



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2021年 8月  
碩士學位論文

수박무 분말 첨가 돈육 떡갈비의  
품질특성 및 항산화 활성

朝鮮大學校 大學院

食品營養學科

金 藝 率

# 수박무 분말 첨가 돈육 떡갈비의 품질특성 및 항산화 활성

Quality Characteristics and Antioxidant Activities of  
Pork *Tteokgalbi* Added with Watermelon Radish Powder

2021年 8月 27日

朝鮮大學校 大學院

食品營養學科

金 藝 率

# 수박무 분말 첨가 돈육 떡갈비의 품질특성 및 향산화 활성

指導教授 李 在 濬

이 論文을 理學碩士學位申請論文으로 提出함

2021年 4月

朝鮮大學校 大學院

食品營養學科

金 藝 率

# 金 藝 率의 碩士學位 論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校 教授 金 福 姬 (印)

委 員 朝鮮大學校 教授 李 周 珉 (印)

委 員 朝鮮大學校 教授 李 在 濬 (印)

2021年 5月

朝鮮大學校 大學院

## 목 차

LIST OF TABLES .....	v
LIST OF FIGURES .....	viii
 ABSTRACT .....	 ix
 제1장 서 론 .....	 1
 제2장 실험재료 및 방법 .....	 7
제1절 실험재료 .....	7
 제2절 수박무 가식부와 껍질의 이화학적 성분 비교 .....	 7
1. 일반성분 분석 .....	7
2. 유리당 분석 .....	8
3. 구성 아미노산 분석 .....	9
4. 지방산 분석 .....	10
5. 유기산 분석 .....	11
6. 비타민 분석 .....	12
7. 무기질 분석 .....	14
8. 통계처리 .....	15
 제3절 수박무 가식부와 껍질의 품질특성 및 항산화 활성 .....	 16
1. 수박무 가식부와 껍질의 품질특성 .....	16
가. pH 측정 .....	16
나. 당도 측정 .....	16

다. 색도 측정 .....	16
2. 수박무 가식부와 껍질 에탄올 추출물의 항산화 활성 .....	17
가. 시료 추출 .....	17
나. 수박무 부위별 추출 수율 측정 .....	17
다. 총 polyphenol 함량 측정 .....	18
라. 총 flavonoid 함량 측정 .....	19
마. 총 anthocyanin 함량 측정 .....	20
바. DPPH radical 소거 활성 측정 .....	20
사. ABTS radical 소거 활성 측정 .....	21
아. FRAP 활성 측정 .....	22
3. 통계처리 .....	22
<b>제4절 수박무 분말 첨가 떡갈비의 품질특성 및 항산화 활성 .....</b>	<b>23</b>
1. 실험재료 .....	23
2. 수박무 분말 첨가 떡갈비 제조방법 .....	25
3. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 에탄올 추출 시료액 조제 .....	28
4. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 품질특성 .....	29
가. 일반성분 분석 .....	29
나. 보수력(Water holding capacity) 측정 .....	29
다. 가열감량(Cooking loss) 측정 .....	30
라. 조직 특성 측정 .....	30
마. 육색 측정 .....	31
바. 관능검사 .....	31
5. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 항산화 활성 측정 .....	32
6. 통계처리 .....	32
<b>제5절 수박무 분말 첨가 떡갈비의 저장안정성 .....</b>	<b>33</b>

1. pH 측정	33
2. 지질 산패도(2-Thiobarbituric acid, TBA) 측정	33
3. 휘발성 염기태 질소(Volatile basic nitrogen, VBN) 측정	34
4. 총 미생물 수(Total plate count, TPC) 측정	35
5. 통계처리	35
<b>제3장 실험결과 및 고찰</b>	<b>36</b>
<b>제1절 수박무 가식부와 껍질의 이화학적 성분 비교</b>	<b>36</b>
1. 일반성분	36
2. 유리당	38
3. 구성 아미노산	40
4. 지방산	42
5. 유기산	44
6. 비타민	46
7. 무기질	48
<b>제2절 수박무 가식부와 껍질의 품질특성 및 항산화 활성</b>	<b>50</b>
1. 수박무 가식부와 껍질의 품질특성	50
가. pH	50
나. 당도	52
다. 색도	54
2. 수박무 가식부와 껍질 에탄올 추출물의 항산화 활성	57
가. 수박무 부위별 추출 수율	57
나. 총 polyphenol 함량	59
다. 총 flavonoid 함량	61
라. 총 anthocyanin 함량	63
마. DPPH radical 소거 활성	65
바. ABTS radical 소거 활성	68



사. FRAP 활성 .....	71
<b>제3절 수박무 분말 첨가 떡갈비의 품질특성 및 항산화 활성 .....</b>	<b>73</b>
1. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 품질특성 .....	73
가. 일반성분 .....	73
나. 보수력 .....	75
다. 가열감량 .....	77
라. 조직 특성 .....	79
마. 육색 변화 .....	81
바. 관능 평가 .....	84
2. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 항산화 활성 .....	86
가. 총 polyphenol 함량 .....	86
나. 총 flavonoid 함량 .....	88
다. DPPH radical 소거 활성 .....	90
라. ABTS radical 소거 활성 .....	92
<b>제4절 수박무 분말 첨가 떡갈비의 저장안정성 .....</b>	<b>94</b>
1. pH의 변화 .....	94
2. 지질 산패도의 변화 .....	96
3. 휘발성 염기태 질소의 변화 .....	98
4. 총 미생물 수의 변화 .....	100
<b>제4장 요약 및 결론 .....</b>	<b>102</b>
<b>참 고 문 헌 .....</b>	<b>105</b>

## LIST OF TABLES

Table 1. Operating conditions of ion chromatography for free sugars	8
Table 2. Operating conditions of amino acid auto-analyzer for total amino acid	9
Table 3. Operating conditions of gas chromatography for fatty acids	10
Table 4. Operating conditions of ion chromatography for organic acids	11
Table 5. Operation conditions of HPLC for vitamin C	13
Table 6. Operating conditions of HPLC for vitamin A and E	13
Table 7. Operating conditions of atomic absorption spectrophotometer for minerals	14
Table 8. Compositions of fatty acids in omega-balanced pork	24
Table 9. Formula of <i>tteokgalbi</i> added with watermelon radish powder	26
Table 10. Proximate compositions of watermelon radish powder	37
Table 11. Contents of free sugars in watermelon radish powder	39
Table 12. Contents of total amino acids in watermelon radish powder	41
Table 13. Compositions of fatty acids in watermelon radish powder	43
Table 14. Contents of organic acids in watermelon radish powder	45
Table 15. Contents of vitamin A, C and E in watermelon radish powder	47
Table 16. Contents of minerals in watermelon radish powder	49
Table 17. Contents of pH in watermelon radish powder	51
Table 18. Contents of °Brix in watermelon radish raw and powder	53
Table 19. Hunter color properties(L, a, b) of watermelon radish powder	55
Table 20. Yield of 80% ethanol extracts from watermelon radish	58
Table 21. Contents of total polyphenol in watermelon radish ethanol extracts	60
Table 22. Contents of total flavonoid in watermelon radish ethanol extracts	62

Table 23. Contents of total anthocyanin in watermelon radish .....	64
Table 24. DPPH radical scavenging activity of watermelon radish ethanol extracts .....	67
Table 25. ABTS radical scavenging activity of watermelon radish ethanol extracts .....	70
Table 26. Proximate compositions of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder .....	74
Table 27. Water holding capacity(WHC) of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder .....	76
Table 28. Cooking loss of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder.....	78
Table 29. Textural properties of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder.....	80
Table 30. Hunter color properties(L, a, b) of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder.....	83
Table 31. Sensory evaluation of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder.....	85
Table 32. Changes of total polyphenol content of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 7 days .....	87
Table 33. Changes of total flavonoid content of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 7 days .....	89
Table 34. Changes of DPPH radical scavenging activity of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 7 days .....	91
Table 35. Changes of ABTS radical scavenging activity of <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 7 days .....	93

Table 36. Changes of pH of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 14 days···· 95

Table 37. Changes of TBA values for *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 14 days ····· 97

Table 38. Changes of VBN values of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 14 days ····· 99

Table 39. Changes of total plate counts of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 14 days ····· 101

## LIST OF FIGURES

Fig. 1. Photographs of watermelon radish .....	6
Fig. 2. Gallic acid standard curve for total polyphenol content .....	18
Fig. 3. Quercetin standard curve for total flavonoid content .....	19
Fig. 4. Preparation procedures of <i>tteokgalbi</i> samples added with watermelon radish powder .....	27
Fig. 5. Photographs of watermelon radish flesh and peel powder .....	56
Fig. 6. Changing DPPH color in antioxidant compound .....	65
Fig. 7. Principle of ABTS scavenging activity.....	68
Fig. 8. Ferric Reducing Antioxidant power of watermelon radish ethanol extracts .....	72
Fig. 9. Shape of the <i>tteokgalbi</i> prepared with different levels of watermelon radish powder .....	82

## ABSTRACT

### Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Pork *Tteokgalbi* Added with Watermelon Radish Powder

By. Kim, Ye-Sol

Advisor : Prof. Lee, Jae-Joon, Ph.D.

Department of Food and Nutrition,

Graduate School of Chosun University

This study was performed to investigate the physicochemical quality characteristics and antioxidant activities of watermelon radish, and to evaluate the functional effects of watermelon radish powder addition on the quality properties and storage characteristics of pork *tteokgalbi*.

It was conducted to compare major nutrients components and bioactive materials between watermelon radish flesh and watermelon radish peel powder. Among the proximate compositions, the carbohydrate content of watermelon radish peel contained lower than that of watermelon radish flesh, while the contents of moisture, crude protein, crude fat, and crude ash were higher in the watermelon radish flesh. Watermelon radish flesh had a higher total free sugar content than peel. The major free sugars of watermelon radish flesh and watermelon radish peel were identified as fructose and glucose. The value of glutamic acid was greater in the amino acids of watermelon radish flesh and watermelon radish peel, and watermelon radish peel had higher total amino acids and essential amino acids. Watermelon radish flesh contained a higher level of saturated and polyunsaturated fatty acids than watermelon radish peel. The contents of organic acid were higher in watermelon radish peel, and the

level of malic acid was the highest in both watermelon radish flesh and watermelon radish peel. The contents of vitamin C of watermelon radish flesh and watermelon radish peel were 730.59 mg/100 g and 388.71 mg/100 g respectively. The mineral contents of watermelon radish peel contained higher than that of watermelon radish flesh. pH was higher in flesh than in peel. In the case of raw fruits, the watermelon radish peel contained higher sugar content than watermelon radish flesh. In the case of vacuum freeze-drying, watermelon flesh had a higher sugar content than the peel. The L value and a value were higher in watermelon radish flesh than watermelon radish peel. Ethanol extraction yields of watermelon radish flesh and watermelon radish peel were 34.24% and 15.25% respectively. The total polyphenol and flavonoid contents, and anthocyanin contents of the watermelon radish ethanol extracts were significantly higher in flesh than in peel. The DPPH and ABTS radical scavenging activities, and FRAP values of the watermelon radish ethanol extracts were significantly higher in the flesh than the peel of watermelon radish.

Pork *tteokgalbi* were made with different levels (0, 1, 2, 4%) of watermelon radish flesh powder and 0.05% ascorbic acid was added for comparison with watermelon radish. 0, 1, 2, 4% and ascorbic acid samples were indicated as CON, W1, W2, W3, and REF respectively. Antioxidant activities, quality characteristics, and storage security of watermelon radish pork *tteokgalbi* were investigated during storage at 4°C, and experiments were conducted on days 0, 7, 14. The addition of watermelon radish flesh powder decreased the moisture, crude protein, crude fat contents, but the ash and carbohydrate contents were increased. Increasing the amounts of watermelon radish flesh powder had an increasing trend of WHC values, but cooking loss decreased. For the textural characteristics, Hardness, chewiness showed higher values with increased watermelon radish flesh powder. L value and b value were decreased as the amounts of watermelon radish flesh powder increased, but the a value was increased. In the sensory evaluation, W3 was preferred the most in terms of color, flavor, and total acceptability. The longer the storage period, the more the

polyphenol content was increased, while flavonoid, DPPH radical scavenging activity, and ABTS radical scavenging activity were reduced. However, polyphenol content, flavonoid content, DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity were increased as the amount of watermelon radish flesh powder increased.

As storage time increased, pH value was decreased, TBA, VBN, total plate count values were increased. However, pH value was increased, TBA, VBN, total plate count values were significantly decreased to the control sample as the amounts of watermelon radish flesh powder increased.

These results demonstrate that the addition of the watermelon radish flesh powder to the pork *tteokgalbi* has a trend to improve antioxidative and antimicrobial effects during the refrigerated storage period. Therefore, the result provides useful reference data for efforts to use watermelon radish flesh in meat products as a natural antioxidant and a way to prevent lipid oxidation. More research on watermelon radish pork *tteokgalbi* is expected to follow.



## 제1장 서론

오늘날 사회 구조가 다양해지고 복잡해짐에 따라 짧은 시간에 간편하게 조리하여 먹을 수 있는 가정간편식(Home Meal Replacement, HMR)의 수요가 점차 증가하고 있다(1). 간편식 시장이 확대되고 고품질 상품의 출시가 증가함에 따라 식품 산업 생산실적 중 식품 제조 가공업의 생산실적의 비율이 높아지고 있으며, 그중 돼지고기 포장육, 쇠고기 포장육 등 비가열 냉동제품으로 유통되었던 식육가공품이 즉석조리식품이나 가정간편식으로 출시되면서 식육가공품의 시장 규모가 증가하고 있다. 2018년 식육가공품 총생산량은 전년 대비 8.9% 증가했으며, 2015년 대비 28.9% 증가하였다. 총 생산액은 전년 대비 2.4% 증가하였으며, 2015년 이후 3년간 29.0% 증가한 것으로 나타났다(2). 이에 따라 소시지, 떡갈비 등 식육 제품들을 일반 편의점이나 마트에서 쉽게 구매할 수 있게 되었고(3), 쉽게 삶거나 구워 먹는 일차적인 식육 소비에서 다양한 형태의 식육가공품으로의 소비 요구가 높아지고 있다(4). 간편식과 식육가공품의 수요가 증가함에 따라 육류와 인스턴트식품의 과다한 섭취로 인해 동맥경화증, 고혈압, 당뇨병 등의 생활 습관 질환이 증가하면서 간편성뿐만 아니라 품질과 안전성, 기능성 측면에 대한 소비자들의 관심이 높아지고 있는 실정이다(5). 퇴행성 질환들에 중요한 원인물질 중의 하나는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)으로(6) 활성산소의 작용은 체내의 항산화성 효소 및 비타민 C(Vitamin C, ascorbic acid), 비타민 E(Vitamin E, tocopherol) 등 항산화 물질의 작용으로 인하여 최소화될 수 있다. 그러나 체내의 면역 체계에 문제가 생기거나 과도한 활성산소에 노출될 경우, 생체에 해로운 산소 독성을 일으켜 노화는 물론 뇌졸중, 파킨슨씨병 등의 각종 질병을 유발하는 것으로 알려지면서 생체 내 활성산소 제거 작용을 하는 항산화제에 대한 관심이 점차적으로 증가하고 있으며(7), 육제품 중 비만, 고혈압, 암 및 관상동맥 질환 등을 유발하는 고지방육 제품에 대한 선호도는 낮아지고 있다(8,2). 이러한 이유로 파프리카, 마늘, 소금(9), 토마토 건조 분말(10), 치자 추출물(11), 흑마늘(12), 복분자 분말(13), 오디 분말(14), 자색 양배추(15), 조릿대 잎 추출물(16) 등 인공 향미 물질을 대체할 수 있는 천연 식품 첨가물을 사용한 다양한 고품질 식육가공품의 제조 및 연구가 이루어지고 있는 실정이다.

가정간편식(HMR)의 확산 등의 원인으로 식육가공품의 주요 원료인 육류의 사용량은 2016년 이후 계속 증가하는 추세이며, 이 중 돼지고기 사용량이 타 축종에 비해 가장 많기 때문에 국민 건강에 큰 영향을 준다고 인식되고 있다(2). 돼지고기 내 다가불포화지방산 중 오메가-3 계열의 지방산은 혈액 콜레스테롤 및 중성지방을 낮추어 혈액순환을 원활하게 하고 세계적으로 사망률이 높은 심장 혈관 및 뇌혈관질환 유발을 억제하기 때문에(17) 다가불포화지방산의 중요성을 강조한 여러 연구들이 진행되었으며(18,19,20), 오메가-3 지방산과 같은 다가불포화지방산의 함유량이 높은 새로운 기능성 육류를 요구하는 소비자들이 많아지고 있는 실정이다(21). 따라서 본 연구에서는 생체 내 필수적인 기능을 수행하는 오메가-3와 오메가-6 지방산의 이상적인 비율인 1:4를 맞춘 인체에 유익한 돼지고기를 사용하여 건강 기능성 육가공품을 개발하고자 하였다.

육가공품의 주재료인 육류는 가공 및 저장 과정 중에 지방 산화와 단백질 부패로 인해 품질이 저하하게 되는데(9) 특히 돼지고기를 분쇄하여 조리하는 경우에는 근육의 세포벽이 파괴됨에 따라 불포화지방산, 비헴철과 같은 산화 전구물질의 작용에 의해 급속한 지방 산화가 일어나며(22), 지질 산화로 인해 생성되는 각종 산화 생성물들은 식품의 품질을 저하시킨다(23). 또한 사람과 동물에게 잠재적인 독성물질로 작용하여 세포막 파괴, 세포노화 및 괴사, DNA를 손상시켜 암을 유발한다(24,25). 이러한 이유로 육제품의 불필요한 산화 생성물을 억제하고, 저장성 및 영양적 가치를 향상시키기 위한 보존제 및 항산화제에 대한 필요성이 대두되고 있다. 아질산염은 육색소인 미오글로빈(myoglobin) 및 헤모글로빈(hemoglobin)과 상호작용하여 적색의 니트로소미오글로빈(nitrosomyoglobin)을 생성하여 육가공품의 고정된 육색을 나타내고 풍미를 개선하며(26), 산패취 발생과 세균 성장을 억제시키고 보수성 및 결착성을 증진시킨다(27,28). Butylated hydroxytoluene(BHT)와 butylated hydroxy anisole(BHA) 등의 페놀계 인공 합성 항산화제는 지방의 산화를 억제시키는 효과가 뛰어나고 경제적으로 합리적이어서 많이 이용되고 있으나 아질산염과 같은 보존제 및 합성 항산화제는 생체 효소 활성 억제, 암 유발 및 독성 물질을 생성할 수 있어서 안정성과 환경친화성 문제가 제기됨에 따라 엄격하게 규제되고 있다(29,30). 그러나 고품질 육제품을 제조하기 위해서는 식품 보존제와 첨가제의 사용이 불가피하기 때문에 소비자들과 육가공 관계자들은 부작용이 적고 안전한 천연 항산화제에 관심을 가지게 되었다(31). 이러한 이유로 인체에 해로운 영향을 끼치는 합성 항산화제를 대체할 천연 보존제에 대한 연구가 활발히 진행되

고 있으며, 항산화, 항암효과 성분이 함유된 천연물질을 이용하여 만들어진 다양한 기능성 식품의 개발에 대한 관심도 높아지고 있는 추세이다. 천연물에 존재하는 생리 활성 물질들은 대부분 페놀성 화합물로 항산화 및 항균 효과를 가지고 있다고 보고되어 있다(32). 식물의 유용한 성분 중 하나인 phytochemical은 총 25,000종 이상으로 추정되고 그중 700종 이상은 carotenoid를 포함하며, flavonoids를 비롯한 많은 polyphenol 화합물, isothiocyanate계 화합물, carotenoid계 지질 관련 물질 등이 식물의 각 기관에 골고루 분포되어 있다. 이는 항염증 작용, 발암물질의 독성 제거, 세포 성장 조절, 면역반응 조절에 효과적이어서 인간의 질병을 예방하는데 중요한 기능을 한다(33,34). 지금까지 널리 사용되고 있는 천연 항산화 물질들은 phenolic acid, flavonoids, anthocyanins, ascorbic acid, tocopherol, glutathione 등이 있으며(35), 활성산소에 대한 방어 기전 역할 및 유리 라디칼(free radical)로 인하여 유발되는 각종 암 및 심장질환, 노화 관련 질병 예방에 효과적이다(36).

전 세계적으로 재배되고 있는 대표적인 엽채소이자 천연 항산화 물질이 함유되어 있는 십자화과(*Brassicaceae*) 채소는 섬유소와 비타민 C 함유량이 많아 절임, 샐러드 등 식재료로 다양하게 이용되고 있으며, 생리 활성에 대한 연구가 활발해지고 있는 추세이다(37). 십자화과 채소에 함유되어 있는 주요 글루코시놀레이트는 글루코브라시카나핀(glucobrassicinapin), 글루코라파닌(glucoraphanin), 글루코나핀(gluconapin) 등으로, 채소에 존재하는 미로시나아제(myrosinase)에 의해 가수분해되어 각각 indole-3-carbinol, sulforaphane, butenyl isothiocyanate로 전환된다(38,39). 분해 산물인 isothiocyanate는 무독화 효소 활성을 증가시키고, 세포주기 억제 기전을 통해 암을 예방한다(40,41).

십자화과에 속하는 근채류인 무(*Raphanus sativus*. L)는 아시아에서 가장 많이 이용되고 있으며, 국내에서 생산되는 과채류 중 배추와 더불어 소비량이 많은 중요한 채소로(42) 우리나라 채소 중 5만 ha에 달하는 재배면적으로 규모가 가장 크며 연간 생산량은 220만 톤에 달하고 있다. 원산지는 지중해 연안 부근이며, 실크로드를 통하여 중국에 전래되었다. 무는 1년생 또는 2년생 초본식물로 크기는 20-100cm에 달하며 일반무(조선무), 열무, 총각무, 콜라비, 홍당무 등으로 분류된다. 뿌리는 원형·원통형·세장형, 흰색·검은색·붉은색 등으로 다양한 형태와 빛깔로 존재하며(43,44), 비타민 C와 칼슘(Ca), 칼륨(K), 나트륨(Na) 등의 무기질 함량이 높은 편이다(45). 또한 소화 촉진 및 숙취 해소에 이로운 디아스타아제(diastase)와 세균 등에 항균 작용을 지닌 레핀(rapine)이라는 성분이 함유되어 있어서 어패류 또는

면류의 중독 해소에도 효능이 있으며(46), 무에 함유된 글루코시놀레이트 계통의 암 예방 물질은(47) 인체의 폐암세포 증식을 억제시킨다(48). 유리기 발생제를 이용해 산화적 스트레스를 유발하여 세포에 손상을 일으킨 후 가압 볶음 무말랭이 열수 추출물의 첨가로 손상된 세포를 보호하는 효과를 살펴본 연구에서는 유리기의 종류와 상관없이 산화스트레스가 발생된 모든 실험군에서 세포 보호 효과가 나타났다(49). 또한 무는 플라보노이드(flavonoid)계 화합물인 캄페롤(kaempferol), 페놀(phenol), 방향족 아민(amine), 항산화 비타민 등을 함유하고 있어서 항산화 효능이 좋으며(50), 일반 순무와 자색무의 항산화 효과를 비교 측정한 연구에서는 안토시아닌(anthocyanin) 함량을 비롯해 자색무가 일반 순무보다 더 좋은 활성 값을 나타냈다(44). 자색무의 가식부는 안토시아닌 색소로 인해 전체가 붉은색을 띠고 있는데, 안토시아닌은 꽃, 베리류 및 채소 중에 널리 분포하며, 청색, 자색, 적색 등 여러 가지 밝은 색이 나타나는 수용성 색소이다(51,52). 이는 빛, 열, 산소, 전이 금속 등에 의해 쉽게 파괴될 수 있는데, 자색무에 함유된 안토시아닌은 다른 안토시아닌에 비해 안정적이어서 천연색소의 중요한 급원이 될 수 있다(53). 또한 생체 내에서 생리 활성을 나타내는 식품 첨가제로 다양하게 이용할 수 있는데, 그중 항산화 작용이 가장 대표적이며(54), 인체에 해로운 영향을 끼치는 비소, 납, 수은 등의 중금속을 체외로 배출시키고 소염 기능 및 살균작용을 한다(52). 이 외에도 로돕신(rhodopsin)의 활성화 및 재합성 촉진(55), 피부 재생, 노화 방지(44), 혈관보호 및 항염증 작용(56) 등 건강상의 이점이 많이 보고되어 있다. 안토시아닌을 많이 함유한 식품들인 냉동 블루베리 분말과 검정콩(57), 자색고구마(58), 나무딸기 과일(59), 복분자(60) 등 이에 관한 연구가 다양하게 진행되고 있지만, 자색무에 관한 연구로는 자색무의 위벽 보호 효과(61), 자색무 잎과 뿌리의 항산화 효과(62), 자색무 새싹 추출물의 지방합성 억제 효능(63), 자색무의 안토시아닌 분리(53) 등으로 자색무의 품종인 수박무(Fig. 1)에 대한 연구는 미비하며, 이를 식품에 첨가하여 기능성 식품의 소재로서의 개발 가능성을 살펴본 연구는 전무하다.

