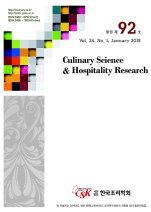
Culinary Science & Hospitality Research 24(1), 73-81; 2018

Information available at the Culinary Society of Korea (http://www.culinary.re.kr/)

Culinary Science & Hospitality Research

Journal & Article Management System: https://cshr.jams.or.kr/



http://dx.doi.org/10.20878/cshr.2018.24.1.008

가공 방법을 달리한 무차의 이화학적 품질 특성과 항산화 활성

김민지[1] · 박종대[2] · 성정민[2†]

[1](주)바이오프로후즈, [2]한국식품연구원

Physicochemical Properties and Antioxidative Activities of White Radish Tea by Different Preparation Methods

Min-Ji Kim[1], Jong-Dae Park[2] & Jung-Min Sung[2†]

[1]*Bioprofoods Co.,Ltd.*
[2]*Korea Food Research Institute*

KEYWORDS

Radish,
Processing method,
Tea,
Physicochemical properties,
Antioxidant activities.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate their physicochemical properties and antioxidant activities of white radish teas such as pH, color value, total polyphenol contents, total flavonoids, DPPH radical scavenging activity, reducing power and sensory evaluation. They were processed by drying(AD), drying and roasting(ADR), steaming and drying(SAD), and steaming, drying, and roasting(SADR). As a result, the pH of ADR, and SADR tended to be significantly lowered and SADR was the lowest at 5.48± 0.14(p<0.001). Additionally, ADR and SADR were significantly different in color and browning value, compared to AD and SAD. There was no significant difference in reducing sugar content depending on processing methods. The total polyphenol content and total flavonoid content of the teas were significantly increase after roasting. DPPH radical scavenging activity was significantly higher in ADR and SDAR than in AD or SAD by 1.1～1.5 times(p<0.05). Compared with ADR and SADR after roasting, the sensory characteristics of AD and SAD were significantly lower than those of roasted ADAD and SAD, respectively. From the above results, it was concluded that the roasting process is a major process that affects the physicochemical quality characteristics and antioxidant activities.

1. 서 론

무(*Raphanus sativus* L.)는 겨자과 또는 십자화과에 속하는 쌍떡잎식물로 우리나라에서는 배추 다음으로 많이 소비되는 채소이다(Kim, 1999). 무는 고대 이집트나 춘추시대 이전의 시경 등의 고서의 기록에서도 알 수 있듯이 식용 역사가 매우 오래되었고, 우리나라에서는 불교 전래와 함께 삼국시대에 재배되기 시작하여 현재에 이르고 있다.

무의 일반성분은 수분 93%, 조단백질이 1% 정도이나 대부분이 비단백질태이며, 당질은 주로 glucose로서 3% 정도 함유되어 있으며, 특히 비타민 C 함량이 높은 편이다. 무의 조직에는 섬유소, 펙틴질, 각종 무기질, diastase와 같은 amylase 소화효소 등이 함유되어 있으며, methyl mercaptane이나 mustard oil과 같은 특유한 방향 성분을 가지고 있어 소화를

* 본 연구는 농림축산식품부 고부가가치 식품기술개발 사업(314067-3)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.
† Corresponding author: 성정민, jmsung@kfri.re.kr, 전북 완주군 이서면 농생명로 245, 한국식품연구원

촉진시키고, 식욕을 돋우어 주는 건강식품 재료로서 가치가 높다고 할 수 있다(Park, Kim, & Jang, 2009). 무의 매운맛은 4-methylthio-3-trans-butenyl isothiocyanate (MTBITC)로 이는 myrosinase라는 효소에 의해 4-methylthio-3-trans-butenyl glucosinolate의 가수분해로 생성이 되는 것으로 알려져 왔다(Coogan & Wills, 2002). 민간요법과 고전문헌을 보면 내복근이라고 하여 소화촉진과 어패류 또는 면류의 중독 해소에 효과가 있고, 그 종자를 내복자라 하여 기담, 혈담, 천식 및 늑간 신경통 등에 쓰인다고 한다(Jung, 1998). 무의 성분 중 diastase는 과식, 소화불량, 숙취, 식중독 등에 효능이 있으며, rapine은 세균, 진균, 기생충 번식 억제 효능 등 항균 작용을 한다. 이 외에도 이뇨작용, 정장작용, 진해 · 거담작용, 해열, 소염작용, 혈당 저하, 니코틴 제거 작용, 담석증 치료 및 지혈작용 등과 같은 생리활성이 있는 것으로 알려져 있다(Jung, Lee, & Chae, 2004).

현재 우리나라에서 무는 대부분 깍두기, 동치미, 나박김치와 같은 김치류, 김치 속재료, 생채 등의 반찬류로 대부분 가공되고 있으며, 이와 관련되어 Lee와 Lee(1993)는 염장과정 중 무의 조직감 변화와 관련하여 저장, 가공시 식물조직의 연화요인을 연구하였다. 또한 무의 이화학적 특성, 깍두기와 동치미 등의 김치 발효에 대한 보고 등이 활발히 연구중이며(Cho, 2010; Lee, 2006; Ryu, Chung, & Kim, 2000), 특히 제주시에서는 2014년부터 제주의 무 자원을 활용한 기술개발, 제품화, 판로개척 등을 통해 제주무의 소비촉진과 지역 경제 활성화를 기여하기 위한 브랜드 경쟁력 강화사업을 추진하여 다양한 제주 무 품종을 활용한 식음료, 화장품 등 기호상품 개발을 진행 중이다. 그러나, 가공식품 소재로써는 무 잼(Park et al., 2009), 주스(Kim & Kim, 1999)에 적용 가능성을 검토한 연구 등 무의 가공 활용 증진을 위한 다양한 분야의 가공식품 소재로서의 연구는 미비한 실정이다.

