

차전자피 분말을 첨가한 식빵의 저장중 노화에 미치는 영향

전소현¹ · 김다희² · 김수진² · 김미리^{3*}

¹충남대학교 식품영양학과 박사과정, ²충남대학교 식품영양학과 석사과정, ³충남대학교 식품영양학과 교수

Effects of Bread Added with psyllium Husk Powder on Aging during Storage

So Hean Jeon¹, Da Hee Kim², Su Jin Kim² and Mee Ree Kim^{3*}

¹Ph. D. Student, Dept. of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

²Master Student, Dept. of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

³Professor, Dept. of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the storage quality characteristics of white bread supplemented with psyllium husk powder (0, 2.5, 5.0, 7.5, 10, and 15%) during storage at 4°C for 5 days. During the entire storage period, moisture content was higher in bread containing with added psyllium husk powder compared with the control bread. Textural properties analysis according to TPA (texture profile analysis) showed that the hardness of the control group maintained a lower gap than breads with added psyllium husk powder during the entire storage period. Moreover, DSC (differential scanning calorimetry) results show that the ΔH (crystal melting enthalpy) of bread containing psyllium husk powder was lower than that of control bread, which indicates the slowing down of retrogradation. The total phenolic content increased with increasing amount of psyllium husk powder. Antioxidant activities, such as hydroxyl radical scavenging activity, of white bread containing psyllium husk powder increased with increasing amount of psyllium husk powder. The sensory preference test results demonstrated that bread with 5.0% added psyllium husk powder scored higher in terms of overall preference compared to the others. These results suggest that bread added with psyllium husk powder showed delayed retrogradation of bread during storage.

Key words: psyllium husk powder, white bread, TPA, DSC

서 론

차전자피(psyllium husk)는 질경이(*Plantago ovata* Forsskaol)의 성숙한 종자인 차전자의 껍질을 일컫는 말이다. 질경이과에 속한 다년생초본인 질경이는 6개에서 8개의 흑색 종자가 나오며, 종자는 납작한 타원형으로 길이가 2 mm에서 2.5 mm정도이며, 두께는 0.3 mm에서 0.5 mm정도로 바깥면에 광택 있는 갈색 또는 황갈색을 나타내는데, 이 바깥면 부분이 차전자피이다. 차전자피는 생체내 소화효소에 의해 대부분 가수분해되지 않는 난소화성 식이섬유소원으로 장내세균에 의해 이용되므로 에너지 열량이 낮아 저칼로리 식품소재로서 주목받고 있다(Davidson MH 등 1998). 차전자피에 다량 포함된 arabinoxylan 등의 식이섬유는 점도가 높고 수분흡수력이 좋아 물에 넣었을 때 겔과 같은 특성을 띠어 가공식품의 안정제 등에 활용되기도 한다(Thakur VK & Thakur MK 2014).

차전자피의 주요 성분으로는 다량의 점액질, aucubin, polysaccharide, galactan, succinic acid 등이 알려져 있으며 선행 연구에 따르면 차전자피의 aucubin 성분은 제2형 당뇨병 환자의 총 콜레스테롤 농도 저하작용 등 만성 퇴행성 질환에 대해서도 예방 및 치료 효과가 있다는 연구결과가 보고되었다(Anderson JW 등 1999). 이밖에도 차전자피가 함유된 시판용 체지방 감량제만으로 배변상황이 개선되고, 혈청지질 농도가 감소되었으며(Yim MY 등 2002), 차전자피 투여군에서 GPT 및 GOT 등의 혈청 임상생활학적 지표효소 활성이 낮게 나타났다(Hong SS 등 2002). 또한 차전자피의 첨가가 체중을 감소시키고, 변의 건조중량을 유의적으로 증가시켜 부작용없이 배설이 개선된 연구(Hong SS 등 2003)와 같이 생리활성에 관한 선행연구는 많이 진행되고 있다. 그러나 차전자피를 식품에 접목한 국내 연구로는 차전자피를 이용하여 제조한 구운 쌀 도넛의 품질 특성 및 노화 특성 연구(Shin SY 등 2018), 차전자피 분말 및 가식성 코팅에 의한 도넛의 품질 변화(Oh HB 등 2019), 차전자피 함량에 따른 쌀 압출성형물의 물리적 특성(Lee JW & Ryu GH 2019), 차전자피 분말을

* Corresponding author : Mee Ree Kim, Tel: +82-42-821-6837, Fax: +82-42-821-8671, E-mail: mrkim@cnu.ac.kr

첨가한 식류젤리의 품질 특성 연구(Kim HN 2019) 정도로 식품에 차전자피를 접목한 연구가 매우 미흡한 실정이다.

최근 제빵에서 식이섬유에 대한 중요성이 재인식되면서 식이섬유 첨가에 따른 제빵특성에 관한 연구가 진행되고 있으며(Lee HY & Suh SC 2002), 식이섬유를 빵에 첨가하여 제조하는 사례가 증가하고 있다(Alexandrina S 등 2017). 실제로 식이섬유는 빵의 볼륨, 탄력성, 껍질의 부드러움, 견고성을 조절하며(Esphark NS 2016), 낮은 수준의 수용성 식이섬유의 첨가는 반죽의 구조를 강화시키고, 제품의 질을 향상시킨다(Sivam AS 등 2011). 이러한 연구 결과를 근거로 제빵 제품의 노화를 방지하여 저장성을 증가시키고, 항산화 활성을 가진 기능성 소재로 식이섬유가 풍부한 차전자피(PSYLLIUM HUSK)를 첨가한 식빵을 제조하여 차전자피 식이섬유의 높은 수분흡착력이 제품의 품질에 어떠한 영향을 미치는지 연구하고 저장특성을 알아보려고 하였다. 또한 관능평가를 통해 차전자피 첨가 식빵의 적절한 첨가 비율과 제빵의 최적 조건을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 차전자피(Solgar Vitamin & Herb Co., Ltd., New York, NY, USA)는 분말 제품을 시중에서 구매하여 사용하였으며, 강력분(Samyang Flour Mills Co., Ltd., Asan, Korea), 설탕(Samyang Well Food Co., Ltd., Seoul, Korea), 소금(Shinahn Bay Salt Co., Busan, Korea), 버터(Seoulmilk Co.,

Ltd., Seoul, Korea), 분유(Seoulmilk Co., Ltd., Yangju, Korea), 생이스트(Gloripan Co., Ltd., Pyeongtaek, Korea)를 실험재료로 사용하였다.

2. 식빵의 제조

차전자피의 첨가량을 달리한 식빵의 제조에 사용된 반죽의 배합비는 Table 1과 같고, 제조방법은 Fig. 1과 같다. 차전자피 첨가량은 밀가루 100 g 대비 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 15%로 차전자피 첨가량을 달리하여 제조하였고, 차전자피 분말은 차전자피 50 g에 2배의 물을 넣어 불림(수용액을 만들어 침지)과정을 통해 수화 후 사용하였다. 제빵공정은 직접반죽법(straight dough method)에 준하여 차전자피 분말의 적절한 첨가비를 찾기 위해 0~100%까지 첨가량을 다양하게 하여 예비실험과 관능실험을 진행한 후, 결과를 바탕으로 가장 적절했던 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10, 15%로 첨가량을 선정하였다. 믹서기(Model YSM50, 400 × 600 × 1,100, Daeyung Bakery Machinery Co., Ltd., Seoul, Korea)에 넣고 재료를 혼합한 후, 클린업 단계에서 버터를 넣어 최종단계까지 믹싱하여 발효실(Aeromat 1.08, Wachtel, Hilden, Germany)에서 60분간 1차 발효(건열 26°C, 습열 76%)를 하였다. 1차 발효가 끝난 후, 3등분으로 분할하여 둥글리기 한 후 10분간 중간발효를 하고, 성형한 반죽을 식빵팬에 팬닝하여 35분간 2차 발효(건열 36°C, 습열 85%)를 하였다. 오븐(THE PICCOLO II-3, Wachtel, Hilden, Germany)에서 윗불 185°C, 아랫불 160°C에서 30분을 굽고 1시간 방냉하여 완전히 식힌 다음 polyethylene 비닐로 포장하여 저장고(B.O.D incubator, HB-103M, Hanbaek Co.,

Table 1. Formulas of white bread added with different amount of psyllium husk powder

Ingredients (%)	Control ¹⁾	PHP 2.5	PHP 5.0	PHP 7.5	PHP 10	PHP 15
Wheat flour	100	97.5	95.0	92.5	90.0	85.0
Psyllium husk powder	0	2.5	5	7.5	10	15
Salt	2	2	2	2	2	2
Sugar	5	5	5	5	5	5
Butter	4	4	4	4	4	4
Yeast	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
Water	64	72	80	91	105	120
Powdered milk	2	2	2	2	2	2

¹⁾ Control: white bread added with 0% psyllium husk powder.
 PHP 2.5: white bread added with 2.5% psyllium husk powder.
 PHP 5.0: white bread added with 5.0% psyllium husk powder.
 PHP 7.5: white bread added with 7.5% psyllium husk powder.
 PHP 10: white bread added with 10% psyllium husk powder.
 PHP 15: white bread added with 15% psyllium husk powder.