육가공품 중 전통적인 향토 음식인 떡갈비는 본래 궁중에서 임금이 손으로 고기를 뜯을 수 없어, 쇠고기, 돼지고기만을 단독으로 사용하거나 혼합하여 다져 만든 음식으로 그 모양이 시루떡이나 인절미 등의 떡 모양과 닮아 떡갈비라고 불리게 되었다(64). 전라남도와 광주광역시의 광산구 송정에서 유래되었으며, 이후 전라남도 담양, 해남, 장흥, 강진, 경기도 광주와 양주 등에서 전해져 내려오면서 1990년대 초부터 서서히 인지도가 높아지기 시작했다(65). 떡갈비는 갈비에 붙어 있는 살

을 곱게 다진 후에 다시 갈비에 감싼 다음 구워내는 방식으로 조리되는 한식 메뉴로(66) 제조할 때 다양한 식재료와 혼합할 수 있어서 여러 가지 모양으로 성형될 수 있고, 사계절 유행을 타지 않아 개발 가능성이 매우 높다. 또한 모든 연령층에게 선호되고 있어(67) 길거리에서 판매하거나 브랜드화하여 성공한 사례들이 많이 보고되고 있다(68). 소비자들에게 인지도가 높은 한식 메뉴인 떡갈비는 법규상 냉동가공품에 해당되는 반면 유통채널에서는 유통기한의 길고 짧음에 따라 신선육 또는 냉동가공품으로 분류되어 정체성이 모호한 메뉴라고 볼 수 있다(69). 또한 고추씨 분말(70), 빨간 배추 분말(71), 산사 분말(72), 죽순 분말(66), 파파야 과육(69), 로즈마리 추출 분말(73), 돈피 젤라틴 분말(74) 등을 첨가하여 제조한 떡갈비에 관한 연구들이 실시되었으나, 아직까지 다른 유사한 육가공 제품에 비해서는 연구가 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수박무의 가식부와 껍질의 이화학적 성분 분석과 항산화 활성 등 생리 활성 기능을 비교 측정하여 기능성 식품으로서의 효능을 확인하고자 하였다. 또한 생리 활성 기능이 더 좋은 수박무 가식부와 오메가 밸런스를 조정된 돈육을 사용해 고품질의 건강 기능성 떡갈비를 개발하고자 하였다. 이후 수박무 가식부 분말을 첨가한 떡갈비의 품질특성, 항산화 활성, 저장안정성 및 발색제 대체 효과를 분석함으로써 수박무의 기능성 식품의 소재로서 개발 가능성을 확인하였다. 이는 기능성 식육가공품으로서의 가치를 높이고 소비자의 안전성, 기능성 식품에 대한 요구를 충족시킬 수 있을 것으로 전망된다.





Fig. 1. Photographs of watermelon radish

## 제2장 실험재료 및 방법

### 제1절 실험재료

본 실험에 사용한 수박무는 2021년 1월 22일에 충청북도 영동군 양산면 가곡리 비봉산 농원에서 구입하여 사용하였다. 수박무는 크기와 모양이 비슷한 것만을 선별하였으며, 세척한 후 속과 껍질을 따로 분리하여 절단하였다. 수박무를 deep freezer(MDF-U52V, Sanyo Co., Osaka, Japan)를 사용하여 급속냉동 시킨 후 freeze dryer(MLU-9009, Mareuda Inc., Gwangju, Korea)를 사용하여 동결 건조하였다. 동결 건조한 수박무는 분쇄한 후 분말로 제조하여  $-70^{\circ}\text{C}$ 에서 냉동 보관하면서 실험 시료로 사용하였다.

### 제2절 수박무 가식부와 껍질의 이화학적 성분 비교

#### 1. 일반성분 분석

수박무 가식부와 껍질 분말의 일반성분 분석은 A.O.A.C 방법(75)에 준하여 실시하였다. 수분은  $105^{\circ}\text{C}$  상압 가열건조법을 사용하였으며, 조단백질은 micro-kjeldahl 법, 조지방은 soxhlet 추출법, 조회분은 회화법을 통해서 분석하였다. 탄수화물 분석은 100에서 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량을 제외한 값으로 나타내었다.

## 2. 유리당 분석

유리당 분석은 Gancedo 방법(76)에 준하여 실시하였다. 시료 1 g에 80% ethanol 50 mL를 가하여 heating mantle(Mtops ms-265, Seoul, Korea)에서 75°C로 5시간 가열한 다음 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과하였다. 여액을 rotary vacuum evaporator(NVC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)에서 감압·농축한 후 10 mL로 정용하여 ion chromatography(DX-600, Dionex Co., Sunnyvale, CA, USA)로 총 9종의 당(sucrose, maltose, rhamnose, ribose, mannose, fructose, galactose, xylose, glucose)을 분석하였다. 분석 조건은 Table 1과 같다.

**Table 1. Operating conditions of ion chromatography for free sugars**

Item	Condition
Instrument	DX-600 (Dionex, USA)
Guard	CarboPac TM-PA10
Column	CarboPac TM-PA10 Analytical
Flow rate	1.0 mL/min
Eluent	18 mM NaOH
Inj. volume	20 $\mu$ L
Detection	ED50 Intergrated Amperometry



### 3. 구성 아미노산 분석

구성 아미노산의 분석은 분해관에서 건조된 시료 0.5 g, 6 N HCl 3 mL를 계량하여 탈기하고 121°C에 24시간 가수분해한 다음 여액을 rotary vacuum evaporator (NVC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 감압·농축하여, sodium phosphate buffer (pH 7.0) 10 mL로 정용하였다(77). 용액 1 mL를 취하고 membrane filter(0.2 µm)로 여과한 후 아미노산 자동분석기(S433-H, SYKAM, Eresing, Germany)로 분석하였다. 분석 조건은 Table 2와 같다.

**Table 2. Operating conditions of amino acid auto-analyzer for total amino acid**

Item	Condition
Instrument	S433-H (SYKAM, Germany)
Column	Cation separation column (LCA K07/Li)
Column size	4.6 × 150 mm
Column temperature	57 ~ 74°C
Flow rate	Buffer 0.45 mL/min, reagent 0.25 mL/min
Buffer range	3.45 ~ 10.85
Wavelength	440 nm and 570 nm

#### 4. 지방산 분석

지방산 분석은 Wijngaarden의 방법(78)에 따라 시료 2 g을 ether로 추출·여과하여 감압·농축한 지방질 약 100 mg을 가지형 플라스크에 취하고 1 N KOH·ethanol 용액 4 mL를 섞어 유지 방울이 없어질 때까지 교반 시킨 후 14% BF<sub>3</sub>-ethanol 5 mL를 첨가하였다. 냉각기를 부착하여 80℃에서 5분간 가열하여 methylester화하여 NaCl 포화용액 3 mL를 가하고, 다시 hexane 1 mL를 가하여 흔들어 섞은 후 시험관에 옮겨 정치하였다. 그 후 상층액을 취하여 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 넣어 수분을 제거하고 gas chromatography(GC-17A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)로 분석하여 23종의 지방산을 분석하였다. 기기 분석 조건은 Table 3과 같다.

**Table 3. Operating conditions of gas chromatography for fatty acids**

Item	Condition
Instrument	GC-17A (Shimadzu, Japan)
Column	SP <sup>TM</sup> -2560 capillary column(100 mm length × 0.25 mm i.d. × 0.25 μm film thickness)
Detector	FID detector
Over temp.	170℃(5 min) → 4℃/min → 250℃(30 min)
Analytic time	80 min / 1 sample

## 5. 유기산 분석

유기산 분석은 Kim 등(79)의 방법에 준하여 시료 1 g에 증류수 50 mL를 더하여 80°C 수조에 4시간 가열한 후 여과지(Whatman No. 2 filter paper)를 사용하여 여과하였다. 이 여액을 rotary vacuum evaporator(NVC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 감압·농축하여 증류수로 10 mL로 정용하여 ion chromatography(DX-600, Dionex Co., Sunnyvale, CA, USA)를 사용하여 분석하여 총 7종의 유기산이 분석되었다. 분석 조건은 Table 4와 같다.

**Table 4. Operating conditions of ion chromatography for organic acids**

Item	Condition
Instrument	DX-600(Dionex, USA)
Column	IonPac AG11-HS Guard, 4-mm
Guard	IonPac AS11-HS Analytical, 4-mm
ELUENT	EGC-KOH Cartridge-38 mM KOH
Flow rate	0.7 mL/min
Inj. volume	10 $\mu$ L
Detection	ED50 Conductivity

## 6. 비타민 분석

비타민 C의 분석은 Rizzolo 등(80)의 방법에 준하여 시행하였다. 시료 5 g에 metaphosphoric acid( $\text{HPO}_3$ ) 용액 20 mL를 가하여 추출한 후 centrifuge(Combi-514R, Hanil, Inchun, Korea)를 사용하여 3,000 rpm에서 20분간 원심 분리하여 membrane filter(0.45  $\mu\text{m}$ )를 사용해 여과시킨 다음 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 분석 조건은 Table 5와 같다.

비타민 A와 E 분석은 식품공전법 시험방법(81)을 준하여 시행하였다. 시료 0.5 g, ethanol 5 mL 및 ascorbic acid 0.1 g을 혼합하여 80°C에 10분간 가열하고, 50% KOH 용액 0.25 mL을 첨가한 후, 20분간 가열한 후 증류수 24 mL, hexane 5 mL를 더하여 centrifuge(Combi-514R, Hanil)를 사용하여 1,900 rpm으로 20분간 원심 분리하였다. 상층액을 취하여 hexane 40 mL를 더하고 원심 분리하여 상층액을 분리한 후 증류수를 더하여 10분간 방치한 다음 하층을 제거하였다. 이 과정을 3회 반복하고 전 용액을 합해 무수  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 로 탈수한 후 rotary vacuum evaporator (NVC-1100, Eyela, Tokyo, Japan)로 hexane을 감압·농축시켜 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 분석 조건은 Table 6과 같다.

**Table 5. Operating conditions of HPLC for vitamin C**

<b>Item</b>	<b>Condition</b>
Instrument	LC-10AVP(Shimadzu, Japan)
Column	μBondapak C18(3.9 × 300 mm)
Detector	UV 210 nm
Mobile phase	0.1% phosphoric acid on water
Flow rate	0.6 mL/min

**Table 6. Operating conditions of HPLC for vitamin A and E**

<b>Item</b>	<b>Condition</b>
Instrument	LC-10AVP(Shimadzu, Japan)
Column	Shim-pack GLC-ODS(M) 25 cm
Flow rate	1 mL/min
Eluent	Acetonitrile : isopropanol = 95 : 5
Inj. volume	10 μL
Detection	Retinol : SPD-10A(UV-VIS Detector 254 nm) Tocopherol : RF-10A(Spectrofluorometric Detector)

## 7. 무기질 분석

무기질 분석 방법은 A.O.A.C 방법(82)에 준하여 시료 0.5 g에 60% HClO<sub>4</sub> 3 mL 및 20% HNO<sub>3</sub> 10 mL를 혼합하여 투명해질 때까지 가열하고 0.5 M HNO<sub>3</sub>로 50 mL를 정용하였다. 분석 항목별 표준용액을 혼합한 다음 시험관에 8 mL씩 취해 표준용액으로 하였고, 0.5 M HNO<sub>3</sub>를 대조구로 하여 원자 흡수 분광광도계 (AA-6501GS, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 분석 조건은 Table 7과 같다.

**Table 7. Operating conditions of atomic absorption spectrophotometer for minerals**

Item	Condition							
Instrument	AA-6501GS(Shimadzu, Japan)							
Lamp Item	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Cu	Na	Zn
Wave length (nm)	422.7	248.3	766.5	285.2	279.5	324.8	330.2	213.9
Slit Width (nm)	0.5	0.2	0.5	0.5	0.2	0.5	0.2	0.5
Current (mA)	10	12	10	8	10	6	10	8
Lighting Mode	BGC-D <sub>2</sub>	BGC-D <sub>2</sub>	Non-BGC	BGC-D <sub>2</sub>	BGC-D <sub>2</sub>	BGC-D <sub>2</sub>	Non-BGC	BGC-D <sub>2</sub>
Burner height (mm)	7	7	7	7	7	7	7	7
Fuel gas Flow (mL/min.)	2.0	2.2	2.0	1.8	2.0	1.8	1.8	2.0

## 8. 통계처리

모든 분석 결과는 3회 반복 측정하여 SPSS statistics(ver. 26, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었으며, Student's *t*-test를 실시하여 유의성을 검정하였다.

## 제3절 수박무 가식부와 껍질의 품질특성 및 항산화 활성

### 1. 수박무 가식부와 껍질의 품질특성

#### 가. pH 측정

pH 측정은 수박무의 가식부와 껍질 분말을 각각 5 g 채취한 후 증류수 50 mL를 첨가하여 stomacher(400 lab blender, Seward, London, England)로 30초간 균질화한 후 pH-meter(A211, Thermo scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA)로 3회 반복 측정하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

#### 나. 당도 측정

당도 측정은 수박무 가식부와 껍질 각각 50 g과 증류수 50 mL를 혼합하여 10초간 분쇄하였고, 수박무의 가식부와 껍질 분말은 1 g을 증류수 9 mL에 희석하여 준비한 후 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과하였다. 추출한 시료는 당도계(HI 96801, Hanna Co., Cluj, Romania)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)를 °Brix로 나타내었다.

#### 다. 색도 측정

색도 측정은 색차계(Spectro Colormeter JX-777, Color Techno, System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 색도는 명도(lightness, L값), 적색도(+redness/-greenness, a값) 및 황색도(+yellowness/-blueness, b값)를 측정하였다. 사용한 표준 백판 L값은 89.39, a값은 0.13, b값은 -0.51로 보정한 후 사용하였다.



## 2. 수박무 가식부와 껍질 에탄올 추출물의 항산화 활성

### 가. 시료 추출

본 실험에서는 Lee와 Kim(83)의 연구에서 80% 에탄올로 추출하는 경우 열수 추출물보다 더 높은 항산화 활성을 보였다고 보고되어 동일한 방법의 에탄올 추출을 실시하였다. 수박무 가식부와 껍질 분말을 freeze dryer(MLU-9009, Mareuda Inc., Gwangju, Korea)를 사용하여 -70℃에서 동결건조한 후 100 g 당 80% 에탄올 1,500 mL을 첨가하여 환류 냉각관을 부착한 65℃ heating mantle(Mtops ms-265, Seoul, Korea)에 3시간씩 3회 추출하고 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과하였다. 여액을 40℃ 수욕 상에서 rotary vacuum evaporator(NVC-1100, Eyela Co., Tokyo, Japan)로 용매를 제거한 후 감압·농축하여 수박무 가식부와 껍질 분말 추출 수율을 구한 후 시료의 산화를 방지하기 위하여 -70℃에서 냉동 보관(MDF-U52V, Sanyo Co., Osaka, Japan)하였다.

### 나. 수박무 부위별 추출 수율 측정

수박무 가식부와 껍질의 항산화 활성을 측정하기 위하여 동결 건조(MLU-9009, Mareuda Inc., Gwangju, Korea)하여 마쇄한 시료를 80% 에탄올로 추출하였으며, 추출 수율은 추출물을 시료 건물량에 대한 무게의 백분율로 나타내었다.

$$\text{추출 수율}(\%) = \frac{\text{추출 후 고형분 무게}(g)}{\text{추출 전 시료의 무게}(g)} \times 100$$

### 다. 총 polyphenol 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin-Demis 법(84)을 사용하여 측정하였다. 시료액 0.2 mL와 Folin reagent 0.2 mL를 혼합하여 실온에서 3분간 방치한 후, 10% sodium carbonate( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 용액 0.4 mL를 함께 섞어 40분 동안 암소에 방치한 후 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. gallic acid를 표준물질로 사용하여 검량곡선을 작성한 후, 시료 중의 총 polyphenol 함량을 gallic acid equivalent(GAE)로 나타냈다. 실험은 3회 반복 측정하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

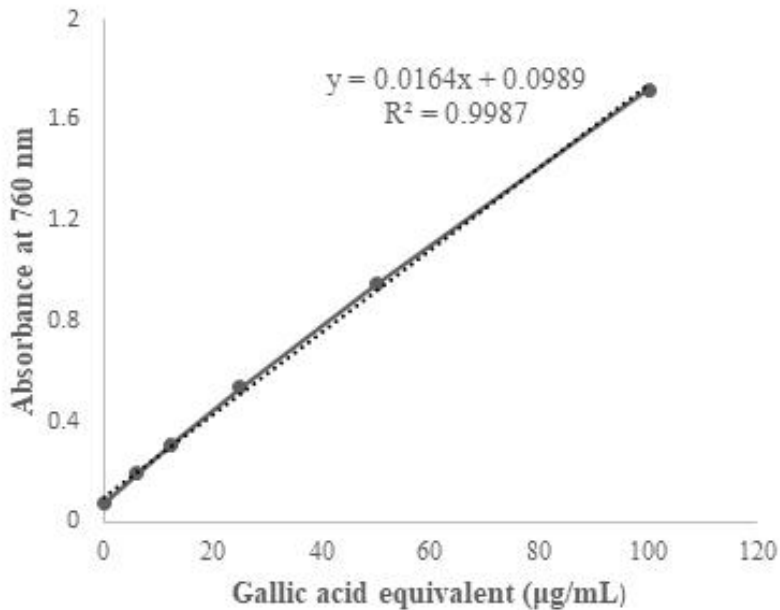


Fig. 2. Gallic acid standard curve for total polyphenol content

### 라. 총 flavonoid 함량 측정

총 flavonoid 함량은 Davis 법(85)을 참고하여 측정하였다. 시료액 0.5 mL에 diethylene glycol 0.5 mL를 넣어 혼합한 후 1 N NaOH 10  $\mu$ L를 가하여 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 다음 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. quercetin을 표준물질로 사용하여 검량곡선을 작성한 후, 시료 중의 총 flavonoid 함량을 quercetin equivalent(QE)로 나타냈다. 실험은 3회 반복 측정하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

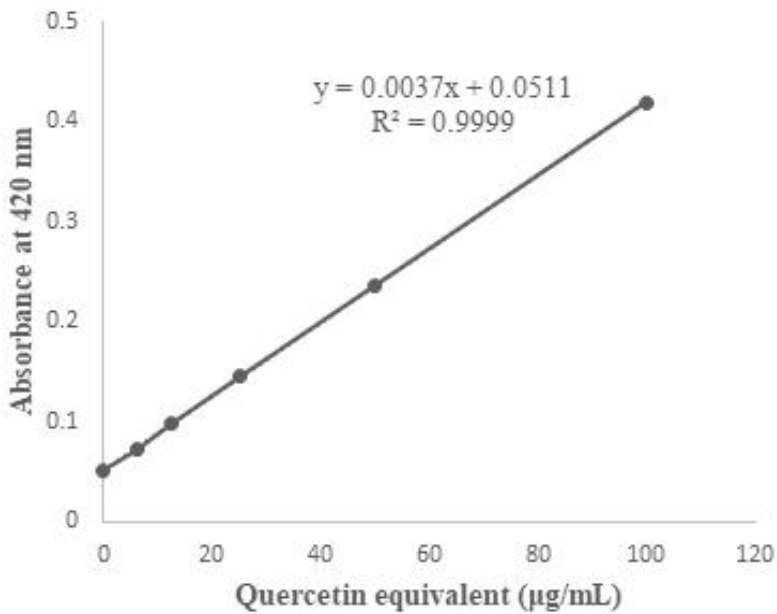


Fig. 3. Quercetin standard curve for total flavonoid content

### 마. 총 anthocyanin 함량 측정

수박무의 가식부와 껍질 분말의 anthocyanin 함량은 Jang 등(86)의 방법을 참고하여 측정하였다. 분말 3 g을 추출 용매(EtOH : H<sub>2</sub>O : HCl = 85 : 13 : 2) 60 mL에 넣은 후, 호일로 겉을 싸서 150 rpm으로 상온에서 60분간 진탕 추출하였다. 추출액을 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과하여 암소에서 60분간 방치한 후 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 530 nm에서 흡광도를 측정하여 아래의 식에 의해 계산하였다. 실험은 3회 반복하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

$$\text{Anthocyanin content (mg/mL)} = \text{O.D.} \times \text{희석배수} / 65.1 \text{ (흡광계수)}$$

### 바. DPPH radical 소거 활성 측정

2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거 활성은 Blois(87)의 방법을 참고하여 측정하였다. 시료액 0.1 mL에 0.2 mM DPPH(in ethanol) 용액 0.9 mL를 가하여 37℃에서 30분 동안 방치하였다. 무침가군은 시료 추출물 대신 에탄올 0.1 mL를 넣어 반응시켰으며, 양성대조군으로는 기존 항산화제인 BHA, BHT 및 ascorbic acid를 사용하여 비교하였다. 그 후 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거 활성은 아래의 식에 의해 백분율로 계산하였으며, DPPH radical 소거 활성 50%에 상응하는 시료의 농도를 계산하여 IC<sub>50</sub>값(μg/mL)으로 표시하였다. 실험은 3회 반복하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = [1 - (\text{Abs}_{\text{sample}} / \text{Abs}_{\text{blank}})] \times 100$$

## 사. ABTS radical 소거 활성 측정

2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid(ABTS) radical 소거 활성 측정은 Re 등(88)의 방법을 참고하여 측정하였다. ABTS free radical의 생성을 위해 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate 용액을 제조하여 동량으로 혼합하여 암소에서 24시간 동안 반응시켰다. 그 후 ABTS 용액의 흡광도 값이 734 nm에서  $0.7 \sim 1.0 \pm 0.02$ 가 되도록 methanol로 희석하였다. 일정 농도로 제조한 시료액 0.1 mL와 ABTS 용액 0.9 mL를 혼합한 후 37°C에서 30분 동안 반응시켰다. 무침가군은 추출물 대신 methanol을 넣어 반응시켰으며, 양성대조군으로는 기존 항산화제인 BHA, BHT 및 ascorbic acid를 사용하여 비교하였다. 그 후 microplate spectro photometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, ABTS radical 소거 활성은 아래의 식에 의해 백분율로 계산하였다. 또한 ABTS radical 소거 활성 50%에 상응하는 시료의 농도를 계산하여  $IC_{50}$ 값( $\mu\text{g/mL}$ )으로 표시하였고, 실험은 3회 반복하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = [1 - (\text{Abs}_{\text{sample}} / \text{Abs}_{\text{blank}})] \times 100$$

## 아. FRAP 활성 측정

Ferric reducing antioxidant power(FRAP) 측정은 Strain and Benzie(89)의 방법을 응용하여 측정하였다. 실험에 사용하기 위한 working solution을 제조하기 위해 40 mM HCl에 용해한 10 mM TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine)와 20 mM  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 300 mM acetate buffer(pH 3.6)를 실험 직전에 각각 1 : 10 : 10의 비율로 섞은 후 37°C에서 10분간 반응시켜 제조하였다. 시료 추출물 5  $\mu\text{L}$ 에 working solution 145  $\mu\text{L}$ 를 혼합하여 섞고, 37°C에서 15분간 암반응 시킨 후 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 무첨가군은 시료 추출물 대신 증류수를 넣었고, 색차 대조군은 working solution 대신 buffer를 넣어 반응시켰다. FRAP 활성은 시료 1 g 당 해당되는 환원력을 표준물질인  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 로 검량곡선을 작성하여 시료의 환원력(mM  $\text{FeSO}_4/\text{g}$ )을 나타냈다. 실험은 3회 반복하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

## 3. 통계처리

모든 분석 결과는 3회 반복 측정하여 SPSS statistics(ver. 26, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었으며, Student's *t*-test를 실시하여 유의성을 검정하였다.

## 제4절 수박무 분말 첨가 떡갈비의 품질특성 및 항산화 활성

### 1. 실험재료

본 실험에 사용된 수박무 분말은 수박무 가식부 부위를 동결 건조하여 분쇄한 후 시료로 사용하였다. 돈육은 그린 그래스 바이오(주)에서 오메가-3와 오메가-6 지방산의 이상적인 비율인 1:4를 맞춘 인체에 유익한 돼지의 목살 부위(Table 8)를 구매하여 직경 20 mm로 썰어 민서기(meat chopper, M-12T, Fuji Industrial Co., Hwaseong, Korea)로 파쇄하여 사용하였다. 그 외에 간장(Sempio Foods Co., Icheon, Korea), 설탕(CJ Cheil Jedang Co., Incheon, Korea), 후추(Ottogi Co., Anyang, Korea), 참기름(CJ Cheil Jedang Co., Incheon, Korea), 꿀(Dongsuh Food Co., Incheon, Korea) 등을 사용하여 떡갈비를 제조하였다.

Table 8. Compositions of fatty acids in omega-balanced pork  
(% total fatty acids)

NO.	Fatty acid	Pork (g/100 g)
1	Caproic acid (C6:0)	0.767
2	Undecanoic acid (C11:0)	내부표준물질
3	Lauric acid (C12:0)	0.253
4	Myristic acid (C14:0)	1.855
5	Palmitic acid (C16:0)	23.753
6	Palmitoleic acid (C16:1)	0.523
7	Heptadecanoic acid (C17:0)	0.229
8	cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1)	0.229
9	Stearic acid (C18:0)	13.864
10	Oleic acid (C18:1n-9c)	31.992
11	Linolelaidic acid (C18:2n-6ct)	1.496
<b>12</b>	<b>Linoleic acid (C18:2n-6c)</b>	<b>12.739</b>
<b>13</b>	<b>α-Linolenic acid (C18:3n-3)</b>	<b>1.908</b>
14	cis-11,14-Eicosatrienoic acid (C20:2)	0.426
<b>15</b>	<b>cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n-3)</b>	<b>2.045</b>
	<b>Omega-3</b>	<b>3.953</b>
	<b>Omega-6</b>	<b>12.739</b>
	<b>Omega-3 : Omega-6</b>	<b>1.32 : 4.25</b>
	<b>Total fatty acid</b>	<b>116.987</b>



## 2. 수박무 분말 첨가 떡갈비 제조방법

본 연구의 수박무 분말 첨가 떡갈비의 재료 배합 비율은 Table 9에 나타내었다. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 제조는 Lee 등(65)의 선행연구를 참고하여 예비시험을 거쳐 제조하였으며, 제조공정은 Fig. 4와 같다. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 제조는 전체 떡갈비 재료 함량 중 분쇄 돈육 분량을 수박무 분말 0, 1, 2, 4%로 대체하였고, 양성대조군으로 ascorbic acid를 첨가하였다. 분쇄한 돼지고기 목살과 기타 부재료, 양념은 잘 혼합한 다음 중량 100 g, 직경 100 mm, 두께 12 mm의 크기로 성형하여 14일간 냉장 보관하면서 실험을 실시하였다.

