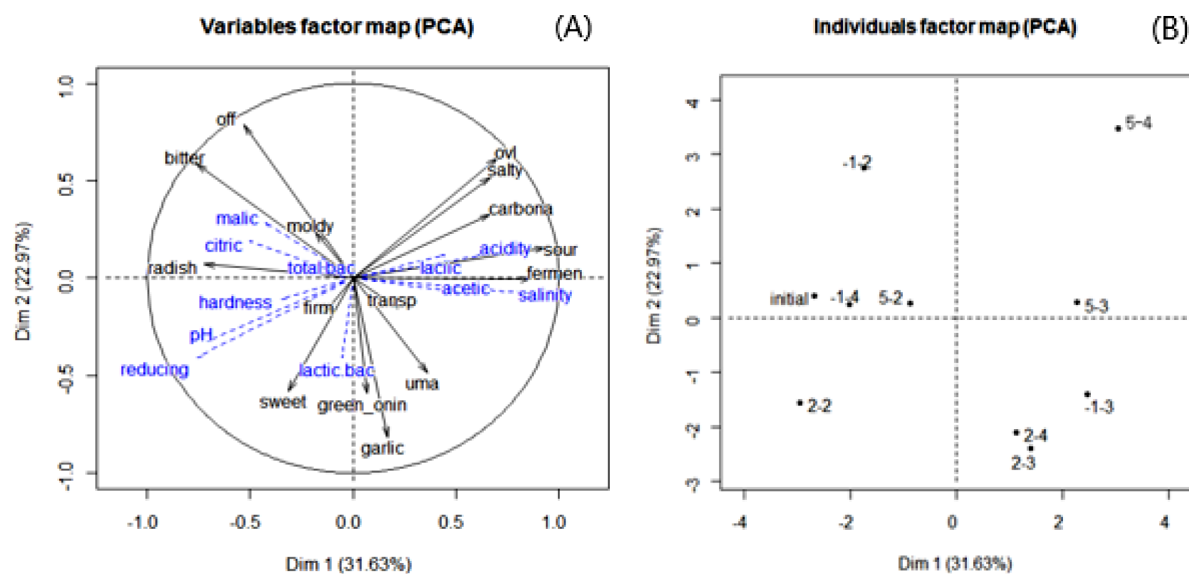
temp	weeks	salty flavor	sweet flavor	acidic flavor	savory flavor	bitter flavor	radish flavor	green onion flavor
-1°C	0	9.33±2.01	2.71±2.22	4.62±3.19	4.43±3.31	2.05±1.86	4.62±2.88	2.86±2.56
	2	9.67±2.50 ^{NS}	2.29±2.10 ^{NS}	5.19±3.14 ^{NS}	3.38±2.78 ^b	2.29±2.43 ^{NS}	4.71±2.70 ^{NS}	3.19±2.18 ^{NS}
	3	10.14±1.85	2.43±1.69	5.38±3.01	4.43±3.30 ^a	1.52±1.40	4.19±2.49	3.67±2.60
	4	9.33±1.83	2.52±1.83	4.76±4.76	4.23±0.01 ^a	2.14±1.65 ^A	4.52±2.25	2.9±2.21
2°C	2	8.76±2.26 ^{NS}	2.33±1.86 ^{NS}	4.62±2.66 ^b	3.86±2.82 ^{NS}	1.95±1.88 ^a	4.38±2.46 ^{NS}	3.62±2.06 ^{NS}
	3	9.14±2.17	2.52±1.83	5.52±2.91 ^a	4.29±3.45	1.38±1.60 ^b	4.24±2.01	3.57±2.66
	4	9.29±2.55	2.76±1.91	5.38±3.43 ^a	4.24±3.27	1.38±1.24 ^{bAB}	3.95±2.48	3.33±2.51
5°C	2	9.33±2.45 ^{NS}	2.43±2.25 ^{NS}	5.05±2.73 ^{NS}	3.71±4.13 ^{NS}	2.05±2.01	3.95±2.28 ^{NS}	3.76±2.51 ^a
	3	9.67±2.45	2.19±1.81	5.76±2.81	4.24±2.70	1.43±1.12	4.14±2.60	3.1±2.38 ^b
	4	10.05±2.22	2.14±1.59	5.76±2.84	4.05±2.94	1.81±1.40 ^B	3.81±2.36	2.91±2.00 ^b

¹⁾Means±SD

²⁾NS: Not significant

³⁾a-c: Means with the same superscript in weeks are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

⁴⁾A-B: Means with the same superscript in temperature are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.



