

카카오 빈 허스크 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성

김은성¹ · 윤혜현^{2*}

¹경희대학교 대학원 조리외식경영학과 석사과정, ²경희대학교 조리 & 푸드디자인학과 교수

Quality Characteristics of White Bread with the Addition of Cacao Bean Husk Powder

Eun Sung Kim¹ and Hye Hyun Yoon^{2*}

¹Master Student, Dept. of Culinary Science & Food Service Management, Graduate School, Kyung Hee University, Seoul 02447, Republic of Korea

²Professor, Dept. of Culinary Arts & Food Design Management, Kyung Hee University, Seoul 02447, Republic of Korea

ABSTRACT

This study examined the quality and sensory characteristics of white bread formulated with varying amounts of cacao bean husk powder (CBH) as a functional ingredient. CBH was incorporated at six substitution levels: 0% (CON), 4% (CBH4), 8% (CBH8), 12% (CBH12), 16% (CBH16), and 20% (CBH20). The dough fermentation rate was highest in the control and decreased significantly as the CBH content was increased ($p<0.001$). The bread weight increased significantly as the CBH levels were increased, while the volume, specific volume, oven spring, and baking loss all significantly decreased. The moisture content and pH decreased, while the °Brix and salinity increased. Color analysis showed that the crust lightness, redness, and yellowness decreased, whereas the crumb lightness decreased, but the redness and yellowness increased. Texture profile analysis revealed increased hardness, adhesiveness, gumminess, and chewiness. The descriptive sensory evaluation indicated increased crust brownness and crumb darkness, but the loaf volume and air cell size decreased. The flavor attributes, such as cacao odor, bitter odor, cacao flavor, and bitterness increased, while the yeast odor decreased. For mouthfeel attributes, the hardness and chewiness increased, while the moistness and tearability decreased significantly ($p<0.001$). In terms of the aftertaste attributes, the dryness and bitter aftertaste increased significantly ($p<0.001$). Consumer acceptability testing showed that the CON, CBH4, and CBH8 samples received the highest scores for taste, texture, and overall acceptability. These results suggest that up to 8% CBH substitution can improve the functional properties of white bread without compromising the sensory quality, supporting the utilization of CBH as a food by-product in functional bakery products.

Key words: cacao bean husk, white bread, quality characteristics, sensory attributes, consumer acceptance

서 론

2024년부터 2030년까지 아시아를 포함한 글로벌 시장에 서는 도시화, 1인 가구 증가, 편의성 중시와 같은 사회·경제 적 변화에 힘입어 빵류와 샌드위치 등 간편하게 섭취할 수 있는 베이커리 제품의 소비가 꾸준히 증가할 것으로 나타났 다(Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation 2025). 질병관리청(Korea Disease Control and Prevention Agency 2022) 자료에 의하면, 우리나라 국민의 1인당 하루 빵 섭취 량은 2012년 18.2 g에서 2020년 19.4 g으로 증가하였으며, 이러한 추세는 앞으로도 지속될 것으로 전망된다.

식빵은 전 세계 다양한 문화권에서 일상적인 간편식으로 널리 소비되며, 간단하면서도 영양가 있는 식사 대용으로 활

용된다. 각국의 식문화 특성에 따라 다양한 형태로 변형·조 리되어 활용 범위가 매우 넓다(Cabello-Olmo M 등 2023). 최 근 소비자들은 맛과 포만감뿐 아니라 건강 및 영양학적 가치 도 중시하는 경향이 뚜렷해지고 있으며, 이에 따라 천연 소 재나 기능성 원료를 활용한 기능성 빵에 대한 수요와 관심이 지속적으로 증가하고 있다(Chun YS & Kwak HS 2024). 이 에 식품 업계는 건강에 기여하면서도 맛과 품질을 유지할 수 있는 다양한 소재 적용에 주력하고 있으며(Rhee YK 2025), 맥주박을 활용한 고식이섬유 빵(Yitayew T 등 2022), 커피 실버스킨을 첨가한 항산화 제과류(Gocmen D 등 2019), 과일 껍질 및 씨앗 분말을 활용한 제빵 제품(Djeghim F 등 2021) 등이 연구 및 제품 개발 사례로 보고되고 있다. 이러한 시장 및 소비자 변화는 기능성 소재를 활용한 빵 제품 연구의 필 요성을 뒷받침한다.