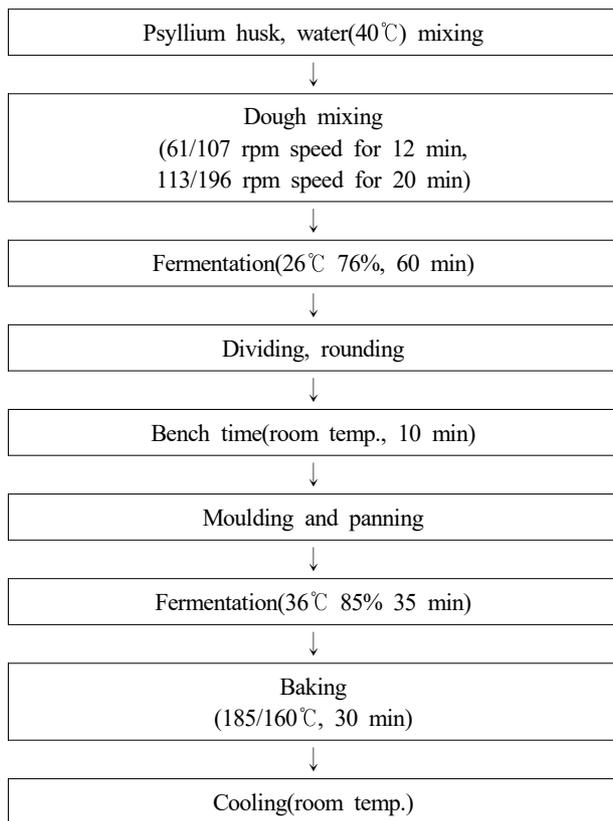


Fig. 1. Formula of white bread added with different levels psyllium husk powder.

Seoul Korea)에서 5일간 $4.0^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 에 저장하면서 실험을 진행하였다.

3. 식빵의 수분

식빵의 수분함량은 후드믹서기(HMF-985, Hanil, Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄하고, 각 시료를 약 1.5 g 취하여 적외선 수분측정기(ISCO, US/Retriever 500, Sartorius, Frankfurt, Germany)를 사용하여 측정하였다. 실험을 3회 반복 측정하고 그 평균값을 구하였다.

4. 식빵의 당도 및 환원당

당도는 시료 5 g에 증류수 45 mL를 넣고 Bag Mixer (Model 400, Interscience, Mourjou, France)의 속도를 7로 하여 2분간 균질화한 후 $4,326.7 \times \text{g}$ 에서 20분간 원심분리하여 취한 상층액을 당도계(N-1E Brix 0~32%, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다.

환원당은 시료 5 g에 증류수 45 mL를 첨가하고 Bag Mixer(Interscience)로 균질화(speed 7, 2 min)한 후 dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법(Miller GL 1959)으로 분광광도계(UV-1800 240V, Beckman, Fullerton, CA, USA)를 사

용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 포도당(Sigma Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 농도별로 반응시켜 작성하였다.

5. 식빵의 기계적 조직감

식빵의 조직감 특성을 알아보기 위하여 Texture analyser (TA/XT2, Stable Micro System Ltd., London, England)를 사용하여 식빵의 crust 부분을 제거 후 crumb 부분만 정사각형 모양(1 cm × 1 cm × 1 cm)으로 깎둑썰기하여 probe를 연속 2회 압착하였을 때 얻어지는 힘-시간 곡선으로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 복원성(resilience)을 측정하였다. 분석 조건은 Pre-test speed 2.0 mm/s, Test speed 0.5 mm/s, Post-test speed 3.0 mm/s, Strain 50.0%, Force 5 g으로 하여 측정하였다.

6. 시차주사열량계(DSC)에 의한 노화도 특성

차전자피 첨가가 식빵의 노화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Kim HJ 등(2013)의 실험방법을 참고하여 시차주사열량계(DSC, Differential Scanning Calorimetry)(DSC1, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)를 통해 노화 특성을 측정하였다. 제빵 직후의 식빵과 4°C 에서 5일 동안 저장한 빵을 동결건조 및 분쇄한 후 standard volume pan(00026763, Mettler Toledo)에 분쇄한 샘플 2 μg 과 증류수 8 μL 를 넣고 수분이 증발하지 않도록 sample sealing press(Mettler Toledo)에 넣고 밀봉하였다. 이때 시료는 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 속도로 15°C 에서 90°C 까지 가열하였으며, sensitivity는 $0.04 \mu\text{W}$ 로 하였고, endothermic peak의 면적(ΔH) 및 호화개시온도(T_0), 최고호화온도(T_P), 호화완료온도(T_C)는 STARe Software(Mettler Toledo, Toledo, OH, USA)로 분석하였다.

7. 총 페놀 함량

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's phenol reagent가 페놀성 화합물에 의해 몰리브덴 청색으로 환원되는 원리로 측정하였다(Singleton VL 등 1999). 시료 1.5 g에 메탄올 25 mL를 넣고 12시간 동안 교반하여 3,000 rpm으로 4°C 에서 10분간 원심 분리하여(Hanil) 얻어진 상층액을 증발농축기(EYELA SB-1000, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 용매를 휘발하여 추출액만 얻었다. 각각 추출물 200 mg에 메탄올을 2 mL 넣어 100 mg/mL 농도의 추출물 용액을 시료 용액으로 사용하여 측정하였다. 시료 100 μL 에 증류수 100 μL 와 0.2 N Folin-Ciocalteu's reagent 1 mL를 넣고 5분간 반응시킨 후 7.5% Na_2CO_3 800 μL 를 넣고 빛을 차단하여 30분간 반응시키고, 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 검량선은 포화

tannic acid(Yakuri Pure Chemicals Co., Kyoyo, Japan)를 사용하였다.

8. DPPH 라디칼 소거능

항산화 활성을 가지는 물질과 만나면 항산화 물질이 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)의 라디칼을 소거시켜 탈색되는 점을 이용하여 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정하는 방법이다. 총 페놀의 시료와 동일한 방법으로 추출하여 200 mg/mL 농도로 희석한 추출물 용액을 시료 용액으로 사용하여 측정하였다. 농도별로 희석한 시료용액 50 μ L에 1.5×10^{-4} mM DPPH 용액 150 μ L를 넣고 빛을 차단하여 30분 동안 반응시킨 후 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능(%)을 아래 식으로 계산하고, 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 DPPH 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀ 값을 구하였다(Blois MS 1958).

$$\text{Free radical scavenging effect(\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

9. 식빵의 관능적 특성

차전자피 분말을 첨가한 빵에 대한 기호도 관능검사와 강도 관능검사를 평가하였다. 기호도 검사는 평가항목으로 전반적인 외관, 냄새, 맛, 조직감, 전체적인 기호도, 구입의향에 대하여 9점 척도(1점 매우 싫다, 9점 매우 좋다)를 사용하여 충남대학교 식품영양학과 학생 10명과 30~40대 주부 10명을 대상으로 관능평가를 실시하였다.

강도특성은 충남대학교 식품영양학과 대학원생과 학부생 중에서 검사방법 및 관능적 품질 특성에 대한 교육과 예비검사를 통해 참여 의지가 강하고 적극적인 성격을 보인 12명을 최종적인 관능검사원으로 선정하였다. 이들에게 식빵의 외

관, 향미, 맛, 텍스처 특성에 대한 일련의 묘사용어에 대한 정의를 전달하고, 식빵의 특성 및 평가방법이 익숙해질 수 있도록 훈련하였다. 관능적 평가특성은 모두 11가지로 시료는 외관특성을 평가하기 위해서는 식빵 한 조각 전체를 접시에 담아 제시하였고, 나머지 향미, 맛, 텍스처 특성을 평가하기 위한 시료는 빵의 안쪽부분을 $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ 크기로 잘라 세 자리 난수를 표기한 일회용 접시에 담아 폴리에틸렌 랩으로 덮어서 제시하였고, 다음 시료 평가에 미치는 영향을 줄이기 위해 따뜻한 물과 함께 제공하였다. 두 가지 관능검사는 0일, 1일, 3일, 5일 실시하였다.

10. 통계처리

본 연구의 모든 결과는 SPSS 24.0(Statistical Package for Social Science, IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 나타내었다. 실험결과는 기술통계를 통해 ‘평균±표준편차’로 나타내었으며, 각 시료 간의 유의성 검정을 위해서는 분산분석(ANOVA)을 이용하여 유의성이 있는 경우 Duncan의 다중범위 검정(Duncan’s multiple range test)으로 시료간의 유의차($p < 0.05$)를 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 식빵의 수분함량

차전자피 분말을 첨가한 식빵을 4°C에서 5일간 저장하며, 수분함량 값을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 제조 직후 수분함량은 대조군이 44.39%, 2.5% 44.97%, 5.0% 47.52%, 7.5% 49.64%, 10% 51.92%, 15% 54.18%로 유의적인 증가를 보였고, 15% 첨가군의 수분함량이 가장 높았다($p < 0.05$). 저장기간이 길어질수록 수분함량은 감소하였으나, 저장 5일차에 수분함량은 대조군이 33.47%, 첨가군은 38.30~50.03%로

Table 2. Moisture content of white bread added with different amount of psyllium husk powder during storage

Storage day	Psyllium husk powder contents (PHP, %)					
	Control ¹⁾	PHP 2.5	PHP 5.0	PHP 7.5	PHP 10	PHP 15
0	44.39±0.23 ^{2)A3)d4)}	44.97±0.49 ^{Ad}	47.52±0.73 ^{Ac}	49.64±0.36 ^{Ab}	51.92±0.39 ^{Aa}	54.18±0.27 ^{Aa}
1	42.30±0.38 ^{Ac}	42.99±0.87 ^{Bd}	45.19±1.60 ^{Bc}	47.20±1.17 ^{ABb}	49.86±1.62 ^{Ba}	53.95±0.13 ^{Aa}
2	39.90±0.30 ^{Bd}	40.93±0.50 ^{Cd}	43.45±0.86 ^{Bcc}	45.18±1.00 ^{BCb}	47.86±1.01 ^{Ca}	53.68±0.83 ^{Aa}
3	37.87±0.68 ^{Bd}	39.79±0.87 ^{CDc}	42.53±0.66 ^{Cb}	43.54±2.46 ^{Cab}	45.38±0.19 ^{Da}	51.70±0.52 ^{Ba}
5	33.47±2.61 ^{Cc}	38.30±1.34 ^{Db}	39.95±1.26 ^{Dab}	40.33±1.65 ^{Dab}	42.56±0.87 ^{Ea}	50.03±2.93 ^{Ba}

1) Refer to Table 1.

2) All values are Mean±S.D.

3) A~E Different superscripts in the same column are significantly different by Duncan’s multiple range test at $p < 0.05$.

4) a~e Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan’s multiple range test at $p < 0.05$.