한편, 차는 식품유형에 따라 침출차, 액상차, 고형차로 분류할 수 있으며, 침출차는 식품의 어린 싹이나 잎, 꽃, 줄기, 뿌리, 열매 또는 곡류 등을 원료로 하여 가공한 것으로 물에 침출하여 여액을 음용하는 기호성 식품을 의미한다(Park, 2016). 우리나라 현재의 차문화는 조선시대의 영향으로 이어져 오고 있으며, 조선왕조실록에도 인삼, 황기, 복령, 귤피, 계피, 생강 등을 이용하여 차로 마셨다는 기록이 남아 있다(Lee & Jung, 2013).

이에 본 연구에서는 우리 식문화에서 다양하고 광범위하게 이용되고 있는 무를 이용한 기능성 식품소재 및 가공제품에 대한 탐색 연구의 일환으로 다양한 가공 공정을 적용하여 증숙, 건조, 볶음 처리에 따른 무차를 제조하여 pH, 색도, 환원당, 총폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 자유라디칼 소거활성, 환원력, 관능검사를 실시하여 무 가공 활성화를 위한 식품소재로서의 가능성을 탐색하여 항산화 활성이 우수한 가공방법을 찾고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료 제조

무는 2015년 5월 분당 하나로 마트에서 개당 중량 2 kg 내외의 가을에 수확한 제주산 무를 구매하여 사용하였고, 일반성분은 수분함량 94.8%, 조단백질 0.8%, 조지방 0.1%, 조회분 0.5%이었다.

무차 시료 제조를 위하여 구매한 무는 2 cm 두께로 절단하여 4등분으로 나누어 겹치지 않게 나열하여 건조하였다. 무차 시료는 가공 조건에 따라 열풍건조 시료(AD), 건조 후 볶음처리 시료(ADR), 증숙 후 건조 시료(SAD), 증숙 후 건조하여 볶음처리 시료(SADR)의 4가지 방법으로 제조하였다. AD는 2×2×5 cm 로 자른 무 3 kg을 50℃ 열풍건조기(OF-22 GW, Jeiotec., Korea)에서 15시간 건조하였다. ADR은 AD 조건으로 건조한 후 250℃ 로스팅기(JIS-E10, Jeil Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 4분간 볶음처리를 하였다. SAD는 가정용 스팀솥을 이용하여 김이 오른 후 10분간 증숙하고 AD 조건으로 건조하였다. SADR은 SAD 시료를 250℃ 로스팅기(JIS-E10, Jeil Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 4분간 볶아서 제조하였다. 건조가 완료된 무는 가정용 분쇄기(SFM-555SP, 신일전기, 한국)에 2분간 분쇄하고, 60 mesh체를 통과시킨 통과분을 무차시료로 사용하였다. 4종류의 시료는 제조 완료 즉시 실온에서 냉각한 후 polyethylene bag에 밀봉 포장하여 4℃에서 냉장 보관하면서 분석에 사용하였다. 완성된 시료 2 g을 가정용 커피필터에 넣고 80℃ 생수(삼다수, 농심) 50 mL에 10분간 우려내어 이화학적 생리활성 분석 시료로써 사용하였다.

2.2. 무차의 이화학적 품질 특성

2.2.1. pH

pH는 무를 건조하여 제조한 무차액 시료 10 mL를 pH meter(Toledo Gmbh HG53, Greifensee, Switzerland)로 측정하였다.

2.2.2. 색도

색도는 색차계(Chromameter CR-200, Minolta, Tokyo, Japan)로 측정하였으며, 밝기를 나타내는 L(lightness), 적색도를 나타내는 a(redness), 황색도를 나타내는 b(yellowness)를 측정하였고 백색판의 보정값은 Y=93.6, X=0.3131, y=0.3192였다. 갈변정도는 아래의 식을 이용하여 Brown Index로 나타내었다(Bal, Kar, Satya, & Naik, 2011).

$$BI=\frac{100(x-0.31)}{0.17} \qquad x=\frac{a+1.75L}{5.645L+a-3.012b}$$

2.2.3. 환원당 함량

환원당 함량은 0.5 mg의 무 분말을 20 mL 증류수를 넣고 추출한 후 적정량 희석하여 DNS(dinitrosalicylic acid)에 의한 비색법으로 측정하였다. 희석액 0.1 mL DNS 시약 1 mL를 가하여 잘 교반한 후 끓는 물에서 5분간 반응시키고, 냉각시킨 후 증류수 10 mL를 가하여 발색된 용액을 분광광도계(V-550 Jasco, Japan)을 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 이 측정치를 glucose로 환산하여 표시하였다.

2.3. 무차의 항산화활성 특성

2.3.1. 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 알칼리 조건에서 Folin Ciocalteu 시약이 폴리페놀성 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색을 나타내는 방법을 이용하였다(Kim, 2009). 0.2 mL의 추출물에 0.5 mL의 1 M Folin Ciocalteu를 가한 뒤 상온에서 3분간 방치하였다. 10% Na_2CO_3 1.0 mL를 가한 후 암소에서 한 시간 방치한 뒤 710 nm에서 흡광도(Elisa reader, Biotex unstrument powerwave XS, Pascalbio, Gyeonggido, Korea)를 측정하였다. 표준물질로는 0~0.1 mg/mL의 gallic acid를 사용하였으며, 총 폴리페놀 함량은 시료 1 g당 mg gallic acid로 나타내었다.