Table 9. Formula of *tteokgalbi* added with watermelon radish powder (%)

Ingredients	Treatments <sup>1)</sup>				
	CON	REF	W1	W2	W3
Pork	74.00	73.95	73.00	72.00	70.00
Soy sauce	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Tuna liquid	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Salt	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Garlic	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
Ginger	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Onion	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70
White sugar	2.40	2.40	2.40	2.40	2.40
Green Onion	3.60	3.60	3.60	3.60	3.60
Honey	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Apple juice	3.70	3.70	3.70	3.70	3.70
Pepper	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Sesame oil	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Ascorbic acid	-	0.05	-	-	-
Watermelon radish powder	-	-	1.00	2.00	4.00

<sup>1)</sup>CON: 0% watermelon radish powder.

REF: reference *tteokgalbi* with ascorbic acid 0.05%.

W1: 1% watermelon radish powder.

W2: 2% watermelon radish powder.

W3: 4% watermenol radish powder.

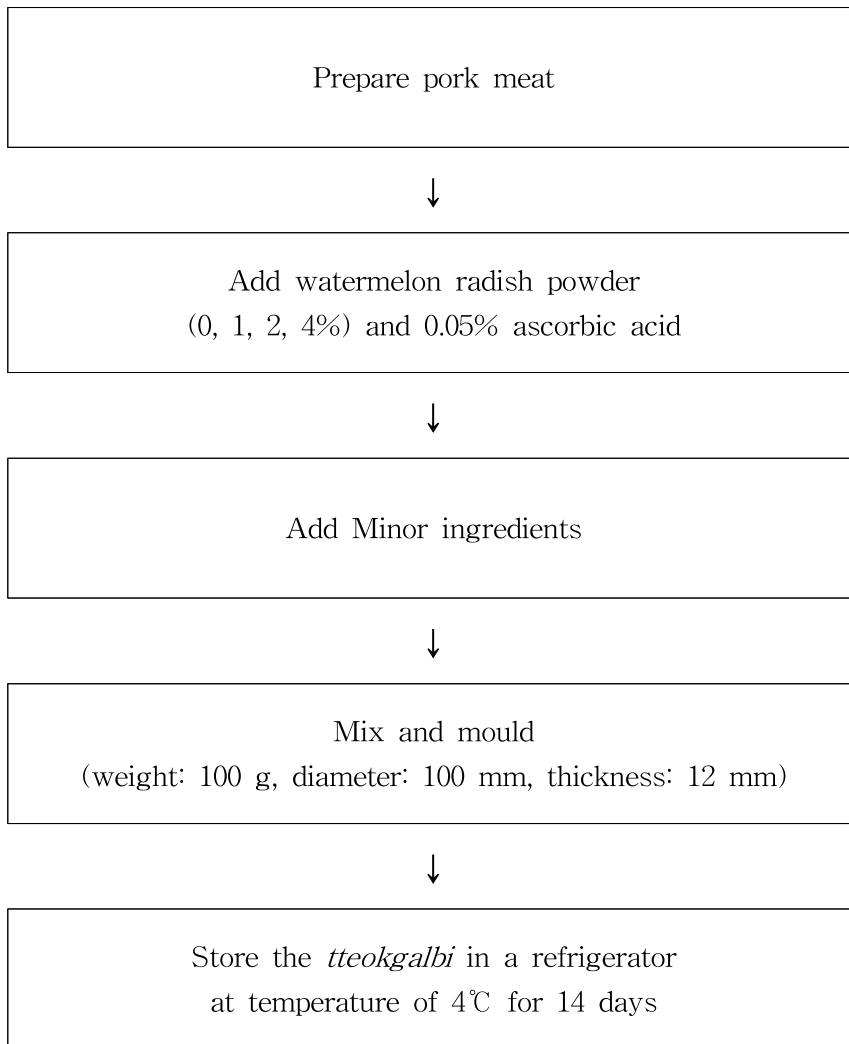


Fig. 4. Preparation procedures of *tteokgalbi* samples added with watermelon radish powder

### 3. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 에탄올 추출 시료액 조제

수박무 첨가 떡갈비의 항산화 활성을 측정하기 위해 시료 5 g에 80% 에탄올 45 mL 넣은 후 water bath(HB-205SW, Hanbaek Science Co., Bucheon, Korea)에서 100 rpm으로 24시간 진탕 추출하였다. 추출한 뒤 여과지(Whatman No. 2 filter paper)를 이용해 여과하여 시료액으로 사용하였다(69).

## 4. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 품질특성

### 가. 일반성분 분석

수박무 분말 첨가 떡갈비의 일반성분 분석은 수박무의 가식부와 껍질의 이화학적 성분 비교의 일반성분 분석 실험방법과 동일하게 A.O.A.C 방법(82)에 준하여 실행하였다.

### 나. 보수력(Water holding capacity) 측정

수박무 분말 첨가 떡갈비의 보수력 측정은 Laakkonen 등(90)의 방법에 따라 측정하였다. 미세한 구멍이 있는 2 mL 튜브의 무게를 칭량한 후 시료를 정확히  $0.5 \pm 0.05$  g을 취해 튜브에 넣고 무게를 칭량하였다. 80°C의 water bath(HB-205SW, Hanbaek Science Co., Bucheon, Korea)에서 20분간 가열한 다음 10분간 실온에서 방랭 시켰다. Centrifuge(Combi-514R, Hanil, Inchun, Korea)를 사용하여 4°C에서 2,000 rpm, 10분간 원심 분리한 후 무게를 측정하였으며, 아래의 공식에 의해 보수력을 계산하였다. 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

$$\text{보수력} = \frac{\text{수분}(\%) - \text{유리수분}}{\text{수분}(\%)} \times 100$$

$$\text{유리수분} = \frac{\text{원심분리 전 무게}(g) - \text{원심분리 후 무게}(g)}{\text{시료무게} \times \text{지방계수}} \times 100$$

$$\text{지방계수} = 1 - \frac{\text{지방}(\%)}{100}$$

### 다. 가열감량(Cooking loss) 측정

수박무 첨가 떡갈비의 가열 감량은 중량 100 g, 직경 100 mm, 두께 12 mm의 크기로 원형으로 정형한 떡갈비의 가열 전 무게(g)를 측정한 후 중심온도가 72℃에 도달한 후 15분 더 가열시킨 다음 식힘망에 옮겨 30분간 방랭한 후, 가열 후 감량된 무게(g)를 초기 시료의 무게 비율(%)로 측정하였다. 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{\text{가열 후 감량무게}}{\text{초기 시료 무게}} \times 100$$

### 라. 조직 특성 측정

수박무 첨가 떡갈비의 조직 특성은 rheometer(Compac-100, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 mastication test 및 shear force, cutting test를 실시하였고, 사용 프로그램은 RDS(Rheology Data System) Ver 2.01을 이용하였다. table speed와 grainterval은 각각 20 m/sec, 110 mm/min, Load cell(max)은 10 kg의 조건으로 하였다. 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

## 마. 육색 측정

수박무 분말 첨가 떡갈비의 육색은 백색판(L, 94.04; a, 0.13; b, -0.51)으로 표준 화시킨 색차계(Spectro Colormeter JX-777, Color Techno, System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였는데, 이때 광원은 백색 형광등(D65)을 사용하여 Hunter Lab 표색계의 명도(lightness)를 나타내는 L값, 적색도(redness)를 나타내는 a값 그리고 황색도(yellowness)를 나타내는 b값으로 나타냈다. 측정은 가열 전후로 5회 반복하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

## 바. 관능검사

수박무 분말 첨가 떡갈비의 관능검사는 남녀 대학원생 10인을 대상으로 본 실험의 목적과 취지를 충분히 설명한 후 실시하였다. 6개의 시료는 약 3×3 cm의 크기로 잘라 동시에 제공하였고, 5점 척도법을 이용하여 관능 특성을 평가하도록 하였으며 기호도가 높을수록 5점에 가깝게 점수를 주도록 하였다. 한 개의 시료를 평가한 후에는 이질감, 맛과 향 등을 없애기 위해 생수로 입안을 헹군 뒤 다른 시료를 평가하도록 하였다. 평가 항목은 육색(color), 조직감(texture), 다즙성(juiciness), 풍미(flavor), 짠맛(saltiness), 전체적인 기호도(overall acceptability)로 매우 좋다: 5점, 보통이다: 3점, 매우 나쁘다: 1점으로 하였다.

## 5. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 항산화 활성 측정

수박무 분말 첨가 떡갈비의 항산화 활성은 총 polyphenol 함량, 총 flavonoid 함량, DPPH radical 소거 활성, ABTS radical 소거 활성을 측정하였으며 각 방법은 수박무 가식부와 껍질 에탄올 추출물의 항산화 활성 측정과 동일하게 실험하였다.

## 6. 통계처리

본 실험의 분석 결과는 SPSS statistics(ver. 26, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다. 각 시료 간의 통계적 유의성 검정을 위하여 일원 배치 분산분석(One-way ANOVA)을 한 후  $p < 0.05$  수준에서 Tukey's multiple range test를 실시하여 상호 검정하였다.



## 제5절 수박무 분말 첨가 떡갈비의 저장안정성

### 1. pH 측정

수박무 분말 첨가 떡갈비의 pH는 시료 10 g에 증류수 100 mL를 첨가하여 stomacher(400 Lab blender, seward, London, England)로 30초간 균질화시킨 다음 여과지(Whatman No. 2 filter paper)로 여과한 여액을 pH-meter(A211, Thermo scientific Inc., Waltham, Massachusetts, USA)로 측정하였다. 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

### 2. 지질 산패도(2-Thiobarbituric acid, TBA) 측정

수박무 분말 첨가 떡갈비의 지질 산패도(TBA)는 Witte 등(91)의 추출법을 다소 변형하여 TBA 수치로 나타냈다. 시료 10 g에 10% perchloric acid 15 mL 및 3차 증류수 25 mL을 혼합하여 homogenizer(Bihon seiki, Ace, Osaka, Japan)를 사용하여 10,000 rpm으로 10초간 균질화하였다. 균질액은 여과지(Whatman No. 2 filter paper)를 사용하여 여과시킨 후, 여과액 5 mL에 0.02 M TBA 용액 5 mL를 넣어 혼합한 후, 16시간 냉장소에서 방치하고 microplate spectrophotometer(Epoch 2, Bio Tek Inc., Winooski, USA)를 사용하여 529 nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank는 3차 증류수를 사용하였으며, TBA 수치는 시료 1 kg당 mg malonaldehyde (mg MA/kg)로 표시하였다. 이때 사용된 standard curve는  $y=0.1975x-0.0011$  ( $r=0.999$ )이었고,  $x$ =TBA가,  $y$ =흡광도로 계산하였다. 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

### 3. 휘발성 염기태 질소(Volatile basic nitrogen, VBN) 측정

수박무 분말 첨가 떡갈비의 휘발성 염기태 질소(VBN) 함량 측정은 高坂知久 방법(92)을 이용하였다. 증류수 90 mL에 시료 10 g을 첨가하여 homogenizer(Bihonseiki, Ace, Osaka, Japan)를 사용하여 10,000 rpm으로 약 30초간 균질시킨 후, 여과지(Whatman No. 2 filter paper)를 사용하여 여과하였다. 여과액 3 mL를 Conway unit의 외실에 넣고 내실에는 0.01 N 붕산 용액 1 mL와 지시약(0.066% methyl red + 0.066% bromocresol green) 2-3방울을 가하였다. Conway unit 뚜껑과의 접촉 부분에는 glycerine을 바르고 뚜껑을 닫아두었다가 50% K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL를 외실에 신속하게 주입하고 즉시 밀폐시켜 용기를 수평으로 교반하고 37°C에서 120분 동안 배양하였다. 배양 후 0.02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 내실의 붕산용액을 적정하였다. 휘발성 염기태 질소(VBN) 수치는 100 g 시료 당 mg(mg/100 g)으로 환산하여 표시하였고, 실험은 3회 반복하여 측정된 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다.

$$VBN = \frac{(a-b) \times F \times 28.014 \times 100}{\text{시료의 양}}$$

a: 주입된 황산의 양(mL)

b: Blank에 주입된 황산의 양(mL)

F: 0.02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 표준화 지수

28.014=0.02 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 mL 소모하는데 필요한 N의 양

#### 4. 총 미생물 수(Total plate count, TPC) 측정

총 미생물 수는 연속 희석법을 이용하였으며, 0.1% peptone 용액 90 mL에 시료 10 g을 가하여 stomacher(400 Lab blender, seward, London, England)로 30초 동안 균질화 하였다. 연속 희석한 시료를 PCA(plate count agar) 배지에 접종하여 37°C에서 48시간 동안 배양시켰다(93). 배양 종료 후에는 colony counter로 count 하였으며, 실험은 3회 반복 측정하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)를 log CFU/g으로 표시하였다.

#### 5. 통계처리

본 실험의 분석 결과는 SPSS statistics(ver. 26, IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하여 평균값(Mean)과 표준편차(S.D.)로 나타내었다. 각 시료 간의 통계적 유의성 검정을 위하여 일원 배치 분산분석(One-way ANOVA)을 한 후  $p < 0.05$  수준에서 Tukey's multiple range test를 실시하여 상호 검정하였다.

## 제3장 실험결과 및 고찰

### 제1절 수박무 가식부와 껍질의 이화학적 성분 비교

#### 1. 일반성분

수박무 가식부와 껍질 분말의 일반성분 함량 분석 결과(dry wt. basis)는 Table 10과 같다. 수박무 가식부의 경우 수분 4.72%, 조단백 0.43%, 조지방 0.24%, 조회분 0.54%, 탄수화물 94.07%로 측정되었으며, 수박무 껍질의 경우 수분 4.99%, 조단백 2.63%, 조지방 0.65%, 조회분 1.06%, 탄수화물 90.67%를 함유하는 것으로 측정되었다. 수박무 껍질의 수분 함량이 가식부보다 높았으나 유의한 차이는 없었다. 조단백, 조지방, 조회분의 경우 수박무 껍질의 함량이 가식부보다 유의적으로 높았으며( $p < 0.01$ ), 탄수화물의 함량은 수박무 가식부가 더 높았다( $p < 0.05$ ). 같은 십자화과에 속하는 일반 순무의 일반성분은 수분 94.76%, 조회분 0.57%, 조지방 0.84%, 조단백 1.86%이며, 자색무는 수분 92.84%, 조회분 1.11%, 조지방 0.76%, 조단백 2.16%, 콜라비는 수분 88.40%, 조회분 0.85%, 조지방 0.17%, 조단백 1.45%를 함유한다(44). 본 실험과 비교하였을 때, 수분, 조지방의 함량은 일반 순무가 가장 높았으며 조단백의 함량은 수박무 껍질이 가장 높았다. 조회분의 함량은 자색무가 가장 높았으며, 탄수화물의 함량은 수박무 가식부가 가장 높은 것을 확인하였다.

Table 10. Proximate compositions of watermelon radish powder

(%)

Proximate compositions	Watermelon radish powder (DW) <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Moisture	4.72±0.08 <sup>3)NS4)</sup>	4.99±0.08
Crude protein	0.43±0.02 <sup>**5)</sup>	2.63±0.03
Crude fat	0.24±0.01 <sup>**</sup>	0.65±0.02
Crude ash	0.54±0.02 <sup>***</sup>	1.06±0.04
Carbohydrate <sup>2)</sup>	94.07±0.32 <sup>*</sup>	90.67±0.27

<sup>1)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>2)</sup>100 - (moisture + crude protein + crude fat + crude ash).

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>4)</sup>NS: not significantly different among groups.

<sup>5)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 2. 유리당

수박무 가식부와 껍질 분말의 유리당 함량은 Table 11과 같다. 총 10종의 유리당을 분석한 결과 lactose를 제외하고 9종의 유리당이 검출되었다. 수박무 가식부에서 검출된 유리당 함량의 경우 fructose가 17,441.28 mg/100 g으로 가장 높았다. 다음으로 glucose 13,913.95 mg/100 g > sucrose 4,825.54 mg/100 g > maltose 1,600.24 mg/100 g > galactose 225.32 mg/100 g > mannose 41.21 mg/100 g > rhamnose 6.98 mg/100 g > ribose 2.58 mg/100 g > xylose 2.44 mg/100 g 순으로, 총 38,059.54 mg/100 g이 검출되었다. 수박무 껍질의 경우 glucose가 10,241.57 mg/100 g으로 가장 높았으며, 다음으로 fructose 9,007.9 mg/100 g > sucrose 5,100.46 mg/100 g > maltose 389.46 mg/100 g > galactose 168.73 mg/100 g > mannose 88.91 mg/100 g > xylose 4.29 mg/100 g > ribose 2.28 mg/100 g > rhamnose 1.76 mg/100 g 순으로, 총 25,005.36 mg/100 g이 검출되어 수박무 가식부의 총 유리당 함량이 수박무 껍질보다 높았다( $p < 0.01$ ). 본 연구에서는 수박무 가식부에서 강한 단맛의 fructose 함량이 가장 높게 측정되어 단맛을 내는 다양한 요리의 식재료로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 11. Contents of free sugars in watermelon radish powder

(mg/100 g)

Free sugars	Watermelon radish powder (DW) <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Sucrose	4,825.54±97.39 <sup>2)NS3)</sup>	5,100.46±119.99
Maltose	1,600.24±64.75 <sup>***4)</sup>	389.46±10.28
Rhamnose	6.98±0.11 <sup>***</sup>	1.76±0.03
Ribose	2.58±0.13 <sup>NS</sup>	2.28±0.04
Mannose	41.21±1.96 <sup>***</sup>	88.91±2.83
Fructose	17,441.28±934.58 <sup>**</sup>	9,007.9±196.80
Galactose	225.32±8.41 <sup>*</sup>	168.73±14.10
Xylose	2.44±0.09 <sup>**</sup>	4.29±0.16
Glucose	13,913.95±610.80 <sup>NS</sup>	10,241.57±1,322.80
Total	38,059.54±1,682.68 <sup>**</sup>	25,005.36±1,600.05

<sup>1)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>NS: not significantly different among groups.

<sup>4)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

### 3. 구성 아미노산

아미노산의 조성과 함량은 단백질을 평가할 때에 매우 중요한 요소로, 수박무 가식부와 껍질 분말의 아미노산 함량 분석 결과는 Table 12와 같다. 수박무 가식부와 껍질 분말의 구성 아미노산을 분석한 결과 8종의 필수 아미노산과 9종의 비필수 아미노산이 검출되어 총 17종의 아미노산이 검출되었다. 수박무 가식부에서 검출된 총 필수 아미노산 함량은 1,877.77 mg/100 g으로 측정되었으며, 이 중 valin이 335.29 mg/100 g으로 가장 높았고, methionine이 43.79 mg/100 g으로 가장 낮았다. 비필수 아미노산은 5,733.61 mg/100 g으로 측정되었으며, 이 중 glutamic acid가 1,915.22 mg/100 g으로 가장 높았고, cystine이 14.36 mg/100 g으로 가장 낮았다. 총 구성 아미노산 함량은 7,611.38 mg/100 g으로 glutamic acid, proline, arginine, aspartic acid 순으로 검출되었다. 수박무 껍질에서 검출된 총 필수 아미노산 함량은 3,240.50 mg/100 g으로 측정되었으며, 이 중 valin이 636.54 mg/100 g으로 가장 높았고, methionine이 33.41 mg/100 g으로 가장 낮았다. 총 비필수 아미노산 함량은 10,181.52 mg/100 g으로 측정되었으며, glutamic acid가 5,439.20 mg/100 g으로 가장 높았고, cystine이 15.75 mg/100 g으로 가장 낮았다. 총 구성 아미노산 함량은 13,422.02 mg/100 g으로 glutamic acid, aspartic acid, serine, arginine 순으로 측정되어 필수 아미노산과( $p < 0.01$ ) 비필수 아미노산 모두 수박무 껍질의 함량이 가식부보다 높았다( $p < 0.001$ ). 아미노산의 대부분은 맛을 이끌어내는 물질이며, 그중 glutamic acid는 감칠맛, aspartic acid는 신맛을 띄고 아미노산이 갖는 역가 중 낮은 농도인 3~5 mg/dL에서도 그 맛을 느낄 수 있다고 알려져 있다(94). 채소의 주요 아미노산들은 glutamic acid, serine, valine, aspartic acid, proline, alanine이며 이 아미노산들이 채소 맛의 중요 성분이라 보고되어 있는데(95), 수박무의 아미노산 조성이 이와 유사하였다. 아미노산 함량이 높은 채소 중 깻잎이 3,130 mg/100 g, 콩나물이 2,924 mg/100 g, 배추 1,187 mg/100 g, 양배추 952 mg/100 g, 일반 순무 402 mg/100 g 순으로 보고되어(96) 수박무가 아미노산 함량이 높은 다른 채소들보다 아미노산 함량이 월등하게 높은 것을 확인하였다.



**Table 12. Contents of total amino acids in watermelon radish powder**

(mg/100 g)

Amino acids	Watermelon radish powder (DW) <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Essential		
Valine	335.29±20.71 <sup>4)**5)</sup>	636.54±26.05
Methionine	43.79±4.60 <sup>NS6)</sup>	33.41±3.53
Isoleucine	218.38±8.25 <sup>***</sup>	369.10±10.34
Leucine	319.35±20.71 <sup>**</sup>	556.39±27.57
Threonine	225.49±19.70 <sup>**</sup>	437.84±31.49
Phenylalanine	192.75±14.49 <sup>*</sup>	309.83±23.23
Histidine	258.35±11.11 <sup>**</sup>	364.48±7.41
Lysine	284.36±8.81 <sup>**</sup>	532.90±32.79
<b>Total EAA<sup>2)</sup></b>	<b>1,877.77±31.23<sup>**</sup></b>	<b>3,240.50±154.17</b>
Non-essential		
Aspartic acid	605.46±6.99 <sup>NS</sup>	1,205.32±45.87
Serine	344.02±26.16 <sup>***</sup>	783.88±9.25
Glutamic acid	1,915.22±167.33 <sup>***</sup>	5,439.20±170.84
Proline	1,136.14±169.53	837.96±29.75
Glycine	197.27±17.17 <sup>**</sup>	367.79±16.67
Alanine	300.34±±26.93 <sup>**</sup>	577.01±20.17
Tyrosine	126.41±11.04 <sup>*</sup>	200.89±16.87
Cystine	14.36±1.66 <sup>NS</sup>	15.75±0.55
Arginine	1,094.38±56.89 <sup>NS</sup>	752.71±29.58
<b>Total AA<sup>3)</sup></b>	<b>5,733.61±83.15<sup>***</sup></b>	<b>10,181.52±314.79</b>
<b>EAA/AA(%)</b>	<b>32.75<sup>NS</sup></b>	<b>31.83</b>

<sup>1)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>2)</sup>Total EAA: Total essential amino acid.

<sup>3)</sup>Total AA: Total amino acid.

<sup>4)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>5)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \**p*<0.05, \*\**p*<0.01, \*\*\**p*<0.001.

<sup>6)</sup>NS: not significantly different among groups.

## 4. 지방산

수박무 가식부와 껍질 분말의 지방산을 분석한 결과는 Table 13과 같다. 수박무 가식부와 껍질 분말에서 포화지방산 11종, 단일불포화지방산 5종, 다가불포화지방산 7종의 총 23종의 지방산이 검출되었다. 수박무 가식부의 구성 지방산 중 포화지방산은 palmitic acid가 18.19%로 가장 높았고, heneicosanoic acid, stearic acid, lignoceric acid, behenic acid, heptadecanoic acid, myristic acid, pentadecanoic acid, lauric acid, tridecanoic acid 순으로 검출되었다. 단일불포화지방산은 nervonic acid가 2.07%로 가장 높았고, oleic acid, palmitoleic acid, elaidic acid, erucic acid 순으로 검출되었다. 다가불포화지방산은 linolenic acid가 36.73%로 가장 높았고, linoleic acid, cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid, cis - 11,14,17 - eicosatrienoic acid, arachidonic acid, cis-11,14-eicosadienoic acid, linolelaidic acid 순으로 검출되었다. 수박무 껍질 분말의 구성 지방산 중 포화지방산은 palmitic acid가 17.10%로 가장 높았고, heneicosanoic acid, stearic acid, lignoceric acid, arachidic acid, myristic acid, behenic acid, heptadecanoic acid, pentadecanoic acid, lauric acid, tridecanoic acid 순으로 검출되었다. 단일불포화지방산은 oleic acid가 4.71%로 가장 높았고, nervonic acid, palmitoleic acid, elaidic acid, erucic acid 순으로 검출되었다. 다가불포화지방산은 linolenic acid가 35.15%로 가장 높았으며, linoleic acid, cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic acid, cis-11,14 - eicosadienoic acid, cis-11,14,17 - eicosadienoic acid, arachidonic acid, linolelaidic acid 순으로 검출되었다. 본 실험 결과 포화지방산과 다가불포화지방산 함량은 수박무 가식부가 껍질보다 높았으며 ( $p<0.01$ ), 단일불포화지방산 함량은 수박무 껍질이 더 높았다( $p<0.001$ ).