차전자피 첨가량이 증가할수록 저장기간 중 수분함량이 높게 나타났다. 저장 5일에 대조군과 첨가군들 간의 수분함량은 제조 직후보다 대조군 10.92%, 15% 첨가군 4.15% 감소하여 15% 첨가군에서 수분감소율이 가장 작게 나타났으며, 시료 제조시 시료별 수분량의 차이로 차전자피 분말 첨가군은 일정한 경향을 보이지는 않았다. 이는 차전자피 첨가로 식이섬유의 수분결합력이 높아져서 겔화됨에 따라 저장 시 보습을 유지하고 수분감소를 저하시키기 때문에, 수분증발량은 차전자피 첨가량에 따라 점차 감소하는 경향을 보이는 것으로 사료된다. 이러한 결과는 cellulose를 화학적으로 처리하여 얻은 유도체 HPMC를 첨가한 쌀빵(Kim MY 등 2009), 차전자피 쌀 도넛의 수분함량 연구(Shin SY 등 2018)와 유사함을 볼 수 있었다. Chen H 등(1988)은 식품에 함유되어 있는 식이섬유가 글루텐과 상호작용으로 인하여 혼합물의 보습에 영향을 미친다고 보고하였다. 이와 관련하여 차전자피에 들어있는 87.15%의 식이섬유가 수분함량 감소에 영향을 미친 것으로 보이며, 저장기간 동안 모든 시료군에서 수분함량이 감소되는 현상은 저장기간중 crumb에서 crust부분으로 이동된 수분이 대기 중으로 손실됨으로써 나타나는 것으로 보인다. 차전자피 분말을 첨가한 경우, 대조군보다 수분의 감소 경향이 적게 나타났는데, 이는 차전자피 분말이 갖고 있는 높은 수분흡수율과 빵에서의 수분보유력이 미치는 효과로 보여진다. 빵의 수분함량은 빵의 촉촉함과 부드러운 질감,

부스러짐 등에 영향을 주어 빵의 맛을 평가하는데 중요한 요소가 되는데(Kim SB 등 2020), 차전자피 분말 첨가 시에 수분함량의 감소가 적어 저장 중에도 식빵의 질감을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 식빵의 당도 및 환원당

차전자피 분말을 첨가한 식빵을 4°C에서 5일간 저장하여 측정된 당도와 환원당은 Table 3과 같다. 당도는 제조 직후 대조군에서는 0.80 °Brix이고, 차전자피 첨가량이 증가함에 따라 0.78 °Brix, 0.76 °Brix, 0.72 °Brix, 0.69 °Brix로 점차 감소하였고, 7.5%와 10% 첨가군에서는 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 제조과정 중 시료의 설탕량은 동일하였으나, 수분 첨가량이 차전자피 첨가량에 비례하여 증가됨에 따라 당도가 감소되었을 것으로 보인다. 저장 5일차 당도는 대조군에서 0.01 °Brix 감소하였고, 15% 첨가군에서는 0.07 °Brix 증가되었다. 환원당은 제조직후 대조군은 0.39%, 차전자피 분말 첨가량이 증가함에 따라 0.36%, 0.33%, 0.26%, 0.18%, 0.14%로 유의적인 감소를 보였다($p < 0.05$). 저장기간이 길어짐에 따라 환원당은 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$), 저장 5일차에는 대조군과 2.5% 첨가군은 0.50%로 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 5%에서 15% 첨가군에선 0.44~0.21%로 시료 간 유의적인 감소를 보였다($p < 0.05$). Kwon JH 등(1998)과 Jung GT 등(1998)에 따르면 환원당은 저장 온도가

Table 3. Soluble solid content and reducing sugar content of white bread added with different amount of psyllium husk powder during storage

	Storage day	Psyllium husk powder contents (PHP, %)					
		Control ¹⁾	PHP 2.5	PHP 5.0	PHP 7.5	PHP 10	PHP 15
Soluble solid content (°Brix)	0	0.80±0.01 ^{2)NS3)a4)}	0.78±0.01 ^{NSa}	0.76±0.01 ^{NSb}	0.72±0.01 ^{ABC5)c}	0.72±0.02 ^{NSc}	0.69±0.02 ^{Bd}
	1	0.79±0.02 ^a	0.76±0.06 ^{ab}	0.76±0.01 ^{ab}	0.70±0.02 ^{Cbc}	0.72±0.01 ^{bc}	0.71±0.03 ^{Bc}
	2	0.79±0.01 ^a	0.76±0.01 ^{ab}	0.74±0.04 ^{abc}	0.71±0.03 ^{BCc}	0.73±0.04 ^{bc}	0.70±0.02 ^{Bc}
	3	0.79±0.01 ^a	0.76±0.01 ^{ab}	0.72±0.03 ^b	0.74±0.03 ^{ABb}	0.74±0.04 ^b	0.75±0.01 ^{Aab}
	5	0.79±0.01 ^a	0.76±0.01 ^{ab}	0.72±0.03 ^b	0.75±0.02 ^{Ab}	0.73±0.03 ^b	0.76±0.01 ^{Aab}
Reducing sugar content(%)	0	0.39±0.01 ^{Da}	0.36±0.03 ^{Cab}	0.33±0.01 ^{Cb}	0.26±0.04 ^{Bc}	0.18±0.03 ^{Cd}	0.14±0.01 ^{Cd}
	1	0.42±0.01 ^{Ca}	0.40±0.02 ^{BCab}	0.37±0.02 ^{BCb}	0.28±0.04 ^{Bc}	0.20±0.02 ^{BCd}	0.15±0.02 ^{Ce}
	2	0.43±0.02 ^{Ca}	0.42±0.03 ^{BCa}	0.38±0.03 ^{Bb}	0.30±0.01 ^{Bc}	0.22±0.02 ^{Bd}	0.17±0.02 ^{Bc}
	3	0.46±0.01 ^{Ba}	0.44±0.05 ^{ABa}	0.44±0.02 ^{Aa}	0.31±0.02 ^{ABb}	0.26±0.02 ^{Ac}	0.19±0.02 ^{ABd}
	5	0.50±0.01 ^{Aa}	0.50±0.03 ^{Aa}	0.44±0.03 ^{Ab}	0.35±0.01 ^{Ac}	0.26±0.00 ^{Ad}	0.21±0.04 ^{Ae}

1) Refer to Table 1.

2) All values are Mean±S.D.

3) NS: Not significant.

4) a~e Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

5) A~D Different superscripts in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

낮을수록 더 지속적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 저장 시에 다당류는 단당류로 분해되고, 저온에서의 높은 환원당 함량은 시료의 호흡작용 및 발아현상과 밀접한 관계를 보이는 것으로 사료된다. 가시파래 첨가 모닝빵(Kim SJ 등 2019), 마른 김을 첨가한 모닝빵(Kim SB 등 2020)에서 저장기간이

길어짐에 따라 환원당이 증가하는 경향과 유사하게 나타났다.

3. 식빵의 기계적 조직감

차전자피 분말을 첨가한 식빵의 기계적 조직감을 측정한 결과는 Table 4와 같다. 경도의 경우, 대조군은 68.74 g이었

Table 4. TPA of white bread added with different amount of psyllium husk powder during storage

