

비타민나무열매가루 첨가 식빵의 품질 특성 및 항산화 활성

이 종 숙 · *김 정 미*

대구과학대학교 식품영양조리학부 조교수, *대구과학대학교 식품영양조리학부 부교수

Quality Characteristics and Antioxidant Properties of White Pan Bread Added with Sea Buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) Berry Powder

Jong Suk Lee and *Jung Mi Kim*

Assistant Professor, Division of Food & Nutrition and Cook, Taegu Science University, Daegu 41453, Korea

*Associate Professor, Division of Food & Nutrition and Cook, Taegu Science University, Daegu 41453, Korea

Abstract

The purpose of this study was to prepare bread added with sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry powder (SBBP) (1, 3, and 5%) using a straight dough method. The quality and antioxidant characteristics of the bread were analyzed. The results indicated that the pH value and dough raising power of the dough decreased and the moisture content of the bread added with SBBP increased compared to that without the SBBP. The crust color of the bread did not change significantly. However, the crumb lightness value decreased and the redness and yellowness value increased respectively to the concentration of the SBBP. The texture measurement indicated that the hardness, gumminess, and chewiness of the bread increased with the addition of the SBBP. The total polyphenol content of the bread supplemented with the SBBP was increased (4.60~16.14 mg GAE/g) compare to the control (1.67 mg GAE/g). Dose-dependent, significant-high DPPH (26.86%) and ABTS (42.52%) radical scavenging activities were observed in the bread with the addition of the SBBP up to 5%. Based on these results, the optimum amount of the SBBP to add for baking bread would be 3% and the SBBP could be considered a functional agent.

Key words: sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berry powder, white pan bread, texture, total polyphenol content, antioxidant activity

서 론

식빵은 밀가루 또는 기타 곡분을 주원료로 하여 식염, 계란, 효모 등을 첨가하여 발효시킨 후 그대로 냉동시키거나 구운 것으로서 당과 유지의 비율이 낮고 단맛이 강하지 않아 현대인들에게 식사대용으로 수요가 증가하고 있으며, 식빵 그 자체뿐만 아니라 식빵을 주재료로 한 토스트, 샌드위치 등 여러 가지 형태로 시판되고 있다(Ko 등 2013; Tae 등 2015). 특히 우리의 식생활에서 영양가치 면에서 매우 중요하여 에너지원일 뿐만 아니라, 단백질, 지질 등을 공급하고, 미량 영양소로는 비타민 B군, 미네랄, 항산화제, phytochemicals

등을 공급한다(Dewettinck 등 2008). 그러나 식빵을 만드는 과정에서 영양성분이 감소되기도 하며, 저장 중 여러 가지 물리·화학적 현상의 복합적인 과정으로 노화가 진행되어 빵 겉질과 내부가 변하면서 내부의 견고성 증가, 부드러운 겉질 형성, 향과 수분의 손실 등의 품질 변화가 발생한다(Dewettinck 등 2008; Das 등 2012). 식빵 자체가 가진 품질 변화를 개선하기 위한 목적뿐만 아니라, 건강 지향적이며 동시에 밀가루 이외의 곡물이나 다양한 생리활성을 가진 부재료를 사용하여 간편하게 섭취하면서 건강에 도움을 주는 기능성 제품을 개발하고자 하는 많은 연구들이 시도되고 있다. 식빵에 부재료를 첨가한 연구들을 살펴보면, 과실을 첨가한 식빵의 특

* Corresponding author: Jung Mi Kim, Associate Professor, Division of Food & Nutrition and Cook, Taegu Science University, Daegu 41453, Korea. Tel: +82-53-320-1092, Fax: +82-53-320-1765, E-mail: grara@tsu.ac.kr

성 연구(Lee 등 2009; Oh 등 2011; Park LY 2015; Kim YM 2018), 동물성 재료로 갈색거저리 유충 분말을 첨가한 식빵(Kim 등 2019), 국산 양식 홍합 함유 식빵(Jo 등 2016) 등이 있는데 주로 부재료를 첨가함으로써 제품의 품질을 분석한 연구들로 구성되어 있다.