2.3.2. 플라보노이드 함량

플라보노이드 함량은 Jung 등(2004)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료액 5 mL에 5% $NaNO_2$ 100 μL를 첨가하여 상온에서 5분간 반응시킨 후에 10% $AlCl_3$ 200 μL를 첨가하였다. 이 용액에 1 M NaOH 1 mL를 첨가한 후에 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며, catechin을 표준물질로 사용하여 작성한 검량곡선으로 함량을 계산한 후에 추출물의 총 페놀성 화합물 함량을 추출물 mg당 μg catechin으로 나타내었다.

2.3.3. DPPH 자유라디칼 소거활성

DPPH radical 소거능은 수소 공여능을 측정하는 방법으로 비교적 간단하고 짧은 시간 내 항산화 활성을 평가할 수 있기 때문에 널리 이용되는 방법 중 하나이며, Park, Kim과 Yook(2014), Park(2014)의 방법을 변형하여 분석하였다. 0.4 mM DPPH 용액 0.8 mL와 시료를 각각 0.2 mL 첨가하여 진탕하고 암실에서 10분 동안 방치하였다. 그 후, spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 이때 소거효과의 비교를 위한 대조군으로 ascorbic acid (ASA)를 사용하였다. 시료의 DPPH radical 소거능은 다음 식에 의해 나타내었다.

$$\text{DPPH radical inhibition(\%)} = \frac{[\text{Control Abs} - \text{Sample Abs}]}{\text{Control Abs}} \times 100$$

2.3.4. 환원력 측정

환원력은 OZaizu의 방법을 변형하여 측정하였으며, 항산화물질에 대한 철 이온의 환원력을 측정하였다. 즉, 무차 시료 0.1 mL에 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6) 0.25 mL와 1%(w/v) potassiumm ferricyanide 용액 0.25 mL를 가한 후 50℃에서 30분간 반응시켰다. 다음에 10%(w/v) trichloroacetic acid(TCA) 용액 0.25 mL를 가한 후 1,650 × g에서 10분간 원심분리하여 하였으며, 증류수 0.3 mL와 0.1% $FeCl_3$ 용액 0.05 mL를 가한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2.4. 관능평가

관능평가는 9점 선척도법을 이용하여 실시하였다. 평가점수는 1점을 매우 약하다, 5점 적당하다, 9점을 매우 강하다 하여 평가하며, 시료는 적어도 30초 이상의 휴지기를 두고 입을 헹군 후 다음 시료를 평가하도록 하였다. 시료는 각 처리구별로 완성된 시료 2 g을 가정용 커피필터에 넣고 80℃ 생수 50 mL에 10분간 우려내어 1회용 종이컵에 30 mL를 제시하였다. 패널은 한국식품연구원에 재직 중인 25~35세 남·여 연구원 30명을 대상으로 하였다. 관능평가는 구수한 맛, 단맛, 구수한 냄새, 단 냄새, 이취의 관능적 특성을 정량묘사분석과 외관, 색, 향기, 맛, 전반적인 기호도 등 5가지 관능적 기호도 특성평가를 실시하였다.

2.5. 통계분석

실험결과의 통계처리는 SAS system(Ver. 9.4, Cary NC, USA)을 이용하였다. 다시료 분산분석(ANOVA)는 Duncan's multiple range test를 통하여 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. pH

처리 공정을 달리하여 제조한 무차의 pH는 AD, SAD> ADR > SADR 으로 그 값은 각각 5.95±0.02, 5.94±0.01> 5.66±0.02> 5.48±0.14로 나타났다. 볶음공정을 거친 처리구의 pH가 유의적으로 낮은 경향이었고(p<0.001), 증숙보다는 볶음이 최종 제품의 pH를 유의적으로 감소시키는 주요한 공정으로 판단되었다(Fig. 1).

Park, kim과 Kim(1993)은 인삼의 볶음처리에 따른 이화학적 특성 변화를 연구하여 가열에 의하여 인삼의 pH가 낮아졌다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다. 한편, 가열처리에 의한 pH의 저하는 비효소적 갈변 반응 시 생성되는 전구물질인 carbonyl compounds의 작용과 농축 및 숙성기간 중 당 등의 성분변화에 의해 생성되는 유기산에 의한 것이라고 Nakabayashi와 Watanabe(1977)는 보고하고 있으며,

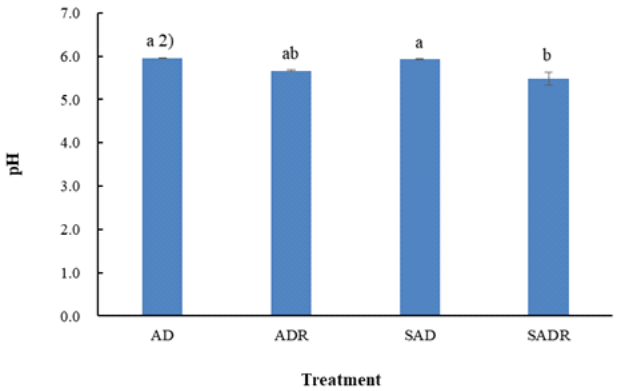


Fig. 1. pH of white radish tea by different preparation methods[1)].

AD, drying at 50 ℃ for 15hr; ADR, roasting after and drying; SAD, drying after steaming; SADR, roasting after steaming and drying.

[1)] Mean±standard deviation (S.D.) of three replications (n=3).

[2)] Data with different small letters ([a~b]) are significantly different (p<0.001).

Saunder 등은 염기성 아미노산인 arginine이 당과 결합하여 갈변반응에 관여하므로 점차 가용의 염기성 아미노산이 감소되어 산성물질이 생성되기 때문이라고 하였는데(Saunders & Jervis, 1966), 본 실험에서도 무 내에 비교적 많이 함유되어 있는 당질이 비효소적 갈변반응에 관여하였고, 농축 및 숙성 중 성분 변화를 초래하여 pH가 감소한 것으로 생각되었다.