	Storage day	Psyllium husk powder contents (PHP, %)					
		Control ¹⁾	PHP 2.5	PHP 5.0	PHP 7.5	PHP 10	PHP 15
Hardness	0	68.74±9.94 ^{2)E3)a4)}	62.91±11.41 ^{Dab}	57.12±3.54 ^{Dbc}	52.84±1.17 ^{Dc}	48.40±8.06 ^{Dcd}	39.88±3.18 ^{Cd}
	1	129.40±1.91 ^{Da}	113.54±4.36 ^{Cb}	108.67±3.83 ^{Cb}	82.07±6.55 ^{Cc}	86.12±1.65 ^{Cc}	49.00±11.73 ^{Cd}
	2	239.71±7.91 ^{Ca}	133.85±2.61 ^{Bb}	116.75±7.08 ^{Bc}	106.00±3.18 ^{Bd}	89.30±6.37 ^{BCe}	75.11±5.18 ^{Bf}
	3	295.86±19.17 ^{Ba}	141.14±7.06 ^{Bb}	124.60±7.74 ^{Bc}	109.35±4.98 ^{Bd}	96.13±2.49 ^{Be}	79.35±5.86 ^{Bf}
	5	393.09±7.50 ^{Aa}	291.16±13.87 ^{Ab}	236.85±6.96 ^{Ac}	183.33±10.02 ^{Ad}	138.85±11.52 ^{Ae}	108.00±9.03 ^{Af}
Springiness	0	0.74±0.36 ^{NSNS5)}	0.89±0.05 ^B	0.95±0.05 ^{NS}	0.94±0.05 ^{NS}	0.94±0.03 ^{NS}	0.96±0.01 ^{AB}
	1	0.92±0.01 ^b	0.96±0.01 ^{Aa}	0.95±0.02 ^a	0.95±0.02 ^a	0.97±0.02 ^a	0.97±0.01 ^{ABa}
	2	0.95±0.03 ^{ab}	0.95±0.02 ^{Aab}	0.95±0.03 ^b	0.97±0.01 ^{ab}	0.95±0.04 ^{ab}	0.99±0.02 ^{Aa}
	3	0.96±0.03 ^{NS}	0.93±0.06 ^{AB}	0.97±0.04	0.96±0.03	0.97±0.03	0.98±0.01 ^A
	5	0.95±0.02 ^{NS}	0.94±0.04 ^{AB}	0.93±0.03	0.94±0.02	0.96±0.02	0.95±0.04 ^B
Cohensiveness	0	0.73±0.01 ^{Ab}	0.74±0.02 ^{Ab}	0.74±0.01 ^{Bb}	0.74±0.00 ^{Aab}	0.75±0.00 ^{Aab}	0.76±0.00 ^{Aa}
	1	0.73±0.01 ^{ABc}	0.73±0.03 ^{ABc}	0.74±0.01 ^{Bab}	0.75±0.00 ^{ABc}	0.75±0.00 ^{Aab}	0.76±0.00 ^{Aa}
	2	0.72±0.01 ^{BCe}	0.72±0.00 ^{ABd}	0.73±0.00 ^{Acd}	0.73±0.00 ^{Bbc}	0.74±0.00 ^{ABb}	0.75±0.01 ^{Aa}
	3	0.70±0.01 ^{Cb}	0.71±0.01 ^{BCb}	0.72±0.01 ^{Aab}	0.72±0.01 ^{Cab}	0.73±0.04 ^{ABab}	0.74±0.01 ^{Aa}
	5	0.66±0.01 Nd	0.70±0.01 ^{Cc}	0.71±0.01 ^{Ab}	0.71±0.01 ^{Cbc}	0.72±0.01 ^{Bab}	0.73±0.01 ^{Ba}
Gumminess	0	20.35±1.58 ^{Ee}	28.78±4.67 ^{Dd}	39.22±1.23 ^{Dc}	43.93±4.09 ^{Cb}	41.21±1.80 ^{Bbc}	57.05±1.81 ^{Ca}
	1	36.54±7.29 ^{Dd}	63.79±2.45 ^{BCc}	59.91±6.58 ^{Cc}	78.60±4.41 ^{Bb}	83.99±2.90 ^{Ab}	95.82±3.05 ^{Ba}
	2	54.95±2.41 ^{Cc}	58.82±5.10 ^{Cc}	77.95±5.58 ^{Bb}	76.72±2.05 ^{Bb}	83.39±20.15 ^{Ab}	97.29±2.12 ^{Ba}
	3	70.52±5.32 ^{Bd}	65.10±4.27 ^{Bd}	90.92±10.62 ^{Ab}	79.53±6.55 ^{Bc}	95.37±6.16 ^{Aab}	102.57±1.39 ^{Aa}
	5	77.27±6.12 ^{Ad}	88.29±3.16 ^{Ac}	93.19±2.99 ^{Abc}	96.81±4.60 ^{Ab}	97.53±6.45 ^{Ab}	103.93±3.74 ^{Aa}
Chewiness	0	18.48±1.97 ^{Dd}	27.81±4.79 ^{Dc}	38.00±2.49 ^{Cb}	40.60±4.86 ^{Db}	37.96±1.35 ^{Cb}	55.02±2.20 ^{Da}
	1	33.15±6.57 ^{Cd}	61.66±3.37 ^{Cc}	56.66±7.01 ^{Bc}	75.24±5.83 ^{Cb}	81.87±4.35 ^{Bb}	92.82±3.78 ^{Ca}
	2	57.42±6.53 ^{Bd}	61.07±4.77 ^{Cd}	80.95±4.99 ^{Abc}	76.48±3.18 ^{Cc}	82.84±2.06 ^{Bb}	96.29±1.07 ^{Ba}
	3	67.91±7.12 ^{Ad}	69.23±5.60 ^{Bd}	88.14±12.94 ^{Abc}	82.72±3.97 ^{Bc}	94.57±6.76 ^{Aab}	100.48±1.98 ^{Aa}
	5	73.50±2.98 ^{Ae}	85.94±4.07 ^{Ad}	89.40±2.49 ^{Acd}	94.14±3.95 ^{Aab}	91.86±2.09 ^{Abc}	96.92±3.18 ^{Ba}
Resilience	0	0.54±0.02 ^{ABd}	0.54±0.02 ^{Ad}	0.59±0.01 ^{Ac}	0.60±0.02 ^{ABbc}	0.62±0.02 ^{Aab}	0.64±0.02 ^{Ba}
	1	0.50±0.03 ^{BCc}	0.56±0.03 ^{Ab}	0.55±0.04 ^{ABb}	0.58±0.05 ^{Bb}	0.59±0.01 ^{ABb}	0.63±0.02 ^{Ba}
	2	0.57±0.04 ^{Ab}	0.50±0.03 ^{Bc}	0.58±0.03 ^{Ab}	0.64±0.03 ^{Aa}	0.54±0.06 ^{BCbc}	0.68±0.03 ^{Aa}
	3	0.47±0.03 ^{Cabc}	0.45±0.03 ^{Cc}	0.47±0.04 ^{Cbc}	0.44±0.02 ^{Dc}	0.50±0.04 ^{Cab}	0.51±0.01 ^{Ca}
	5	0.48±0.04 ^{Ccd}	0.44±0.02 ^{Cd}	0.51±0.03 ^{BCabc}	0.50±0.03 ^{Cbc}	0.55±0.04 ^{BCa}	0.53±0.04 ^{Cab}

1) Refer to Table 1.

2) All values are Mean±S.D.

3) A~E Different superscripts in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

4) a~e Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

5) NS: Not significant.

고, 2.5% 첨가군은 62.91 g, 5.0% 첨가군은 57.12 g, 7.5% 첨가군은 52.84 g, 10% 첨가군은 48.40 g, 15% 39.88 g으로 차전자피 분말 첨가량이 증가함에 따라 경도가 감소하였다. 이는 차전자피 분말 첨가량이 증가할수록 수분 보수력이 높아져 경도가 낮아진 것으로 사료되며(Kim MY 등 2009), 많은 양의 친수 콜로이드를 함유하고 있는 차전자피의 특성이 경도와 밀접한 관계가 있는 것을 알 수 있다. 식품에서의 콜로이드는 주로 구워서 만드는 식품의 수분결합력을 높이며, 더 촉촉하고 부드럽게 하기 위해 첨가되는데, 이와 관련하여 HPMC 첨가로 경도가 감소된 연구(Hager AS 등 2012), HPMC와 알긴산의 첨가는 빵의 경도를 감소시킨 연구(Kim MY 등 2009) 결과와 유사한 경향을 나타냈다. 이러한 결과와는 달리 잔탄검의 첨가는 경도를 증가시킨 것으로 나타나(Guarda A 등 2004), 친수 콜로이드 종류에 따라 경도에 미치는 영향이 달라짐을 알 수 있었다. 저장기간에 따라 모든 처리군에서 경도는 증가하는 경향을 나타내었다. 제조 직후와 저장 5일의 경도변화를 살펴보면 대조군에서는 324.35 g이 증가하였고, 2.5% 첨가군 228.25 g, 5% 첨가군 184.73 g, 10% 첨가군 90.45 g, 15% 첨가군 68.11 g으로 차전자피의 첨가량이 증가할수록 저장기간 중 경도의 감소폭은 줄어 빵의 부드러움을 유지하는 것으로 예상된다. Bae JH 등(2001)은 빵의 경도에 미치는 요인이 빵의 수분함량, 기공의 발달 정도, 부피 등이라고 하였다. 수분이 많을수록 부드럽기 때문에 경도가 낮아지고, 반대로 수분이 적어지면 경도가 높아지게 된다. 빵의 경도 증가는 노화를 일으키는 가장 명확하고 일반적인 parameters로 차전자피 분말의 첨가량이 증가될수록 저장기간 중 경도 증가폭 감소는 노화가 지연되는 것으로 사료되며, 이러한 결과는 저장 중 수분함량의 경향과도 일치함을 알 수 있었다.

탄력성의 경우, 대조군이 0.74로 가장 낮게 나타났으며, 2.5% 첨가군 0.89, 5.0% 첨가군 0.95, 7.5%, 10% 첨가군 0.94, 15% 첨가군 0.96으로 차전자피 구운 쌀 도넛(Shin SY 2018)과 차전자피를 요거트(Bhat SV 등 2018)에 첨가했을 때 차전자피 분말의 첨가량 증가에 따라 탄력성이 증가한 연구 결과와 유사하였다. 저장기간 중에는 대조군의 탄력성이 가장 증가하였으나, 3일, 5일에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 응집성, 검성, 씹힘성, 복원성은 탄력성과 같은 경향으로 대조군이 가장 낮게 나타나고, 15% 첨가군이 가장 높게 나타났으며, 차전자피 분말의 수분 함량이 물성의 변화에 영향을 미쳐 차전자피 분말의 식이섬유가 갖고 있는 높은 수분보유력이 식빵 내부의 경도를 낮추고, 탄력성, 응집성, 검성, 씹힘성, 복원성은 증가시킨 것으로 판단된다. 저장기간 중 응집성과 복원성은 감소하였고, 검성과 씹힘성은 증가하는 경향을 보였다.

4. 시차주사열량계(DSC)에 의한 노화도 특성

차전자피 분말을 첨가한 식빵을 4°C에서 5일간 저장하면서 DSC로 측정된 노화 특성은 Table 5와 같다. 저장 0일에 대조군과 5일간 저장한 시료에 대하여 호화개시온도, 호화정점온도, 호화완료온도, 호화엔탈피 등을 비교하였다. 노화의 발생 정도는 DSC의 흡열곡선을 통해 호화되는데 필요한 엔탈피인 endothermic peak의 면적을 측정하여 상대적인 노화도를 측정하였다. 호화개시온도는 전분의 구조, 흡습과 팽윤 정도, 전분의 수소 결합정도 등에 따라 달라지는데 노화와 관련된 전분의 응용 또는 파괴 등을 예측하는데 도움이 된다(Kim HS 등 2014). 호화개시온도는 대조군에 비하여 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 낮아지는 것으로 나타났다. 호화개시온도가 낮은 것은 차전자피 분말의 식이섬유소가

Table 5. DSC properties of white bread added with amount of psyllium husk powder at 0 or 5 days of storage

Treatment	0 day storage				After 5 days storage			
	T _o ²⁾ (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH (cal/g)	T _o (°C)	T _p (°C)	T _c (°C)	ΔH (cal/g)
Control ¹⁾	39.23	45.61	58.35	1.38	35.70	42.46	57.46	3.63
PHP 2.5	33.59	45.19	58.34	0.92	34.79	44.12	52.06	2.81
PHP 5.0	33.85	43.28	58.42	0.89	34.49	41.45	52.19	2.58
PHP 7.5	31.34	43.78	59.63	0.76	35.15	42.18	50.88	2.38
PHP 10	31.26	42.74	59.04	0.82	34.79	42.31	51.22	2.01
PHP 15	30.56	42.70	60.19	0.69	34.83	43.89	50.05	2.11

¹⁾ Refer to Table 1.