한편, 비타민나무(*Hippophae rhamnoides* L.)는 보리수과(Elaeagnaceae)에 속하는 낙엽성 관목으로 중국, 유럽, 러시아, 몽골, 히말라야 산맥 주변의 국가 등에서 자생하고 있다(Rousi A 1971; Asheesh 등 2005). 중국과 러시아에서는 비타민나무를 피부질환 및 화상, 상처 치유, 염증 및 궤양을 치료하기 위한 목적에서 민간요법으로 널리 활용되어 왔다(Xing 등 2002; Asheesh 등 2005). 국내에서는 2005년도부터 일부 농가가 재배를 하고 있으나 다량으로 재배하는 농가는 많지 않으며, 비타민나무 원료를 수입하여 이용되고 있다(Park 등 2010). 비타민나무는 오렌지색 또는 노란색과 유사한 작은 열매를 맺고 내한성이 매우 강한 식물로 한국과 북한에서는 비타민나무 또는 산자나무로 불리고, 그 외 sea buckthorn, 시베리아 파인애플, 사극, 싸지(sajee) 등의 여러 이름으로 불리고 있다(Ko 등 2012). 비타민 나무의 잎, 뿌리, 줄기, 열매들은 모두 식품소재로의 이용이 가능하며, catechin, rutin, quercetin과 같은 폴리페놀 성분을 비롯한 100 여종의 인체에 유익한 생리활성물질과 탄수화물, 단백질, 유기산 및 비타민 B군과 비타민 C가 풍부하다. 특히 열매 100 g 당 최고 2,500 mg 정도 함유되어 비타민 C가 딸기, 키위, 오렌지, 토마토, 당근 등의 과채류보다 더 많이 함유되어 있다고 보고되었다(Bernáth & Foldesi 1992; Kim 등 2009). 또한, 열매에는 필수아미노산, globulin, albumin과 같은 단백질과 linolenic acids와 같은 필수 지방산의 함량이 매우 높으며(Chen 등 1990; Ganju 등 2005), 열매로부터 추출한 기름은 여러 피부질환 및 모발 손상 예방용 제품의 첨가물로 이용되어 왔다(Geetha 등 2002; Negi 등 2005). 이외에도 비타민나무 잎에 함유된 폴리페놀류(polyphenolics), 토코페롤(tocopherol), 카로테노이드(carotenoid), 플라보노이드(flavonoid) 등의 생리활성물질들은 피부질환과 상처, 화상, 염증 치료의 효과와 세포보호 효과, 항노화, 항산화, 항암 등에 효능이 있는 것으로 보고하였다(Guan 등 2005; Kim 등 2009; Kim 등 2011; Ko 등 2012). 종자에는 생리활성 지방산의 함량이 특이적으로 높아 아토피피부염의 치료를 연구하여 보고된 바도 있다(Yang 등 2007). 비타민나무의 잎과 열매는 면역 증진, 항염증 및 노화 방지에 뛰어난 것으로 알려져 있어 유럽 등 일부 국가에서는 건강보조제나 차와 같은 기능성 식품으로 개발되어 있으며(Tiffany 등 2005), 국내에서는 주로 가루 형태로 시판되고 있다. 이와 같이 비타민나무의 기능성 관련 연구들은 다수 보고되어 있으나, 이를 식품소재로 이용한 경우는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 비타민나무열매를 식품소재로써의 이용가능성을 확인하고자 비타민나무열매가루를 식빵에 첨가하여 반죽 및 식빵의 품질에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용한 비타민나무열매가루(Vitamin tree powder, Xian Yuensun Biological Technology Co., Ltd, Beijing, China)는 2018년에 온라인에서 구입하여 사용하였다. 식빵 제조에 사용한 강력분(Daehan Flour Mills Co., Seoul, Korea), 설탕(Samyang, Ulsan, Korea), 생이스트(Otogi, Ansan, Korea), 탈지분유(Seoul Milk, Seoul, Korea), 가염버터(Seoul Milk, Seoul, Korea) 및 식염(Hanju salt, Ulsan, Korea)은 대구시 전문제빵업체에서 구입하여 사용하였다. 그리고 식품의 항산화 활성을 분석하기 위한 시약으로 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS), gallic acid, ascorbic acid, Folin-Ciocalteu reagent, potassium persulfate, phosphate buffer(PBS, pH 7.4), sodium phosphate, potassium ferricyanide, trichloroacetic acid(TCA) 등은 Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MD, USA)에서 구입하였으며, 그밖에 시약들은 analytical grade를 구입하여 사용하였다.

2. 비타민나무열매가루 첨가 식빵의 제조

비타민나무열매가루를 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 배합비는 Table 1과 같다. 비타민나무열매 가루는 베이커 퍼센트(baker's percentage)로 계산하여 첨가량을 결정하였다. 즉,

Table 1. Baking formula for white pan bread with different levels of sea buckthorn berry powder (unit: g)

Ingredient	Control	SBBP-1	SBBP-3	SBBP-5
Wheat flour	1,000	990	970	950
Sea buckthorn berry powder	0	10	30	50
Sugar	50	50	50	50
Salt	20	20	20	20
Milk powder	30	30	30	30
Butter	70	70	70	70
Yeast	40	40	40	40
Water	650	650	650	650

SBBP-1: white pan bread added with 1% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-3: white pan bread added with 3% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-5: white pan bread added with 5% (w/w) sea buckthorn berry powder.

대조구 배합의 밀가루 100 g을 기준으로 비타민나무열매 가루의 양을 1, 3, 5%(w/w)로 각각 달리하여 첨가하고, 다른 재료의 배합은 일정한 양으로 사용하였다. 반죽은 반죽기(YSM-14, Youngsong Machine Co., Seoul, Korea)를 사용하여 직접반죽법(straight dough method)(Han 등 2004)으로 실시하였다. 완성된 반죽은 발효기(SMP-1040, Softmill, Seoul, Korea)를 이용하여 50분간 1차 발효(27°C, 75% 상대습도)를 진행하였다. 1차 발효가 완성된 반죽은 250 g씩 분할하여 둥글리기를 수행한 다음, 실온(20±5°C)에서 10분간 중간발효를 하였다. 중간 발효가 완성된 반죽은 밀대로 반죽의 가스를 뺀 뒤 성형하고 식빵틀(34.0×13.5×12.5 cm)에 넣어 발효기에서 50분간 2차 발효(35°C, 80% 상대습도)를 하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 윗불 170°C, 아랫불 200°C로 예열된 오븐(MIWE condo CO4.1208, MIWE Michael Wenz GmbH, Arnsteiln, Germany)에서 40분 동안 굽기를 진행하였으며, 완성된 식빵은 실온에서 1시간 방냉하여 실험 시료로 사용하였다.

3. 반죽과 식빵의 pH와 적정산도 측정

반죽과 식빵의 pH는 시료 10 g에 10배의 증류수를 가하고 균질기(Scientific Industries, Bohemia, NY, USA)에 넣어 균질화 시키고, 3,000 rpm에서 10분간 원심분리(Combi 514R, Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)하여 얻은 상등액을 pH meter (Thermo Electron Corp., Milford, MA, USA)로 측정하였다. 반죽의 적정산도는 pH 측정에 사용한 동일한 시료액 10 mL에 1% phenolphthalein 지시약을 첨가하여 시료의 pH가 8.3이 될 때까지 소비된 0.1 N NaOH의 양을 측정하였다.

4. 반죽의 발효 팽창력 측정

발효 팽창력은 식품공학실험법을 변형하여 믹싱한 반죽 20 g을 취하여 100 mL의 메스실린더에 넣은 후 1차 발효조건(27±1°C, 75% 상대습도)의 발효기에서 15분 간격으로 90분간 측정하였다.

5. 식빵의 수분함량 측정

식빵의 수분함량은 잘게 자른 시료 2 g을 취하여 105°C의 드라이 오븐(JSOF-150, JS Research Inc., Gongju, Korea)을 이용하여 상압가열건조법으로 측정하였다(AOAC 1995).