Table 13. Compositions of fatty acids in watermelon radish powder

(% total fatty acids)

Fatty acids	Watermelon radish powder (DW) <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Lauric acid (C12:0)	0.30±0.03 <sup>2)*3)</sup>	0.18±0.01
Tridecanoic acid (C13:0)	0.10±0.00 <sup>***</sup>	0.05±0.00
Myristic acid (C14:0)	0.88±0.04 <sup>NS4)</sup>	0.76±0.04
Pentadecanoic acid (C15:0)	0.30±0.04 <sup>**</sup>	0.53±0.01
Palmitic acid (C16:0)	18.19±0.12 <sup>**</sup>	17.10±0.06
Heptadecanoic acid (C17:0)	1.12±0.07 <sup>NS</sup>	1.41±0.11
Stearic acid (C18:0)	4.27±0.13 <sup>**</sup>	3.34±0.09
Arachidic acid (C20:0)	0.48±0.06 <sup>**</sup>	0.90±0.03
Heneicosanoic acid (C21:0)	13.67±0.07 <sup>**</sup>	15.11±0.13
Behenic acid (C22:0)	1.17±0.07 <sup>**</sup>	0.76±0.03
Lignoceric acid (C24:0)	2.04±0.03 <sup>**</sup>	1.57±0.06
<b>Saturated</b>	<b>42.52±0.06<sup>**</sup></b>	<b>41.71±0.10</b>
Palmitoleic acid (C16:1)	0.92±0.06 <sup>NS</sup>	0.83±0.01
Elaidic acid (C18:1n9t)	0.54±0.05 <sup>NS</sup>	0.72±0.04
Oleic acid (C18:1n9c)	1.53±0.09 <sup>***</sup>	4.71±0.10
Erucic acid (C22:1n9)	0.09±0.00 <sup>**</sup>	0.16±0.00
Nervonic acid (C24:1)	2.07±0.04 <sup>NS</sup>	1.92±0.08
<b>Monounsaturated</b>	<b>5.15±0.24<sup>***</sup></b>	<b>8.34±0.23</b>
Linolelaidic acid (C18:2n6t)	0.06±0.00 <sup>NS</sup>	0.06±0.01
Linoleic acid (C18:2n6c)	11.46±0.08 <sup>NS</sup>	11.23±0.06
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.18±0.01 <sup>***</sup>	0.45±0.01
Linolenic acid (C18:3n3)	36.73±0.16 <sup>**</sup>	35.15±0.09
cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	0.37±0.06 <sup>NS</sup>	0.25±0.03
Arachidonic acid (C20:4n6)	0.35±0.01 <sup>***</sup>	0.10±0.01
cis-4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	3.18±0.16 <sup>NS</sup>	2.71±0.08
<b>Polyunsaturated</b>	<b>52.33±0.02<sup>**</sup></b>	<b>49.95±0.01</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

<sup>1)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \* *p*<0.05, \*\* *p*<0.01, \*\*\* *p*<0.001.

<sup>4)</sup>NS: not significantly different among groups.

## 5. 유기산

수박무 가식부와 껍질 분말의 유기산을 분석한 결과는 Table 14와 같다. 총 7종의 유기산이 검출되었으며, 수박무 가식부와 껍질 모두 검출된 유기산 중에서 malic acid 함량이 수박무 가식부가 2,004.34 mg/100 g, 수박무 껍질이 2,073.57 mg/100 g으로 가장 높았으나, 통계적 유의차는 없었다. 다음으로 수박무 가식부의 경우 citric acid, tartaric acid, succinic acid, acetic acid, lactic acid, formic acid 순으로, 수박무 껍질의 경우 citric acid, tartaric acid, lactic acid, acetic acid, succinic acid, formic acid 순으로 검출되었다. 총 유기산 함량은 수박무 가식부가 2,927.05 mg/100 g, 수박무 껍질이 4,623.97 mg/100 g으로 수박무 껍질의 함량이 가식부보다 약 1.5배 높았다( $p < 0.01$ ). 같은 십자화과 채소에 속하는 콜라비의 총 유기산 함량은 콜라비 가식부는 13,094.26 mg/100 g, 껍질은 14,927.97 mg/100 g으로 콜라비 가식부보다 껍질의 함량이 높게 측정되어(97) 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타냈다.

Table 14. Contents of organic acids in watermelon radish powder

(mg/100 g)

Organic Acids	Watermelon radish powder (DW) <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Citric acid	796.53±21.95 <sup>2)***3)</sup>	1,891.39±103.91
Tartaric acid	47.62±2.19 <sup>***</sup>	497.04±21.90
Malic acid	2,004.34±114.61 <sup>NS4)</sup>	2,073.57±112.92
Succinic acid	41.14±2.60 <sup>*</sup>	30.40±1.50
Lactic acid	12.97±0.27 <sup>***</sup>	71.87±2.45
Formic acid	11.43±1.47 <sup>NS</sup>	12.22±0.58
Acetic acid	13.02±0.47 <sup>**</sup>	47.48±3.45
Total	2,927.05±139.61 <sup>**</sup>	4,623.97±241.79

<sup>1)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

<sup>4)</sup>NS: not significantly different among groups.

## 6. 비타민

수박무 가식부와 껍질 분말의 비타민 A, E 및 C 함량을 분석한 결과는 Table 15에 나타났다. 수박무 가식부의 경우 비타민 A의 함량은 0.07 mg/100 g, 비타민 E의 함량은 1.22 mg/100 g, 비타민 C의 함량은 730.59 mg/100 g으로 검출되었다. 수박무 껍질의 경우 비타민 A의 함량은 0.08 mg/100 g, 비타민 E는 검출되지 않았고, 비타민 C의 함량은 388.71 mg/100 g으로 검출되었다. 수박무 가식부와 껍질 모두 비타민 C의 함량이 가장 높았으며, 수박무 가식부의 함량이 껍질보다 높았다( $p < 0.001$ ). 비타민 C는 강력한 항산화제로 항산화 작용을 함으로써 산화 손상을 억제하며(98), 콜레스테롤, 저밀도 지단백(LDL) 및 중성지방은 감소시키고(99) 고밀도 지단백(HDL)은 증가시킨다(100). 또한 동맥경화증의 원인으로 알려진 LDL의 산화를 방지하여 죽상경화증의 발생을 예방하는 효능이 있는 것으로 보고되어 있다(101). 같은 십자화과에 속하는 채소들의 비타민 C 함량과 비교하였을 때, 일반 순무 14.51 mg/100 g, 자색무 32.16 mg/100 g, 콜라비 62.32 mg/100 g으로(44) 수박무가 다른 십자화과 채소들보다 비타민 C 함량이 2배 이상 높았으며, 비타민 C 함량이 많다고 알려진 감귤, 잎상추, 딸기, 레몬의 비타민 C 함량과 비교하였을 때에도 각각 289 mg/100 g, 189 mg/100 g, 154 mg/100 g, 70 mg/100 g으로(102) 수박무의 비타민 C 함량이 매우 높음을 확인하였다.

Table 15. Contents of vitamin A, C and E in watermelon radish powder

(mg/100 g)

Vitamin	Watermelon radish powder (DW) <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Vitamin A	0.07±0.00 <sup>2)NS3)</sup>	0.08±0.01
Vitamin E	1.22±0.10	N.D. <sup>4)</sup>
Vitamin C	730.59±17.49 <sup>***5)</sup>	388.71±21.92

<sup>1)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>NS: not significantly different among groups.

<sup>4)</sup>N.D.: Not detected.

<sup>5)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 7. 무기질

무기질은 식품이나 생물체에 함유된 원소 중 C, H, O, N을 제외한 원소를 말하며(103), 체내에서 합성이 이루어지지 않기 때문에 생체 기능을 원활하게 유지하기 위해서는 곡류, 채소, 과일, 육류, 어패류 등 다양한 식품을 통해 섭취해야 한다(104). 수박무 가식부와 껍질 분말은 총 8종의 무기질 성분이 검출되었으며 Table 16과 같다. 총 무기질 함량은 수박무 가식부가 3,484.41 mg/100 g, 수박무 껍질이 5,725.14 mg/100 g으로 수박무 껍질의 함량이 수박무 가식부보다 높았다( $p < 0.01$ ). 무기질 중 K는 수박무 가식부 3,101.83 mg/100 g, 수박무 껍질 5,079.67 mg/100 g으로 가장 높았으며, 수박무 껍질의 함량이 가식부보다 높았다( $p < 0.01$ ). Ca은 수박무 가식부 228.43 mg/100 g, 수박무 껍질 394.23 mg/100 g( $p < 0.001$ ), Mg 수박무 가식부 105.80 mg/100 g, 수박무 껍질 189.97 mg/100 g( $p < 0.01$ ), Fe 수박무 가식부 2.32 mg/100 g, 수박무 껍질 15.04 mg/100 g( $p < 0.001$ ), Mn 수박무 가식부 0.55 mg/100 g, 수박무 껍질 1.66 mg/100 g( $p < 0.01$ ), Cu 수박무 가식부 0.12 mg/100 g, 수박무 껍질 0.40 mg/100 g( $p < 0.001$ ), Zn 수박무 가식부 1.90 mg/100 g, 수박무 껍질 2.51 mg/100 g( $p < 0.05$ )으로 수박무 껍질의 무기질 함량이 가식부보다 높았다. Na 함량은 수박무 가식부 43.45 mg/100 g, 수박무 껍질 41.67 mg/100 g으로 수박무 가식부의 함량이 더 높았지만, 통계적 유의차는 없었다. 수박무 가식부는 K, Ca, Mg, Na 순으로 함량이 높았고, Fe, Zn, Mn, Cu는 5 mg/100 g 미만으로 검출되었다. 수박무 껍질의 경우 K, Ca, Mg, Na, Fe 순으로 함량이 높았으며, Zn, Mn, Cu는 5 mg/100 g 미만으로 검출되었다. 같은 십자화과에 속하는 일반 순무, 자색무의 총 무기질 함량은 일반 순무는 50.97 mg/100 g, 자색무 71.168 mg/100 g이며, 무기질 중 K는 일반 순무 44.490 mg/100 g, 자색무 63.404 mg/100 g으로 모두 가장 높은 함량을 나타냈다(44). 본 실험 결과와 비교하였을 때, 수박무의 총 무기질 함량이 다른 십자화과 채소들보다 높은 것을 확인하였다.



Table 16. Contents of minerals in watermelon radish powder

(mg/100 g)

Mineral	Watermelon radish powder (DW) <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Ca	228.43±10.55 <sup>2)***3)</sup>	394.23±11.03
K	3,101.83±148.56 <sup>**</sup>	5,079.67±173.50
Mg	105.80±5.80 <sup>**</sup>	189.97±14.81
Fe	2.32±0.15 <sup>***</sup>	15.04±1.15
Na	43.45±1.09 <sup>NS4)</sup>	41.67±1.16
Mn	0.55±0.05 <sup>**</sup>	1.66±0.10
Cu	0.12±0.01 <sup>***</sup>	0.40±0.03
Zn	1.90±0.11 <sup>*</sup>	2.51±0.12
Total	3,484.41±165.83 <sup>**</sup>	5,725.14±199.04

<sup>1)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \* *p*<0.05, \*\* *p*<0.01, \*\*\* *p*<0.001.

<sup>4)</sup>NS: not significantly different among groups.

## 제2절 수박무 가식부와 껍질의 품질특성 및 항산화 활성

### 1. 수박무 가식부와 껍질의 품질특성

#### 가. pH

수박무 가식부와 껍질 분말의 pH를 측정한 결과는 Table 17과 같다. 측정값은 수박무 가식부 6.32, 수박무 껍질 6.25로 모두 약산성을 나타내었으며, 수박무 껍질이 가식부보다 낮았다( $p < 0.05$ ). 같은 십자화과에 속하는 채소들의 pH는 일반 순무 5.93, 자색무 6.03, 콜라비 4.63(44), 브로콜리는 5.77로(105) 모두 약산성을 나타냈다.

Table 17. Contents of pH in watermelon radish powder

	Watermelon radish powder (DW) <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
pH	6.32±0.03 <sup>2)*3)</sup>	6.25±0.01

<sup>1)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*  $p < 0.05$ .

## 나. 당도

수박무 가식부와 껍질의 생과, 분말일 때의 당도를 비교 측정된 결과는 Table 18과 같다. 생과의 경우 수박무 가식부 5.27 °Brix, 수박무 껍질 6.03 °Brix으로 수박무 가식부가 껍질에 비해 당도가 낮았다( $p < 0.001$ ). 진공동결건조하여 분말화한 경우 수박무 가식부가 7.30 °Brix, 수박무 껍질이 6.53 °Brix으로 수박무 가식부가 껍질보다 높았으며( $p < 0.001$ ), 수박무 가식부와 껍질 모두 동결건조하여 분말화 한 경우에 당도가 증가하였다( $p < 0.001$ ). Lee 등(106)의 건조 방법에 따른 아로니아의 당도 측정 결과에서도 진공동결건조 6.57 °Brix, 생과 1.07 °Brix으로 건조할 경우 생과보다 당도가 4~6배 증가하였다. Lee 등(107)의 건조 방법에 따른 오미자의 당도 측정 결과에서도 열풍건조 4.63 °Brix, 원적외선건조 5.42 °Brix, 진공동결건조 6.60 °Brix으로 진공동결건조에서 가장 높은 함량을 나타내어 본 실험 결과와 유사하였다. 같은 십자화과에 속하는 채소들의 당도는 일반 순무 5.96 °Brix, 자색무 5.73 °Brix, 콜라비 14.53 °Brix(44), 보르도무 3.82 °Brix으로(105) 다른 십자화과 채소와 비교하여 수박무의 당도가 더 높은 것을 확인하였다.

Table 18. Contents of °Brix in watermelon radish raw and powder

		Watermelon radish	
		Flesh	Peel
°Brix	Raw	5.27±0.06 <sup>1)***2)***3)</sup>	6.03±0.06 <sup>***3)</sup>
	Powder	7.30±0.10 <sup>***2)</sup>	6.53±0.06

<sup>1)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>2)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*\*\*  $p < 0.001$ .

<sup>3)</sup>Significantly different between watermelon radish raw and powder by Student's *t*-test at \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 다. 색도

수박무 가식부와 껍질 분말의 색도를 측정된 결과는 Table 19와 Fig. 5에 나타냈다. 수박무 가식부의 경우 명도를 나타내는 L값은 53.02, 적색도를 나타내는 a값은 26.08, 황색도를 나타내는 b값은 -3.23이고, 수박무 껍질의 경우 명도를 나타내는 L값은 48.28, 적색도를 나타내는 a값은 -4.37, 황색도를 나타내는 b값은 14.94로 측정되었다. L값의 경우 수박무 가식부가 껍질에 비해 높았으며( $p < 0.01$ ), a값은 확연한 차이를 나타냈다( $p < 0.001$ ). b값은 수박무 껍질이 가식부보다 높았다( $p < 0.001$ ). 같은 십자화과에 속하는 채소들의 색도는 일반 순무 L: 88.57, a: -2.56, b: 13.14, 자색무 L: 62.74, a: 11.49, b: -11.83, 콜라비 L: 40.06±0.20, a: 8.04, b: 10.02(38), 브르도무 L: 57.15, a: 5.20, b: -2.55로(105) 수박무 가식부가 다른 십자화과 채소들보다 높은 a값을 보였는데, 이는 수박무 가식부의 높은 anthocyanin 함량에 의한 것으로 판단된다.

Table 19. Hunter color properties(L, a, b) of watermelon radish powder

Color <sup>1)</sup>	Watermelon radish powder	
	Flesh	Peel
L	53.02±0.51 <sup>2)**3)</sup>	48.28±0.74
a	26.08±0.21 <sup>***</sup>	-4.37±0.18
b	-3.23±0.50 <sup>***</sup>	14.94±0.56

<sup>1)</sup>L: lightness, a: redness, b: yellowness.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

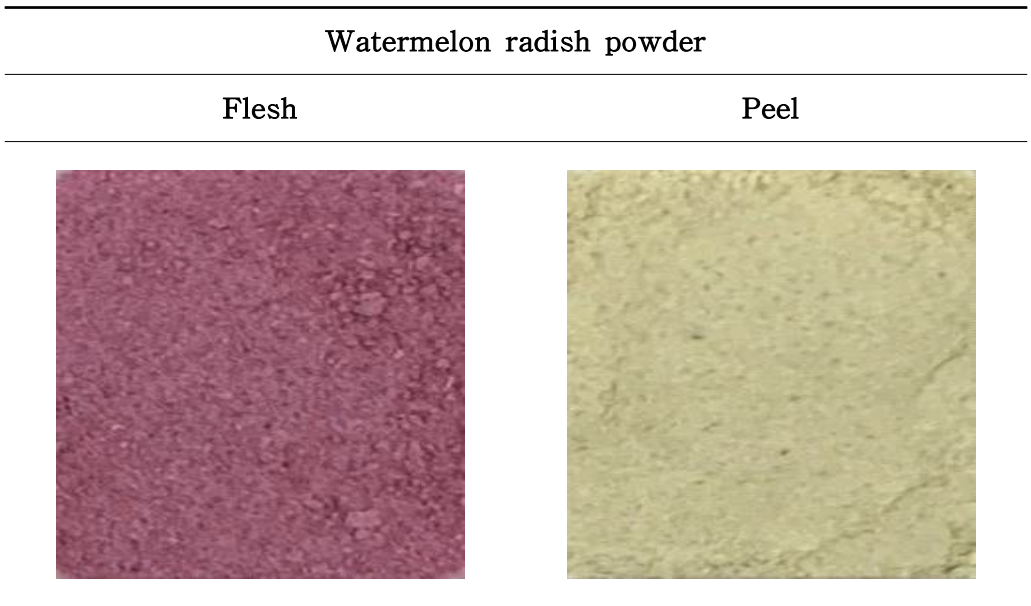


Fig. 5. Photographs of watermelon radish flesh and peel powder



## 2. 수박무 가식부와 껍질 에탄올 추출물의 항산화 활성

### 가. 수박무 부위별 추출 수율

수박무 가식부와 껍질의 80% 에탄올 추출 수율은 Table 20에 나타내었다. 80% 에탄올 추출 수율은 가식부는 34.24%, 껍질은 15.25%로 가식부가 껍질보다 높았다. 늙은 호박의 추출 수율을 부위별로 비교해본 결과 과육의 추출 수율이 과피보다 높았으며(108), 콜라비 가식부와 껍질의 추출 수율 측정 결과 가식부의 추출 수율이 껍질보다 높게 측정되어(97) 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다. 식물 추출물의 항산화 활성이 아무리 우수해도 그 추출 수율이 낮으면 경제성이 떨어지기 때문에 추출 수율은 산업화와 경제성에 고려되어야 할 중요한 요인이다. 추출 수율이 10% 이상이면 산업화와 경제성이 인정된다고 보고되어 있는데(109), 본 연구에서 사용한 수박무 가식부와 껍질의 추출 수율은 모두 10% 이상으로 확인되어 경제적으로 활용 가능성이 높은 소재라고 판단된다.

Table 20. Yield of 80% ethanol extracts from watermelon radish

Parameters	Watermelon radish	
	Flesh	Peel
Extraction yield(%)	34.24	15.25

## 나. 총 polyphenol 함량

식물체에 널리 함유되어 있는 phenol성 화합물들은 flavonoid, flavonols, flavonones, flavones, isoflavones, flavan-3-ols과 anthocyanins을 포함하고 항암, 항산화, 항바이러스, 항비만, 항알레르기성, 항궤양, 항균, 항염증 등 다양한 생리 활성 기능이 있는 것으로 보고되었다(110). 생체 내에서의 free radical 반응은 생체조직의 노화나 질병과 연관되어 있으며, phenol성 물질 중 유지의 유리기 수용체인 hydroxyl 그룹은 유지 산패 초기 단계에 생성된 유리기들이 안정된 화합물들을 형성하도록 하여 산화를 억제한다(111,112). 본 실험에서 수박무 가식부와 껍질 분말 에탄올 추출물의 총 polyphenol 함량을 비교 측정한 결과는 Table 21에 나타내었다. 수박무의 가식부는 127.92 mg GAE/g, 수박무 껍질은 117.06 mg GAE/g으로 수박무 가식부의 총 polyphenol 함량이 껍질보다 높게 측정되었다( $p < 0.001$ ). 자색무는 1.04 mg GAE/g으로 측정되어 일반 순무보다 항산화 물질이 풍부하다는 결과를 나타냈다. 콜라비의 polyphenol 함량은 22.34 mg GAE/g으로(44) 수박무의 총 polyphenol 함량이 일반 순무, 자색무, 콜라비보다 높다는 것을 확인하였다.

Table 21. Contents of total polyphenol in watermelon radish ethanol extracts

	Watermelon radish <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Total polyphenol (mg GAE <sup>2)</sup> /g )	127.92±0.76 <sup>3)***4)</sup>	117.06±1.23

<sup>1)</sup>Watermelon radish powder 80% ethanol extracts 1,000 ppm (mg/mL).

<sup>2)</sup>Gallic acid equivalent.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>4)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 다. 총 flavonoid 함량

Flavonoid는 담황색 또는 노란색을 띠는 polyphenol 화합물의 일종으로서 광합성을 하는 식물세포에서 합성되어 자연계에 널리 분포되어 있고, 체내에서 부작용이 거의 없다. 대부분이 흡수율을 높이는데 중요한 배당체(glycoside) 형태로 존재한다(113,114). 항산화 작용, 순환 기계 질환 예방, 항염증, 항균, 항알레르기, 항바이러스, 지질의 저하, 면역증강 등의 생리 활성 작용을 하며, 그중에서도 유리기에 수소 원자를 공여하여 유리기 생성을 막음으로써 산화를 억제시키는 항산화 작용이 주목받고 있어 flavonoid계 물질의 개발과 활용에 대한 관심이 지속적으로 증가되고 있다(115). 본 실험에서는 수박무 가식부와 껍질 분말 에탄올 추출물의 총 flavonoid 함량을 비교 측정하였고, 결과는 Table 22에 나타내었다. 수박무 가식부가 46.94 mg QE/g, 수박무 껍질이 10.54 mg QE/g으로 측정되어 수박무 가식부의 총 flavonoid 함량이 껍질보다 높았다( $p < 0.001$ ). 여러 종류 채소들의 flavonoid 함량과 비교해보았을 때, 무순 24.3 mg/mL, 시금치 7.51 mg/mL, 브로콜리 5.02 mg/mL, 가지 4.32 mg/mL, 당근 2.54 mg/mL, 토마토 2.24 mg/mL, 호박 1.81 mg/mL로 측정되어(116) 다른 채소들보다 수박무의 가식부와 껍질의 총 flavonoid 함량이 훨씬 높음을 확인하였다.

Table 22. Contents of total flavonoid in watermelon radish ethanol extracts

	Watermelon radish <sup>1)</sup>	
	Flesh	Peel
Total flavonoid (mg QE <sup>2)</sup> /g )	46.94±0.31 <sup>3)***4)</sup>	10.54±0.27

<sup>1)</sup>Watermelon radish powder 80% ethanol extracts 1,000 ppm (mg/mL).

<sup>2)</sup>Quercetin equivalent.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>4)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 라. 총 anthocyanin 함량

천연 식용색소인 anthocyanin 색소는 과일이나 채소의 열매, 뿌리, 줄기 및 잎 등에서 발견되는 붉은색 계통의 수용성 색소로(117) 활성산소를 제거하여 세포의 산화 및 노화를 방지하고 콜레스테롤 수치 개선 및 심장 질환, 뇌졸중, 혈관 질환 등 혈액 관련 질환 치료에 도움을 주는 강한 항산화 물질이다(118). 항산화 활성 및 색소로서의 유용성으로 인해 anthocyanin을 함유하고 있는 대부분의 과일, 채소 등은 기능성 식품으로 이용되고 있다. 본 실험에서는 수박무 가식부와 껍질 분말의 anthocyanin 함량을 비교 측정하였으며, 결과는 Table 23에 나타내었다. 수박무 가식부의 anthocyanin 함량은 18.97 mg/100 g, 수박무 껍질의 anthocyanin 함량은 1.03 mg/100 g으로 수박무 껍질보다 가식부에 anthocyanin이 다량 함유되어 있음을 확인하였다( $p < 0.001$ ). 자색무의 품종인 보르도르무의 anthocyanin 함량은 6.22~7.50 mg/100 g(105), 빨간 배추 분말의 anthocyanin 함량은 9.46 mg/100 g으로 보고되었다(71). 수박무가 십자화과에 속하는 자색의 다른 채소들보다 높은 anthocyanin 함량을 나타냈으며, 수박무의 자색은 anthocyanin에 기인한 것으로 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 판단된다.

Table 23. Contents of total anthocyanin in watermelon radish

	Watermelon radish	
	Flesh	Peel
Anthocyanin content (mg/100 g)	18.97±0.27 <sup>1)***2)</sup>	1.03±0.04

<sup>1)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>2)</sup>Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Student's *t*-test at \*\*\*  $p < 0.001$ .



### 마. DPPH radical 소거 활성

DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)를 이용한 DPPH radical 소거 활성은 Fig. 6과 같이 지질 과산화 연쇄반응에 관여하는 free radical이 항산화 물질로부터 전자를 제공받아 짙은 자주색에서 황색으로 탈색되는 원리를 이용하여 측정할 수 있는데, 그 방법이 빠르고 간단하여 식품의 항산화 활성을 측정하는데 많이 이용되고 있다(119,120)

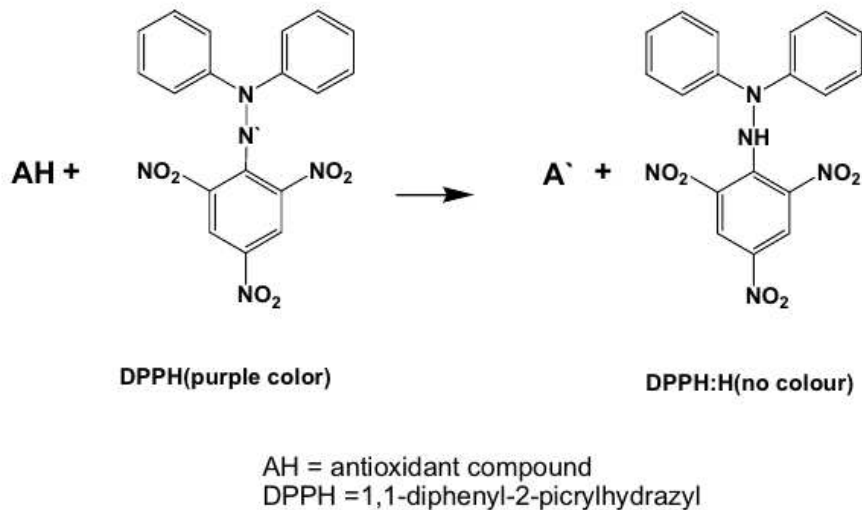


Fig. 6. Changing DPPH color in antioxidant compound(121)

DPPH radical 소거 활성은 phenol, flavonoid와 같은 페놀성 물질과도 상관관계가 있어 항산화 작용의 지표라고 알려져 있으며, 항산화 물질은 free radical에 전자를 공여하여 식품 중의 지방산화를 억제하고 인체 내 노화를 억제하는 작용을 하기 때문에 질병과 노화를 예방하는데 중요한 역할을 한다(122).