3.2. 색도

처리 공정을 달리하여 제조한 무차의 색도 품질은 Table 1에 나타내었다. AD구의 L, a 및 b값은 각각 62.63±0.36, −0.35±0.17 및 2.25±0.13이었다.

건조 전 증숙 여부에 따른 색도 품질 특성을 살펴본 결과, AD와 비교하여 SAD의 L, a값은 유의적 차이가 없었으나, b값은 유의적으로 낮게 측정되어 증숙 후 무차의 황색도가 감소하는 결과를 보였다. Cho 등(2009)은 가공공정 중 온도나 pH 변화에 의한 효소 활성을 연구하여 무 내에 존재하는 α-amylase의 경우 60℃ 이상의 가열처리 조건에서는 활성이 소실되는 것으로 보고하였는데, 본 연구 결과에 의하면 증숙 공정에 의하여 무 내의 amylase 효소가 불활성화된 SAD의 a값이 AD와 비교하여 낮게 측정된 것으로 생각되었다.

그러나 ADR과 SADR을 비교하였을 때 ADR에 비하여 SADR의 L값은 높아지고 a값은 유의적으로 낮아졌으며, b값은 유의적 차이가 나타나지 않아 증숙 여부에 따른 일정한 경향을 찾지 못하였고, 두 처리구간의 색도 변화는 증숙보다는 볶음공정의 영향에 기인한 것으로 생각되었다. 건조 후 볶음 여부에 따른 처리구별 색도 변화는 AD와 비교하여 건조 후 볶음 공정을 거친 ADR과 SADR 시료군의 L값과 a값은 유의적으로 감소하였고, b값은 유의적으로 증가하여(p<0.05) 볶음처리 후 AD와 비교하여 어두워지고 적녹황색으로 변색되는 것으로 나타났다.

두 시료간의 색 차이를 나타내는 ⊿E를 분석한 결과, AD와 SAD의 ⊿E값은 0.75±0.55로 두 시료 사이에는 근소한 색 차이가 있었다. 그러나 볶음 공정을 거친 ADR과 SADR은 각각 7.01±0.41, 6.14±1.19로 AD와 비교하여 극히 현저한 색 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.0.05). 갈변도를 나타내는 BI 값은 ADR > SADR > AD > SAD 순으로 각각 15.15±0.70 > 13.13±1.95 > 3.16±0.08 > 2.89±0.27 였다. 이는 무차의 색도 분석 결과에서 나타난 바와 같이 건조 후 볶음을 거친 무차의 갈변도가 가장 높은 것으로 측정되었다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 결과적으로 증숙과 볶음 공정은 무차의 색도에 유의적 영향을 미치지만 이 중 볶음이 무차의 색도에 직접적인 영향을 미치는 주요 공정이며, 볶음 중 갈변현상에 의한 결과로 판단되었다(p<0.05). Lee, Seog,

Table 1. Color value of white radish tea by different preparation methods[1)]

Treatment	L	a	b	⊿E	BI
AD	62.63±0.36[a2)]	−0.35±0.17[a]	2.25±0.13[b]	-	3.16±0.08[c]
ADR	61.28±0.66[b]	−0.45±0.13[ab]	9.10±0.37[a]	7.01±0.41[a]	15.15±0.70[a]
SAD	63.05±0.85[a]	−0.50±0.16[ab]	2.20±0.16[b]	0.75±0.55[b]	2.89±0.27[c]
SADR	62.23±0.95[ab]	−0.69±0.23[b]	8.28±1.13[a]	6.14±1.19[a]	13.13±1.95[b]
F value	4.17	2.53	153.20	72.35	153.03
Pr>F	0.0307	0.1068	<.0001	<.0001	<.0001

AD, drying at 50 ℃ for 15hr; ADR, roasting after and drying; SAD, drying after steaming; SADR, roasting after steaming and drying.

[1)] Mean ± standard deviation (S.D.) of three replications (n=3).

[2)] Data with different small letters ([a~c]) in a column are significantly different(p<0.05).

Kim, Kim과 Hong(1994)은 160℃에서 220℃까지 볶음 온도를 달리 하여 미숙보리곡립의 색도를 측정하여 볶음온도가 높아짐에 따라 점차 어두운 색을 나타냄과 동시에 적색과 황색으로 변색되는 것을 보고하였는데, 본 연구에서도 AD, SAD와 비교하여 볶음 처리한 ADR과 SADR의 L값이 감소하고 황색도를 나타내는 b값이 높아지는 유사한 결과를 나타내었다.

3.3. 환원당 함량

처리 공정을 달리하여 제조한 무차의 환원당 함량은 SADR > ADR > SAD > AD로 각각 1.96±0.21% > 1.91±0.17% > 1.89±0.08% > 1.83±0.04% 였으며 Table 2에 나타내었다. 볶음 공정을 거친 ADR, SADR과 비교하여 볶음 무처리구인 AD와 SAD의 환원당 함량이 적은 경향이었으나 모든 처리구간 유의적 차이는 없었다(p<0.001).

식물체 중에 존재하는 여러 종류의 당질은 화학적으로 크게 환원당과 비환원당으로 나누어지며, 환원당은 갈변현상과 관계가 깊다. Glucose와 fructose 등의 환원당들은 아미노화합물과 함께 Maillard 반응에 관여하여 소모되며, 비환원성당인 sucrose와 maltose는 열분해에 의해 glucosidic bond가 가수분해되어 환원당인 glucose와 fructose로 전환되어 Maillard 반응에 관여하는 것으로 알려져 있다(Seog, 1987). 환원당이 Maillard 반응에서 당의 기질로 이용되어 가열 또는 볶음 공정 후 함량이 감소되었다는 연구결과들이 보고되어 있는데, Park 등(1993)은 인삼 내 환원당이 250℃에서 볶음 후 1.3배가 감소되었으며 이러한 결과는 홍삼의 Maillard 반응에 환원당이 관여하였음을 시사한다고 하였고, Lee 등(2006)도 생무와 비교하여 건조방법을 달리 한 무말랭이 시료의 환원당 함량이 감소하였다고 하여 볶음 처리후 환원당 함량이 증가하는 경향이 나타난 본 실험과는 다른 결과를 제시하였다.