6. 식빵의 색도 및 조직감 측정

식빵의 겉(외부, crust)면과 속(내부, crumb)면의 색도는 색차계(Chroma meter CR 400, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 3회 반복하여 측정 후 Hunter scale에 의해 L(lightness, 명도), a(redness, 적색도), b(yellowness, 황색도) 값으로 표시하였다. 이때 사용한 표준백판의 L, a, b값은 각각 94.27, 0.05, 1.75이었다.

식빵의 조직감은 Texture Analyzer(QTS Texture Analyser, Brookfield viscometers, UK)를 사용하여 TPA(texture profile analysis) 분석을 통하여 각 식빵의 경도(hardness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness)을 각각 3회 반복 측정하였다. 분석 조건으로 30 mm cylinder probe를 사용하였으며, pre-test speed 5.0 mm/sec, trigger force 5.0 g, test speed 1.0 mm/sec, test distance 10.0 mm, sample size는 3×3×3 cm로 하였다.

7. 항산화 활성을 측정하기 위한 비타민나무열매가루와 식빵의 전처리

비타민나무열매가루 첨가 식빵의 전처리는 시료 5 g에 증류수 45 mL를 혼합하여 50°C에서 24시간 동안 추출한 후 2,250×g에서 20분간 원심분리(Combi 514R, Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)한 다음 상등액을 획득하였다. 획득한 상등액을 Whatman paper(No. 1, GE healthcare, Buckinghamshire, UK)로 여과하여 항산화 분석용 시료로 사용하였다. 비타민나무열매가루는 앞과 동일한 방법으로 여과한 액을 냉동한 다음 동결건조기(FD8512, IIShinBioBase Co., Ltd., Suwon, Korea)를 이용하여 동결건조하였다. 동결건조한 추출물을 1 mg/mL의 농도로 증류수에 용해시켜 사용하였다.

8. 비타민나무열매가루와 식빵의 총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Singleton 등(1999)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 비타민나무열매가루와 식빵에 대한 총 폴리페놀 함량은 각각의 시료액 200 µL에 Folin-Ciocalteu phenol reagent 1,000 µL를 혼합하여 실온에서 3분간 방치한 다음 10% Na₂CO₃ 800 µL를 혼합하고 다시 암소에서 1시간 방치한 후에 분광광도계를 이용하여 765 nm에서 흡광도(Infinite M200, Tecan Austria, Grödig, Austria)를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량곡선을 작성하였고, 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg gallic acid로 나타내었으며, 모든 실험은 3회 반복 실시하였다.

9. 비타민나무열매가루와 식빵의 DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Blois MS(1958)의 방법으로 측정하였으며, 즉, 시료 50 µL에 0.2 mM DPPH 용액 200 µL를 가한 다음 암소에서 30분간 방치 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 아래 식과 같은 방법으로 시료 용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율로 나타내었다.

DPPH radical scavenging activity (%) =

$$[1 - (\text{Sample absorbance}/\text{Control absorbance})] \times 100$$

10. 비타민나무열매가루와 식빵의 ABTS 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등(1999)의 방법을 적용하여 측정하였다. 7.5 mM ABTS [2,2'-azino-bis(3-thylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt]와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 암소에서 24시간 동안 방치하여 radical을 형성시킨 뒤, 실험 직전에 ABTS 용액을 734 nm에서 흡광도에서 0.700 ± 0.02 이 되도록 phosphate buffer saline(PBS, pH 7.4)으로 희석하여 사용하였다. 희석한 용액 200 μ L에 추출물 20 μ L를 가하여 암소에서 5분간 반응시킨 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아래의 계산식에 의하여 활성을 산출하였다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity (\%)} = [1 - (\text{Sample absorbance}/\text{Control absorbance})] \times 100$$

11. 비타민나무열매가루와 식빵의 환원력 측정

환원력 측정은 시료액 250 μ L에 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6) 250 μ L, potassium ferricyanide(10 mg/mL) 250 μ L를 각각 혼합하여 50°C에서 20분간 반응시킨 후, 10% trichloroacetic acid 250 μ L를 첨가하였다. 이 반응액을 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 상등액 500 μ L에 증류수 500 μ L와 FeCl₃(1 mg/mL) 100 μ L를 가하여 혼합한 반응액의 흡광도 값을 700 nm에서 3회 반복 측정하여 그 값을 reducing power로 나타내었다.

12. 통계처리

실험결과는 3회 반복측정한 후 평균±표준편차로 나타내었으며, 통계처리는 SPSS Ver 18.0 package program(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 또한, 측정값 간의 차이를 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 비타민나무열매가루의 품질 특성 및 항산화 활성

비타민나무열매가루의 품질 특성을 Table 2에 나타내었다. 비타민나무열매가루의 pH는 2.33으로 매우 낮았으며, 수분함량은 3.73%, 색도의 경우 명도 75.59, 적색도 5.28, 황색도 32.77로 나타났다. 비타민나무열매가루를 1 mg/mL의 농도에서 항산화 활성을 측정한 결과, 총 폴리페놀 함량은 72.47 mg GAE/g, DPPH 라디칼 소거능은 70.94%, ABTS 라디칼 소거능은 90.80% 및 환원력은 1.09로 나타났다. Lee 등(2018)은 비타민나무의 잎과 열매를 추출 용매를 달리하여

Table 2. Physicochemical and antioxidant properties of sea buckthorn berry powder

		Sea buckthorn berry powder
pH		2.33±0.02
Moisture contents (%)		3.73±0.05
Chromaticity	L value	75.59±2.06
	a value	5.28±0.12
	b value	32.77±0.32
Total polyphenol contents (mg GAE/g)		72.47±7.47
DPPH radical scavenging activity (%)		70.94±0.78
ABTS radical scavenging activity (%)		90.80±0.54
Reducing power (Absorbance 700 nm)		1.09±0.08

Each values represent mean±standard deviation (n=3).