수박무 가식부와 껍질 분말 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거 활성을 비교 분석한 결과는 Table 24에 나타내었다. 수박무 가식부 분말 에탄올 추출물의 농도를 1,000, 500, 250, 125  $\mu\text{g/mL}$ 으로 하였을 때, DPPH radical 소거 활성은 67.56%, 41.78%, 24.04%, 13.67%, 수박무 껍질 분말 에탄올 추출물의 농도를 2,000, 1,000, 500, 250, 125  $\mu\text{g/mL}$ 으로 하였을 때, DPPH radical 소거 활성은 72.89%, 36.33%,

18.20%, 4.41%, 2.07%로 측정되어 수박무 가식부와 껍질 에탄올 추출물 모두 농도에 비례하여 소거 활성이 증가하는 것으로 나타났으며, 농도별로 수박무 가식부의 소거 활성이 껍질보다 높았다( $p < 0.001$ ). DPPH radical 소거 활성 50%에 상응하는 시료의 농도를  $IC_{50}$ 으로 값을 계산한 결과, 수박무 가식부가 686.80  $\mu\text{g/mL}$  수박무 껍질이 1,382.77  $\mu\text{g/mL}$ 으로 나타났다.  $IC_{50}$ 값이 낮을수록 높은 항산화력을 나타내기 때문에 수박무 가식부가 껍질보다 DPPH radical 소거 활성이 높은 것을 확인하였다( $p < 0.001$ ). 이러한 결과는 수박무 가식부가 껍질보다 다량의 flavonoid와 anthocyanin을 함유하고 있어서 flavonoid scavenging과 chelating 과정을 통해 항산화 활성이 나타난 것으로 판단된다.

Table 24. DPPH radical scavenging activity of watermelon radish ethanol extracts

	Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )	DPPH radical scavenging activity (%)	DPPH radical scavenging $\text{IC}_{50}^{1)}$ ( $\mu\text{g/mL}$ )
	1,000	$67.56 \pm 0.90^{2)***3)}$	
Watermelon radish flesh	500	$41.78 \pm 0.36^{***}$	$686.80 \pm 6.90^{***}$
	250	$24.04 \pm 0.87^{***}$	
	125	$13.67 \pm 0.58^{***}$	
	2,000	$72.89 \pm 0.58$	
Watermelon radish peel	1,000	$36.33 \pm 0.32$	$1,382.77 \pm 10.30$
	500	$18.20 \pm 0.35$	
	250	$4.41 \pm 0.23$	
	125	$2.07 \pm 0.54$	
BHA		$86.74 \pm 0.28$	
BHT	1,000	$88.37 \pm 0.08$	
Ascorbic acid		$93.48 \pm 0.00$	

<sup>1)</sup> $\text{IC}_{50}$  is the concentration of sample required for scavenging radical by 50%.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean $\pm$ S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Significantly different letters by Student's *t*-test at \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 바. ABTS radical 소거 활성

2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid(ABTS)는 항산화 존재 시 ABTS<sup>+</sup>의 흡광도가 억제되는 것에 기초하여 개발되었으며, 이러한 원리는 Fig. 7과 같다. ABTS가 potassium persulfate와 반응하여 청록색의 ABTS radical이 형성된 후(123) 항산화제에 의해 radical이 제거되면서 청록색이 탈색되는 원리를 이용하여 소거 활성을 측정한다(124).

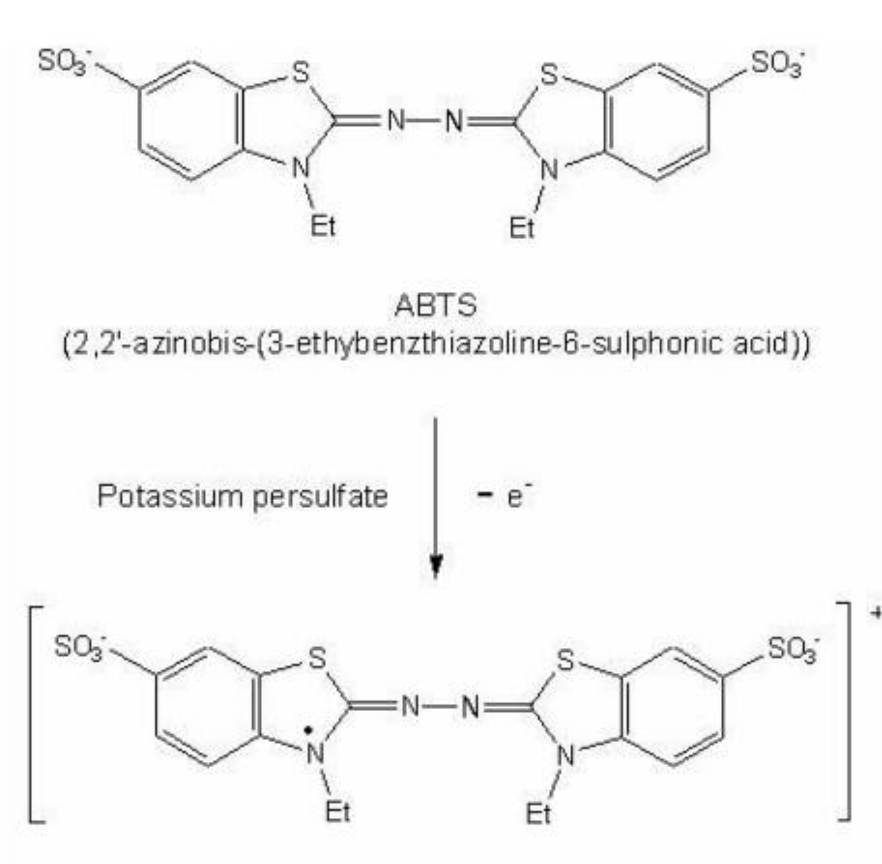


Fig. 7. Principle of ABTS scavenging activity

수박무 가식부와 껍질 분말 에탄올 추출물의 ABTS radical 소거 활성을 분석한 결과는 Table 25에 나타내었다. 에탄올 추출물의 농도를 1,000, 500, 250, 125  $\mu\text{g/mL}$ 으로 하였을 때, 수박무 가식부의 ABTS radical 소거 활성은 95.72%, 88.40%, 56.07%, 34.70%, 수박무 껍질은 89.77%, 56.32%, 33.54%, 18.33%로 측정되어 수박무 가식부와 껍질 모두 농도에 비례하여 ABTS radical 소거 활성이 증가하는 것으로 나타났으며, 농도별로 수박무 가식부의 ABTS radical 소거 활성이 껍질보다 높았다. BHA, BHT, ascorbic acid의 ABTS radical 소거 활성은 각각 95.59%, 95.72%, 95.55%로 수박무 가식부와 비슷하게 측정되어 수박무 가식부의 높은 항산화 활성을 확인할 수 있었다. 수박무 가식부와 껍질의 항산화 활성을 비교하기 위해 ABTS radical 소거 활성 50%에 상응하는 시료의 농도를  $IC_{50}$ 으로 값을 계산한 결과, 수박무 가식부가 182.54  $\mu\text{g/mL}$ , 수박무 껍질이 475.22  $\mu\text{g/mL}$ 으로 수박무 가식부가 껍질보다 ABTS radical 소거 활성이 높았다( $p < 0.001$ ). Teow 등(125)은 19종의 고구마의 ABTS radical 소거 활성을 비교 분석한 결과, 대체적으로 소거 활성이 낮게 측정되었는데, 그중 진한 자색의 고구마가 비교적 높은 활성을 나타냈다는 연구 결과를 보고하였다. Park(126)의 고구마 품종별 생리 활성 및 anthocyanin 색소의 연구에서도 진한 자색을 나타내는 품종이 높은 ABTS radical 소거 활성과 DPPH radical 소거 활성을 보였다. 이러한 선행 연구를 참고하였을 때, 본 연구에서 수박무 껍질보다 가식부의 ABTS radical 소거 활성이 유의적으로 높은 이유는 수박무 가식부에 항산화 영양소인 비타민 C를 비롯한 자색의 anthocyanin 색소가 다량 함유되어 있기 때문이라고 생각된다.

Table 25. ABTS radical scavenging activity of watermelon radish ethanol extracts

	Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )	ABTS radical scavenging activity(%)	ABTS radical scavenging $\text{IC}_{50}^1$ ( $\mu\text{g/mL}$ )
Watermelon radish flesh	1,000	95.72 $\pm$ 0.07 <sup>2)*3)</sup>	182.54 $\pm$ 19.35 <sup>***</sup>
	500	88.40 $\pm$ 0.50 <sup>***</sup>	
	250	56.07 $\pm$ 0.59 <sup>***</sup>	
	125	34.70 $\pm$ 2.19 <sup>***</sup>	
Watermelon radish peel	1,000	89.77 $\pm$ 1.77	475.22 $\pm$ 12.87
	500	56.32 $\pm$ 0.72	
	250	33.54 $\pm$ 1.19	
	125	18.33 $\pm$ 0.57	
BHA		95.59 $\pm$ 0.29	
BHT	1,000	95.72 $\pm$ 0.07	
Ascorbic acid		95.55 $\pm$ 0.07	

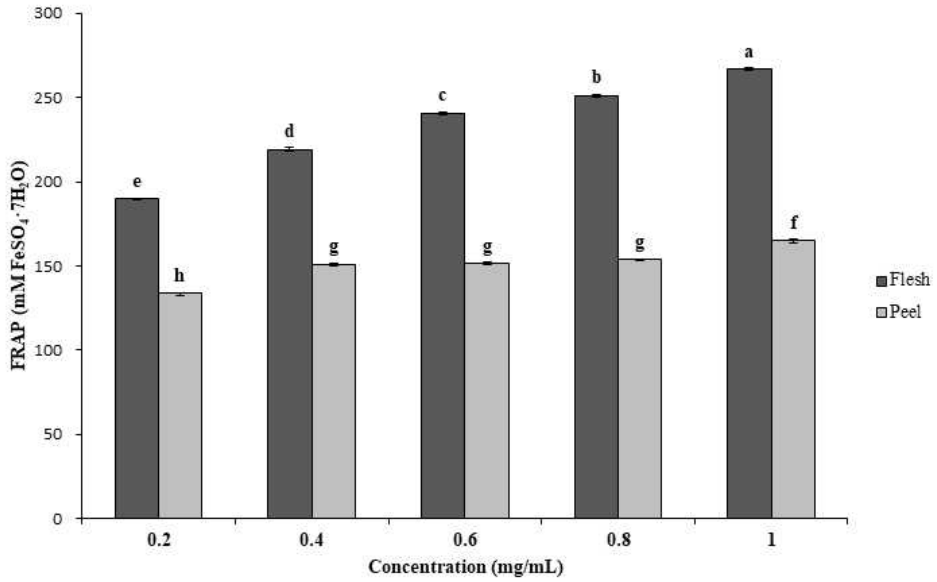
<sup>1)</sup> $\text{IC}_{50}$  is the concentration of sample required for scavenging radical by 50%.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean $\pm$ S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>Significantly different letters by Student's *t*-test at \*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 사. FRAP 활성

FRAP은 ferric tripyridyltriazine( $\text{Fe}^{3+}$ -TPTZ) 복합체가 항산화 물질에 의해 ferrous tripyridyltriazine( $\text{Fe}^{2+}$ -TPTZ)로 환원되는 원리를 이용하여 항산화력을 측정하는 방법이다(127). 항산화 물질의 전자를 공여하는 능력인 환원력은 흡광도의 변화와 직접적인 관련이 있는데, FRAP은 radical 소거 방식의 항산화 활성 측정법과는 다른 메커니즘의 항산화 측정법이다(128). 수박무 가식부와 껍질 분말 에탄올 추출물의 FRAP 활성은 Fig. 8과 같다. 수박무 가식부의 FRAP 활성은 189.89~266.89 mM  $\text{FeSO}_4/\text{g}$ 의 활성 범위를 나타냈으며, 수박무 껍질의 FRAP 활성은 133.56~164.78 mM  $\text{FeSO}_4/\text{g}$ 으로 추출물의 농도가 0.2 mg/mL에서 1 mg/mL로 농도가 증가할수록 흡광도 또한 농도 의존적으로 증가하였다. 수박무 가식부의 경우 최종 농도 1 mg/mL에서 FRAP 활성이 266.89 mM  $\text{FeSO}_4/\text{g}$ 으로, 수박무 껍질의 경우 164.78 mM  $\text{FeSO}_4/\text{g}$ 으로 측정되었다. 수박무 가식부의 환원력이 수박무 껍질보다 높은 것을 확인하였으며, 이는 시료 추출물의 hydroxyl groups의 환원력에 의해 활성산소 연쇄반응을 억제시켜 항산화 활성이 나타난 것으로 사료된다(129).



**Fig. 8. Ferric reducing antioxidant power of watermelon radish ethanol extracts** All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations. Significantly different between watermelon radish flesh and peel by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).



## 제3절 수박무 분말 첨가 떡갈비의 품질특성 및 항산화 활성

### 1. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 품질특성

#### 가. 일반성분

육가공 제품의 수분 함량은 보수력, 저장성과 관련되어 있기 때문에 육가공 제품의 품질에 영향을 미치는 중요한 요인이며(130), 지방은 다즙성, 조직감 등에 영향을 미친다(131). 수박무 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 떡갈비의 일반성분 함량을 측정된 결과는 Table 26에 나타내었다. 수분, 조단백질, 조지방 함량은 대조군에서 가장 높게 측정되었고( $p < 0.05$ ), 수박무 분말의 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. 조회분 함량은 대조군과 비교하여 수박무 분말 첨가군에서 높은 수치를 보였다( $p < 0.05$ ). 이는 기능성 떡갈비의 선행 연구로 빨간 배추 분말을 첨가한 떡갈비(71)와 고추씨 분말을 첨가한 떡갈비(70) 연구에서 분말의 첨가량이 가장 높은 군에서 수분 함량이 감소한 결과와 유사하였다. 또한 파파야 과육 첨가 한우 떡갈비(69), 산사 첨가 떡갈비(72)의 일반 성분 분석에서 파파야와 산사에 함유되어 있는 식이섬유로 인해 지방과 단백질 함량이 낮게 나타나 본 연구와 같은 경향을 보인 것을 확인하였다. 이는 분쇄형 돈육 육제품의 식이섬유의 함량이 증가함에 따라 수분 함량이 감소하고(132), 너겟의 식이섬유 첨가량이 증가할수록 지방 함량은 낮아진다는 보고(133)와도 일치하였다. 이러한 결과는 육류의 일부를 수박무 분말로 대체함으로써 수박무의 풍부한 식이섬유가 첨가되어 조회분의 함량이 증가한 반면에 수분과 지방 및 단백질의 함량이 감소된 것으로 추측된다. 또한 수박무 분말 떡갈비의 조직 특성 측정 결과 경도와 씹힘성이 증가하는 경향이 나타난 것과 연관이 있으며, 육가공품의 일반성분 차이는 떡갈비 주재료와 부가적인 첨가물들의 재료 배합비의 차이에서 기인하는 것으로 판단된다.

Table 26. Proximate compositions of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder

(%)

Proximate compositions	Treatment <sup>1)</sup> (DW) <sup>2)</sup>					F-value
	CON	REF	W1	W2	W3	
Moisture	68.78±0.11 <sup>4)ab5)</sup>	67.99±0.88 <sup>ab</sup>	67.21±0.52 <sup>ab</sup>	66.26±2.26 <sup>ab</sup>	65.59±0.79 <sup>b</sup>	3.664 <sup>*</sup>
Crude protein	14.44±0.11 <sup>a</sup>	13.89±0.49 <sup>ab</sup>	14.26±0.20 <sup>ab</sup>	13.11±0.92 <sup>b</sup>	13.02±0.17 <sup>b</sup>	5.444 <sup>*</sup>
Crude fat	10.87±0.59 <sup>a</sup>	9.04±0.32 <sup>b</sup>	10.53±0.18 <sup>a</sup>	10.35±0.34 <sup>a</sup>	10.16±0.56 <sup>a</sup>	7.791 <sup>**</sup>
Crude ash	1.65±0.04 <sup>c</sup>	1.77±0.06 <sup>bc</sup>	1.83±0.06 <sup>ab</sup>	1.90±0.06 <sup>ab</sup>	1.93±0.05 <sup>a</sup>	13.413 <sup>**</sup>
Carbohydrate <sup>3)</sup>	4.26±0.61 <sup>b</sup>	7.32±0.08 <sup>a</sup>	6.77±1.22 <sup>a</sup>	8.39±1.33 <sup>a</sup>	9.30±1.18 <sup>a</sup>	10.909 <sup>**</sup>

<sup>1)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>2)</sup>DW: dry weight basis.

<sup>3)</sup>100 - (moisture +crude protein + crude fat + crude ash).

<sup>4)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>5)a-c</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

\*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ .

## 나. 보수력

수박무 분말 첨가 떡갈비의 보수력을 측정한 결과는 Table 27과 같다. 떡갈비의 보수력은 대조군에 비해 수박무 분말의 첨가량이 많을수록 증가하는 경향을 보였으며, CON(수박무 0%)의 보수력이 가장 낮고, W3(수박무 4%)이 가장 높게 나타나 통계적 유의차를 보였다( $p < 0.05$ ). 여러 가지 가공 제품을 제조할 때 기능성 첨가제로 많이 사용되고 있는 인산염은 식육 제품의 유화, 조직감, 육색, 이상취의 발현에 영향을 주고 보수력을 강화시켜 제품의 수율을 향상시키지만, 과다한 첨가는 육질에 좋지 않은 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다. 과다 섭취할 경우에는 체내의 마그네슘, 칼슘, 철 균형에 악영향을 주어 뼈와 관련된 질병이 유발될 수 있기 때문에(134,135) 소비자들이 인산염이 첨가된 육가공 제품을 기피하는 경향이 점점 나타나고 있어 최근에는 인산염을 대체할 천연 식재료에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다(136). 본 실험에서는 인산염과 유사한 기능을 하는 천연 항산화제인 ascorbic acid를 양성대조군에 첨가하여 비교 측정하였으며, 수박무 분말 첨가군이 양성대조군보다 높은 보수력을 보여 수박무의 기능성 식품 소재로서의 이용 가치가 매우 긍정적으로 보인다.

Table 27. Water holding capacity(WHC) of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder

	Treatment <sup>1)</sup>					F-value
	CON	REF	W1	W2	W3	
WHC(%)	27.98±0.25 <sup>2)c3)</sup>	29.99±0.60 <sup>bc</sup>	31.65±0.99 <sup>b</sup>	34.50±1.29 <sup>a</sup>	35.22±0.40 <sup>a</sup>	27.039 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>Treatment are shown Table 9.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)a-c</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .

## 다. 가열감량

가열감량은 식육 제품을 가열했을 때 원래의 구조를 잃고 단백질 변성과 응고가 함께 일어나서 가열하는 동안에 식육 제품의 수분과 지방이 삼출되는 것으로 가열 후 감량된 무게(g)를 초기 시료의 무게 비율(%)로 나타낸 것이다(137). 가열감량은 가열 속도가 느릴수록, pH가 낮을수록, 가열시간이 길수록, 가열 온도가 높을수록, 육류의 표면과 중량의 비율이 커질수록 증가되고, 저장 기간이 증가할수록 육질 내 가열감량의 변화로 물 분자와 단백질 사이의 결합력이 약해지면서 수분 손실이 일어나며, pH의 높고 낮음에도 영향을 받는다(138). 육가공 제품 가열 시 지방과 수분 함량이 감소되면 조직감, 다즙성, 기호성이 떨어지므로(139), 육류의 일부를 다른 식재료로 대체하여 가열감량을 줄임으로써 기호도와 품질을 향상시키기 위한 다양한 연구도 수행되고 있다. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 가열감량을 측정된 결과는 Table 28에 나타냈다. 대조군의 가열감량이 가장 높게 측정되었고, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 가열감량이 감소되는 경향을 보였다( $p < 0.05$ ). 이는 해조류 분말을 첨가한 돈육 패티의 경우 해조류 분말의 첨가량이 증가할수록 가열감량이 감소하였다는 연구(140)와 유사한 경향을 보였으며, 수박무 분말에 함유된 식이섬유소에 의한 보수력 증가로 가열 중 수분 손실이 감소된 것으로 판단된다.

Table 28. Cooking loss of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder

	Treatment <sup>1)</sup>					F-value
	CON	REF	W1	W2	W3	
Cooking loss(%)	26.32±2.15 <sup>2)a3)</sup>	17.83±1.40 <sup>b</sup>	20.97±0.85 <sup>b</sup>	18.94±1.07 <sup>b</sup>	14.02±1.15 <sup>c</sup>	31.315 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>Treatment are shown Table 9.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)a-c</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .

## 라. 조직 특성

가열·조리된 수박무 분말 첨가 떡갈비의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 깨짐성(brittleness)을 측정한 결과는 Table 29에 나타났다. 육제품의 조직 특성은 관능적 특성과 밀접한 연관이 있고, 고기의 연도에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 품질을 나타내는 중요한 인자 중 하나이다(141). 경도(hardness)는 시료의 질적 변형을 일으키는데 필요한 힘으로 CON은 1,034.67 g, 수박무 분말 4%를 첨가한 W3은 1,255.00 g으로 측정되었으며, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 높아졌다( $p < 0.05$ ). 탄성(springiness)은 시료가 주어진 힘에 의해 형태가 변형되었다가 그 힘이 제거되면 원래의 형태로 다시 회복되는 정도를 나타낸 값으로 CON이 74.15%, W3은 72.63%로 통계적 유의차를 나타냈으며, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 감소하였다( $p < 0.05$ ). 응집성(cohesiveness)은 식품 구조에서 내부저항을 정량하는 것으로 수박무 분말 첨가량에 따라 감소하였지만, 유의적인 차이는 없었다. 씹힘성(chewiness)은 식품을 삼킬 수 있을 때까지 씹는데 드는 힘의 정도로 수박무 분말 첨가군이 대조군보다 높았으며, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 높아졌다( $p < 0.05$ ). 깨짐성(brittleness)은 어떤 힘이나 접촉으로 인해 작은 조각으로 깨지는 경향성을 나타낸 값으로 CON, REF, W1에 비해 W2, W3이 유의적으로 낮았다( $p < 0.05$ ). Hwang 등(142)은 미역 paste를 첨가한 고기 패티 연구 결과, 해조류에 함유되어 있는 알긴산 등 식이섬유소에 의해 보수력이 증가되어 경도와 씹힘성이 높아졌으며, 이로 인해 품질특성을 향상되었음을 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 육제품의 조직감은 지방 함량, 수분 함량, 원료육의 상태, 가열 온도의 차이, 첨가물, 단백질의 변성 정도 등 다양한 원인에 의해 달라지며(143), 식이섬유소와 가열감량과도 밀접한 관련이 있다(144). 이들 원인 중 지방 함량은 경도에 큰 영향을 미치는데, 지방 함량이 낮아질수록 경도는 높아진다고 보고되어 있다(145). 선행연구를 참고하였을 때, 수박무 분말 첨가에 의해 탄력성, 깨짐성이 감소되고, 경도와 씹힘성이 증가하는 경향이 나타난 것은 육류 함량의 일부를 수박무 분말로 대체하면서 지방 함량이 감소하고 식이섬유 함량이 증가하면서 가열감량이 감소되고, 보수력은 증가하였기 때문이라고 사료된다.

Table 29. Textural properties of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder

Textural properties	Treatment <sup>1)</sup>					F-value
	CON	REF	W1	W2	W3	
Hardness(g)	1,034.67±45.00 <sup>2)3)</sup>	1,056.00±61.22 <sup>b</sup>	1,061.67±48.05 <sup>b</sup>	1,154.00±57.17 <sup>ab</sup>	1,255.00±91.92 <sup>a</sup>	5.761 <sup>*</sup>
Springiness(%)	74.15±0.56 <sup>a</sup>	74.07±0.51 <sup>a</sup>	74.03±0.35 <sup>a</sup>	73.05±0.42 <sup>ab</sup>	72.63±0.75 <sup>b</sup>	5.049 <sup>*</sup>
Cohesiveness(%)	55.54±0.29 <sup>NS4)</sup>	55.37±0.21	55.02±0.30	54.97±0.38	54.85±0.04	3.463
Chewiness(g)	958.71±161.99 <sup>c</sup>	1,323.00±248.92 <sup>bc</sup>	1,266.98±200.40 <sup>bc</sup>	1,525.69±182.39 <sup>b</sup>	2,214.10±203.33 <sup>a</sup>	16.263 <sup>***</sup>
Brittleness(g)	29,428.87±111.24 <sup>a</sup>	29,178.57±149.47 <sup>a</sup>	29,295.62±90.89 <sup>a</sup>	28,764.88±127.86 <sup>b</sup>	28,602.43±62.53 <sup>b</sup>	29.766 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>Treatment are shown Table 9.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)a-c</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>4)</sup>NS: not significantly different among groups.

<sup>\*</sup>  $p < 0.05$ , <sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .



## 마. 육색 변화

수박무 분말을 첨가한 떡갈비의 가열 전후의 외형 변화는 Fig. 9에 나타내었고, 육색 변화 결과는 Table 30과 같다. 가열 전 색도 중 명도를 나타내는 L값은 CON이 60.10, REF가 52.83으로 높게 측정되었으며, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 46.75, 41.83, 41.55로 낮아졌다( $p < 0.05$ ). 적색도를 나타내는 a값은 CON이 6.06으로 가장 낮았으며, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 a값도 높아졌다( $p < 0.05$ ). 황색도를 나타내는 b값의 경우 ascorbic acid를 첨가한 REF가 19.26으로 가장 높았으며, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 감소하였다( $p < 0.05$ ).