한편, 환경 문제와 지속 가능한 식품 생산에 대한 관심이

* Corresponding author : Hye Hyun Yoon, Tel: +82-2-961-9403, Fax: +82-2-961-9557, E-mail: hhyun@khu.ac.kr

높아지면서 식품 제조 과정에서 발생하는 부산물을 재활용하려는 움직임도 활발하다(Kim HJ 등 2024). 과거에는 폐기되던 천연 부산물을 식품소재로 활용하여 부가가치를 높여려는 연구가 진행되고 있으며, 이는 단순한 자원절약을 넘어 식품 산업의 지속가능성을 확보하는 데 중요한 역할을 한다(Korea Rural Economic Institute 2024). 푸드 업사이클링(food upcycling)은 지속 가능한 경제와 다양한 활용 분야에서 부가가치를 창출하고, 자원 재활용과 탄소 배출 저감에 기여하며, 기업들의 ESG(환경, 사회, 지배구조) 목표를 달성하는 데에도 중요한 수단으로 주목받고 있다(Food Service · Food Processing Industrial Skills Council 2024).

이 가운데 주목할 만한 소재로 꼽히는 것이 카카오 빈 허스크(cacao bean husk; CBH)이다. 카카오 빈 허스크는 카카오 콩의 외피로, 로스팅 과정에서 자연스럽게 분리되는 부산물이며, 전 세계적으로 초콜릿의 주요 원료로 대규모 생산된다(International Cocoa Organization 2025). 초콜릿 제조 과정에서 전체 카카오 콩의 약 10~20%가 부산물로 배출되며, 과거에는 주로 폐기되거나 사료 및 퇴비 등 제한적으로 활용되었다(Kim NM 등 2021). 그러나 적절히 처리되지 않을 경우, 환경 오염과 온실가스 배출 문제로 이어질 수 있어, 이를 식품 소재로 적극 활용할 필요성이 제기되고 있다(Yueri DR & Syarifuddin A 2024).

최근에는 지속 가능한 자원관리와 자원 순환 경제에 대한 관심이 확대되면서, 카카오 빈 허스크의 영양학적 가치와 생리활성 성분에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Okiyama DCG 등 2017). 카카오 빈 허스크는 식이섬유(약 50%), 단백질(약 13%), 지방(약 4%), 그리고 폴리페놀, 테오브로민, 카페인 등 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있어 건강 기능성 식품 소재로서의 잠재력이 크다(Lamuella-Raventós RM 등 2005; Soares TF & Oliveira MBPP 2022). 국내에서도 카카오 빈 허스크를 활용한 쿠키(Kim NM 등 2021), 소시지(Choi JH 등 2021), 머랭 증편(Kim JS 등 2024), 스프레드(Lee HJ & Yoo SS 2025) 등 다양한 식품 적용 사례가 보고되었다. 그러나 대부분의 기존 연구는 항산화 활성이나 폴리페놀 분석 등 기초적 평가에 집중되어 있어, 소비자 기호도나 실제 제품 적용 측면의 연구는 제한적이다.