<Figure 4> Principal component(PC) loadings and the physicochemical and sensory characteristics score (A), the 10 *Dongchimi* samples prepared at various conditions (B)

IV. 요약 및 결론

본 연구는 동치미의 발효속성을 발효 단계와 저장 단계로 나누고 발효와 저장 중 온도와 시간을 달리한 동치미의 소비자 검사, 이화학적 분석, 관능적 특성 등을 분석하여 그 결과를 바탕으로 소비자 기호도가 가장 높은 동치미의 최적 품질 특성을 유지할 수 있는 발효 및 저장 온도와 시간 조건을 확립하고자 하였다.

발효 온도 5, 10, 15, 20°C에서 동치미의 적숙 산도 0.2, 0.3, 0.4%가 될 때까지 발효시킨 결과, 5°C에서는 산도 변화가 매우 미미하여 5°C를 제외한 세 수준의 온도(10, 15, 20°C)에서 발효된 9개의 동치미 시료로 소비자 검사를 실시하였다. 그 결과, 15°C에서 산도 0.3%까지 발효된 동치미 시료의 전반적 기호도가 가장 높아 최적 발효 조건으로 평가되었다. 10°C에서 0.3%까지 발효된 시료 역시 높은 전반적 기호도를 나타냈으나, 향(odor)과 맛(taste) 항목에서 낮은 기호도를 나타낸 10°C의 발효조건은 제외되어 동치미의 발효 시 온도와 시간 조건은 15°C에서 산도가 0.3%에 도달하는 약 6일 정도가 가장 적합한 것으로 나타났다. 이후 저장 기간 중 동치미의 품질 특성 변화를 종합해보았을 때, 발효 직후의 4.07 ± 0.01 이었던 pH는 저장 온도가 높을수록 급격하게 감소하여 적정 pH 기간이 짧은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 2°C 저장군과 5°C 저장군에서는 4주 후 환원당 함량이 4.38 mg/mL로 감소하였으며($p < 0.05$), 유기산의 경우 2°C 저장군과 5°C 저장군은 citric acid와 malic acid 검출량이 감소하고 발효 직후에 검출되지 않았던 lactic acid와 acetic acid가 저장 기간 중 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). Kim (2008)에 의하면 발효 중인 김치의 pH와 산생성량은 발효 온도가 높을수록 산생성량이 증가하는 결과를 나타내는데 이는 온도가 올라갈수록 헤테로형 보다 호모형 젖산균이 발효를 주도한 결과 해석하였다. 저장 기간이 길어질수록 2°C 저장군과 5°C 저장군의 품질 특성 항목은 최적 발효 상태로 평가된 발효 직후와 통계적으로 유의한 차이를 나타낸 반면($p < 0.05$), -1°C 저장군에서는 저장 기간에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과를 바탕으로 동치미를 15°C에서 산도 0.3%까지 발효한 이후 -1°C에서 저장했을 때 최적으로 평가된 동치미의 품질 특성을 장기간 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 동치미의 최적발효 및 저장을 위한 김치냉장고의 자동숙성 시스템을 개발한 Noh et al. (2008)의 연구에서 초기 발효 온도대를 10-15°C, 저장 온도를 2.5 ± 0.5 °C로 제안한 것과 비슷한 결과이다. 저장 온도가 높은 2°C 저장군과 5°C 저장군에서는 동치미의 발효속성에 관여하는 미생물의 생장이 활발해져 저장 기간이 경과할수록 산도가 유의하게 증가하였고 이에 따른 유기산 함량 변화가 나타나 이로 인해 관능적 특성에 유의한 차이가 나타나게 된 것으로 생각된다. 국내 소비자들의 시판 김치에 대한 수요가 증가하여 김치 상품 시장이 점점 확대되는 추