가열 후 떡갈비의 육색 변화 결과는 L값은 CON이 61.03으로 수박무 분말 첨가군보다 높았으며( $p < 0.05$ ), 수박무 분말 첨가 수준에 따른 차이는 보이지 않았다. a값은 CON이 6.08로 가장 낮았고, W2가 13.83, W3이 13.86으로 높게 측정되었으며, 수박무 분말 첨가량이 많을수록 증가하는 경향을 보였다. b값은 W1이 25.57로 가장 높았고( $p < 0.05$ ), 수박무 분말 첨가량이 많을수록 전반적으로 감소하였다. 육색은 oxymyoglobin과 metmyoglobin의 비율 및 분포에 따라 달라지고 metmyoglobin 형성이 증가하면 육색이 퇴색되며(146,147), a값의 경우 총 색소량, myoglobin의 함량 및 이온 농도와 양의 상관관계가 있다(148). 본 연구의 수박무 첨가 떡갈비의 L값은 단백질의 아미노산과 환원당에 의한 갈변화 반응을 보인 반면, a값이 수박무 분말 첨가량에 따라 증가한 것은 수박무 분말에 anthocyanin 색소의 함량이 높아 적색도(Table 19)가 높기 때문이라고 판단된다. 이를 통해 육색 변화는 가열 조리 중에 발생한 갈변반응의 정도와 매우 밀접한 관련이 있음을 확인하였다. 와송 분말 첨가 돈육 패티에서 와송 분말 첨가량이 증가할수록 L값과 b값이 감소하였으며(149), 홍국 분말을 첨가한 유화형 소시지의 경우 적색도가 높은 홍국 분말의 첨가량이 증가할수록 L값과 b값은 감소하고 a값은 유의적으로 상승하였다는 연구와(150) 본 연구는 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 발색제의 첨가 없이 수박무를 이용하여 육가공품의 육색을 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

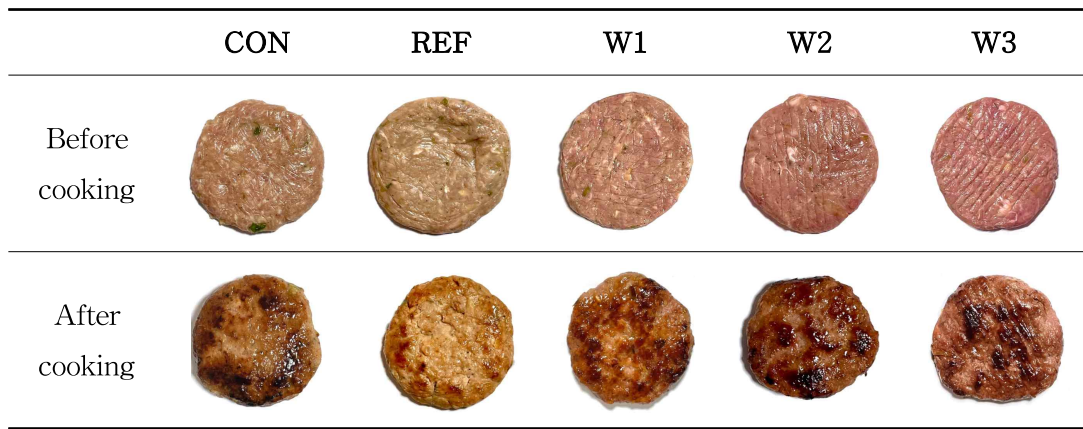


Fig. 9. Shape of the *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder

Table 30. Hunter color properties(L, a, b) of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder

		Treatment <sup>1)</sup>					F-value
		CON	REF	W1	W2	W3	
Color <sup>2)</sup> before cooking	L	60.10±3.20 <sup>3)a4)</sup>	52.83±0.22 <sup>b*5)</sup>	46.75±1.91 <sup>c**</sup>	41.83±0.02 <sup>d**</sup>	41.55±0.19 <sup>d**</sup>	66.853 <sup>***</sup>
	a	6.06±0.40 <sup>d</sup>	6.24±0.09 <sup>d</sup>	9.11±0.37 <sup>c*</sup>	17.29±0.10 <sup>b**</sup>	19.28±0.07 <sup>a*</sup>	1,842.027 <sup>***</sup>
	b	16.40±0.81 <sup>b</sup>	19.26±0.32 <sup>a</sup>	14.60±0.70 <sup>c*</sup>	10.98±0.20 <sup>d</sup>	9.09±0.23 <sup>e</sup>	187.739 <sup>***</sup>
Color after cooking	L	61.03±1.15 <sup>a</sup>	54.30±0.67 <sup>b</sup>	54.48±0.94 <sup>b</sup>	53.31±2.75 <sup>b</sup>	51.73±1.88 <sup>b</sup>	13.816 <sup>***</sup>
	a	6.08±0.99 <sup>c</sup>	9.84±1.61 <sup>b</sup>	11.37±0.95 <sup>ab</sup>	13.83±0.58 <sup>a</sup>	13.86±2.10 <sup>a</sup>	17.003 <sup>***</sup>
	b	15.28±2.34 <sup>b</sup>	17.21±4.92 <sup>ab</sup>	25.57±6.37 <sup>a</sup>	14.30±2.67 <sup>b</sup>	7.59±2.59 <sup>b</sup>	7.465 <sup>**</sup>

<sup>1)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>2)</sup>L: lightness, a: redness, b: yellowness.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of quintuplicate determinations.

<sup>4)a-e</sup> Means in row with different letters are significantly different by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

<sup>5)</sup>Significantly different between color before cooking and color after cooking *tteokgalbi* by Student's *t*-test at \*  $p<0.05$ , \*\*  $p<0.01$ , \*\*\*  $p<0.001$ .

## 바. 관능 평가

관능 평가는 미생물학적인 검사나 이화학적 검사와는 달리 사람이 직접 품질을 평가하기 때문에 품질평가의 주관적인 지표가 된다(151). 가열·조리된 수박무 분말을 첨가한 떡갈비의 색(color), 조직감(texture), 다즙성(juiciness), 풍미(flavor), 짠맛(saltiness) 및 전체적인 기호도(total acceptability)의 관능 평가 결과는 Table 31과 같다. 수박무 분말의 첨가량이 많을수록 점수가 높았으며, W3이 색, 풍미, 전체적인 기호도에서 각각 4.21점, 4.14점, 4.29점으로 가장 높은 점수를 받았다( $p < 0.05$ ). 조직감, 다즙성, 짠맛의 경우 그룹 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 육제품의 기호성에 영향을 미치는 요인들은 다양한데, 핵산, 당, 아미노산, 유기산, 펩타이드는 맛에, 저분자 펩타이드, IMP, 유리아미노산 등의 혼합물은 풍미에(152), 지방은 풍미, 조직감, 다즙성에 영향을 미친다고 보고되어 있다(153). 따라서 본 연구 결과는 기호성에 관여하는 아미노산 조성, 지방 함량, 지방산 조성들의 차이에 기인된 것으로 보이며, 색, 풍미, 전체적인 기호도에서 W3이 가장 높게 나타난 것은 수박무 특유의 색과 향이 떡갈비에 작용하여 좋지 않은 냄새와 맛을 제거하였기 때문이라고 사료된다. 특히 색의 기호도에서 수박무 분말의 첨가량이 많을수록 높은 기호도를 나타낸 것은 수박무의 높은 anthocyanin 색소의 영향을 받아 수박무 자체의 색이 떡갈비에 가미되어 기호도를 높인 것이라고 생각된다. 육류 제품의 지방산화는 품질 유지에서 가장 중요한 인자인데 조리·가공 시의 열처리하는 근조직막의 부분적인 손상을 일으켜서 지질 산화가 촉진되고 산화 촉진물이 유출되어 warmed-over flavour(WOF) 현상이 나타날 수 있는데(154), 본 관능검사 결과 실험에 사용된 모든 떡갈비 그룹의 경우 WOF 현상이 없었음을 확인하였다.

Table 31. Sensory evaluation of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder

Sensory characteristics <sup>1)</sup>	Treatment <sup>2)</sup>					F-value
	CON	REF	W1	W2	W3	
Color	2.20±0.45 <sup>3)c4)</sup>	2.14±0.38 <sup>c</sup>	2.79±0.27 <sup>b</sup>	3.29±0.49 <sup>b</sup>	4.21±0.27 <sup>a</sup>	34.667 <sup>***</sup>
Texture	3.00±0.35 <sup>NS5)</sup>	3.07±0.19	3.14±0.38	3.36±0.38	3.36±0.24	1.719
Juiciness	3.20±0.27 <sup>NS</sup>	3.14±0.24	3.29±0.39	3.36±0.38	3.43±0.35	0.794
Flavor	3.30±0.45 <sup>bc</sup>	2.93±0.19 <sup>c</sup>	3.50±0.50 <sup>bc</sup>	3.79±0.57 <sup>ab</sup>	4.14±0.24 <sup>a</sup>	8.578 <sup>***</sup>
Saltiness	2.20±0.45 <sup>NS</sup>	2.36±0.48	2.29±0.49	2.14±0.48	2.07±0.45	0.407
Total acceptability	3.10±0.22 <sup>bc</sup>	2.86±0.38 <sup>c</sup>	3.14±0.24 <sup>bc</sup>	3.43±0.45 <sup>b</sup>	4.29±0.27 <sup>a</sup>	19.366 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>1: dislike extremely, 3: neither like nor dislike, 5: like extremely.

<sup>2)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±S.D.

<sup>4)a-c</sup> Means in row with different letters are significantly different by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>5)</sup>NS: not significantly different among groups.

\*\*\*  $p < 0.001$ .

## 2. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 항산화 활성

### 가. 총 polyphenol 함량

육가공품의 TBA 수치는 0.5 mg MA/kg 이상이 되면 산패취가 감지되고 1 mg MA/kg 이상부터는 식용이 불가능하며(155), 식품위생법에는 포장육과 원료육의 VBN 함량을 20 mg/100 g 이하로 규정하고 있다(156). 수박무 분말을 첨가한 떡갈비의 경우 도구의 소독처리와 제조장의 위생 상태 등의 문제로 저장 14일째에 TBA 수치가 1 mg MA/kg 이상으로 측정되었으며, VBN 함량은 20.04~25.59 mg/100 g의 범위로 나타나 식용이 불가능하다고 판단되어 항산화 활성 측정은 저장 7일째까지만 진행하였다.

Polyphenol은 페놀 화합물의 일종으로 hydroxyl(-OH)기를 2개 이상 가지고 있는 2차 대사산물로 식물계에 널리 분포되어 있으며, 항산화, 항균, 항암 등 다양한 생리 활성 기능이 있다(157,158). 수박무 분말 첨가 떡갈비의 총 polyphenol 함량은 Table 32와 같다. W3(수박무 4%), W2(수박무 2%), W1(수박무 1%), REF(0.05% ascorbic acid), CON(수박무 0%) 순으로 총 polyphenol 함량이 높았고, 수박무 분말 첨가량이 많아질수록 총 polyphenol 함량이 증가하면서 각 시료들 간에 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 저장 기간 내내 REF보다 수박무 분말 첨가군의 함량이 더 높았고, W3에서 가장 높은 함량을 보여 수박무 분말의 첨가가 떡갈비의 총 polyphenol 함량에 긍정적인 영향을 미쳤다는 것을 확인할 수 있었다. 저장 0, 7일째 총 polyphenol 함량은 각각 143.90~173.87 mg GAE/g, 156.48~184.73 mg GAE/g으로 저장 기간이 경과함에 따라 점차적으로 증가하였다( $p < 0.001$ ). 와송 분말을 첨가한 돈육 패티(149)와 혼합 한약재 추출물을 첨가한 돈육 패티(150)의 총 polyphenol 함량 측정 결과, 각각 7일째, 10일째까지 총 polyphenol 함량이 증가하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다.

Table 32. Changes of total polyphenol content of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 7 days

	Storage time (day)	Treatment <sup>2)</sup>					F-value
		CON	REF	W1	W2	W3	
poly phenol (mg GAE <sup>1)</sup> /g )	0	143.90±0.99 <sup>3)e4)</sup>	150.73±1.02 <sup>d</sup>	155.69±0.27 <sup>c</sup>	157.75±0.27 <sup>b</sup>	173.87±0.42 <sup>a</sup>	53.934 <sup>***</sup>
	7	156.48±0.46 <sup>c</sup>	161.19±0.51 <sup>d</sup>	165.20±0.42 <sup>c</sup>	170.14±0.77 <sup>b</sup>	184.73±0.67 <sup>a</sup>	3.815 <sup>*</sup>
	t-value	-19.982 <sup>***5)</sup>	-15.935 <sup>***</sup>	-13.116 <sup>***</sup>	-26.372 <sup>***</sup>	-23.721 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup>Gallic acid equivalent.

<sup>2)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>4)a-e</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

\*  $p<0.05$ , \*\*\*  $p<0.001$ .

<sup>5)</sup>Significantly different letters within a column differ significantly by Student's *t*-test at \*\*\*  $p<0.001$ .

## 나. 총 flavonoid 함량

수박무 분말 첨가 떡갈비의 총 flavonoid 함량은 Table 33과 같다. 제조 당일에 총 flavonoid 함량은 W3, W2, W1, REF, CON 순으로 각각 85.46 mg QE/g, 32.83 mg QE/g, 24.88 mg QE/g, 10.94 mg QE/g, 7.86 mg QE/g으로 수박무 분말 첨가 함량이 높아질수록 총 flavonoid 함량이 유의적으로 높아졌다( $p < 0.05$ ). 저장 기간 내내 수박무 분말 첨가군이 CON, REF보다 높은 총 flavonoid 함량을 보여 수박무 분말의 첨가가 떡갈비의 총 flavonoid 함량에 긍정적인 영향을 미쳤다는 것을 확인할 수 있었다. 저장 0, 7일째에는 각각 7.86~85.46 mg QE/g, 5.42~35.63 mg QE/g의 범위를 나타내며 저장 기간이 경과함에 따라 총 flavonoid 함량이 감소하였다 ( $p < 0.001$ ). 이러한 결과는 페놀성 물질의 hydroxyl 그룹이 단백질과 2가 금속이온과의 결합력을 가지기 때문에(160) 수박무의 페놀 성분이 돈육의 단백질, 2가 금속이온과 결합하여 7일째에 급격히 감소하는 경향을 보인 것으로 판단된다.



Table 33. Changes of total flavonoid content of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 7 days

	Storage time (day)	Treatment <sup>2)</sup>					F-value
		CON	REF	W1	W2	W3	
flavonoid (mg QE <sup>1)</sup> /g )	0	7.86±0.31 <sup>3)e4)</sup>	10.94±0.14 <sup>d</sup>	24.88±0.54 <sup>c</sup>	32.83±0.10 <sup>b</sup>	85.46±0.37 <sup>a</sup>	2,914.045 <sup>***</sup>
	7	5.42±0.24 <sup>e</sup>	6.68±0.28 <sup>d</sup>	13.84±0.14 <sup>c</sup>	21.69±0.42 <sup>b</sup>	35.63±0.19 <sup>a</sup>	235.851 <sup>***</sup>
t-value		10.900 <sup>***5)</sup>	23.856 <sup>***</sup>	34.368 <sup>***</sup>	44.266 <sup>***</sup>	206.251 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup>Quercetin equivalent.

<sup>2)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>4)a-e</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .

<sup>5)</sup>Significantly different letters within a column differ significantly by Student's *t*-test at <sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .

## 다. DPPH radical 소거 활성

DPPH는 짙은 보라색을 띠는 free radical로서 phenolic 물질과 같이 수소나 전자를 제공해 주는 전자공여체로부터 전자나 hydrogen radical을 받아 phenoxy radical을 생성하거나 환원하여 노란색으로 변한다. 이러한 원리를 이용해 환원력을 지닌 항산화제의 DPPH radical 소거 활성을 측정할 수 있다(161,162). 전자공여능은 phenolic acid, flavonoid 등 기타 phenolic 물질에 대한 항산화 작용의 중요한 평가 지표이며, 환원력이 클수록 전자공여능이 높다고 보고되어 있다(163). 수박무 분말 첨가 떡갈비의 DPPH radical 소거 활성은 Table 34에 나타내었다. 제조 당일에 11.61~20.36%로 측정되었으며, 저장 7일째에는 8.28~12.48% 범위로 저장 기간이 경과함에 따라 DPPH radical 소거 활성이 점차적으로 감소하였다. 수박무 분말 첨가 떡갈비의 DPPH radical 소거 활성은 W3, REF, W2, W1, CON 순으로 저장 기간 내내 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거 활성이 높아졌고 ( $p < 0.05$ ), W3이 REF보다 높은 활성을 나타냈기 때문에 수박무 분말을 첨가하여 육가공품을 제조할 경우 항산화제의 기능성을 부여할 수 있을 것으로 판단된다. 감귤 껍질을 첨가한 돈육 패티는 저장 기간이 증가함에 따라 DPPH radical 소거 활성이 감소하였고, 대조군에 비해 감귤 껍질 첨가군의 DPPH radical 소거 활성이 높게 측정되었으며(164), 와송 분말을 첨가한 돈육 패티의 경우 저장 기간이 길어질수록 DPPH radical 소거 활성이 점차적으로 감소하고, 와송 분말 첨가량이 증가함에 따라 소거 활성도 증가하여(149) 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

Table 34. Changes of DPPH radical scavenging activity of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 7 days

	Storage time (day)	Treatment <sup>1)</sup>					F-value
		CON	REF	W1	W2	W3	
	0	11.61±0.93 <sup>2)c3)</sup>	16.02±1.03 <sup>b</sup>	12.49±0.62 <sup>c</sup>	12.56±0.72 <sup>c</sup>	20.36±0.35 <sup>a</sup>	67.190 <sup>***</sup>
DPPH	7	8.28±0.28 <sup>c</sup>	11.16±0.27 <sup>b</sup>	9.19±0.42 <sup>d</sup>	10.25±0.15 <sup>c</sup>	12.48±0.15 <sup>a</sup>	13.329 <sup>**</sup>
	t-value	5.916 <sup>**4)</sup>	7.945 <sup>**</sup>	7.616 <sup>**</sup>	5.445 <sup>**</sup>	35.768 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)a-e</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

\*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

<sup>4)</sup>Significantly different letters within a column differ significantly by Student's *t*-test at \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 라. ABTS radical 소거 활성

수박무 분말 첨가 떡갈비의 ABTS radical 소거 활성은 Table 35에 나타내었다. 저장 0, 7일째 각각 64.54~86.73%, 41.47~56.73%의 범위로 저장 기간이 경과함에 따라 ABTS radical 소거 활성이 감소하였다( $p < 0.001$ ). 반면, 저장 기간 내내 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 ABTS radical 소거 활성이 유의적으로 증가하였고, W2, W3이 REF 보다 높은 소거 활성을 보였기 때문에 수박무 분말 첨가가 떡갈비에 항산화제의 기능성을 부여한 것으로 판단된다( $p < 0.05$ ). ABTS radical 소거 활성은 총 페놀 함량과 페놀의 종류에 상관관계가 있다고 보고되어 있는데(165), 본 실험에서 Table 33에 나타난 총 flavonoid 함량과 ABTS radical 소거 활성이 유사한 경향을 보였다. 본 연구의 항산화 활성 측정 실험 결과를 종합하여 보면 총 polyphenol 함량을 비롯해 모든 항산화 활성 측정 실험에서 대조군보다 첨가군에서 유의적으로 좋은 활성 값을 나타내었고, 수박무 분말의 첨가량이 증가함에 따라 항산화 활성도 높아지는 것을 확인하였다. 따라서 수박무 분말을 이용한 육제품 생산 시 항산화성을 증대시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Table 35. Changes of ABTS radical scavenging activity of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 7 days

Storage time (day)	Treatment <sup>1)</sup>					F-value
	CON	REF	W1	W2	W3	
0	64.54±0.54 <sup>2)d3)</sup>	73.63±0.32 <sup>c</sup>	73.48±0.31 <sup>c</sup>	76.01±0.13 <sup>b</sup>	86.73±0.31 <sup>a</sup>	39.907 <sup>***</sup>
ABTS 7	41.47±0.27 <sup>e</sup>	45.71±0.46 <sup>d</sup>	47.25±0.19 <sup>c</sup>	51.26±0.55 <sup>b</sup>	56.73±0.22 <sup>a</sup>	46.701 <sup>***</sup>
t-value	66.082 <sup>***4)</sup>	87.007 <sup>***</sup>	124.249 <sup>***</sup>	75.943 <sup>***</sup>	137.409 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)a-e</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .

<sup>4)</sup>Significantly different letters within a column differ significantly by Student's *t*-test at <sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$ .

## 제4절 수박무 분말 첨가 떡갈비의 저장안정성

### 1. pH의 변화

수박무 분말 첨가량을 달리하여 제조한 떡갈비를 4℃에서 저장하면서 14일간 pH 변화를 측정한 결과는 Table 36과 같다. 육제품의 품질과 저장성에 중요한 요인으로 작용하는 pH는 원료육인 돈육과 부가적인 첨가물의 배합 비율에 따라 변화한다(166). 수박무 분말 첨가 떡갈비의 제조 당일 pH는 5.96~6.07로 유의적인 차이가 없었으며, 저장 7일째에는 5.72~6.15, 저장 14일째에는 4.59~5.48로 저장 기간이 경과하면서 pH가 저하되었다( $p < 0.05$ ). 떡갈비 선행연구인 빨간 배추 분말 떡갈비(71)와 산사 첨가 떡갈비 연구(72)에서 저장 기간이 경과함에 따라 pH가 저하되었다는 연구와 본 실험 결과는 유사한 경향을 보였다. 저장 기간이 길어지면서 pH가 저하되는 것은 미생물의 작용으로 인한 젖산 생성(167)과 근육조직에서의 CO<sub>2</sub> 해리에 의한 것으로 판단된다(168). 저장 초기에는 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아지는 경향을 보였으나, 저장 7일 후에는 수박무 분말 첨가량이 증가함에 따라 pH도 증가하였다( $p < 0.05$ ). 이는 와송 분말 첨가 돈육 패티가 저장 기간이 경과함에 따라 낮아졌던 pH가 저장 14일 후에는 첨가량이 증가함에 따라 pH도 증가하였다는 연구(149)와 비슷한 양상을 나타내었다. 결과적으로, 수박무 분말의 첨가는 저장 초반의 pH 변화에는 영향을 미치지 않았지만, 저장 기간이 경과함에 따라 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 pH가 증가한 것을 확인하였다. 이러한 결과는 수박무 분말의 첨가가 pH 변화를 안정화시킴으로써 저장 중 품질변화를 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Table 36. Changes of pH of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 14 days

Storage time(day)	Treatment <sup>1)</sup>					F-value
	CON	REF	W1	W2	W3	
0	6.03±0.04 <sup>2)NS3)B4)</sup>	6.06±0.08 <sup>A</sup>	6.07±0.01 <sup>A</sup>	5.97±0.06 <sup>A</sup>	5.96±0.03 <sup>A</sup>	3.546 <sup>*</sup>
7	6.15±0.05 <sup>a5)A</sup>	5.72±0.04 <sup>dB</sup>	5.74±0.02 <sup>dB</sup>	5.89±0.03 <sup>cA</sup>	6.02±0.04 <sup>bA</sup>	77.341 <sup>***</sup>
14	5.48±0.04 <sup>aC</sup>	4.61±0.07 <sup>bC</sup>	4.59±0.01 <sup>bC</sup>	4.63±0.02 <sup>bB</sup>	4.66±0.02 <sup>bB</sup>	341.335 <sup>***</sup>
F-Value	221.013 <sup>***</sup>	454.835 <sup>***</sup>	12,578.846 <sup>***</sup>	1,254.157 <sup>***</sup>	1,756.824 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)</sup>NS: not significantly different among groups.

<sup>4)A-C</sup> Means with different letters within a column differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

\*\*\*  $p < 0.001$ .

<sup>5)a-d</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

## 2. 지질 산패도의 변화

1차 지질 산화 생성물인 hydroperoxide와 같은 과산화물은 DNA나 단백질을 손상시켜 암, 동맥경화, 노화, 돌연변이를 유발하며, 1차 지질 산화 생성물이 분해되어 생성되는 유기산, 알데하이드, 케톤, 알코올, 카르보닐기 및 중합체 등의 2차 지질 산화 생성물은 저장 기간 중 식육의 지질 산패도를 증가시킨다. 이외에도 식육의 지방산 조성, 온도, 시료의 크기, pH는 지질 산패도에 영향을 주는 요인이다(169). 지질 산패도는 지방 산패에 의해 생성되어 산패취를 유발하며, 육제품의 신선도를 평가하는 중요한 지표가 될 수 있다(170). 육가공품의 경우 TBA 수치가 0.5 mg MA/kg 이상이 되면 산패취가 감지되고 1 mg MA/kg 이상부터는 식용이 불가능하다고 보고되어 있다(156).

수박무 분말 첨가량을 달리하여 제조한 떡갈비를 4°C에서 냉장저장하면서 14일간 지질 산패도의 변화를 측정된 결과는 Table 37과 같다. 모든 처리군에서 저장 기간이 경과함에 따라 thiobarbituric acid(TBA) 수치가 증가하는 경향을 보였다( $p < 0.001$ ). 이는 분쇄육의 저장 기간이 경과함에 따라 TBA 수치가 증가하는 경향을 보였다는 여러 연구 결과와도 유사하였다(169,171). TBA 수치는 대조군이 가장 높았으며, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 수치가 저하되었다( $p < 0.05$ ). 이와 같은 결과는 수박무 분말에 polyphenol, flavonoid 및 anthocyanin 등의 항산화 작용을 하는 물질들이 많이 함유되어 있기 때문으로 여겨지며, 수박무 분말의 첨가가 떡갈비의 지질 산화 억제에 영향을 주었다는 것을 알 수 있다. 지질 산패도는 지방의 산화에 의해 발생하는 malonaldehyde(MDA)와 thiobarbituric acid가 반응하여 생성되는 붉은색의 강도를 측정된 값으로 그 값이 크면 지방의 산패가 많이 진행되었음을 나타내기 때문에(66) 수박무 분말 첨가 떡갈비의 TBA 수치가 높게 측정된 것은 수박무 분말에 함유되어 있는 적색 anthocyanina 색소의 영향을 받았기 때문이라고 추측된다. 또한 기구 소독과 제조장의 위생 상태에 의한 것으로 생각되며, 위생과 떡갈비 저장 기간을 조정한다면 지질 산패를 억제할 가능성이 있다고 생각된다.