이에 본 연구에서는 초콜릿 가공 부산물인 카카오 빈 허스크 분말을 식빵 제조에 첨가하여 품질 특성에 미치는 영향을 확인하고자 한다. 구체적으로는 반죽의 발효율, 식빵의 부피, 무게, 비용적, 오븐스프링, 굽기손실률, 수분함량, pH, 당도, 염도, 색도, 기계적 조직감(texture), 특성차이검사 및 소비자 기호도를 중심으로 카카오 빈 허스크의 첨가가 제품에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 본 연구를 통해 기존에 폐기되던 카카오 빈 허스크를 기능성 식품 소재로 활용할 수

있는 가능성을 제시하고, 향후 다양한 빵 제품 개발에 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 카카오 빈 허스크는 2024년 11월에 에콰도르 팔로산토(Palo Santo) 농장에서 생산된 것으로, 업체(TreeToBar Co., Gyeonggi-do, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 강력분(Daehan Flour Co., Incheon, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Incheon, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co., Incheon, Korea), 버터(Samyang Co., Gyeonggi-do, Korea), 이스트(Jenico Food Co., Gyeonggi-do, Korea)는 온라인에서 구입하여 사용하였다.

2. 카카오 빈 허스크 식빵의 제조

카카오 빈 허스크를 첨가한 식빵은 제빵 기능사 실기시험의 식빵 배합비를 참고하여 스트레이트법으로 제조하였다. 예비실험을 통해 적절한 첨가 범위를 설정한 후, 밀가루의 일부를 카카오 빈 허스크 분말(CBH)로 0%(CON), 4%(CBH4), 8%(CBH8), 12%(CBH12), 16%(CBH16), 20%(CBH20) 대체하여 대조군을 포함한 총 6가지 시료를 제조하였다(Table 1). 식빵 제조를 위해 사용된 카카오 빈 허스크는 분쇄기(Food Grinder, JL-1000, Hibell Co., Gyeonggi-do, Korea)를 이용하여 분쇄한 후 100 mesh 표준망체에 내려 폴리에틸렌 백에 담아 냉동 보관하여 사용하였다. 유지를 제외한 전 재료를 반죽기(Dough Mixer, Kitchen Aid 5K5SS, Whirlpool Co., Benton Harbor, MI, USA)에 넣고 저속(2단)에서 2분간 혼합한 뒤, 클린업 단계에서 버터를 첨가하여 중속(6단)에서 10분간 믹싱하였다. 믹싱을 마친 반죽은 가볍게 등글러 볼에 담아 온도 30±5℃, 상대습도 75±5%의 발효기(Fermenter EP-20, Daeyung Bakery Machinery Ind. Co., Ltd, Seoul, Korea)에서 30분 동안 1차 발효하였다. 1차 발효가 끝난 반죽은 450 g으로 분할하여 등글린 후, 표면이 마르지 않도록 비닐을 덮어 실온에서 15분간 중간 발효하였다. 이후 반죽의 가스를 가볍게 제거한 뒤, tri-fold로 성형하여 식빵 팬(21.5 × 9.5 × 9.5 cm)에 팬닝하고, 온도 35±5℃, 상대습도 85±5%의 발효기에서 2차 발효를 45분 동안 진행하였다. 2차 발효를 마친 반죽은 윗불 170℃, 아랫불 180℃로 예열한 오븐(Deck Oven, DHO2-43, Daehung Soft Mill Co., Ltd, Gwangju, Gyeonggi-do, Korea)에서 30분간 구웠다. 완성된 식빵은 틀에서 꺼내기 전 가볍게 내려쳐 수증기를 제거하고, 실온에서 1시간 이상 냉각한 뒤 비닐로 밀봉하였다. 이후 실온에서 보관하며 실험에 사용하였다.

Table 1. Formulas of white bread with the addition of cacao bean husk powder

Ingredients (g)	CON ¹⁾	CBH ²⁾⁴	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20
Strong flour	300	288	276	264	252	240
Cacao bean husk powder	0	12	24	36	48	60
Yeast	6	6	6	6	6	6
Sugar	18	18	18	18	18	18
Salt	6	6	6	6	6	6
Butter	12	12	12	12	12	12
Water	190	190	190	190	190	190

¹⁾ CON: Control.

²⁾ CBH: Cacao bean husk powder.