그러나 Lee와 Seog(1994)은 미숙보리의 볶음 초기에는 환원당 함량이 감소하나 볶음온도가 높고 시간이 길어질수록 환원당과 올리고당이 열분해되어 생성되는 환원당이 Maillard 반응에 의해 소모되는 환원당의 양보다 많아진다고 하였으며, 본 실험에서도 250℃의 고온 볶음처리에 의하여 열분해에 의하여 생성되는 환원당 함량이 Maillard 반응에 사용되어 소모되는 환원당 함량보다 많기 때문에 AD와 비교하여 볶음 공정 후 ADR과 SADR 내 환원당 함량이 높았던 것으로 생각되었다.

3.4. 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량

무에는 flavonioids인 kaempferol이 함유되어 있다고 보고되어 있으며, 식이섬유와 항산화 비타민, flavonoids계 색소, phenol계 및 방향족 amine 등 항산화 작용을 나타내는 물질이 다량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Lee et al., 2009). 처리 공정을 달리하여 제조한 무차의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 3과 같다. 총 폴리페놀 함량은 ADR, SADR > AD > SAD이었으며 그 값은 AD 118.64±0.96 mg/100 g, SAD 96.40±4.16 mg/100 g이었고, 볶음 공정을 거친 ADR 및 SADR는 각각 252.40±14.99 mg/100 g, 267.54±5.00 mg/100 g으로 볶음 처리하지 않은 AD, SAD와 비교하여 2배 이상 유의적으로 증가하였다(p<0.001). 그러나 pH나 색도의 실험결과에서와 같이 건조 전 증숙 공정에 의한 총폴리페놀 함량 증가는 일정한 경향을 찾지 못하였다.

플라보노이드 함량도 총 폴리페놀 힘량과 유사한 결과를 나타내었는데 AD가 14.34±0.07 mg/100 g, SAD는 12.28±0.41 mg/100 g이었으나 볶음 처리구인 ADR 및 SADR는 각각 22.91±0.17 mg/100 g, 28.61±0.10 mg/100 g로 총 폴리페놀 함량에서 나타난 바와 같이 볶음 후 1.6~2배 증가 경향을 나타내었고(p<0.001) 증숙 공정에 의한 일정한 경향은 나타나지 않았다. 결과적으로 볶음 공정은 무차의 총 폴리페놀과 플라보노이

Table 3. Total polyphenol and flavonoid contents in white radish tea by different preparation methods[1)]

Treatment	Total polyphenol (mg GAE/ 100 g)	Flavonoids (mg CE/ 100g)
AD	118.64±0.96[b, 2)]	14.34±0.07[c]
ADR	252.40±14.99[a]	22.91±0.17[b]
SAD	96.40±4.16[c]	12.28±0.41[d]
SADR	267.54±7.07[a]	28.61±0.10[a]
F value	352.53	3324.37
Pr>F	<.0001	<.0001

AD, drying at 50 ℃ for 15hr; ADR, roasting after and drying; SAD, drying after steaming; SADR, roasting after steaming and drying; GAE, gallic acid equivalents; CE, catechin equivalents.
1) Mean±standard deviation (S.D.) of three replications (n=3).
2) Data with different small letters ([a~d]) in a column are significantly different (p<0.001).

Table 2. Reducing sugar contents of white radish tea by different preparation methods

Treatment	AD	ADR	SAD	SADR	*F* value	*Pr>F*
Reducing sugar	1.83±0.04	1.91±0.08	1.89±0.08	1.96±0.21	0.38	0.7689

AD, drying at 50 ℃ for 15hr; ADR, roasting after and drying; SAD, drying after steaming; SADR, roasting after steaming and drying.

드 함량을 유의적으로 증가시키는 것으로 판단되었다. Kim, Kim, Lee과 Kwon(2005)은 둥굴레의 증자 및 볶음조건에 따른 추출물을 연구하여 총 페놀함량은 볶음 시간과 볶음온도가 주요한 영향인자로 작용하며, 그 다음이 증자 시간의 영향이라고 분석하였다. 또한 볶음시간과 볶음온도가 증가할수록 총 페놀함량도 증가하는 경향인데, 이는 갈변물질에 의해 생성되는 중간물질인 reductone 중에서 catechol, hydroquinone 등과 같은 aromatic acid-reduction류가 생성에 의한 것으로 추측하였고, Yang 등(2006)과 Lee 등(2009)은 각각 인삼과 무 추출물을 열처리 조건을 달리 하여 온도가 높아짐에 따라 폴리페놀과 플라보노이드 함량의 증가 이유는 bound형의 폴리페놀이 고온고압의 열처리로 인하여 free형으로 전환되고, 또한 고분자의 페놀성 화합물이 저분자의 페놀성 화합물로 전환되어 총량이 증가한 것으로 추측하였다.

3.5. DPPH 유리 라디칼 소거활성과 환원력 측정

처리 공정을 달리하여 제조한 무차의 DPPH 라디칼 소거활성과 환원력 측정 결과는 Table 4에 나타내었다.