세가 계속되면서 동치미와 같은 별미 김치에 대한 관심과 소비가 늘고 있으며, 동치미는 세계 시장에서 웰빙 한식 상품으로 널리 활용될 수 있는 가능성이 크다. 본 연구는 소비자 기호도 조사와 이화학적, 미생물학적, 관능적 분석을 통해 전통식품의 품질관리를 위한 과학적 결과를 제시하기 위해 필요한 연구라 할 수 있다. 그러므로 본 연구를 기초로 하여 동치미의 발효와 저장 시 영양소 보존 효과와 4주 이상의 장기간 저장 시에 나타날 수 있는 품질 특성의 변화에 대한 후속 연구가 필요하다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 (주)삼성전자의 지원에 의해 이루어진 결과이며 이에 감사드립니다.

저자 정보

조미숙(이화여자대학교 식품영양학과, 교수, 0000-0002-5358-9424)

나예슬(이화여자대학교 식품영양학과, 박사과정 대학원생, 0000-0002-3961-4865)

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- AOAC. 1995. Official methods of analysis of AOAC International (16th edn): edited by Patricia Cunniff. AOAC International
- Choi MS, Kim DM, Oh GH. 2015. Studies on the Enhanced Physiological Activities of Mixed Lactic Acid Bacteria Isolated from Fermented Watery Kimchi, Dongchimi. *KSBB Journal*. 30(6); 245-252
- Choi MY, Oh HS, Park HJ. 2004. Effect of Prunus mume Extract on Dongchimi Fermentation. *Korean J. community Living Science* 15(4): 3-10
- Choi YH. 2007. Changes in Characteristics of Kimchi during storage at low temperature. master's thesis. Dankuk University. Korea pp. 1
- Huh YJ, Cho YJ, Kim JK, Park KW. 2003. Effects of Radish Root Cultivars on the Dongchimi Fermentation. *Korean J food Sci Technol*. 35(1):7-14
- Hwang JH, Jang MS. 2003. Free Sugar, Free Amino Acid, Non-Volatile Organic Acid and Volatile Compounds of Dongchimi added with Jasoja (Perillae semen. *Korean J Food Cookery Sci*. 19(1):1-10
- Hwang IG, Kim HY, Hwang Y, Jeong HS, Lee JS, Kim HY,