추출한 후 영양성분과 항산화 활성을 측정하였을 때 추출용매에 상관없이 열매에 비해 잎의 활성이 높았으며, 잎의 물 추출물은 133.09 mg/GAE g, 열매 물 추출물은 56.59 mg/GAE g으로 나타났다고 하여 본 연구와 비교할 때 유사한 경향이 있었다. Ko 등(2012)의 비타민나무열매 추출물의 DPPH 라디칼 소거능이 0.1 mg/mL에서 45.89%를 나타내었다는 보고와는 다소 차이를 보였으며, 이는 시료의 출처와 추출조건의 차이에 의한 것으로 판단된다. 본 실험 결과, 항산화 활성이 높은 비타민나무열매가루를 이용하여 식빵을 제조할 경우 식빵의 항산화능을 부여할 수 있을 것으로 예상된다.

2. 비타민나무열매가루 첨가 반죽과 식빵의 pH와 산도

비타민나무열매가루를 첨가하여 제조한 반죽의 pH는 Table 3과 같다. 대조구의 pH는 5.09이었으며 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가할수록 pH는 4.82에서 4.20으로 유의적으로 감소하였다($p < 0.001$). 반면, 산도는 비타민나무열매가루의 첨가량이 높아질수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 비타민나무열매가루의 pH는 2.33정도이며, 대조구의 pH는 5.09로 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가할수록 반죽의 pH가 감소하는 것은 pH가 낮은 비타민나무열매가루의 영향으로 판단된다. 이는 유기산 함량이 높은 사과즙을 첨가한 식빵 반죽에서 사과즙의 첨가량과 발효시간이 증가할수록 pH가 감소하였다는 Cha 등(2019)의 연구 결과와 한라봉 분말을 첨가한 반죽과 식빵의 pH는 감소하였고, 총산도가 증가하였다는 Bing & Chun(2013)의 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 식빵의 pH를 측정한 결과(Table 5), 반죽의 pH와 유사하게 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가할수록 대조구의 pH는 5.23에서 비타민나무열매가루 첨가 식빵의 pH는 각각 5.07, 5.01, 4.85으로 유의적으로 감소하였다($p < 0.01$).

Table 3. pH and total titratable acidity(TTA) of white pan bread added with different levels of sea buckthorn berry powder

	Control	SBBP-1	SBBP-3	SBBP-5	F-value
pH	5.09±0.05 ^a	4.82±0.03 ^b	4.42±0.04 ^c	4.20±0.05 ^d	369.90 ^{***}
TTA (%)	1.97±0.06 ^d	2.33±0.06 ^c	2.63±0.06 ^b	2.83±0.06 ^a	128.25 ^{***}

SBBP-1: white pan bread added with 1% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-3: white pan bread added with 3% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-5: white pan bread added with 5% (w/w) sea buckthorn berry powder.

Each values represent mean±standard deviation (n=3).

***Significant at $p<0.001$.

^{a-d} Superscripts sharing a common upper case letter in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

3. 비타민나무열매가루 첨가 식빵 반죽의 발효팽창력

비타민나무열매가루를 첨가하여 제조한 반죽의 발효팽창력 변화를 측정된 결과(Table 4), 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가할수록 발효팽창력이 감소하였다. 발효 15분부터 대조구에 비해 비타민나무열매가루를 첨가한 실험구의 발효팽창력이 유의적으로 감소하였으며($p<0.05$), 발효 30분부터는 실험구와 대조구 간에 차이가 점차 커지면서 발효 45분에는 대조구 66.33 mL에 비해 실험구는 비타민나무열매가루의 첨가비가 증가할수록 59.33~54.00 mL로 발효팽창력이 감소하였다($p<0.001$). 또한, 60분, 75분 및 90분에서도 대조구에 비해 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가함에 따라 71.33~63.00 mL($p<0.001$), 76.67~66.67 mL($p<0.001$), 81.67~73.6 mL($p<0.01$)으로 유의적으로 감소하였다. 빵의 팽창력에 영향을 주는 요인은 이스트의 양, 당류의 첨가여부, 반죽의 온도, 삼투압, 단백질 함량, 부재료의 첨가 여부 등으로 알려져 있다(Kim 등 1999; Kim 등 2019). Cha 등(2019)은 사과즙을 첨가한 반죽의 발효팽창력이 감소하였으며, 이는 사과즙이 반죽

내의 효모의 활성을 억제하여 CO₂ 가스의 발생이 낮아져 반죽내 산의 중화작용이 적어짐으로써 반죽의 팽창력을 감소시킨 것으로 보고하였다. 본 연구에서 부재료로 첨가한 비타민나무열매가 사과즙과 유사하게 작용하여 반죽의 발효팽창력이 감소되었을 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 버찌 분말을 농도별로 첨가한 식빵에서 반죽의 발효팽창력이 감소하였다는 Yoon 등(2010)의 보고와 석류 분말을 첨가한 식빵에서 석류 분말이 이스트 활성을 억제하여 석류 분말이 증가할수록 발효팽창력을 감소하였다는 Shin 등(2008)의 보고와 유사하였다.

4. 비타민나무열매가루 첨가 식빵의 수분함량, 색도 및 조직감

비타민나무열매가루를 첨가한 식빵의 수분함량, 색도 및 조직감 측정결과는 Table 5와 같다. 비타민나무열매가루를 첨가하지 않은 대조구의 수분함량은 42.07%로 나타났으나, 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가함에 따라 43.74%, 44.48%,

Table 4. Dough raising power of dough containing made with different levels of sea buckthorn berry powder

Incubation time (min)	Control	SBBP-1	SBBP-3	SBBP-5	F-value
0	19.67±0.58 ^G	20.00±2.00 ^G	19.67±0.58 ^G	20.33±0.58 ^G	0.24
15	36.33±0.58 ^{aF}	34.33±0.58 ^{bF}	35.33±0.58 ^{abF}	35.33±0.58 ^{abF}	6.00 [*]
30	50.00±2.00 ^{aE}	47.67±1.15 ^{abE}	45.00±1.00 ^{bcE}	42.33±2.52 ^{cE}	10.41 ^{***}
45	66.33±2.52 ^{aD}	59.33±1.15 ^{bD}	56.33±0.58 ^{bcD}	54.00±2.00 ^{cD}	28.67 ^{***}
60	72.00±2.00 ^{aC}	71.33±1.15 ^{aC}	69.67±0.58 ^{aC}	63.00±1.00 ^{bC}	30.53 ^{***}
75	80.33±1.53 ^{aB}	76.67±1.15 ^{bbB}	73.00±2.65 ^{cB}	66.67±1.15 ^{dB}	33.96 ^{***}
90	83.67±2.52 ^{aA}	81.67±1.53 ^{aA}	82.00±2.00 ^{aA}	73.67±3.21 ^{bA}	10.45 ^{**}
F-value	506.53 ^{***}	923.67 ^{***}	788.24 ^{***}	321.33 ^{***}	

SBBP-1: white pan bread added with 1% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-3: white pan bread added with 3% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-5: white pan bread added with 5% (w/w) sea buckthorn berry powder.