Kang 등(1996)은 전자공여능이 phenolic acid와 flavonoids 및 기타 페놀성 물질에 대하 항산화 작용의 지표로서, 이 물질들은 환원력이 큰 것일수록 전자공여능이 높다고 하였는데, DPPH 라디칼 소거능과 환원력도 총페놀함량과 flavonoids 함량에서와 같이 볶음 처리한 ADR과 SDAR에서 유의적으로 높은 것으로 나타났다(p<0.05). 처리구별 DPPH 라디칼 소거능은 AD의 경우 13.68±0.92%이었으나, 볶음 공정 후 ADR은 33.01±4.07%, SADR은 29.57±3.14%로 AD 값보다 1.1~1.5배 이상이 증가한 것으로 측정되었다. 또한 건조 전 증숙 처리한 SAD의 DPPH 라디칼 소거 활성도 AD보다 낮은 4.01±0.19% 로 네 처리구 중 가장 낮은 값을 나타내었으며, ADR과 SADR의 경우에도 SADR이 낮은 값을 나타내어 건조 전 증숙 처리는 DPPH 라디칼 소거 활성을 감소시키는 것으로 추측되었다.

Table 4. DPPH radical scavenging abilities and reducing power of white radish tea by different preparation methods[1)]

Treatment	DPPH radical scavenging ability (%)	Reducing power (OD_{700})
AD	13.68±0.92[b, 2)]	1.33±0.01[b]
ADR	33.01±4.07[a]	1.84±0.08[a]
SAD	4.01±0.19[c]	0.85±0.03[c]
SADR	29.57±3.14[a]	1.77±0.14[a]
Vit C	30.48±0.12	1.15±0.02
F value	81.58	102.42
$Pr>F$	<.0001	<.0001

AD, drying at 50℃ for 15hr; ADR, roasting after and drying; SAD, drying after steaming; SADR, roasting after steaming and drying.
1) Mean±standard deviation (S.D.) of three replications (n=3).
2) Data with different small letters ([a~c]) in a column are significantly different(p<0.001).

한편, 항산화 작용의 여러 가지 메커니즘 중에서 활성산소종 및 유리기에 전자를 공여하는 능력이 환원력이므로 이를 측정하여 항산화활성을 검정하는 수단으로 이용하는데, 환원력이 클수록 녹색에 가깝게 발색되므로 항산화 활성이 큰 물질일수록 높은 흡광도 값을 나타낸다(Kim, Seo, Seo, Park, & Lee, 2011).

처리구별 환원력은 AD의 경우 1.33±0.01%이었으나, 볶음 공정 후 ADR은 1.84±0.08%, SADR은 1.77±0.14%로 측정되어 DPPH 라디칼 소거 활성과 유사한 결과를 나타내었다.

Park 등(1993)은 250℃에서 볶음 처리한 인삼 추출물의 경우 대조구와 비교하여 4.5배 이상의 DPPH 라디칼 소거능을 갖는다고 하였고, Song 등(2010)도 무말랭이와 가압볶음 무말랭이 열수추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 비교하여 가압볶음 무말랭이 열수추출물의 소거효과가 유의적으로 높으며, 이러한 이유는 무말랭이에 함유된 유효성분이 가압볶음에 의해 증가되고 더불어 볶음과정 중에서 생성된 Maillard 생성물의 항산화성에 의한 것으로 판단하였으며, 가압볶음 무말랭이 차의 섭취는 체내 유리기에 의한 산화적 손상을 보호하는 효과가 높은 것으로 보고하였다.

3.6. 관능적 기호특성 분석

처리 공정을 달리하여 제조한 무차의 향미묘사시험을 통해 구수한 맛, 단맛, 구수한 냄새, 단 냄새, 이취의 관능적 특성을 정량묘사분석과 외관, 색, 향기, 맛, 전반적인 기호도 등 5가지 관능적 기호도 특성평가를 실시하여 Table 5와 Fig. 2에 나타내었다.

볶음 공정을 거친 ADR과 SADR이 볶음을 거치지 않은 AD와 SAD와 비교하여 색깔, 구수한 맛, 단맛 , 구수한 냄새, 단 냄새의 4가지 강도 특성이 유의적으로 높았던 반면, 무차의 품질특성에 부정적인 영향으로 평가되는 이취는 유의적 차이가 없게 평가되었다(p<0.001).

AD와 SAD, ADR과 SADR을 비교하여 증숙 공정이 관능적 기호도 특성에 미치는 영향을 분석한 결과, AD와 SAD의 경우 색을 제외한 외관, 향기, 맛, 전반적인 기호도 특성은 유의적 차이를 나타내지 않았으며, ADR과 SADR은 모든 항목에서 유의적 차이가 나타나지 않아 증숙 공정은 무차의 관능적 기호도 특성은 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단되었다.

볶음 공정을 거친 ADR과 SADR과 비교하여 비 볶음 처리구인 AD와 SAD 5가지 관능적 특성이 모두 유의적으로 낮

Table 5. Sensory attribute difference test of white radish tea by different preparation methods

Treatment	AD	ADR	SAD	SADR	*F* value	*Pr>F*
Color	1.83±0.41[b]	7.50±1.22[a]	1.67±0.52[b]	7.33±0.52[a]	116.87	<.0001
Roasted smell	5.67±1.75[b]	8.17±0.75[a]	3.67±0.82[b]	7.33±0.82[a]	48.9	<.0001
Sweet smell	2.33±0.52[ab]	6.33±1.03[a]	1.83±0.75[b]	5.67±0.82[a]	19.09	<.0001
Roasted favour	4.17±0.98[b]	7.83±0.75[a]	3.00±0.89[b]	7.50±1.05[a]	46.58	<.0001
Sweet taste	2.50±0.55[b]	6.33±1.03[a]	1.83±0.75[b]	5.67±0.82[a]	40.57	<.0001
Off favour	2.17±0.75[a]	2.50±0.55[a]	1.67±0.52[a]	2.50±0.55[a]	2.60	0.0808

AD, drying at 50℃ for 15hr; ADR, roasting after and drying; SAD, drying after steaming; SADR, roasting after steaming and drying.
1) Mean±standard deviation (S.D.) of three replications (n=3).
2) Data with different small letters ([a~b]) in a row are significantly different (p<0.001).