- Yoo SM. 2012. Changes in quality characteristics of Kimchi added with the fresh red pepper (*Capsicum Annum*L.). *Korean J Food Cookery Sci* 28: 167-174
- Jang MS, Kim NY. 1997. Physicochemical and Microbiological Properties of Dongchimi added with Citron (*Citrus junos*) *Korean J. Soc Food Sci.* 1997 13(3) 286-291
- Jang MS, Park JE. 2003. Effect of Wasabi (*Wasabiajaponica* Matsum) on the Physicochemical properties of Dongchimi during Fermentation. *J. Korean Soc Food Sci. Nutr.* 33(2):392-398
- Jo JS, Hwang SY. 1997. Standardization of Kimchi and Related Products (3). *Korean J Dieraty Culture.* 12(5):531-548
- Kang J. 1991. changes in chemical and sensory properties of donchimi during fermentation. *Soc. Food Nurt.* 23(3), 267-271
- Kang KO, Ku KH, Kim WJ. 1991. Compined Effect of Brining in Hot Solution and Salts Mix ture Addition for Improvement of Storage Stability of Dongchimi. *J Korean soc. Food Sci Nutr.* 20(6):559-564
- Kim HR. 2006. Effect of the addition to powdered bamboo leaves on the physicochemical and sensory characteristics in Dongchimi. master thesis. Chunnam National university. Korea pp 36-38
- Kim HR, Kim YS, Jang MS. 2004. Physicochemical properties of Naengmyon Broth added with Dongchimi of different fermentation. *Korean Soc Food Cookery Sci.* 20(6):598-606
- Kim IK, Shin SR, Chung JH, Kim KW. 1997. Changes on the Components of Dongchimi added Ginseng and Pine needle. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.* 26(3):397-403
- Kim JW. 2008. Quality changes of Gamdongjeotmu Kimchi during storage with different temperatures and periods of fermentation. Ewha Womans University Master's thesis. Seoul pp 4
- Kim JY, Park EY, Kim YS. 2006. Characterization of volatile compounds in low-temperature and long-term fermented *Baechu* kimchi. *Korean J Food Culture.* 21:319-324
- Kim MJ. 1997. Effect of Bamboo (*Pseudosasa japonica* Makino) Leaves on the Physicochemical Properties of Dongchimi. Doctoral Thesis. Dankuk University. Korea pp 5-7
- Kim NY, Jang MS. 1997. Sensory and Textural properties of Dongchimi added with Citron (*Citrus junos*). *Korean J Food Cookery Sci.* 13(4):462-471
- Ko EJ, Hur SS, Par M, Choi YH. 1995. Studies on the Optimum Fermenting Conditions of Dongchimi for Production of Ion Beverage. *J Korean Soc Food Nutr.* 24(1):141-146
- Kwon SM, Kim YJ, Oh HI, Cho DH. 1996. Physicochemical and Microbiological Changes in Dongchimi Juice during Fermentation with the Addition of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *J. Ginseng Research.* 20(3):299-306
- Lee DH, Park SJ, Park JY. 1999. Effects of Freezing and Thawing Methods on the Quality of Dongchimi. *Korean J Soc Food Sci.* 31(6):573
- Lim SY, Lee HR, Lee JM. 2005. Quality Changes of Nabak Kimchi During Storage with Different Levels of Fermentation. *Korean J. Soc. Dietary Culture.* 20(4):468-475
- Mheen TI, Kwon TW. 1984. Effect of temperature and salt concentration on Kimchi fermentation. *Korean J Food Sci Technol.* 16:443-450
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for dermination of eeducing sugar. *Analytical Chemistry.* 31(3):426-428
- Noh JS, Kim JH, Lee MJ, Kim MH, Song YO. 2008. Development of Auto-aging System for the Kimchi Refrigerator for Optimal Fermentation and Storage of Dongchimi. *Korean J food Sci Technol.* 40(6):611-668
- Oh J.Y., Hahn Y.S., Kim Y.J. 1999. Microbiological chracteristics of low salt mul-kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31(2):502-508
- Park JH, Oh DH, Chung HY. 2011. Antimicrobial Activity of *Lactobacillus sakei* J4 Isolated from Korean Dongchimi and Its Probiotic Properties. 2 16(2):122-128
- Seo HJ. 2005. Changes of physicochemical and sensory characteristics of Dongchimi during the fermentation by various temperatures. master's degree thesis. Busan National Univeversity. Korea pp 7-9
- Seo HS. 2007. Microbiological analysis of Dongchimi fermentation. Master's Thesis. Chunbuk National university. Korea pp 28
- Shin SA. 1997. Effect of *Cornus officianalis* S. et Z. on Dongchimi fermentation. master's degree thesis. Kunkuk University. Korea. 17(4):338-343
- Son SY, Choi HR, Choi UH. 2005. Effect of Herbs on the Growth-Inhibition of Lactic Acid Bacteria and Quality Characteristics of Dongchimi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37(2):241-246
- Song TH, Kim SS. 1991. A Study on the Effect of Ginseng on Quality Characteristics of Kimchi. *Korean Society of Food & Cookery Science* 7(2):81-88
- Korea Rural Economic Institute. 2000. Changes and prospects of demand of Kimchi. Korea Available from <http://www.krei.re.kr/krei/researchReportView.do?key=67&biblioId=102714&pageType=010101&searchCnd=all&searchKrwrd=&pageIndex=1&creatorEmpNumber=> [accessed 2020.08.16]