²⁾ T_o: onset temperature, T_p: peak temperature, T_c: conclusion temperature, ΔH: gelatinization enthalpy.

전분질과 경쟁적으로 수분과 결합하여 식빵의 내부의 수분 이동과 손실을 감소시켜 조직이 유연한 경향을 나타냄에 따른 결과라고 생각된다. 호화정온도는 호화개시온도와 비슷한 경향을 보여 15% 첨가군이 가장 낮은 값을 나타내었다. 이는 빵의 경우에도 밀전분과 함께 글루텐이 전분질 식품의 노화에 큰 영향을 미치는 요소인데, 식이섬유의 수분 보유력이 글루텐의 결합을 방해하는 것으로 보인다(Jang JK & Pyun YR 2004). 노화가 진행된 상태일수록 호화엔탈피 값이 커지게 된다(Kim CS 1996). 제조 직후 식빵의 호화 엔탈피는 대조군이 1.38 cal/g, 차전자피 첨가량에 따라 각각 0.92 cal/g, 0.89 cal/g, 0.76 cal/g, 0.82 cal/g, 0.69 cal/g으로 낮아졌다. 저장 5일차의 호화 엔탈피는 제조 직후에 비해 증가하였고, 대조군이 가장 높게 나타났다. 저장 5일차와 제조 직후의 호화 엔탈피 증가정도는 대조군과 차전자피 첨가량에 따라 각각 2.25 cal/g, 1.89 cal/g, 1.69 cal/g, 1.62 cal/g, 1.19 cal/g, 1.42 cal/g으로 차전자피 첨가군의 호화 엔탈피 증가 정도가 더 작았다. 따라서 차전자피로 인해 저장 중의 노화정도가 지연되는 것으로 생각된다(Shin WC 등 2006). 식빵의 저장 시간에 따라 엔탈피가 증가하는 경향은 호화된 부정형의 전분입자가 수소결합 등을 통해 결정형으로 되돌아가기 때문이며, 5일간 저장 후의 차전자피 분말 첨가군의 호화엔탈피가 대조군에 비해 감소하는 경향은 전분을 DSC로 가열할 때 시간이 지날수록 시료의 재 호화엔탈피는 증가하고, 호화엔탈피는 감소(Lee HA & Kim NH 1998)하며, 이는 건 오디박의 첨가량이 증가할수록 저장시료의 엔탈피가 감소(Kim HJ 등 2013)되는 경향과 일치했다. 그러므로 차전자피 분말 첨가군이 대조군에 비하여 노화가 지연되었으며, 그중 15% 차전자피 분말 첨가군의 식빵에서 노화도가 가장 낮은 것으로 나타났다.

5. 총 페놀 함량

차전자피 분말을 첨가한 식빵의 총 페놀 함량 측정 결과

는 Table 6과 같다. 총 페놀 함량은 대조군 0.231 mg/mL, 2.5% 첨가군 0.320 mg/mL, 5.0% 첨가군 0.434 mg/mL, 7.5% 첨가군 0.493 mg/mL, 10% 첨가군 0.625 mg/mL, 15% 첨가군 0.686 mg/mL로 차전자피 분말의 첨가량이 증가함에 따라 총 페놀 함량이 증가하였다. 저장 5일에는 대조군 0.117 mg/mL, 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 0.139 mg/mL, 0.188 mg/mL, 0.277 mg/mL, 0.349 mg/mL, 0.413 mg/mL로 나타났으며 제조 직후와 비교하면 점차 감소하는 경향을 보였다. 페놀화합물은 주로 식물계에 널리 분포되어 있으며, 항산화, 항염, 항균 등의 다양한 생리활성작용을 하는 것으로 알려져 있다(Kim SJ 등 2019). 차전자피 분말을 첨가함으로써 총 페놀함량이 증가함을 알 수 있었고, 이를 통해 차전자피가 항산화 활성을 갖고 있는 것을 알 수 있었다. 총 페놀 함량이 저장기간이 길어질수록 감소하는 것은 저장 중 항산화 물질들이 감소되어 항산화능이 떨어지는 것으로 판단된다. 본 연구의 결과와 관련하여 차전자피 분말을 첨가시에 항산화 활성이 증가하여 건강기능성 제빵의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

6. DPPH 라디칼 소거능

DPPH는 비교적 안정한 자유 라디칼로써, ascorbic acid, tocopherol, poly hydroxy 방향족 화합물 등에 의해 환원이 되어 짙은 자색이 탈색되어 노란색을 띠는 원리를 이용하여 항산화활성을 간단히 측정할 수 있고, 항산화 활성과 연관성이 매우 높기 때문에 많이 이용되고 있는 방법이다(Oh HL 등 2013). 차전자피 분말 첨가 식빵을 4℃에서 5일간 저장하여 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과, IC₅₀ 값은 Fig. 2와 같다. 대조군은 1,514.42 mg/mL, 2.5% 첨가군 1,184.90 mg/mL, 5.0% 첨가군 1,079.10 mg/mL, 7.5% 첨가군 884.08 mg/mL, 10% 첨가군 825.90 mg/mL, 15% 첨가군 825.9 mg/mL로 차전자피 분말의 첨가량이 증가함에 따라 IC₅₀ 값이 낮게 나타났다. 저장 5일의 IC₅₀ 값은 대조군은 2,047.32 mg/mL, 차전자피

Table 6. Total phenol contents of white bread added with different amount of psyllium husk powder during storage

Storage day	Psyllium husk powder contents (PHP, %)					
	Control ¹⁾	PHP 2.5	PHP 5.0	PHP 7.5	PHP 10	PHP 15
Total phenol contents	0.231±0.104 ^{2)(NS3)d4)}	0.320±0.071 ^{A5)cd}	0.434±0.187 ^{NSbcd}	0.493±0.142 ^{NSabc}	0.625±0.069 ^{Aab}	0.686±0.068 ^{Aa}
	3	0.186±0.138 ^d	0.275±0.059 ^{Acd}	0.352±0.035 ^{bc}	0.398±0.052 ^{abc}	0.464±0.053 ^{Bab}
	5	0.174±0.118 ^b	0.139±0.068 ^{Bb}	0.188±0.105 ^{ab}	0.277±0.102 ^{ab}	0.349±0.104 ^{Bab}

¹⁾ Refer to Table 1.

²⁾ All values are Mean±S.D.

³⁾ NS: Not significant.

⁴⁾ a~d Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

⁵⁾ A~B Different superscripts in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

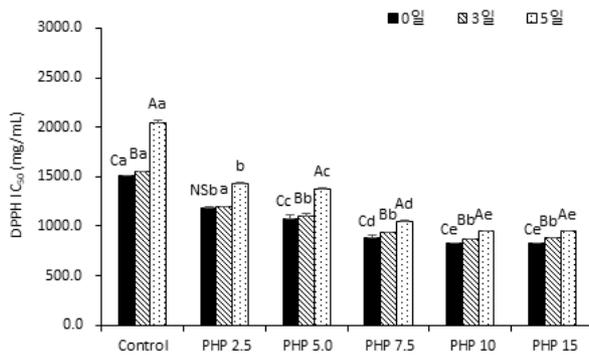


Fig. 2. DPPH radical scavenging activities of white bread added with different amount of psyllium husk powder.

Refer to Table 1.

Different letters (A~C) in the same group are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

Different letters (a~e) in the same day are significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

분말의 첨가량의 증가함에 따라 1,430.24 mg/mL, 1,371.14 mg/mL, 1,047.32 mg/mL, 947.44 mg/mL, 952.41 mg/mL로 제조직후와 비교했을 때와는 다소 증가되었다. 이는 차전자피 분말의 첨가량이 증가할수록 페놀 함량은 증가하나, 저장기간에 따라 페놀함량이 감소하는 것과 유사한 결과이며, 본 실험을 통해 IC_{50} 함량이 가장 낮은 15% 첨가군이 항산화 활성이 가장 강하다는 것을 알 수 있다. 이는 차전자피로부터 유래된 식이섬유 및 우론산에 높은 항산화효과가 있는 것으로 알려진 연구(Patel MK 등 2019)와 차전자피 분말을 첨가한 도넛의 기능성 분석(Shin SY 등 2018)에서 차전자피가 항산화활성이 높다는 결과와 일치한다.

7. 식빵의 관능적 특성

1) 기호도

차전자피 분말의 첨가량을 달리한 식빵의 기호도 검사 결과는 Table 7과 같다. 검사항목으로는 외관(appearance), 향(flavor), 조직감(texture), 맛(taste), 전체적인 기호도(overall acceptance), 구매의사(purchase intention)로 이루어졌다.

외관(appearance)은 차전자피 5.0% 첨가군이 7.4로 가장 높은 평가를 받았으며, 7.5%, 2.5% 순으로 외관평가가 좋은 값을 획득하였다. 향은 7.5% 첨가군이 6.9로 가장 좋게 나타났으며, 다른 비율의 첨가군에서도 좋은 점수를 보여 차전자피의 향은 기호도에 좋은 영향을 준 것으로 사료된다. 조직감에서는 2.5% 첨가군에서 7.2로 가장 좋은 반응을 보였으며, 7.5% 이상 첨가군에서는 대조군보다 낮은 기호도를 보였다. 맛은 7.5% 첨가군에서 7.3으로 가장 높아, 차전자피 분말

첨가가 맛에도 긍정적인 영향을 끼치는 것으로 보인다. 전체적인 기호도에서는 5.0% 첨가군 7.1, 2.5% 첨가군 7.0, 7.5% 첨가군 6.9 순으로 평가되었으며, 15% 첨가군이 6.1로 가장 낮게 나타나 10% 이상 첨가시 오히려 선호도를 떨어뜨리는 결과를 가져왔다. 구매의사로는 첨가군은 7.5, 2.5% 첨가군은 7.4, 7.5% 첨가군은 6.9 순으로 전체적인 기호도와 유사한 결과를 보여 전체적인 관능평가가 일치함을 알 수 있었다. 외관, 풍미, 조직감, 맛, 전체적인 기호도에서 차전자피 분말 첨가가 긍정적인 영향을 끼치지만 10~15% 첨가군에서는 대체적으로 낮은 점수를 기록하였다.