아 무차의 관능적 기호특성에 유의적인 영향을 미치는 것을 확인하였다(p<0.05). 그러므로 무차의 관능특성에 주요한 영향을 미치는 공정 역시 볶음으로 판단되었다.

일반적으로 다류의 고유의 향미는 볶음, 덖음 등에 의하여 생성되므로 볶음과 관련된 요소는 무차의 품질을 결정하는 중요한 인자가 될 수 있다고 하였는데, Park 등(1993)은 볶음 공정에 의하여 수용성 고형분 함량의 증가를 비롯하여 환원성당과 질소화합물은 볶음 처리에 의해 갈색화 반응의 촉진과 향기성분의 생성이 수반되며, 이때 생성된 물질들은 항산화 활성은 물론 pyrazine과 같은 향기성분도 생성되어 식품의 식미효과를 증진하게 된다고 보고하였고, Choi 등(2007)은 민들레의 덖음 공정에 의하여 열처리에 의해 생성되는 단내 특성은 약간 증가하며 기호도 역시 쓴 맛, 떫은 맛, 풀냄새 등의 이취는 감소하고 추출액의 기호도가 크게 증가한다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보고하였다.

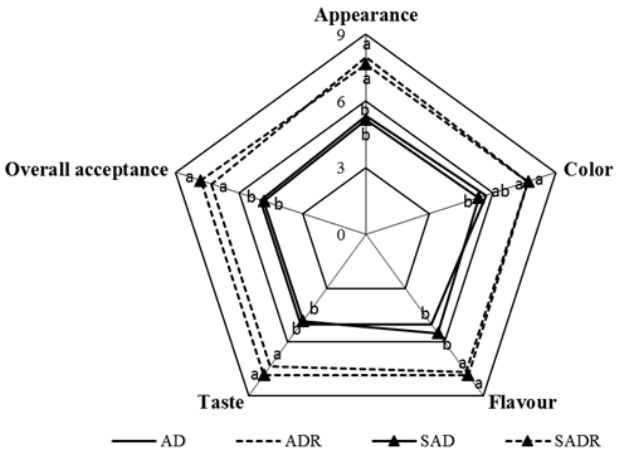


Fig. 2. Sensory evaluation of white radish tea by different preparation methods.
AD, drying at 50 ℃ for 15hr; ADR, roasting after and drying; SAD, drying after steaming; SADR, roasting after steaming and drying.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 열풍건조(AD), 건조 후 볶음(ADR), 증숙 후 건조(SAD), 증숙, 건조 후 볶음(SADR)으로 가공하고, 이를 차로 제조하여 그 pH, 색도, 환원당, 총폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 자유라디칼 소거활성, 환원력, 관능검사를 실시하여 무 가공 활성화를 위한 식품소재로써의 가능성을 탐색하여 무를 이용한 기능성 식품소재 및 가공 제품산업화를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 가공방법에 따른 볶음공정을 거친 처리구의 pH는 유의적으로 낮아지는 경향으로 SADR이 5.48±0.14로 가장 낮았다(p<0.001). 또한 볶음 공정을 거친 ADR과 SADR 처리구는 AD와 SAD 처리구와 비교하여 색도와 갈변도에서 유의적으로 현저하게 차이가 나는 것으로 측정되었다. 또한 가공방법에 따른 환원당 함량은 유의적 차이가 없었다. 볶음 공정에 의하여 무차의 총폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량은 유의적으로 증가되었는데 ADR의 경우 각각 252.4±14.99 mg/100 g, 22.91±0.17 mg/100 g이었고, SADR은 267.54±5.00 mg/100 g, 28.61±0.10 mg/100 g이었다. DPPH 라디칼 소거능도 AD 또는 SAD와 비교하여 ADR과 SDAR에서 1.1~1.5배 이상 유의적으로 높았다(p<0.05). 처리구별 환원력은 AD의 경우 1.33±0.01%이었으나 볶음 공정 후 ADR은 1.84±0.08%, SADR은 1.77±0.14%였다. 볶음 공정을 거친 ADR 및 SADR과 비교하여 볶음 무처리구인 AD와 SAD 5가지 관능적 특성이 모두 유의적으로 낮았고(p<0.05), 무차의 관능특성에 주요한 영향을 미치는 공정 역시 볶음이었다. 이상의 결과로 미루어 볼 때 볶음 공정은 무차의 이화학적 품질 특성과 항산화 활성에 영향을 미치는 주요 공정으로 판단되었다.

REFERENCES

Bal, L. M., Kar, A., Satya, S., & Naik, S. N. (2011). Kinetics

of colour change of bamboo shoot slices during microwave drying. *International Journal of Food Science & Technology, 46*(4), 827-833. doi:10.1111/j.1365-2621.2011.02553.x

Cho, E., Choi, A. R., Choi, S. J., Kim, S., Lee, G. S., Lee, S. S., & Chae, H. J. (2009). α-Amylase activity of radish and stability in processing. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 38*(6), 812-815. doi:10.3746/jkfn.2009.38.6.812

Cho, W. K. (2010). A historical study of Korean traditional radish *kimchi*. *Journal of the Korean Society of Food Culture, 25*(4), 428-455.