Each values represent mean±standard deviation (n=3).

*, **, ***Significant at $p<0.05$, $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

^{a-d}Superscripts sharing a common upper case letter in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{A-G}Superscripts sharing a common upper case letter in the same column are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 5. pH, moisture content and color value of white pan bread added with different levels of sea buckthorn berry powder

		Control	SBBP-1	SBBP-3	SBBP-5	F-value
pH		5.23±0.11 ^a	5.07±0.09 ^b	5.01±0.09 ^b	4.85±0.07 ^c	11.34 ^{**}
Moisture content (%)		42.07±0.89 ^b	43.74±1.25 ^a	44.48±0.40 ^a	44.66±0.55 ^a	5.55 [*]
Crust color	L	54.52±1.08	56.63±4.06	57.66±2.79	52.06±4.12	1.74
	a	9.17±0.29	9.45±0.66	9.59±0.61	10.05±0.64	1.18
	b	17.71±0.95	19.49±1.60	18.15±1.02	18.74±1.74	0.94
Crumb color	L	68.11±1.84 ^a	65.13±0.32 ^a	64.91±0.63 ^a	59.54±4.35 ^b	6.70 [*]
	a	-1.39±0.11 ^b	-0.84±0.04 ^b	1.57±0.56 ^a	1.93±0.10 ^a	99.26 ^{***}
	b	7.86±0.92 ^c	10.14±0.78 ^b	10.91±0.75 ^b	12.52±0.81 ^a	16.79 ^{**}

SBBP-1: white pan bread added with 1% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-3: white pan bread added with 3% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-5: white pan bread added with 5% (w/w) sea buckthorn berry powder.

Each values represent mean±standard deviation (n=3).

^{*}, ^{**}, ^{***} Significant at $p<0.05$, $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

^{a-d}Superscripts sharing a common upper case letter in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

L: lightness (100=white, 0=black), a: redness (100=red, -80=green), b: yellowness (70=yellow, -70=blue).

44.66%로 높아지는 경향을 보이며 유의적인 차이를 보였다 ($p<0.05$). 이와 같은 결과는 한라봉 분말을 첨가한 식빵의 수분함량과 수분 활성도가 대조구에 비하여 증가하였다고 보고한 Bing & Chun(2013)의 연구 결과와 유사하였다.

비타민나무열매가루 첨가량에 따른 식빵의 외부와 내부 변화를 Fig. 1에 나타내었으며, 색도 측정 결과는 Table 5에 나타내었다. 비타민나무열매가루 첨가 식빵의 색도에서 겉질 즉, 외부의 명도값인 L은 감소하고 적색도와 황색도 값인 a와 b는 각각 증가하였으나, 시료간의 유의적 차이는 없었다.

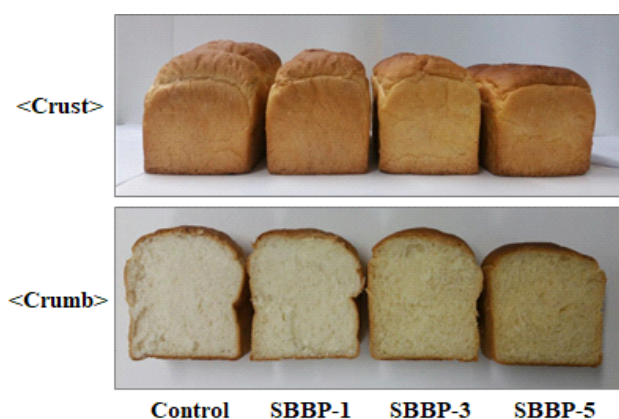


Fig. 1. Internal appearance of white pan bread added with different levels of sea buckthorn berry powder. SBBP-1: white pan bread added with 1% (w/w) sea buckthorn berry powder. SBBP-3: white pan bread added with 3% (w/w) sea buckthorn berry powder. SBBP-5: white pan bread added with 5% (w/w) sea buckthorn berry powder.

그러나, 대조구에 비해 비타민나무열매가루 첨가량이 증가함에 따라 명도는 유의적으로 감소하였으며($p<0.05$), 적색도($p<0.001$)와 황색도($p<0.01$)는 유의적으로 증가하였다. 열풍 건조 부추 분말을 첨가한 식빵이 무첨가구에 의해 명도가 감소하였다는 Kim YM(2018)의 보고와 아로니아 분말을 첨가할수록 명도가 감소하였다는 Yoon 등(2014) 및 사과즙 함량이 증가할수록 식빵의 외부와 내부 모두 명도가 감소하였다는 Cha 등(2019)의 보고를 미루어볼 때 첨가하는 재료에 의하여 색도에 영향을 끼침을 알 수 있었다. Lee SH(2015)는 분말 자체가 가지고 있는 색으로 인하여 색도에 영향을 주었다고 하였으며, 분말 첨가로 인하여 첨가되는 재료의 단백질 및 당 성분이 복합 반응하여 생성된 갈변물질로 인하여 색도에 영향을 준다고 하였다. 본 연구에서 사용한 밀가루의 색도는 명도 90.20, 적색도 0.35, 황색도 7.89이었고, 비타민나무열매가루 색도는 명도 75.59, 적색도 5.28, 황색도 32.77로 조사되었는데, 비타민나무열매가루의 함량이 증가할수록 식빵의 명도는 어두워지고, 적색도와 황색도는 증가하는 것으로 나타나서 이는 비타민나무열매가루의 carotenoid계 색소로 인해 영향을 받았을 것으로 사료된다(Andersson 등 2009; Criste 등 2020).