저장기간 동안 기호도는 시간이 흐를수록 모든 항목에서 점수는 낮아졌으나, 차전자피 분말을 첨가한 군에서는 외관, 향, 조직감, 맛, 전체적인 기호도에서 대조군보다 높은 점수를 보여 저장시 차전자피 분말의 첨가가 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 저장기간에 따른 노화현상으로 조직감 등 기호도가 떨어지는데, 저장기간 중 수분함량이 대조군에 비해 차전자피 첨가군이 높은 것이 관능에 긍정적인 영향을 주었을 것으로 사료된다.

2) 강도 특성

차전자피 분말을 첨가한 식빵의 강도 검사 결과는 Table 8과 같다. 외관(appearance) 항목에서는 부피(volume), 기공의 균일도(air hole size), 빵 속의 색(crumb color), 껍질 색(crust color)을, 향(flavor)의 항목은 차전자피 향(psyllium husk flavor)과 구수한 향(delicate smell), 맛(taste)은 차전자피 맛(psyllium husk taste)과 구수한 맛(delicate taste), 조직감(texture)은 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 촉촉한 정도(moistness) 등 총 11가지 특성을 평가하였다. 부피(volume)의 경우, 차전자피 분말 첨가량이 증가할수록 식빵의 부피 값이 작아진다고 응답했다. 기공의 특성차이를 알아보기 위한 기공의 크기(air hole size)는 대조군이 6.6으로 가장 큰 것으로 나타났고, 15% 첨가군이 4.8로 가장 작은 것으로 나타났다. 빵속의 색(crumb color)은 차전자피 분말의 첨가량이 높을수록 속질색과 속질의 갈색정도가 높은 것으로 나타났다. 반면, 대조군이 가장 낮은 수치를 보였고 첨가량이 증가할수록 유의적인 차이를 보이며 증가하였다($p < 0.05$). 껍질 색(crust color)은 2.5% 첨가군이 4.5로 가장 높은 수치를 나타냈으나 대조군과 유의적인 차이는 없었다.

향(flavor)은 차전자피 향(psyllium husk flavor)이 첨가군 15%에서 차전자피의 풍미를 가장 많이 나타나는 것으로 확인되었으며, 대조군이 가장 낮게 나타났다. 구수한 향(delicate smell)은 첨가군 15%에서 6.9로 가장 높게 나타나 앞서 기호도에서 차전자피의 향이 긍정적 선호도를 보인 것과 유사한 결과로 차전자피의 특유 향은 구수한 향으로 인식

Table 7. Preference characteristics of breads added with different amount of psyllium husk powder at 4°C during storage 5 days

	Storage day	Psyllium husk powder contents (PHP, %)					
		Control ¹⁾	PHP 2.5	PHP 5.0	PHP 7.5	PHP 10	PHP 15
Appearance	0	5.8±0.9 ^{2)A3)d4)}	6.6±1.1 ^{Abc}	7.4±0.6 ^{Aa}	7.0±0.9 ^{Ab}	6.4±0.8 ^{ABc}	5.6±1.1 ^{NS5)d}
	1	5.6±1.1 ^{ABb}	6.7±1.1 ^{Aa}	7.1±0.6 ^{ABa}	6.6±0.8 ^{ABa}	6.8±0.7 ^{Aa}	5.6±0.7 ^b
	3	5.1±0.6 ^{BCc}	6.4±1.2 ^{Aab}	6.7±0.8 ^{Ba}	6.3±0.9 ^{Bab}	6.1±1.3 ^{Bab}	5.8±0.8 ^b
	5	4.9±0.9 ^{Cc}	5.5±1.2 ^{Bb}	6.2±0.9 ^{Ca}	6.0±0.9 ^{Bab}	6.2±0.7 ^{Ba}	5.7±0.8 ^{ab}
Flavor	0	5.1±0.6 ^{Ac}	6.2±0.8 ^{AB}	6.7±0.8 ^{AB}	6.9±0.9 ^{Aa}	6.7±0.8 ^{AB}	5.3±1.2 ^{Ac}
	1	4.9±0.8 ^{Ab}	6.1±1.0 ^{Aa}	6.3±0.9 ^{ABa}	6.3±0.9 ^{Aa}	6.6±0.5 ^{Aa}	5.2±1.0 ^{Ab}
	3	4.5±1.0 ^{Ab}	5.4±0.8 ^{Ba}	5.9±0.9 ^{BCa}	5.5±1.2 ^{Ba}	5.8±1.2 ^{Ba}	5.2±1.1 ^{Aa}
	5	3.9±1.0 ^{Bc}	4.5±1.2 ^{Cb}	5.4±0.7 ^{Ca}	5.5±0.5 ^{Ba}	4.8±0.9 ^{Cb}	4.4±1.1 ^{Bbc}
Texture	0	6.4±0.8 ^{AcD}	7.2±1.2 ^{Aa}	7.0±0.7 ^{Aab}	6.3±0.9 ^{AcD}	6.6±0.5 ^{Abc}	5.9±0.9 ^{Ad}
	1	6.0±1.0 ^{Ab}	6.9±1.2 ^{Aa}	6.9±0.8 ^{Aa}	6.1±0.7 ^{Ab}	5.8±1.2 ^{Bb}	6.0±0.9 ^{Ab}
	3	4.1±1.1 ^{Be}	5.9±0.8 ^{Bab}	6.1±0.8 ^{Ba}	5.4±1.3 ^{Bbc}	5.1±1.1 ^{Ccd}	4.5±1.1 ^{Bde}
	5	3.1±1.0 ^{Cb}	4.3±1.2 ^{Ca}	4.8±1.0 ^{Ca}	5.0±0.8 ^{Ba}	4.7±0.9 ^{Ca}	4.9±0.6 ^{Ba}
Taste	0	6.1±1.3 ^{Abc}	6.7±1.2 ^{Aab}	7.3±0.9 ^{Aa}	7.0±0.6 ^{Aa}	6.6±0.8 ^{AB}	5.8±1.4 ^{ABc}
	1	5.4±0.8 ^{Bc}	6.4±1.1 ^{ABab}	6.9±0.6 ^{Aa}	6.9±0.9 ^{Aa}	6.2±0.7 ^{Ab}	6.0±0.9 ^{Ab}
	3	4.8±0.7 ^{Cb}	5.8±1.2 ^{Ba}	5.8±0.8 ^{Ba}	5.4±0.2 ^{Bb}	5.5±1.2 ^{Ba}	5.2±0.9 ^{Bab}
	5	2.7±0.9 ^{Dc}	3.8±1.3 ^{Cb}	4.2±1.2 ^{Cab}	4.5±0.8 ^{Ca}	4.1±1.1 ^{Cab}	4.5±0.9 ^{Cab}
Overall acceptance	0	6.7±0.9 ^{Ab}	7.0±0.7 ^{Aa}	7.1±0.8 ^{Aa}	6.9±0.9 ^{Aa}	6.2±0.7 ^{Abc}	6.1±0.9 ^{Ac}
	1	6.1±1.3 ^{Abc}	6.4±1.2 ^{Aab}	6.9±0.9 ^{Aa}	6.5±1.1 ^{Aab}	5.8±1.2 ^{Abc}	5.4±0.9 ^{Bc}
	3	4.3±1.2 ^{Bc}	5.3±1.3 ^{Bb}	6.1±0.7 ^{Ba}	5.4±1.0 ^{Bb}	5.2±0.9 ^{Bb}	4.5±0.9 ^{Cc}
	5	3.2±1.1 ^{Cd}	4.7±1.1 ^{Babc}	5.2±1.0 ^{Cb}	5.3±0.8 ^{Ba}	4.5±1.1 ^{Cbc}	4.2±0.9 ^{Cc}
Purchase intention	0	6.8±1.0 ^{Ac}	7.4±0.9 ^{AB}	7.5±0.9 ^{Aa}	6.9±0.9 ^{Abc}	6.3±0.8 ^{AcD}	6.2±0.7 ^{Ad}
	1	5.9±1.2 ^{Bc}	6.3±1.3 ^{Bbc}	7.0±0.7 ^{Aa}	6.5±0.8 ^{ABc}	6.6±0.5 ^{AB}	6.1±0.9 ^{Abc}
	3	4.2±1.2 ^{Cc}	5.2±1.2 ^{Cb}	6.5±0.8 ^{Ba}	5.8±1.2 ^{Bab}	5.7±1.2 ^{Bb}	5.2±0.9 ^{Bb}
	5	2.9±1.0 ^{Dd}	4.5±1.5 ^{Cc}	5.3±1.0 ^{Cab}	5.6±1.1 ^{Ba}	5.1±0.9 ^{Babc}	4.6±1.2 ^{Cbc}

1) Refer to Table 1.

2) All values are Mean±S.D.

3) A~D Different superscripts in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

4) a~c Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

5) NS: Not significant.

하는 걸로 예상된다.

맛(taste)은 차전자피 맛(psyllium husk taste)이 대조군에서 1.2, 15% 첨가군에서 6.6으로 차전자피의 첨가량이 증가할수록 증가한 것으로 나타났으며, 구수한 맛(delicate taste)는 2.5% 첨가군 6.7, 5.0% 첨가군 6.5, 대조군 6.3 순으로 나타났다.

조직감(texture) 중 탄력성(springiness)은 대조군에서 5.4, 차전자피 첨가군에서 5.5~7.4로 차전자피 분말을 첨가할수록 탄력성이 증가해 TPA의 결과와 일치하였다. 씹힘성(chewiness)은 대조군은 5.5, 2.5%~10% 첨가군에서 5.7~7.6으로 나타났다. 이는 차전자피 분말 함량이 증가할수록 기계적 조직감이 증가함에 따라 씹힘성이 높아진 것으로 사료된다.