Table 37. Changes of TBA values for *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 14 days

	Storage time(day)	Treatment <sup>1)</sup>					F-value
		CON	REF	W1	W2	W3	
TBA	0	0.08±0.02 <sup>2)a3)C4)</sup>	0.06±0.01 <sup>abC</sup>	0.04±0.01 <sup>bcC</sup>	0.02±0.01 <sup>cC</sup>	0.02±0.01 <sup>cC</sup>	16.873 <sup>***</sup>
(mg	7	1.49±0.01 <sup>aB</sup>	0.22±0.00 <sup>eB</sup>	0.90±0.01 <sup>bB</sup>	0.71±0.01 <sup>cB</sup>	0.41±0.01 <sup>dB</sup>	6,579.505 <sup>***</sup>
MA/ kg)	14	2.44±0.02 <sup>aA</sup>	2.25±0.01 <sup>bA</sup>	2.39±0.01 <sup>aA</sup>	2.06±0.09 <sup>cA</sup>	1.96±0.02 <sup>dA</sup>	73.179 <sup>***</sup>
	F-Value	15,862.875 <sup>***</sup>	80,371.400 <sup>***</sup>	21,226.722 <sup>***</sup>	1,168.117 <sup>***</sup>	25,815.636 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)a-e</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

\*\*\*  $p<0.001$ .

<sup>4)A-C</sup> Means with different letters within a column differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

\*\*\*  $p<0.001$ .

### 3. 휘발성 염기태 질소의 변화

휘발성 염기태 질소 함량은 육가공 제품의 변패가 진행되면 육제품에 함유되어 있는 단백질이 아미노산을 거쳐 저분자의 무기태 질소로 분해된 후 세균의 환원작용으로 생성된 물질로 육가공 제품의 신선도 평가에 중요한 항목이다. 육제품의 VBN 함량은 5~10 mg/100 g 범위에서는 신선한 상태이며, 30~40 mg/100 g 범위일 경우 초기 부패 단계로 보고 있다(172). 식품위생법에서는 포장육과 원료육의 VBN 함량을 20 mg/100 g 이하로 규정하고 있다(173).

냉장저장 중 수박무 분말 첨가 떡갈비의 VBN 함량을 측정한 결과는 Table 38과 같다. 제조 당일에 수박무 분말 첨가 떡갈비의 VBN 함량은 10.03~10.85 mg/100 g의 범위로 측정되었으며, 수박무 분말을 4% 첨가한 W3의 VBN 함량이 가장 낮았다. 저장 7일째에는 13.13~17.45 mg/100 g의 범위로 저장 기간이 경과함에 따라 모든 실험군의 VBN 함량이 증가하였지만, W2, W3은 대조군에 비하여 유의적으로 낮은 함량을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 저장 14일째에 20.19~25.59 mg/100 g의 범위로 높게 측정된 것은 돈육의 경우 부위별로 14~21% 단백질이 함유되어 있어서 저장 중 변패로 인해 신선도가 저하되기 쉬운 점과(174) 떡갈비 제조 시 사용된 도구의 소독처리와 제조장의 위생 상태 문제 때문이라고 추측된다. 떡갈비 선행연구로 산사 첨가 떡갈비(72), 빨간 배추 첨가 떡갈비(71), 로즈마리 추출 분말 첨가 떡갈비(73)의 연구 결과, 저장 기간이 경과함에 따라 VBN 함량이 증가하여 본 연구와 동일한 결과를 보였다. 단백질 chain의 일부가 절단되면서 유리아미노산, 암모니아, 아민류, 핵산 관련 물질 등 비단백태 질소 화합 물질이 증가하여 관능적으로 초기 부패가 느껴질 때까지는 VBN 함량이 소폭으로 증가하다가 세균 수도 증가하면서 VBN 함량이 급속하게 상승한다고 보고되어 있다(175). 본 연구의 저장기간 중 총 미생물 수와 VBN 함량의 급속한 증가는 세균의 증식속도와 단백질 부패도의 밀접한 상관관계 때문이라고 판단되며, 수박무 분말 첨가에 따른 저장성 향상은 수박무의 항균 작용과 항산화 활성에 기인된 것으로 생각된다.

Table 38. Changes of VBN values of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 14 days

	Storage time(day)	Treatment <sup>1)</sup>					F-value
		CON	REF	W1	W2	W3	
	0	10.85±0.18 <sup>2)a3)C4)</sup>	10.47±0.03 <sup>bC</sup>	10.54±0.06 <sup>bC</sup>	10.40±0.15 <sup>bC</sup>	10.03±0.07 <sup>cC</sup>	21.403 <sup>***</sup>
VBN	7	17.45±0.25 <sup>aB</sup>	14.87±0.02 <sup>cB</sup>	17.41±0.08 <sup>aB</sup>	15.42±0.06 <sup>bB</sup>	13.13±0.00 <sup>dB</sup>	715.295 <sup>***</sup>
(mg /100 g)	14	25.59±0.17 <sup>aA</sup>	20.04±0.04 <sup>cA</sup>	20.90±0.03 <sup>bA</sup>	20.81±0.03 <sup>bA</sup>	20.19±0.14 <sup>cA</sup>	1,641.708 <sup>***</sup>
	F-Value	4,161.415 <sup>***</sup>	71,210.586 <sup>***</sup>	24,216.023 <sup>***</sup>	9,776.299 <sup>***</sup>	10,845.801 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>2)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>3)a-d</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

<sup>\*\*\*</sup>  $p<0.001$ .

<sup>4)A-C</sup> Means with different letters within a column differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

<sup>\*\*\*</sup>  $p<0.001$ .

#### 4. 총 미생물 수의 변화

수박무 분말을 첨가한 떡갈비를 4℃에서 14일간 저장하면서 분석한 총 미생물 수 변화는 Table 39와 같다. 제조 당일에 5.00~5.50 log CFU/g으로 측정되었으며, 저장 7일째에 6.18~6.94 log CFU/g, 저장 14일째에 7.02~7.85 log CFU/g으로 저장 기간이 길어짐에 따라 모든 시료에서의 총 미생물 수는 전체적으로 증가하였다 ( $p < 0.05$ ). ICMSF(International Commission on Microbiological Specifications for Foods)에서는 총 균수 한계 허용 수준을 7 log CFU/g으로 규정하고 있으며, 우리나라의 경우 축산물 가공처리법(176)에서 5 log CFU/g 이하일 경우 신선하다는 기준을 두고 있는데 저장 14일째에 총 미생물 수가 7.02~7.85 log CFU/g로 측정된 것은 기구 소독, 제조장의 위생 상태 등이 열악하였기 때문이라고 추측된다. 붉은 양배추와 마늘즙 추출물을 첨가한 돈육 패티의 총 미생물 수는 대조군과 첨가군 간의 차이가 없었으며(177), 자색 콜라비를 첨가한 햄버거 패티 또한 대조군과 첨가군 간의 유의적인 차이가 나타나지 않아 미생물 억제 효과를 확인할 수 없었다(97). 선행 연구와 비교했을 때, 본 연구에서는 대조군에 비해 첨가군에서 낮은 총 미생물 수가 나타났으며( $p < 0.05$ ), 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 총 미생물 수가 감소하는 경향이 나타나 수박무의 미생물 증식 억제 효과를 확인할 수 있었다.

Table 39. Changes of total plate counts of *tteokgalbi* prepared with different levels of watermelon radish powder during storage at 4°C for 14 days

	Storage time(day)	Treatment <sup>2)</sup>					F-value
		CON	REF	W1	W2	W3	
TPC <sup>1)</sup> (log CFU/g)	0	5.50±0.06 <sup>3)a4)C5)</sup>	5.12±0.02 <sup>bC</sup>	5.17±0.01 <sup>bC</sup>	5.11±0.01 <sup>bC</sup>	5.00±0.02 <sup>cC</sup>	140.415***
	7	6.94±0.02 <sup>aB</sup>	6.32±0.06 <sup>cB</sup>	6.55±0.03 <sup>bB</sup>	6.34±0.05 <sup>cB</sup>	6.18±0.03 <sup>dB</sup>	189.456***
	14	7.85±0.01 <sup>aA</sup>	7.12±0.02 <sup>dA</sup>	7.39±0.04 <sup>bA</sup>	7.28±0.03 <sup>cA</sup>	7.02±0.02 <sup>eA</sup>	602.981***
	F-Value	3,740.554***	2,608.038***	5,653.800***	3,842.169***	5,451.529***	

<sup>1)</sup>TPC: Total plate count.

<sup>2)</sup>Treatment are shown in Table 9.

<sup>3)</sup>All values are expressed as mean±S.D. of triplicate determinations.

<sup>4)a-e</sup> Means with different letters within a row differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

\*\*\*  $p<0.001$ .

<sup>5)A-C</sup> Means with different letters within a column differ significantly by Tukey's multiple range test ( $p<0.05$ ).

\*\*\*  $p<0.001$ .

## 제4장 요약 및 결론

본 연구는 수박무의 기능성 식품 소재로의 활용 가능성을 확인하고, 수박무 분말과 오메가 밸런스를 조정한 돈육으로 건강 기능성 떡갈비의 개발 가능성을 알아보고자 시도되었다. 수박무 가식부와 껍질의 이화학적 성분과 품질특성 및 항산화 활성을 비교 측정하였고, 효능이 더 좋은 수박무 가식부 분말을 돈육 떡갈비에 첨가하여 냉장저장 중 품질특성, 항산화 활성 및 저장안정성을 분석하였다.

수박무의 가식부와 껍질의 이화학적 성분을 비교 분석한 결과, 수박무 껍질의 수분 함량이 가식부보다 높았으나 유의한 차이는 없었다. 조단백, 조지방, 조회분의 함량은 수박무 껍질이 가식부보다 높았으며, 탄수화물의 함량은 가식부가 더 높았다( $p < 0.05$ ). 유리당 함량은 수박무 가식부의 경우 fructose 함량이 가장 높았으며, 수박무 껍질의 경우 glucose 함량이 가장 높았다. 총 유리당 함량은 수박무 가식부가 껍질보다 높았다( $p < 0.01$ ). 구성 아미노산은 필수 아미노산 8종과 비필수 아미노산 9종으로 총 17종이 검출되었고, 수박무 가식부와 껍질 모두 glutamic acid 함량이 가장 높았다. 지방산은 포화지방산 11종, 단일불포화지방산 5종, 다가불포화지방산 7종의 총 23종의 지방산이 검출되었으며, 포화지방산과 다가불포화지방산은 수박무 가식부가 껍질보다 높았으며( $p < 0.01$ ), 단일불포화지방산은 수박무 껍질이 더 높았다( $p < 0.001$ ). 유기산 함량은 수박무 껍질이 가식부에 비해 약 1.5배 높게 검출되었으며( $p < 0.01$ ), malic acid 함량이 가장 높았으나, 가식부와 껍질 간의 통계적 유의차는 없었다. 비타민 함량은 수박무 가식부와 껍질 모두 비타민 C 함량이 가장 높게 검출되었으며, 수박무 껍질보다 가식부의 함량이 높았다( $p < 0.001$ ). 총 무기질 함량은 수박무 껍질이 가식부보다 높았으며( $p < 0.01$ ), K의 함량이 가장 높게 측정되었고, Zn, Mn, Cu는 미량으로 검출되었다.

수박무 가식부와 껍질의 품질특성 및 항산화 활성을 측정한 결과는 다음과 같다. pH는 수박무 가식부와 껍질 모두 약산성을 나타내었으며, 수박무 껍질의 pH가 더 낮았다( $p < 0.05$ ). 당도는 생과의 경우 수박무 가식부가 껍질에 비해 낮게 측정되었으며, 진공동결건조한 경우에는 수박무 가식부가 껍질보다 높았다( $p < 0.001$ ). 색도는 수박무 가식부가 껍질에 비해 L값과 a값이 높았으며, b값은 수박무 껍질이 가식부보다 높았다( $p < 0.001$ ). 수박무 에탄올 추출물의 수율은 수박무 가식부가 껍질보다

높았다. 수박무 가식부와 껍질의 항산화 활성은 polyphenol 함량, flavonoid 함량, DPPH radical 소거 활성, ABTS radical 소거 활성, FRAP 활성을 측정하였다. polyphenol 함량을 비롯한 다양한 항산화 활성 측정 실험에서 수박무 가식부가 껍질보다 항산화 활성이 좋았다( $p < 0.001$ ).

수박무 분말 첨가 떡갈비는 항산화 활성이 더 높게 측정된 수박무 가식부 분말을 0%, 1%, 2%, 4% 첨가하였고, 비교를 위해 ascorbic acid 0.05%를 첨가하였다. 떡갈비의 일반성분을 분석한 결과 수분, 조단백질, 조지방 함량은 대조군이 가장 높았고, 수박무 분말의 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 조회분 함량은 대조군과 비교하여 수박무 분말 첨가군이 더 높았다( $p < 0.05$ ). 보수력은 대조군의 보수력이 가장 낮았고, 수박무 분말을 4% 첨가한 W3이 가장 높았다( $p < 0.05$ ). 가열감량은 대조군이 가장 높았고, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 감소하였다( $p < 0.05$ ). 조직 특성은 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 탄력성, 깨짐성이 감소하고, 경도와 씹힘성은 증가하였다( $p < 0.05$ ). 이는 육류 함량의 일부를 수박무 분말로 대체하면서 지방 함량의 감소와 식이섬유의 증가로 가열감량이 감소되고, 보수력은 증가하였기 때문이라고 사료된다. 가열 전, 후 색도 변화는 L값과 b값은 수박무 분말 첨가량에 따라 감소하였고, a값은 증가하였다( $p < 0.05$ ). 떡갈비의 관능검사는 색(color), 조직감(texture), 다즙성(juiciness), 풍미(flavor), 짠맛(saltiness) 및 전체적인 기호도(total acceptability)를 평가하였다. 색, 풍미, 전체적인 기호도에서 W3이 가장 높은 점수를 받았고, 수박무 분말의 첨가량이 증가할수록 점수가 높았다( $p < 0.05$ ).

저장 기간에 따른 수박무 분말 첨가 떡갈비의 항산화 활성과 저장안정성을 측정 한 결과는 다음과 같다. 항산화 활성으로는 polyphenol 함량, flavonoid 함량, DPPH radical 소거 활성, ABTS radical 소거 활성을 측정하였다. 총 polyphenol 함량은 저장 기간이 경과함에 따라 증가하였으며, flavonoid 함량, DPPH radical 소거 활성, ABTS radical 소거 활성은 저장 7일째에 감소하였다. 저장 기간 동안 수박무 첨가량이 증가할수록 항산화 활성이 증가하는 동일한 양상을 나타냈다( $p < 0.05$ ). 이는 수박무 분말의 첨가가 떡갈비에 항산화제의 기능을 부여한 것으로 사료된다. pH 변화는 제조 당일에는 유의한 차이가 없었으며, 저장 기간이 경과 하면서 pH가 저하되었다( $p < 0.05$ ). 저장 7일 후에는 수박무 분말 첨가량이 증가함에 따라 pH도 증가하여( $p < 0.05$ ) 수박무 분말의 첨가가 pH 변화를 안정화시킴으로써 저장 중 품질변화를 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다. 지질 산패도의 변화는 저장 기간이 경과함에 따라 증가하였지만, 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 낮아졌

다( $p<0.05$ ). 휘발성 염기태 질소 함량은 저장 기간이 경과함에 따라 증가하였지만 ( $p<0.05$ ), 수박무 분말 첨가군은 대조군에 비해 낮은 함량을 보였다. 총 미생물 수는 저장 기간이 길어짐에 따라 전체적으로 증가하였지만( $p<0.05$ ), 대조군에 비해 수박무 분말 첨가군의 총 미생물 수는 낮았으며( $p<0.05$ ), 수박무 분말 첨가량이 증가할수록 총 미생물 수가 감소하여 수박무의 미생물 증식 억제 효과를 확인하였다.

본 연구는 수박무의 영양성분과 품질특성 및 생리 활성을 가식부와 껍질로 구분하여 비교 분석하였다는데 의미가 있고, 수박무 가식부의 우수한 항산화 활성을 확인하였다. 응용연구로 떡갈비에 수박무 가식부 분말을 첨가해 봄으로써 기능성 식품 소재로의 이용 가치를 확인하였고, 이는 건강 기능성 떡갈비로서의 가치가 있을 것으로 사료된다.



## 참 고 문 헌

1. Koo MS, Kim YS, Shin DB, Oh SW, Chun HS. 2007. Shelf-life of prepacked kimbab and sandwiches marketed in convenience stores at refrigerated condition. *J. Food Hyg. Saf* 22:323-331.
2. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2020. Processed foods segment market status report - meat products
3. Jin SK, Kim IS, Hur SJ, Park KH, Lyon HJ, Kim IJ, Hah KH. 2005. Effect of traditional seasoning on quality characteristic of low temperature aging pork. *J Anim Sci Technol* 47:1041-1050.
4. Jung DS, Choi JS, Park SH, Min JH, Choi YI. 2010. Comparison of quality characteristics between Hanwoo added Tteokgalbi and market Tteokgalbi products. *Bulletin Ani Biotechnol* 3:57-63.
5. Lee JH, Kwak EJ, Kim JS, Lee YS. 2007. Quality characteristics of sponge cake added with mesangi (*Capsosiphon Fulvescens*) powder. *Korean J Food Cook Sci* 23:83-89.
6. Lee SJ, Lee MG, Cheo GP, Kim NY, No SG, Heo MY, Kim JD, Lee HY, Lee JH. 2003. Inhibitory effect of Korean mistletoes on the oxidative DNA damage. *KJMCS* 11:89-96.
7. Han DS, Jeon SW, Kim HJ. 2009. Study on the antioxidant and anticancer effects of extract of stamens of nelumbo nucifera and kaempferol. *Kor. J. Herbology*. 24:23-33.
8. Chin KB, Kim WY, Kim KH. 2005. Physicochemical and textural properties and antimicrobial effects of low-fat comminuted sausages manufactured with grapefruit seed extract. *Food Sci. Anim. Resour.* 25:141-148.
9. Aguirrezabal MM, Mateo J, Dominguez MC, Zumalacarregui JM. 2000. The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausage. *Meat Sci* 54:77-81.

10. Kim HS, Chin KB. 2011. Physico-chemical properties and antioxidant activity of pork patties containing various tomato powders of solubility. *Food Sci. Anim. Resour.* 31:436-441.
11. Jeon MR, Choi SH. 2011. Residual nitrite content and storage properties of pork patties added with Gardenia fructus extract. *Food Sci. Anim. Resour.* 31:741-747.
12. Jin SK, Kim IS, Jeong JY, Kang SN, Yang HS. 2010. Quality characteristics of low salt and fat meatball added black garlic (*Allium sativum* L.) during cold storage. *Food Sci. Anim. Resour.* 30:1031-1037.
13. Jung HH. 2010. Quality characteristics of mungbean starch gels added with *Rubus coreanus* Miquel powder. M.S. thesis. Myongji University, Seoul, Korea.
14. Na SP. 2015. The study of steamed breads with dried mulberry (*Morus alba* L.) powder. M.S. thesis. Uiduk University, Gyeongju, Korea.
15. Yoon SB. 2012. Study on the characteristic of white layer cake and steam cake with purple cabbage powder. Ph.D. Thesis. Sejong University, Seoul, Korea.
16. Oh HK, Lim HS. 2010. Quality characteristics of hamburger patties with bamboo (*Sasa borealis*) leaf extract with/without cooked rice. *Food Sci. Anim. Resour.* 30:833-841.
17. Park BS, Kang HK. 2004. Effect of linseed oil and canola oil feeding on the n-3 fatty acid content of Pork. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1537-1543.
18. Connor WE. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am J Clin Nutr* 71:171S-175S.
19. Guillevic M, Kouba M, Mourot J. 2009. Effect of a linseed diet on lipid composition, lipid peroxidation and consumer evaluation of French fresh and cooked pork meats. *Meat Sci* 81:612-618.
20. Shin DK, Kim YJ, Lee MH., Kang TS. 1998. Effects of dietary fatty acids composition on the physicochemical and sensory characteristics of pork. *J Anim Sci Technol* 40:545-556.

21. Webb EC, O'Neill HA. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Sci* 80:28-36.
22. Tichivangana JZ, Morrissey PA. 1985. Metmyoglobin and inorganic metals as pro-oxidants in raw and cooked muscle system. *Meat Sci* 15:107-116.
23. Ho CP, McMillin KW, Huang NY. 1996. Ground beef lipid, color and microsomal stability in gas exchange modified atmosphere packaging. *Proc. IFT Ann Meet U S A*.
24. Frankel EN. 1984. Lipid oxidation: Mechanism, products and biological significance. *J Am Oil Chem Soc* 61:1908-1914.
25. Zanardi E, Ghidini S, Battaglia S, Chizzolini R. 2004. Lipolysis and lipid oxidation in fermented sausage depending on different processing conditions and different antioxidants. *Meat Sci* 66:415-423.
26. Cho IC, Bratzler LJ. 1970. Effect of sodium nitrite on flavor of cured pork. *J Food Sci.* 35:668-670.
27. Andres AI, Ventanas S, Vemtanus J, Cava R, Ruiz J. 2005. Physicochemical changes throughout the ripening of dry cured hams with different salt content and processing conditions. *Eur Food Res Technol* 221:30-35.
28. Ruusunen M, Puolanne E. 2005. Reducing sodium intake from meat products. *Meat Sci* 70:531-541.
29. Branch AL. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *J Am Oil Chem Soc* 52:59-63.
30. Anselme JP. 1979. The organic chemistry of *N*-nitrosamines: a brief review. *ACS Symp Ser Am Chem Soc* 101:1-12.
31. Ibrahim HM, Abou-Arab AA, Abu SFM. 2010. Addition of some natural plant extracts and their effects on lamb patties quality. *J Food Technol* 8:134-142.
32. Farag RS, Badei AZMA, Hewedi FM, El-Baroty GSA. 1989. Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation aqueous media. *J Am Oil Chem Soc* 66:792-798.
33. Liu RH. 2003. Health benefits of fruits and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am J Clin Nutr.* 78:517S-520S.

34. Greenwald P, Clifford CK, Milner JA. 2001. Diet and cancer prevention. *Eur J Cancer* 37:948-965.
35. Liyana-Pathirana CM, Shahidi F, Alasalvar C. 2006. Antioxidant activity of cherry laurel fruit (*Laurocerasus officinalis* Roem.) and its concentrated juice. *Food Chem* 99:121-128.
36. Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphan Elderly Study. *The Lancet* 342:1007-1011.
37. Lai KC, Hsu SC, Kuo CL, Ip SW, Yang JS, Hsu YM, Huang HY, Wu SH, Chung JG. 2010. Phenethyl isothiocyanate inhibited tumor migration and invasion via suppressing multiple signal transduction pathways in human colon cancer HT29 cells. *J Agric Food Chem* 58:11148-11155.
38. Talalay P. 1989. Mechanisms of induction of enzymes that protect against chemical carcinogenesis. *Adv Enzyme Regul* 28:237-250.
39. Zhang Y, Kensler TW, Cho C-G, Posner GH, Talalay P. 1994. Anticarcinogenic activities of sulforaphane and structurally related synthetic norbomylisothiocyanates. *Proc Natl Acad Sci U S A* 91:3147-3150.
40. Smith TK, Mithen R, Johnson IT. 2003. Effect of Brassica vegetable juice on the induction of apoptosis and aberrant crypt foci in rat colonic mucosal crypts *in vivo*. *Carcinogenesis* 24:491-495.
41. Hwang ES, Lee HJ. 2010. Effects of phenylethyl isothiocyanate and its metabolite on cell-cycle arrest and apoptosis in LNCaP human prostate cancer cells. *Int J Food Sci Nutr* 61:324-336.
42. Coogan RC, Willis RBH. 2002. Effect of drying and salting on the flavour compound of Asian white radish. *Food Chem* 77:305-307.
43. Song YJ, Choi WK, Jin HY. 2015. The Current condition and improvement plan of native herbaceous plants in selling online. *J. People Plants Environ.* 18:288-297.
44. Moon HS. 2016. Study of physicochemical properties and antioxidant activity of Purple radish and *Allium fistulosum* L. M.S. thesis. Hoseo University, Asan, Korea.