비타민나무열매가루를 첨가한 식빵의 조직감 측정결과는 Table 6과 같다. 경도(Hardness)와 씹힘성(Chewiness)에서는 각각 대조구 67.33 g과 66.62를 나타내었고 비타민나무열매가루 5% 첨가구는 98.33 g($p<0.001$)과 94.81($p<0.05$)로 대조구에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가할수록 경도와 씹힘성은 증가하였으나, 비타민나무열매가루 1%와 3% 첨가구는 대조구와 유의적인 차이

Table 6. Texture properties of white pan bread added with different levels of sea buckthorn berry powder

	Control	SBBP-1	SBBP-3	SBBP-5	F-value
Hardness (g)	67.33±5.77 ^b	68.67±8.33 ^b	78.00±5.29 ^b	98.33±4.04 ^a	16.72 ^{***}
Gumminess (g)	20.44±7.29 ^b	24.73±3.85 ^b	47.31±5.36 ^a	58.34±6.50 ^a	28.33 ^{**}
Cohesiveness	0.46±0.09	0.46±0.05	0.44±0.13	0.42±0.16	0.93
Chewness (gmm)	66.62±5.59 ^b	68.93±9.08 ^b	74.05±5.71 ^b	94.81±14.37 ^a	5.62 [*]
Springness (mm)	4.21±0.23	4.48±0.47	4.83±1.82	4.88±0.61	0.30

SBBP-1: white pan bread added with 1% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-3: white pan bread added with 3% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-5: white pan bread added with 5% (w/w) sea buckthorn berry powder.

Each values represent mean±standard deviation (n=3).

^{*}, ^{**}, ^{***} Significant at $p<0.05$, $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

^{a-d}Superscripts sharing a common upper case letter in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

는 없었다. 검성(Gumminess)에서는 대조구가 20.44 g으로 가장 낮았으며, 비타민나무열매 3%와 5% 첨가구는 각각 47.31 g과 58.34 g으로 유의적으로 차이가 있음을 확인하였다 ($p<0.01$). 탄력성(Springiness)은 비타민나무열매가루 첨가량에 따라 증가하였으나 유의적 차이는 나타내지 않았다. 반면, 응집성(Cohesiveness)은 대조구가 0.46으로 가장 높았고, 비타민나무열매가루 첨가량이 증가할수록 0.46-0.42로 감소하는 경향을 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다. 이는 비타민나무열매가루 첨가에 의해 반죽의 발효팽창력(Table 4)의 감소로 인하여 빵의 기공이 작아지고 밀집도가 높아져 경도, 검성, 씹힘성, 탄력성은 높아지고 응집성이 떨어지는 것으로 판단된다. Labensky 등(2005)에 의하면 식빵의 조직감은 첨가되는 부재료의 성질과 양에 따라 달라지는 경향을 보이며, 특히 경도는 수분함량, 기공의 조밀도, 부피, 이스트 양, 발효 시간, 성형기술과 소금의 양에 따라 영향을 받는다고 한다. 이와 같은 결과는 사과즙을 첨가할수록 식빵의 경도와 씹힘성, 검성이 증가하였다는 Cha 등(2019)의 보고와 썩부쟁이 분말을 첨가한 식빵의 경도가 증가하였다는 Kim 등(2016)

의 보고 및 감자즙을 첨가한 식빵의 경도 및 검성이 증가하였다는 Han 등(2004)의 보고와 유사한 결과이다.

비타민나무열매가루 첨가 식빵의 조직감과 색도를 연관지어 살펴보면, 비타민나무열매가루를 첨가하지 않은 대조구에 비하여 비타민나무열매가루 5% 첨가구는 경도, 검성, 탄력성, 씹힘성의 조직감과 명도, 적색도, 황색도의 색도에서 유의적으로 제일 높은 값을 나타내었다. 반면, 비타민나무열매가루 1%와 3% 첨가구는 대조구에 비하여 조직감과 색도의 각 항목에서 증가하는 경향을 보였으나, 유의미한 차이는 나타내지 않았다.

5. 비타민나무열매가루 첨가 식빵의 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성 측정

비타민나무열매가루 첨가 식빵의 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성을 측정한 결과는 Table 7과 같다. SBBP-1은 4.61 mg GAE/g, SBBP-3 10.85 mg GAE/g, SBBP-5 16.14 mg GAE/g으로 나타났으며, 비타민나무열매가루 첨가량이 증가할수록 첨가하지 않은 대조구(1.68 mg GAE/g)에 비하여 각각 2.76

Table 7. Total polyphenol content and antioxidant activity of added with different levels of sea buckthorn berry powder

	Control	SBBP-1	SBBP-3	SBBP-5	F-value
Total polyphenol contents (mg GAE/g)	1.67±0.59 ^d	4.60±0.60 ^c	10.85±1.22 ^b	16.14±1.05 ^a	122.65 ^{***}
DPPH radical scavenging activity (%)	6.22±2.09 ^c	9.02±1.98 ^c	17.78±1.32 ^b	26.86±0.75 ^a	98.57 ^{***}
ABTS radical scavenging activity (%)	10.35±1.70 ^d	15.40±1.24 ^c	28.44±2.33 ^b	42.52±1.69 ^a	204.65 ^{***}
Reducing power (Absorbance 700 nm)	0.009±0.00 ^d	0.061±0.00 ^c	0.141±0.00 ^b	0.260±0.01 ^a	1,040.85 ^{***}

SBBP-1: white pan bread added with 1% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-3: white pan bread added with 3% (w/w) sea buckthorn berry powder.

SBBP-5: white pan bread added with 5% (w/w) sea buckthorn berry powder.

Each values represent mean±standard deviation (n=3).

^{***}Significant at $p<0.001$.