Table 8. Sensory characteristics of breads added with different amount of psyllium husk powder at 4°C during storage 5 days

	Storage days	Psyllium husk powder contents (PHP, %)					
		Control ¹⁾	PHP 2.5	PHP 5.0	PHP 7.5	PHP 10	PHP 15
Volume	0	7.5±0.5 ^{2)NS(3)4)}	7.5±0.9 ^{NSa}	6.7±0.7 ^{NSb}	5.8±0.6 ^{NSc}	4.7±0.7 ^{NSd}	3.4±0.8 ^{A4)e}
	1	7.5±0.7 ^a	7.6±0.8 ^a	6.8±0.6 ^b	5.8±0.6 ^c	4.6±0.5 ^d	3.0±0.7 ^{Bc}
	3	7.6±0.5 ^a	7.5±0.7 ^a	6.6±0.5 ^b	5.6±0.7 ^c	4.7±0.7 ^d	2.5±0.5 ^{Bc}
	5	7.6±0.7 ^a	7.4±0.7 ^a	7.0±0.8 ^a	5.5±0.9 ^b	4.3±0.8 ^c	2.4±0.8 ^{Bd}
Air hole size	0	6.6±0.7 ^{Aa}	6.5±0.7 ^{NSa}	6.2±1.1 ^{NSa}	5.8±0.9 ^{NSa}	5.0±0.8 ^{NSb}	4.8±0.8 ^{Bb}
	1	6.4±0.5 ^{Aa}	6.4±0.5 ^a	5.9±1.1 ^{ab}	5.4±0.7 ^{bc}	5.1±1.0 ^{cd}	4.6±0.7 ^{Bd}
	3	6.9±0.6 ^{Aa}	6.5±1.0 ^a	5.7±0.8 ^b	5.2±0.6 ^{bc}	5.2±0.8 ^c	4.5±0.7 ^{Bc}
	5	5.5±0.5 ^{Bb}	6.6±1.0 ^a	5.5±0.9 ^b	5.1±0.7 ^b	5.2±0.7 ^b	6.5±1.0 ^{Aa}
Crumb color	0	3.4±1.1 ^{NSd}	4.2±1.1 ^{NScd}	4.6±0.8 ^{NSc}	5.8±0.9 ^{NSb}	6.6±0.8 ^{NSb}	7.5±0.8 ^{NSa}
	1	3.3±1.0 ^d	4.4±1.1 ^b	4.9±0.9 ^b	6.1±0.7 ^b	6.8±0.8 ^a	7.4±0.7 ^a
	3	3.5±0.7 ^d	4.3±1.1 ^c	4.9±0.7 ^c	6.2±0.6 ^b	6.6±0.7 ^{ab}	7.2±0.9 ^a
	5	3.6±0.8 ^c	4.7±1.0 ^b	4.6±0.5 ^b	6.5±0.9 ^a	6.6±1.0 ^a	7.2±0.8 ^a
Crust color	0	4.2±1.0 ^{NSd}	4.5±1.1 ^{Bd}	5.1±1.2 ^{NScd}	5.6±1.4 ^{NSbc}	6.1±0.7 ^{NSab}	6.8±0.8 ^{NSa}
	1	4.5±1.0 ^b	5.0±0.8 ^{ABb}	5.0±1.1 ^b	6.0±1.1 ^a	6.4±1.1 ^a	6.8±0.9 ^a
	3	4.8±0.9 ^c	5.6±0.8 ^{ABc}	5.6±1.2 ^{bc}	6.1±1.0 ^{ab}	6.4±0.7 ^{ab}	6.9±0.7 ^a
	5	5.0±0.9 ^b	5.4±0.7 ^{Ab}	5.3±1.1 ^b	6.4±0.7 ^a	6.6±0.8 ^a	7.1±0.6 ^a
Psyllium husk flavor	0	1.2±0.4 ^{NSd}	3.7±0.7 ^{NSc}	4.5±1.3 ^{Ac}	5.7±0.7 ^{NSb}	6.0±0.8 ^{NSb}	7.7±1.3 ^{Aa}
	1	1.1±0.3 ^d	3.8±0.6 ^c	4.2±1.2 ^{Ac}	6.0±0.8 ^b	6.3±0.8 ^b	7.4±0.7 ^{ABa}
	3	1.3±0.5 ^d	3.6±1.1 ^c	3.6±1.0 ^{ABc}	5.8±0.8 ^b	6.1±0.7 ^b	7.1±0.7 ^{ABa}
	5	1.3±0.7 ^d	3.2±0.9 ^c	3.0±0.9 ^{Bc}	5.5±1.1 ^b	6.0±0.8 ^{ab}	6.6±0.7 ^{Ba}
Delicate smell	0	6.1±1.4 ^{ANS}	5.9±1.1 ^A	6.2±1.1 ^A	6.0±1.3 ^A	6.6±1.1 ^A	6.9±0.7 ^A
	1	6.2±0.9 ^{ANS}	5.5±0.7 ^{AB}	5.6±0.8 ^{AB}	5.8±1.1 ^{AB}	5.9±1.3 ^A	5.5±1.1 ^B
	3	6.0±1.1 ^{Aa}	5.2±0.9 ^{ABab}	5.5±0.9 ^{ABab}	4.9±0.9 ^{BCb}	4.6±1.2 ^{Bb}	5.1±0.7 ^{Bb}
	5	4.8±0.9 ^{BNS}	4.9±1.0 ^B	4.8±0.8 ^B	4.3±1.9 ^C	4.5±1.1 ^B	4.8±1.1 ^B
Psyllium husk taste	0	1.2±0.4 ^{NSd}	3.9±0.7 ^{NSc}	4.2±1.0 ^{ABc}	5.4±1.0 ^{NSb}	6.2±1.1 ^{Aa}	6.6±0.7 ^{Aa}
	1	1.3±0.7 ^e	4.1±0.7 ^d	4.9±0.7 ^{Ac}	5.7±1.0 ^b	5.8±0.6 ^{ABb}	6.6±0.5 ^{Aa}
	3	1.1±0.3 ^e	3.8±1.0 ^d	4.7±0.5 ^{ABc}	5.9±0.9 ^{ab}	5.3±0.5 ^{Bc}	6.4±0.0 ^{ABa}
	5	1.2±0.4 ^c	3.9±1.0 ^b	4.1±0.7 ^{Bb}	5.5±0.7 ^a	5.2±0.8 ^{Ba}	5.9±0.9 ^{Ba}
Delicate taste	0	6.5±1.3 ^{ANS}	6.7±1.2 ^A	6.3±1.3 ^A	5.9±1.3 ^{NS}	6.4±0.7 ^A	6.1±1.0 ^{AB}
	1	5.3±1.4 ^{BNS}	6.2±1.5 ^{AB}	5.8±1.5 ^{AB}	5.3±1.4	6.1±0.7 ^{AB}	5.8±1.4 ^{AB}
	3	4.8±1.1 ^{Bc}	5.6±1.2 ^{ABbc}	5.3±0.8 ^{ABbc}	5.2±1.4 ^{bc}	6.0±0.7 ^{ABab}	6.3±0.7 ^{Aa}
	5	4.9±1.1 ^{BNS}	5.2±1.0 ^B	5.0±0.7 ^B	5.2±1.4	5.6±0.8 ^B	5.0±0.9 ^B
Springiness	0	5.4±0.7 ^{Ac}	5.5±0.7 ^{Ade}	6.2±1.1 ^{Ac}	6.5±0.7 ^{Abc}	7.3±1.3 ^{Aab}	7.4±0.7 ^{Aa}
	1	5.1±0.7 ^{ABd}	5.3±0.7 ^{ABcd}	5.4±1.0 ^{ABbc}	6.3±1.3 ^{Aab}	7.0±1.5 ^{ABb}	7.0±0.8 ^{ABa}
	3	4.9±1.1 ^{ABd}	4.6±1.2 ^{Bcd}	5.2±0.6 ^{Bbc}	5.7±0.8 ^{ABab}	6.4±0.5 ^{ABa}	6.5±1.0 ^{BCa}
	5	4.3±1.0 ^{Bc}	4.5±1.0 ^{Bb}	4.9±0.9 ^{Bb}	5.3±1.1 ^{Bab}	5.9±1.2 ^{Ba}	6.1±1.0 ^{Ca}
Chewiness	0	5.5±0.7 ^{NSc4)}	5.7±0.5 ^{NSc}	6.2±1.1 ^{NSbc}	6.6±0.5 ^{NSb}	6.6±1.3 ^{NSb}	7.6±1.1 ^{NSa}
	1	5.3±0.7 ^d	5.7±0.5 ^{cd}	6.8±1.2 ^b	6.8±0.6 ^b	6.5±1.3 ^{bc}	7.7±0.8 ^a
	3	5.5±0.9 ^c	5.9±0.7 ^{bc}	6.4±0.8 ^{abc}	7.0±0.7 ^a	6.8±1.4 ^{ab}	7.3±1.3 ^a
	5	5.8±1.0 ^c	6.3±1.0 ^{bc}	6.3±0.8 ^{bc}	6.7±0.1 ^{ab}	7.2±0.6 ^a	7.2±0.8 ^a
Moistness	0	5.4±0.8 ^{Ac}	5.9±0.6 ^{Ac}	6.1±0.7 ^{Ac}	6.8±0.6 ^{Ab}	7.0±0.8 ^{Ab}	7.9±1.9 ^{Aa}
	1	4.9±0.6 ^{Ad}	5.3±1.4 ^{ABcd}	5.8±0.6 ^{Abc}	6.6±0.8 ^{Ab}	6.6±0.5 ^{ABb}	7.7±0.8 ^{Aa}
	3	3.3±0.8 ^{Bd}	4.8±0.9 ^{BCc}	5.4±0.8 ^{ABbc}	5.8±1.0 ^{Bb}	6.0±0.5 ^{BCab}	6.6±0.5 ^{Ba}
	5	3.1±0.9 ^{Bd}	4.3±1.1 ^{Cc}	4.8±0.8 ^{Bbc}	5.1±0.7 ^{Bbc}	5.4±1.0 ^{Cab}	6.1±1.2 ^{Ba}

1) Refer to Table 1.