45. Choi MK. 2003. Analysis of manganese contents in 30 Korean common foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:1408-1413.
46. Jeong MS, Lee GS, Chae HJ. 2004. *In vitro* biological activity assay of ethanol extract of radish. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 67-71.
47. Papi A, Orlandi M, Bartolini G, Barillari J, Iori R, Paolini M, Ferroni F, Fumo MG, Pedulli GF, Valgimigli L. 2008. Cytotoxic and antioxidant activity of 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate from *Raphanus sativus* L. (Kaiware Daikon) sprouts. *J Agric Food Chem* 56:875-883.
48. Dransfield E. 2008. The taste of fat. *Meat Sci* 80: 37-42.
49. Song YB, Choi JS, Lee JE, Noh JS, Kim MJ, Cho EJ, Song YO. 2010. The antioxidant effect of hot water from the dried radish (*Raphanus sativus* L.) with pressurized roasting. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1179-1186.
50. Jeon HN, Kim HJ, Soung YO. 2003. Effect of *Kimchi* solvent fractions on anti-oxidative enzyme activities of heart, kidney and lung of rabbit fed a high cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32:250-255.
51. Wang H, Cao G, Ronald L. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J Agric Food Chem* 45:304-309.
52. Kong JM, Chia LS, Goh NK, Chia TF, Brouillard R. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*. 64:923-933.
53. Tamura S, Tsuji K, Yongzhen P, Ohnishi-Kameyama M, Murakami N. 2010. Six new acylated anthocyanins from red radish (*Raphanus sativus*). *Chem Pharm Bull* 58:1259-1262.
54. Steed LE, Truong VD. 2008. Anthocyanin content, antioxidant activity, and selected physical properties of flowable purple-fleshed sweet potato purees. *J Food Sci* 73:S215-S221.
55. Liang FQ, Green L, Wang C, Alssadi R, Godley BF. 2004. Melatonin protects human retinal pigment epithelial (RPE) cells against oxidative stress. *Exp Eye Res* 78:1069-1075.
56. Lietti, A, Cristoni A, Picci M. 1976. Studies on *Vaccinium myrtillus* anthocyanosides. I. Vasoprotective and antiinflammatory activity. *Arzneimittelforschung* 26:829-832.

57. Lee HJ. 2013. Antioxidant activity and properties characteristics of pound cakes prepared by using frozen blueberry powder & anthocyanin extracted from black beans. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:772-782.
58. Choi JM. 2012. A Study on the antioxidative activity and development of processed food of anthocyanin from purple sweet potatoes. Ph.D. Thesis. International University of Korea, Jinju, Korea.
59. Jung HN. 2015. Antioxidant and antiinflammatory of *Rubus* Fruits. Ph.D. Thesis. Seoul University, Seoul, Korea.
60. Kang EJ. 2014. Study of optimal extraction and isolation processing conditions of anthocyanin in *Bokbunja* and its byproducts. M.S. Thesis. Dankook University, Cheonan, Korea.
61. Ahn MJ, Koh RK, Kim GO, Shin TY. 2013. Aqueous extract of purple Bordeaux radish, *Raphanus sativus* L. ameliorates ethanol-induced gastric injury in rats. *Orient Pharm Exp Med* 13:247-252.
62. Goyeneche R, Roura S, Ponce A, Vega-Galvez A, Quispe-Fuentes I, Uribe E, Di Scala K. 2015. Chemical characterization and antioxidant capacity of red radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and roots. *J Funct Foods* 16:256-264.
63. Kim DH, Kim SJ, Jeong SL, Cheon CJ, Kim SY. 2014. Antiadipogenic effects of red radish (*Raphanus sativus* L.) sprout extract in 3T3-L1 preadipocytes. *J. Life Sci.* 24:1224-1230.
64. Kim SI, Park YJ. 2012. The actual condition investigation and improvement plan on plating Tteokgalbi of the Dam-Yang. *J East Asian Soc Diet Life* 22:323-333.
65. Lee JJ, Jung HO, Lee MY. 2011. Development of *dduk-galbi* added with ripened korean cabbage kimchi. *Food Sci. Anim. Resour.* 31:304-310.
66. Han MO. 2010. Physicochemical properties of marinated ground pork added with bamboo shoots and changes of their product qualities during refrigerated storage. M.S. thesis. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
67. Heo C, Kim HW, Choi YS, Kim CJ, Paik HD. 2008. Application of predictive microbiology for shelf-life estimation of Tteokgalbi containing dietary fiber

- from rice bran. *Food Sci. Anim. Resour.* 28:232-239.
68. Kim JJ. 2006. A study on "Songjeong folk Tteokgalbi" on the co-brand identity of Gwangsan-gu. *SOKI.* 9:111-121.
  69. Jang HH, Kim YS, Kim MH. 2021. Quality characteristics of korean beef tteokgalbi using papaya as a fruit substitute. *Culi Sci & Hos Res* 27:109-120.
  70. Kim HY, Kim GW, Jeng HG. 2016. Development of *tteokgalbi* added with red pepper seed powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:255-260
  71. Park EM. 2019. Physiological activities of red Chinese cabbage and its applications to cookie and Teokgalbi. Ph.D. Thesis. Chosun University, Gwangju, Korea.
  72. Lee JS. 2013. Quality characteristes and antioxidant effect of Teokgalbi added with sansa(*Crataegi Fructus*) powder. M.S. thesis. Hankyong National University, Anseong, Korea.
  73. Jung HO, Lee JJ. 2016. Quality and storage characteristics of pork teokgalbi with added rosemary (*Rosmarinus Officinalis*) extract powder. *Korean J Community Living Sci* 27:509-520
  74. Jeong HG, Kim HY. 2016. Development of *tteokgalbi* added with pig skin gelatine powder. *J Korea Soc Food Sci Nutr* 45:1147-1152
  75. AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA, 788.
  76. Gancedo MC, Luh BS. 1986. HPLC analysis of organic acid and sugars in tomato juice. *J Food Sci* 51:571-573.
  77. Waters Associates. 1990. Analysis of amino acid in waters. PICO. TAG system. Young-in Scientific Co., Seoul, Korea, 41-46.
  78. Van Wijngaarden D. 1967. Modified rapid preparation fatty acid esters from liquid for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 39:848-849.
  79. Kim DH, Lim DW, Bai S, Chun SB. 1997. Fermentation characteristics of whole soybean meju model system inoculated with 4 *Bacillus* strains. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29:1006-1015.
  80. Rizzolo A, Formi E, Polesello A. 1984. HPLC assay of ascorbic acid in fresh

- and processed fruit and vegetables. *Food Chem* 14:189-199.
81. Korea Food and Drug Association. 2005. Food standards codex. Korean Foods Industry Association. Seoul, Korea, 367-385.
  82. AOAC. 1984. Official methods of analysis. 14th ed. *J Assoc Off Anal Chem*, Washington, DC, USA, 878.
  83. Lee KI, Kim SM. 2009. Antioxidative and antimicrobial activities of eriobotrya japonica Lindl. leaf extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:267-273.
  84. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biochem* 12:239-243.
  85. Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH. 2002. Standard food analysis. Jigu-Moonwhasa. 381-382.
  86. Jang KI, Lee JH, Kim KY, Jeong HS, Lee HB. 2006. Quality of stored grape (*Vitis labruscana*) treated with ethylene-absorbent and activated charcoal. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:1237-1244.
  87. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 29:1199-1200.
  88. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237.
  89. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76.
  90. Laakkonen E, Wellington GH, Skerbon JW. 1970. Low-temperature, long-time heating of bovine muscle 1. changes in tenderness, water-binding capacity, pH and amount of water-soluble components. *J Food Sci* 35:175-177.
  91. Witte VC, Krause GF, Bailey ME. 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J Food Sci* 35:582-585.
  92. 高坂知久. 1975. 肉製品の鮮度保持と測定. 食品工業. 18:105-111.
  93. Splittstoesser DF, Vanderzant C. 1992. Compendium of methods for the



- microbiological examination of foods. *APHA*
94. Kato H, Rhue MR, Nishimura T. 1989. Role of free amino acids and peptides in food taste. *ACS Symp Ser Am Chem Soc* 13:158-174.
  95. Matsushita A, Yamada A. 1957. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 31:578.
  96. Choi YH, Han JS. 2000. A survey on perilla leaves uses. *J East Asian Soc Diet Life* 10:445-454.
  97. Cha SS. 2013. Physiological activities of Kohlrabi and their applications to cookie and ground Hamburger patty. Ph.D. Thesis. Chosun University, Gwangju, Korea
  98. Rose RC, Bode AM. 1993. Biology of free radical scavengers: an evaluation of ascorbate. *FASEB J* 7:1135-1142.
  99. Jennifer H. 1998. Everything you need to know vitamin C. *Peoples Medical Society*.
  100. Hallfrish J, Singh VN, Muller DC, Baldwin H, Bannin ME, Andres R. 1994. High plasma vitamin C associated with high plasma HDL-and HDL<sub>2</sub> cholesterol. *Am J Clin Nutr* 60:100-105.
  101. Jialal I, Grundy SM. 1992. Influence of antioxidant vitamins on LDL oxidation. *Ann N Y Acad Sci* 669:237-248.
  102. Hancock AB. 1988. Vitamin C and cancer. *Prog Clin Biol Res* 259:307-313.
  103. Im HS, Moon SW. 2017. *Food science, Hyoil*. Seoul, Korea
  104. Bae YK, Cho MS. 2008. Analysis of hair tissue mineral contents according to body mass index. *Korean. J. Food Nutr.* 21:256-262.
  105. Joo SY, Park JD, Choi YS, Sung JM. 2017. Quality characteristics and antioxidant activity of red radish (bordeaux and watermelon radish) tea with use of different processing methods. *Korean J. Food Nutr.* 30:908-915.
  106. Lee S. 2015. Quality characteristics of Aronia(*Aronia melanocarpa*(Michx.) Ell) by different drying method, and optimization of extraction conditions of bioactive substance. M.S. Thesis. Kyungpook National University, Daegu, Korea.
  107. Lee S, Moon HK, Lee SW, Moon JM, Kim JK. 2014. Effects of drying me-

- thods on quality characteristics and antioxidative effects of Omija (*Schizandra chinensis* bailon). *Korean J Food Preserv* 21:341-349.
108. Kim MJ, Hong CO, Nam MH, Lee KW. 2011. Antioxidant effects and physiological activities of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) extract from different aerial parts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43:195-199
  109. Hah DS, Kim CH, Kim GS, Kim EG, Kim JS. 2005. Antioxidative effects of traditional medicinal plants on lipid peroxidation. *Korean J Vet Res* 45: 341-350.
  110. Vallverdu-Queralt A, Jauregui O, Medina-Rejon A, Andres-Lacueva C, Lamuela-Raventos RM. 2010. Improved characterization of tomato polyphenols using liquid chromatography/electrospray ionization linear ion trap quadrupole Orbitrap mass spectrometry and liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Rapid Commun Mass Spectrom* 24: 2986-2992.
  111. Choi SY, Cho HS, Sung NJ. 2006. The antioxidative and nitrite scavenging ability of solvent extracts from wild grape (*Vitis coignetiea*) skin. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 35:961-966.
  112. Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, Lee IS. 2005. Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in Ullung island. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37:233-240.
  113. Hollman PCH, Bijlsman MNCP, Vangameren Y, Cnossen EPJ, Devries JHM, Katan MB. 1999. The sugar moiety is a major determinant of the absorption of dietary flavonoid glycosides in man. *Free Radic Res* 31:569-573.
  114. Jung HG. 1999. Comparison of antioxidant activities of some flavonoids. M.S. Thesis. Chonam National University, Gwangju, Korea.
  115. Cha JY, Cho YS. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* 44:122-128
  116. Lee JM, Son ES, Oh SS, Han DS. 2001. Contents of total flavonoid and biological activities of edible plants. *Korean J. dietary culture* 16:504-514.
  117. Francis FJ. 1989. Food colorants: anthocyanins. *Crit Rev Food Sci Nutr*

- 28:273-314.
118. Park SH, Arasu MV, Jiang N, Choi SH, Lim YP, Park JT, Kim SJ. 2014. Metabolite profiling of phenolics, anthocyanins and flavonols in cabbage (*Brassica oleracea var. capitata*). *Ind Crops Prod* 60:8-14.
  119. Park SS. 2011. Antioxidative activity and quality characteristics of *Sulgidduk* added ramie leaf powder. M.S. Thesis. Sookmyung Women's University, Seoul, Korea.
  120. Cha JY. 2009. Functional components and biological activities of marketing black garlic. M.S. Thesis. Gyeongsang National University, Jinju, Korea.
  121. Halliwell B, Gutteridge JM. 1990. Role of free radical and catalytic metalions in human disease: an overview. *Methods Enzymol.* 186:1-85.
  122. Lee KD, Chang HK, Kim HK. 1997. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29:432-436.
  123. Vandenberg R, Haenen GRMM, Vandenberg H, Bast A. 1999. Applicability of an improved Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem* 66:511-517.
  124. Kim MH, Han YS. 2018. Anti-oxidative and anti-diabetic effects of butanol fraction from Yangha (*Zingiber mioga* ROSC). *Korean J Food Cook Sci* 34:105-112.
  125. Teow CC, Truong VD, McFeeters RF, Thompson RL, Pecota KV, Yencho GC. 2007. Antioxidant activities, phenolic and  $\beta$ -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem* 103:829-838.
  126. Park JS. 2010. Biological activities and anthocyanin pigment characteristics of sweet potato cultivars. Ph.D. Thesis. Chonbuk University, Jeonju, Korea.
  127. Funasaka Y, Chakraborty AK, Komoto M, Ohashi A. and Ichihashi M. 1999. The depigmenting effect of  $\alpha$ -tocopherol ferulate on human melanoma cells. *Br J Dermatol* 141:20-29.
  128. Ronald LP, Guohua C. 1999. *In vivo* total antioxidant capacity: comparison of different analytical methods. *Free Radic Biol Med* 27:1173-1181.
  129. Duh PD, Du PC, Yen GC. 1999. Action of methanolic extract of mung bean

- hulls as inhibitors of lipid peroxidation and non-lipid oxidative damage. *Food Chem Toxicol* 37:1055 - 1061.
130. Han JH, Moon HK, Kim JK, Kim JY, Kang WW. 2003. Changes in chemical composition of radish bud (*Raphanus sativus* L.) during growth stage. *Korean J Food Cook Sci.* 19:596-602.
  131. Kuszczewicz B, Bartoszek A, Wolska L, Drzewiecki J, Gorinstein S, Namiesnik J. 2008. Partial characterization of white cabbages (*Brassica oleracea* var. *capitata* f. *alba*) from different regions by glucosinolates, bioactive compounds, total antioxidant activities and proteins. *LWT-Food Sci Technol* 41:1-9.
  132. Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Kim HW, Jeong JY, Paik HD, Kim CJ. 2008. Effect of adding levels of rice bran fiber on the quality characteristics of ground pork meat product. *Food Sci. Anim. Resour.* 28:319-326.
  133. Kim HY, Kim KJ, Lee JW, Kim GW, Choe JH, Kim HW, Yoon Y, Kim CJ. 2015. Quality evaluation of chicken nugget formulated with various contents of chicken skin and wheat fiber mixture. *Food Sci. Anim. Resour.* 35:19-26.
  134. Hensley JL, Hand LW. 1995. Formulation and cooking temperature effects on beef frankfurters. *J Food Sci* 6:55-57.
  135. Huttunen MM, Pietila PE, Viljakainen HT, Lamberg-Allardt CJE. 2006. Prolonged increase in dietary phosphate intake alters bone mineralization in adult male rats. *J Nutr Biochem* 17:479-484.
  136. Ruusunen M, Vainionpaa J, Puolanne E, Lyly M, Lahteenmaki L, Niemisto M, Ahvenainen R. 2003. Physical and sensory properties of low-salt phosphate-free frankfurters composed with various ingredients. *Meat Sci* 63:9-16.
  137. Choi YS, Jeong JY, Choi JH, Lee MA, Lee ES, Kim HY, Han DJ, Kim JM, Kim CJ. 2006. Effects of immersion period after tumbling processing on the quality properties of boiled pork loin with soy sauce. *Korean J Food Cook Sci* 22:379-385.

138. Flores M, Moya VJ, Aristory MC, Todra F. 2000. Nitrogen compounds as potential biochemical markers of pork meat quality. *Food Chem* 69:371-377.
139. Winger RJ, Fennema O. 1976. Tenderness and water holding properties of beef muscle as influenced by freezing and subsequent storage at -3 or 15 °C. *J Food Sci* 41:1433-1438.
140. Jeon MR, Choi SH. 2012. Quality characteristics of pork patties added with seaweed powder. *Food Sci. Anim. Resour.* 32:77-83.
141. Kim CS, Kim HY. 2017. Physiochemical properties of emulsion-type sausage added red yeast rice powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49:396-400.
142. Hwang JK, Hong SI, Kim CT, Choi MJ, Kim YJ. 1998. Quality changes of meat patties by the addition of sea mustard paste. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27:477-481.
143. Song HI, Moon GI, Moon YH, Jung IC. 2000. Quality and storage stability of hamburger during low temperature storage. *Food Sci. Anim. Resour.* 20: 72-78.
144. Park KS, Choi YS, Kim HW, Song DH, Lee SY, Choi JH, Kim CJ. 2012. Effects of wheat fiber with breading on quality characteristics of pork loin cutlet. *Food Sci. Anim. Resour.* 32:504-511.
145. Young LL, Garcia JM, Lillard HS, Lyon CE, Papa CM. 1991. Fat content effects on yield, quality, and microbiological characteristics of chicken patties. *J Food Sci* 56:1527-1528.
146. Jeon KH, Kwon KH, Kim EM, Kim YB, Sohn DI, Choi JY, 2013. Effect of cooking methods with various heating apparatus on the quality characteristics of beef. *Culi Sci & Hos Res* 5:196-205
147. Hamm R. 1975. Muskelfarbstoff und fleischfarbe. *Fleisch wirtsch*, 55:1415-1418
148. Trout GR. 1989. Variation in myoglobin denaturation and color of cooked beef, pork, and turkey meat as influenced by pH, sodium tripolyphosphate, and cooking temperature. *J Food Sci* 54:536-540
149. Yu MY. 2020. Antioxidant activities and quality characteristics of pork

- patties added with *Orostachys japonicus* powder. M.S. thesis. Sookmyung Women's University, Seoul, Korea.
150. Kim CS, Kim HY. 2017. Physicochemical properties of emulsion-type sausage added red yeast rice powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49:396-400.
  151. Byrne DV, O'Sullivan MG, Bredie WL, Andersen HJ, Martens M. 2003. Descriptive sensory profiling and physical/chemical analyses of warmed-over flavour in pork patties from carriers and non-carriers of the RN-allele. *Meat Sci* 63:211-224.
  152. Cambero MI, Seuss I, Honikel KO. 1992. Flavor compounds of beef broth as affected by cooking temperature. *J Food Sci* 57:1285-1290.
  153. Lunt DK, Smith SB. 1991. Wagyu beef holds profit potential for US feedlots. *Feedstuffs*. 19:18-26.
  154. Kim YJ. 2011. Effects of addition of pine needle extracts in different forms on the antioxidant and residual nitrite contents of emulsified sausages during cold storage. *Food Sci. Anim. Resour.* 31:74-80.
  155. Park GB, Kim YJ, Lee HG, Kim JS, Kim YH. 1988. Changes in freshness of meats during postmortem storage, 1; changes in freshness of pork. *J Anim Sci Technol* 30:561-566.
  156. Food Code. 2002. Meat product. *Korea Food & Drug Administration.* 220.
  157. Kim HJ, Jun BS, Kim SK, Cha JY, Cho YS. 2000. Polyphenolic compound content and antioxidative activities by extracts from seed, sprout and flower of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr* 29:1127-1132.
  158. Kim YM. 2019. Antioxidant activities and quality characteristics of ganache containing *Chopi* (*Zanthoxylum piperitum* DC.) Leaves. M.S. Thesis. Sookmyung Women's University, Seoul, Korea.
  159. Choe JH, Jang AR, Lee BD, Liu XD, Song HP, Jo CU. 2008. Antioxidant and antimicrobial effects of medicinal herb extract mix in pork patties during cold storage. *Food Sci. Anim. Resour.* 28:122-129.
  160. Lee SH, Kang KM, Park HJ, Baek LM. 2009. Physiological characteristics

- of medicinal plant extracts for use as functional materials in seasoning sauce for pork meat. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41:100-105.
161. Labuza, TP, Dugan Jr LR. 1971. Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 2:355-405.
  162. Lee CH, Shin SL, Kim NR, Hwang JK. 2011. Comparison of antioxidant effects of different Korean pear species. *Korean J. Plant Res.* 24:253-259.
  163. Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27:978-984.
  164. Lee JW, Choi GW. 2016. Physicochemical properties of pork patties with tangerine (*Citrus unshiu*) during refrigeration storage. *J East Asian Soc Diet Life* 26:250-259.
  165. Choi CS, Kim KI, Hong HD, Choi SY, Lee YC, Kim KT, Rho JH, Kim SS, Kim YC. 2006. Phenolic acid composition and antioxidative activity of white ginseng (*Panax ginseng*, C. A. Meyer). *J. Ginseng Res.* 30:22-30.
  166. Miller MF, Davis GW, Seideman SC, Ramsey CB. 1986. Effects of chloride salts on appearance, palatability, and storage traits of flaked and formed beef bullock restructured steaks. *J Food Sci.* 51:1424-1426.
  167. Woo MJ, Lee KT, Kim CJ. 1995. Quality characteristics of emulsion-type sausage manufactured with cottonseed oil. *Food Sci. Anim. Resour.* 15:187-191
  168. Shin TS, Moon JD, Kim YK, Kim YK, Park TS, Lee JI, Park GB. 1998. Effects of natural antioxidants on lipid oxidation of ground pork. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30:794-802
  169. Brewer MS, Ikins WIG, Harbers CAA. 1992. TBA values, sensory characteristics and volatiles in ground pork during long-term frozen storage: effects of packaging. *J Food Sci.* 57:558-563
  170. Kim SM, Cho YS, Sung SK, Lee IG, Lee SH, Kim DG. 2002. Developments of functional sausage using plant extracts from pine needle and green tea. *Food Sci. Anim. Resour.* 22:20-29.
  171. Park JG, Her JH, Li SY, Cho SH, Youn SK, Choi JS, Park SM, Ahn DH.

2005. Study on the improvement of storage property and quality in the traditional seasoning beef containing medicinal herb extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:113-119.
172. 高坂知久. 1975. 肉製品の鮮度保持と測定. 食品工業. 18:105-111.
173. Food Code. 2002. Meat product. *KFDA*. 220.
174. Kim HY, Jeong JY, Choi JH, Lee MA, Lee JH, Chang KH, Choi SY, Paik HD, Kim CJ. 2006. Effects of ethanol extracts of *Bacillus polyfermenticus* SCD on tteokgalbi quality during storage. *Food Sci. Anim. Resour.* 26:478-485.
175. Kang SN, Jang A, Lee SO, Min JS, Lee M. 2002. Effect of organic acid on value of VBN, TBARS, color and sensory property of pork meat. *J Anim Sci Technol* 44:443-452.
176. MAFRA. 1975. Livestock products processing treatment act no. 2738.
177. Min DR, Park SY, Chin KB. 2010. Evaluation of antioxidative and antimicrobial activities of garlic stem and red cabbage, and their application to pork patties during refrigerated storage. *Food Sci. Anim. Resour.* 30:291-297.



## 감사의 글

길면 길었고 짧으면 짧았던 대학원 생활을 마무리하며 졸업을 앞두고 지난 시간을 되돌아볼 수 있었습니다. 대학원 생활은 부족함이 많은 제가 많은 것을 배우며 발전해나갈 수 있었던 시간이었습니다.

먼저 연구에 대한 아낌없는 지도와 격려를 해주신 이재준 교수님께 감사의 뜻을 전합니다. 실수가 있어도 넓은 마음으로 받아주시고 연구자로서의 길을 가르쳐주신 덕분에 포기하지 않고 논문을 작성할 수 있었습니다. 항상 따뜻한 배려와 조언으로 이끌어주신 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 바쁘신 와중에 저의 논문 심사를 해주시고, 성심성의껏 조언을 해주신 김복희 교수님, 이주민 교수님께 진심으로 감사드립니다. 또한 학부 시절부터 대학원 과정까지 넓은 지식을 가르쳐주신 김경수 교수님, 장해춘 교수님, 따뜻한 격려와 아낌없는 응원을 해주신 최지영 교수님께도 감사드립니다. 석사 졸업 논문이 나오기까지 많은 도움을 주신 충북대학교 최정석 교수님, 단국대학교 하정현 교수님께도 감사의 마음을 전합니다.

지난 대학원 생활 동안 고마운 마음을 전하고 싶은 사람들이 정말 많습니다. 뒤에서 항상 제 걱정을 해주신 차선숙 박사님, 티격태격했지만 부족함이 많은 저를 이끌어준 시훈 오빠, 대학원 졸업 후에도 따뜻한 마음으로 도움을 건네준 현아 언니, 부탁하는 일이 있어도 거절 없이 절 챙겨주었던 지영 언니, 진심 어린 격려와 조언을 해준 수진 언니에게도 감사의 인사를 전하고 싶습니다. 졸업을 앞두고 있는 항상 고마운 동기들 민경이, 서현이, 각자의 전공 분야에서 힘이 되어준 하연이, 대학원 시작부터 논문을 작성하기까지 곁에서 위로가 되어준 소중한 은원이, 서로 의지하면서 힘들 때면 늘 힘이 되어준 혜인이, 선경이에게도 고마움을 전합니다. 소중한 사람들 덕분에 대학원 생활을 무사히 마칠 수 있었습니다.

또한 무슨 일이 있으면 자기 일처럼 생각해 주는 소희, 곁에서 힘이 되어준 아현이, 날 항상 믿고 응원해 주는 대학시절을 함께한 산하, 다빈이, 민경이, 자주 못 만나도 내 생각 해주는 아끼는 동생들 유정이, 아영이, 혜은이, 항상 내 편이 되어주는 중균이, 어른스럽고 배울 점 많은 상민 오빠, 많은 도움을 준 고마운 규태, 연락 자주 못해도 날 아껴주는 지아, 다현이 모두 항상 고맙고 사랑합니다.

일일이 언급하지는 못했지만 저를 아낌없이 사랑해 주시고 응원해 주신 모든 분들, 항상 진심 어린 마음으로 응원해 주고 힘이 되어준 소중한 친구들, 언제나 저의 선택을 믿어주시고 지원해 주신 제 버팀목인 사랑하는 아버지, 어머니, 오빠에게 고마운 마음을 전하며 이 논문을 바칩니다. 항상 최선을 다해 부단히 노력하고, 계속해서 성장하고 발전하는 사람이 되도록 하겠습니다. 감사합니다.

2021년 5월

김예솔