^{a-d}Superscripts sharing a common upper case letter in the same row are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

배, 6.49배, 9.66배로 유의적으로 높아졌다($p < 0.001$). Yoon 등 (2014)은 아로니아 분말을 첨가한 식빵이 대조구에 비하여 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 하였으며, Kim 등(2016)은 썩부쟁이 분말을 첨가할수록 식빵의 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 하였는데 이는 아로니아 또는 썩부쟁이 원료 자체의 총 폴리페놀 함량이 높아 식빵에도 영향을 준 것으로 보고하였다. 비타민나무열매를 첨가한 식빵에서도 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가하였는데, 앞에서 언급하였듯이 catechin, rutin, quercetin과 같은 다양한 폴리페놀물질들을 가지고 있는 비타민나무열매 원료 자체의 총 폴리페놀의 함량이 식빵의 총 폴리페놀 함량에 영향을 주었을 것으로 판단된다.

비타민나무열매가루 첨가량에 따른 식빵의 항산화 활성 측정 결과, 비타민나무열매가루 첨가량이 증가할수록 항산화 활성을 나타내는 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.001$). 즉, DPPH 라디칼 소거능에서는 무첨가의 식빵의 경우 DPPH 라디칼 소거능은 6.22%에 비하여 비타민나무열매가루를 1%, 3%, 5% 함량별로 첨가한 식빵은 각각 9.02%, 17.78%, 26.86%로 농도 의존적으로 활성이 증가하였다($p < 0.001$). 또한, ABTS 라디칼 소거능에서도 대조구는 10.35%인 반면에 비타민나무열매가루를 첨가한 식빵에서는 각각 15.40%, 28.44%, 42.52%로 나타나, 대조구 대비 1.49배, 2.75배, 4.11배로 높은 소거능을 나타내었다($p < 0.001$). 이는 앞에서 언급하였던 것처럼 비타민나무열매가루의 DPPH 라디칼 소거능은 70.94%와 ABTS 라디칼 소거능 90.80%로 매우 높았으며, 비타민나무열매가루에 존재하는 항산화물질이 비타민나무열매 함유 식빵의 항산화능에 기여한 것을 알 수 있다. Yoon 등(2014)은 아로니아 분말의 첨가량이 높아질수록 식빵의 총 폴리페놀 함량과 더불어 DPPH 라디칼 소거능이 증가한다고 보고한 것과 유사하였다.

비타민나무열매가루를 첨가한 식빵의 환원력(reducing power)을 측정한 결과, 비타민나무열매가루를 첨가하지 않은 대조구는 0.009로 가장 낮았고, 비타민나무열매가루를 5% 첨가한 시료구는 0.260으로 가장 높게 나타났다. 즉, 비타민나무열매가루 첨가량이 증가할수록 환원력도 DPPH 라디칼 소거활성 및 ABTS 라디칼 소거활성과 동일하게 증가하였다($p < 0.001$). 이것은 식빵 자체는 환원력이 없으나 비타민나무열매가루(환원력 1.090) 첨가로 인하여 식빵의 환원력이 증가한 것으로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 비타민나무열매가루의 식품소재로서의 이

용가능성을 살펴보기 위해서 비타민나무열매가루를 1%, 3%, 5%의 비율로 첨가한 식빵의 품질 특성과 항산화 활성을 평가하였다. 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가할수록 반죽의 pH와 발효 팽창력이 감소하였고, 비타민나무열매가루 첨가에 의해 식빵의 pH는 유의적으로 감소하였다. 수분함량은 대조구에 비하여 비타민나무열매 첨가에 따라 증가하였으나, 시료구간의 차이는 없었다. 그리고 비타민나무열매가루의 첨가량에 따라 식빵 외부(crust)의 색도는 큰 변화가 없었으나, 내부(crumb)는 명도는 감소하고 적색도와 황색도는 유의적으로 증가하였다. 식빵의 조직감은 비타민나무열매가루의 첨가량이 증가할수록 경도, 씹힘성, 검성은 유의적으로 증가하였고, 응집성은 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다. 비타민나무열매가루를 첨가한 식빵의 총 폴리페놀 함량은 대조구(1.67 mg GAE/g)에 비하여 4.60~16.14 mg GAE/g으로 유의적으로 높았으며, 항산화 활성에서도 비타민나무열매가루 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능은 대조구 대비 9.02%, 17.78%, 26.86%, ABTS 라디칼 소거능에서도 대조구 대비 15.40%, 28.44%, 42.52%로 유의적으로 높았다. 이상의 결과들을 종합해 보았을 때, 비타민나무열매가루의 첨가량을 5% 첨가하는 것이 식빵의 항산화 활성 증가에 도움이 되지만 색도와 조직감에 있어서는 3% 이내로 첨가하는 것이 식빵의 품질 저하에 영향을 미치지 않았으므로 식빵 제조시 비타민나무열매가루를 3% 이내로 첨가하는 것이 가장 적합한 것으로 보인다. 또한, 비타민나무열매가루 첨가로 인한 식빵의 항산화 활성 등이 향상되었으므로 베이커리를 비롯한 다양한 분야에서 비타민나무열매가루가 식품소재로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

References

- Andersson SC, Olsson ME, Johansson E, Rumpunen K. 2009. Carotenoids in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries during ripening and use of pheophytin a as a maturity marker. *J Agric Food Chem* 57:250-258
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16th ed. pp.69-74. Association of Official Analytical Communities
- Asheesh G, Ratan K, Karan P, Banerjee PK, Sawhney RC. 2005. A preclinical study of the effects of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaf extract on cutaneous wound healing in albino rats. *Int J Low Extremity Wounds* 4:88-92
- Bernáth J, Földesi D. 1992. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.): A promising new medicinal and food crop. *J Herbs Spices Med Plants* 1:27-35