2) All values are Mean±S.D.

3) NS: Not significant.

4) a~e Different superscripts in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.5) A~C Different superscripts in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $p<0.05$.

촉촉한 정도(moistness)는 대조군이 5.4, 2.5% 첨가군은 5.9, 5.0% 첨가군은 6.1, 7.5% 첨가군은 6.8, 10% 첨가군에서는 7.9로 나타나며 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 이는 차전자피 분말 함량이 증가할수록 첨가된 수분함량이 증가함에 따라 촉촉한 정도가 증가한 것으로 생각된다.

저장 5일에는 외관의 부푼 정도와 빵 속의 색은 시료간 유의적 차이가 없었으며, 기공의 균일도는 대조군을 제외한 전 시료간 유의적 차이가 없었다. 껍질의 갈색도는 2.5% 첨가군을 제외하고 시료간 유의적 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 저장기간 중 향과 맛은 차전자피 분말의 농도 의존적으로 증가하였고, 조직감에서의 탄력도와 촉촉한 정도는 시일이 지날수록 점차 감소하였다.

요약 및 결론

본 연구는 식이섬유가 풍부한 차전자피를 첨가(0, 2.5, 5.0, 7.5, 10, 15%)하여 식빵을 제조하고, 5일 동안 4°C에서 보관하면서 차전자피 식이섬유의 높은 수분흡착력에 따른 식빵의 저장 특성과 항산화성을 분석하고, 관능평가를 통해 차전자피 첨가 식빵의 적절한 첨가 비율과 제빵의 최적조건을 제시하고자 하였다. 제조 직후 수분함량은 대조군 빵과 비교하여 차전자피 첨가군에서 높게 나타났고, 저장기간 중 수분함량 감소량은 차전자피 첨가군에서 적게 나타났다. TPA에 따른 조직감 특성으로는 차전자피 첨가군에서 경도가 낮게 나타났고, 저장기간이 경과될수록 전 시료에서 경도는 증가하였으며, 차전자피가 첨가량이 증가할수록 경도의 증가폭은 적어져 차전자피가 식빵의 노화를 지연시켜주는 것으로 확인되었다. DSC 결과는 제조 직후 호화개시온도와 호화엔탈피는 차전자피 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 제조 직후와 저장 5일의 호화엔탈피를 비교해 보면 호화엔탈피 변화량은 차전자피가 증가할수록 감소하여 차전자피 첨가가 노화를 지연시킴을 알 수 있었다. 차전자피의 첨가가 증가함에 따라 총 페놀함량 증가하였고, 저장기간이 길어짐에 따라 각 실험군의 총 페놀 함량은 감소하였다. DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀ 값은 첨가량이 증가할수록 감소하여 차전자피 첨가에 항산화 활성이 증가하는 것으로 나타났으며, 저장기간 중 IC₅₀ 값이 감소하여 항산화활성이 낮아짐을 알 수 있었다. 관능검사 결과, 5.0% 첨가군이 전반적으로 가장 높은 기호 특성을 보였고, 차전자피를 5% 수준으로 첨가하는 것이 기호도 측면에서 가장 적절할 것으로 보였다. 이상의 결과를 종합적으로 고려해볼 때 차전자피를 첨가한 빵은 대조군보다 높은 항산화활성을 가지며, 식이섬유의 높은 수분 보유력으로 저장시 노화를 방지하여 저장성 측면에서 긍정적 효과를 기대할 수 있을 것으로 여겨진다. 또한 관능검사 결과, 차

전자피 첨가군의 기호도가 우수했으며, 이는 차전자피가 베이커리를 비롯한 다양한 분야에서 식품소재로 활용할 수 있을 것으로 보인다.

REFERENCES

- Alexandrina S, Camelia A (2017) Functional bread effect of inulin-type products addition on dough rheology and bread quality. *J Cereal Sci* 75: 220-227.
- Anderson JW, Allgood LD, Turner J, Oeltgen PR, Daggy BP (1999) Effects of psyllium on glucose and serum lipid responses in men with type 2 diabetes and hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 70(4): 466-473.
- Bae JH, Woo HS, Chio HJ, Chio C (2001) Qualities of bread added with Korean persimmon (*Diospyros kaki L. folium*) leaf powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30(5): 882-887.
- Bhat SV, Deva AM, Amin T (2018) Physico chemical and textural properties of yogurt fortified with psyllium (*Plantago ovate*) husk. *J Food Process Preserv* 42(2): 1-9.
- Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Chen H, Rubenthaler GL, Leung HK, Baranowski JD (1988) Chemical, physical, and baking properties of apple fiber compared with wheat and oat bran. *Cereal Chem* 65(3): 244-247.
- Davidson MH, Maki KC, Kong JC, Dugan LD, Torri SA, Hall HA, Drennan KB, Anderson SM, Fulgoni VL, Saldanha LG, Olson BH (1998) Long-term effects of consuming foods containing psyllium seed husk on serum lipids in subjects with hypercholesterolemia. *Am J Clin Nutr* 67(3): 367-376.
- Eshark NS (2016) Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber. *J Agric Sci* 61(2): 229-235.
- Guarda A, Rosell CM, Benedito M, Galotto J (2004) Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids* 18(2): 241-247.
- Hager AS, Wolter A, Czerny M, Bez J, Zannini E, Arendt EK, Czerny M (2012) Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. *Eur Food Res Technol* 235(2): 333-344.
- Hong SS, Cha JY, Kim DJ (2002) Effect of psyllium husk, pectin and cellulose on the lipid concentrations and hemo-

- biochemical enzymes in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(5): 808-813.
- Hong SS, Yim MY, Jang SA, Lee SG, Ly SY (2003) Effects of psyllium husk and glucomannan on serum lipids, fecal fat excretion and body fat in rats fed high-fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(3): 469-473.
- Jang JK, Pyun YR (2004) Effect of sucrose and gluten on glass transition, gelatinization, and retrogradation of wheat starch. *Korean J Food Sci Technol* 36(2): 288-293.
- Jung GT, Ju IO, Choi JS (1998) Studies on drying and preservation of Omija (*Schizandra chinensis* Baill.). *Korean J Food Preserv* 5(3): 217-223.
- Kim CS (1996) Degree of retrogradation of non-waxy and waxy rice cakes during storage determined by DSC and enzymatic methods. *Korean J Soc Food Sci* 12(2): 186-192.
- Kim HJ, Shin SK, Kim MR (2013) Storage quality characteristics of bread added with dried mulberry pomace. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(12): 1972-1980.
- Kim HN (2019) Quality characteristics of pomegranate jelly prepared with psyllium husk powder. MS Thesis Sejong University, Seoul. pp 1-54.
- Kim HS, Kim KM, Han GJ, Lee HG, Kim MH (2014) Temperature added to wheat flour on retrogradation retardation in *Garaetteok*. *Food Eng Prog* 18(3): 235-241.
- Kim MY, Lee JH, Lee SK (2009) Quality characteristics of white pan bread containing HPMC, MC, and sodium alginate. *Korean J Food Sci Technol* 41(3): 278-283.
- Kim SB, Baek SY, Kim MR (2020) Storage characteristics and degradation properties of morning bread with added dried laver. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49(1): 69-79.
- Kim SJ, Baek SY, Kim DH, Kim MR (2019) Physicochemical properties and antioxidant activities of morning bread added with *Enteromorpha prolifera*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48(11): 1244-1252.
- Kwon JH, Choi JU, Byun MW (1998) Effect of storage temperature and humidity on the quality stability of chestnuts. *Korean J Food Preserv* 5(1): 7-12.
- Lee HA, Kim NH (1998) Effect of saccharides on texture and retrogradation of acorn starch gels. *Korean J Food Sci Technol* 30(4): 803-810.
- Lee HY, Suh SC (2002) Physicochemical properties of aloe added bagel. *Korea J Food Nutr* 15(3): 209-214.
- Lee JW, Ryu GH (2019) Effects of psyllium husk content on the physical properties of extruded rice flour. *Food Eng Prog* 23(4): 283-289.
- Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31(3): 426-428.
- Oh HB, Choi BB, Kim YS (2019) Changes on the quality of donuts using psyllium husk as powder and edible coatings. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48(10): 1127-1134.
- Oh HL, Kim CR, Kim NY, Jeon HL, Doh ES, Kim MR (2013) Characteristics and antioxidant activities of *Rehmanniae radix* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(2): 62-67.
- Patel MK, Tanna B, Gupta H, Mishra A, Jha B (2019) Physicochemical, scavenging and anti-proliferative analyses of polysaccharides extracted from psyllium (*Plantago ovata* Forssk) husk and seeds. *Int J Biol Macromol* 133: 190-201.
- Shin SY, Joung KY, Kim YS (2018) Quality characteristics and retrogradation properties of baked rice donut with psyllium seed husk. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(3): 367-377.
- Shin WC, Park HJ, Song JC (2006) Optimization of modified starches on retrogradation of Korean rice cake(*Garaeduk*). *Korean J Food Nutr* 19(3): 279-287.
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol* 299: 152-178.
- Sivam AS, Sun-Waterhouse D, Waterhouse GIN, Quekzzz S, Perera CO (2011) Physicochemical properties of bread dough and finished bread with added pectin fiber and phenolic antioxidants. *J Food Sci* 76(3): 97-107.
- Thakur VK, Thakur MK (2014) Recent trends in hydrogels based on psyllium polysaccharide: A review. *J Cleaner Prod* 82(1): 1-15.
- Yim MY, Jang SA, Lee SG, Ly SY (2002) Weight loss effect of psyllium husk containing body fat loss formula in overweighing female college students. *Chungnam J Home Econ* 15(1): 76-84.