Coogan, R. C., & Wills, R. B. H. (2002). Effect of drying salting on the flavour compound of Asian white radish. *Food Chemistry, 77*(3), 305-307.

Jung, D. H. (1998). *Biochemical activity of food*. Seoul, Korea: Seonjinmunwhasa.

Jung, M. S., Lee, G. S., & Chae, H. J. (2004). *In vitro* biological activity assay of ethanol extract of radish. *Applied Biological Chemistry, 47*(1), 67-71.

Lee, H. S. & Lee, G. J. (1993). Changes in textural properties of Korean radish and relevant chemical, enzymatic activities during salting. *The Korean Journal of Dietary Culture, 8(3*), 267-274.

Lee, S. E. (2006). Investigation of cooking usage according to the physiochemical and textural characteristics in Nabak-*kimchi* with different radish cultivars. *The Korean Journal of Culinary Research, 12*(4), 284-298.

Lee, S. H., Hwang, I. G., Lee, Y. R., Joung, E. M., Jeong, H. S., & Lee, H. B. (2009). Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. *The Korean Society of Food Science and Nutrition, 38*(4), 490-495.

Lee, S. J., & Jung, J. H. (2013). Korean tea therapy in "the annals of the Joseon dynasty". *Journal of Society of Preventive Korean Medicine, 17*(2), 17-28.

Lee, W. Y., Chan, W. S., Oh, S. L., Cho, Y. J., Lee, H. Y., Lee, B. S., Park, J. S., & Park, J. H. (2006). Quality characteristics of dried radish(*Raphanus sativus*) by drying methods. *Korean Journal of Food Preservation, 13*(1), 37-42.

Lee, Y. T., & Seog, H. M. (1994). Changes in physicochemical characteristics of immature barley kernels during roasting. *Korean Journal of Food Science and Technology, 26*(3), 336-342.

Lee, Y. T., Seog, H. M., Kim, S. S., Kim, K. T., & Hong, H. D. (1994). Changes in physicochemical characteristics of immature barley kernels during roasting. *Korean Journal of Food Science and Technology, 26*(3), 336-342.

Kang, Y. H., Park, Y. K., & Lee, G. D. (1996). The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean Journal of Food Science and Technology, 28*(2), 232-239.

Kim, C. H. (2009). Antioxidant activity and qualit characteristics of *Artemisia* sp. with different heat treatments. *The Korean Journal of Culinary Research, 15*(3), 128-138.

Kim, G. H. (1999). Optimization of minimally processed white radish for *kkakttugi* preparation. *Korean Journal of Food and Cookery Science, 15*(6), 633-638.

Kim, J. H., & Kim, J. I. (1999). Processing of radish juice by mixed culture with lactic acid bacteria. *The Journal of Korean Society of Food Preservation, 6*(4), 448-455.

Kim, K. T., Kim, J. O., Lee, G. D., & Kwon, J. H. (2005). Antioxidative and nitrate scavenging activities of *Polygonatum odoratum* root extract with different steaming and roasting conditions. *Korean Journal of Food Preservation, 12*(2), 166-172.

Kim, S. J., Seo, G. U., Seo, B. Y., Park, E., & Lee, S. C. (2011). Antioxidant activity and DNA damage protective effect of a *Robinia pseudoacacia* L. flower extract. *Korean Journal of Food and Cookery Science, 27*(4), 99-106. doi:10.9724/kfcs.2011.27.4.099

Nakabayashi, T., & Watanabe, C. (1977). Chemical studies on the quality of coffee. *Journal of the Japanese Society of Food Science and Technology, 24(*3), 124-129.

Park, C. H., Kim, K. H., & Yook, H. S. (2014). Comparison of antioxidant activities in soybean sprout according to preparation and cooking process. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 43*(3), 397-403. doi:10.3746/jkfn.2014.43.4.397

Park, H. J. (2016). *A study investigated quality characteristics of blended tea platycodon grandiflorum and burdock by different preparation methods* (Doctoral dissertation). Sejong University.

Park, J. E., Kim, M. J., & Jang, M. S. (2009). Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of Chinese radish (*Raphanus sativus* L.) jam. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 38*(2), 235-243. doi:10.3746/jkfn.2009.38.2.235

Park, M. H., Kim, K. C., & Kim, J. S. (1993). Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *Korean Journal of Ginseng Science, 17*(3), 228-231.

Park, S. J. (2014). Antioxidant and anti-adipogenic effects of ethanolic extracts from *Ixeris dentata* Nakai. *The Korean Journal of Culinary Research, 20*(1), 133-142.

Ryu, K. D., Chung, D. H., & Kim, J. K. (2000). Comparison of radish cultivars for physiochemical properties and *Kaldugi* preparation. *Korean Journal of Food Science and Technology, 32*(3), 681-690.

Saunders, J., & Jervis, F. (1966). The role of buffer salts in non enzymic browning. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 17*(6), 245-249. doi:10.1002/jsfa.2740170604

Seog, H. M. (1987). *The effects of the roasting temperature on the formation of volatile compounds in the malted made barley*. (Ph.D. thesis). Chung-Ang University.

Song, Y. B., Choi, J. S., Lee, J. E., Noh, J. S., Kim, M. J., Cho, E. J., & Song, Y. O. (2010). The antioxidant effect of hot water extract from the dried radish (*Raphanus sativus* L.) with pressurized roasting. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 39*(8), 1179-1186. doi:10.3746/jkfn.2010.39.8.1179

Yang, S. J., Woo, K. S., Yoo, J. S., Kang, T. S., Noh, Y. H., Lee, J. S., & Jeong, H. S. (2006). Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean Journal of Food Science and Technology, 38*(4), 521-525.

2017년 11월 21일 접 수
2017년 12월 06일 1차 논문수정
2018년 01월 18일 논문 게재확정