- Bing D, Chun SS. 2013. Quality and consumer perception of white bread baked with *Hallabong* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:306-312
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Cha SH, Shin N, An H, Yoo DI, Kim DI, Hyun TK, Jang KI. 2019. Quality and antioxidant properties of bread added with 'Fuji' apple juice. *Korean J Food Nutr* 32:98-105
- Chen Y, Jiang Z, Qin WL, Ni MN, Li XL, He YR. 1990. Chemical composition and characteristics of sea buckthorn fruit and its oil. *Chem Ind For Prod* 10:163-175
- Criste A, Urcan AC, Bunea A, Furtuna FRP, Olah NK, Madden RH, Corcionivoschi N. 2020. Phytochemical composition and biological activity of berries and leaves from four romanian sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) varieties. *Molecules* 25:1170
- Das L, Raychaudhuri U, Chakraborty R. 2012. Supplementation of common white bread by coriander leaf powder. *Food Sci Biotechnol* 21:425-433
- Dewettinck K, Van Bockstaele F, Kühne B, Van de Walle D, Courtens TM, Gellynck X. 2008. Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *J Cereal Sci* 48:243-257
- Ganju L, Padwad Y, Singh R, Karan D, Chanda S, Chopra MK, Bhatnagar P, Kashyap R, Sawhney RC. 2005. Anti-inflammatory activity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) leaves. *Int Immunopharmacol* 5:1675-1684
- Geetha S, Sai Ram M, Singh V, Ilavazhagan G, Sawhney RC. 2002. Antioxidant and immunomodulatory properties of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*): An *in vitro* study. *J Ethnopharmacol* 79:373-378
- Guan TT, Cenkowski S, Hydamaka A. 2005. Effect of drying on the nutraceutical quality of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L. ssp. *sinensis*) leaves. *J Food Sci* 70:E514-E518
- Han GP, Lee KR, Han JS, Kozukue N, Kim DS, Kim JA, Bae JH. 2004. Quality characteristics of the potato juice added functional white bread. *Korean J Food Sci Technol* 36:924-929
- Jo MJ, Kim YA, Lee SC. 2016. Preparation and evaluation of physiological activity of white bread containing Korean blue mussel. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:1623-1629
- Kim DH, Hong KN, Lim YK, Cha SH, Ryu JE, Cho JH, Kim DI, Yoo DI, Jang KI. 2016. Quality and antioxidant properties of Tofu coagulated with 'Tsugaru' apple (*Malus domestica* Borkh) juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:1130-1137
- Kim JE, Chae KY, Park SN. 2011. Antioxidative and inhibitory activities on tyrosinase of *Hippophae rhamnoides* leaf extracts. *J Soc Cosmet Sci Korea* 37:265-273
- Kim SG, Jo NG, Kim YH. 1999. Science of Confectionery and Bakery. pp.119-120. BnC World
- Kim Y, Kim I, Jeong Y. 2019. Quality characteristics of white pan bread added with *Tenebrio molitor* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:253-259
- Kim YM. 2018. Quality characteristics of white bread using hot-air-dried leek powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:1320-1326
- Kim YN, Kim KM, Park MH, Kim KH, Im SH, Park YH. 2009. Analysis of chemical composition and *in vitro* anti-oxidant properties of extracts from sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*). *J Appl Biol Chem* 52:58-64
- Ko MS, Lee HJ, Kang MJ. 2012. Antioxidant activities and whitening effects of extracts from *Hippophae rhamnoides* L. *J East Asian Soc Diet Life* 22:812-817
- Ko SH, Bing DJ, Chun SS. 2013. Quality characteristics of white bread manufactured with *Shinan seomcho* (*Spinacia oleracea* L.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:766-773
- Labensky SR, Martel P, van Damme E. 2005. On Baking: A Textbook of Baking and Pastry Fundamentals. pp.50-52. Pearson-Prentice Hall
- Lee HJ, Jung SI, Hwang YI. 2009. Characteristics and preservation of the plain bread added with onion juice. *J Life Sci* 19:781-786
- Lee SH. 2015. Quality and antioxidant properties of white breads enhanced with broccoli (*Brassica oleracea* L.) powder. *Korean J Food Cookery Sci* 31:614-622
- Lee SY, Shon JY, Kang KO. 2018. Nutritional components and antioxidant activities of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaf and berry extracts. *J East Asian Soc Diet Life* 28:31-39
- Negi PS, Chauhan AS, Sadia GA, Rohinishree YS, Ramteke RS. 2005. Anti-oxidant and antibacterial activities of various seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed extracts. *Food Chem* 92:119-124
- Oh WG, Kim JH, Lee SC. 2011. Preparation and characterization of white bread with sweet persimmon. *J Korean Soc Food*

- Sci Nutr* 40:253-258
- Park LY. 2015. Effect of *Houttuynia cordata* Thunb. powder on the quality characteristics of bread. *Korean J Food Sci Technol* 47:75-80
- Park YH, Lim SH, Ham HJ, Jeong HN, Lee KJ, Kim KH, Kim S. 2010. Comparison of biological activities from different parts of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:975-979
- 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 Radical Biol Med* 26:1231-1237
- Rousi A. 1971. The genus *Hippophaë* L. A taxonomic study. *Ann Bot Fenn* 8:177-227
- Shin SR, Shin S, Shin GM. 2008. Quality characteristics of white pan bread by pomegranate with added pomegranate powder. *Korean J Food Nutr* 21:492-498
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299:152-178
- Tae MH, Kim KH, Yook HS. 2015. Quality characteristics of bread with burdock (*Arctium lappa* L.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1826-1831
- Tiffany TYG, Stefan C, Arnie H. 2005. Effect of drying on the nutraceutical quality of sea buckthorn leaves. *J Food Sci* 70:514-518
- Xing J, Yang B, Dong Y, Wang B, Wang J, Kallio HP. 2002. Effects of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) seed and pulp oils on experimental models of gastric ulcer in rats. *Fitoterapia* 73:644-650
- Yang ZG, Li HR, Wang LY, Li YH, Lu SG, Wen XF, Wang J, Daikonya A, Kitanaka S. 2007. Triterpenoids from *Hippophae rhamnoides* L. and their nitric oxide production inhibitory and DPPH radical-scavenging activities. *Chem Pharm Bull* 55:15-18
- Yoon HS, Kim JW, Kim SH, Kim YG, Eom HJ. 2014. Quality characteristics of bread added with aronia powder (*Aronia melanocarpa*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:273-280
- Yoon MH, Jo JE, Kim DM, Kim KH, Yook HS. 2010. Quality characteristics of bread containing various levels of flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. *spontanea* Max. Wils.) fruit powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1340-1345

Received 22 June, 2020

Revised 17 September, 2020

Accepted 22 September, 2020