3. 반죽의 발효율 측정

발효 과정에서 탄산가스가 발생함에 따라 반죽의 크기가 변화한다. 이러한 변화를 확인하기 위해 Koo ES & Yoon HH(2024)의 연구를 참고하여, 눈금이 5 mm 간격으로 표시된 두께 1 cm의 아크릴 판 사이에 반죽 2 g을 둥글려 중앙에 위치시키고 더블클립으로 고정하였다. 반죽은 1차 발효 조건에서 0분부터 90분까지 15분 간격으로 총 7회에 걸쳐 측정하였다. 아크릴 판 사이에 놓인 반죽의 가로 및 세로 길이를 cm 단위로 측정한 후, 평균값을 산출하여 발효율을 계산하였다.

4. 식빵의 무게, 부피, 비용적, 오븐스프링, 굽기손실률 측정

식빵의 무게는 실온에서 1시간 냉각한 후 전자저울(Digital Scale SW-1S, CAS Co., Seoul, Korea)을 사용하여 측정하였다. 부피는 좁쌀을 이용한 종자 치환법으로 측정하였으며, 비용적은 부피를 무게로 나눈 값(mL/g)으로 산출하였다. 오븐스프링은 눈금자를 사용하여 2차 발효를 완료한 반죽의 높이와 굽기 후 실온에서 1시간 냉각한 식빵의 높이 차를 측정하여 계산하였다. 굽기손실률은 굽기 전 무게 대비 감소한 무게의 비율로, 굽기 전 무게와 굽기 후 무게의 차이를 굽기 전 무게로 나눈 값에 100을 곱하여 산출하였다. 모든 항목은 3회 반복 측정하여 평균값을 산출하였다.

5. 수분함량, pH 측정

식빵의 수분함량과 pH를 측정하기 위해 식빵의 속질 50 g을 믹서기(Blender VO-KIO16, Oa Co., Seoul, Korea)의 2단에서 20초간 분쇄하여 시료로 사용하였다. 수분함량은 시료 0.5 g을 칭량하여 수분측정기(Moisture Analyzer MB-95, OHAUS Co., Parsippany, USA)에 넣고, 할로겐 방식(105 °C,

A60)으로 측정하였다. pH 측정은 Kim BK & Yoon HH(2025)의 연구를 참고하여 수행하였다. 250 mL 비커에 식빵 속질 10 g과 증류수 100 mL를 넣고, 교반기(Cimarec Stirrer SP131320-33, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 5분간 교반한 후, 상등액을 채취하여 pH meter(ST3100, OHAUS Co., Parsippany, USA)로 측정하였다. 모든 항목은 3회 반복 측정하여 평균값을 산출하였다.

6. 당도, 염도 측정

식빵의 당도와 염도를 측정하기 위해 식빵의 속질 50 g을 믹서기(Blender VO-KIO16, Oa Co., Seoul, Korea)의 2단에서 20초간 분쇄하여 시료로 사용하였다. Kim BK & Yoon HH (2025)의 연구를 참고하여, 250 mL 비커에 식빵 속질 10 g과 증류수 100 mL를 넣고, 교반기(Cimarec Stirrer SP131320-33, Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA)로 5분간 교반한 후 상등액을 채취하여 사용하였다. 당도는 디지털 굴절계(PAL-1, ATAGO Co., Ltd, Tokyo, Japan)로, 염도는 디지털 염도계(HI96821, HANNA Instruments, Woonsocket, RI, USA)로 측정하였으며, 모든 항목은 3회 반복 측정하여 평균값을 산출하였다.

7. 색도 측정

색도는 색차계(JC801S, Color Techno System Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 식빵의 겉질과 속질 부분으로 나누어, 믹서기(Blender VO-KIO16, Oa Co., Seoul, Korea) 2단에서 20초간 분쇄한 후 시료로 사용하였다. 분쇄된 시료는 지름 35 mm, 높이 10 mm의 Petri dish(20035, SPL Life Sciences Co., Gyeonggi-do, Korea)에 담아 측정하였다. 각각의 L(명도, lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness) 값을 3회 반복 측정하고 평균값을 산출하였다. 이

때 사용된 백색판(calibration plate)의 값은 $L=93.93$, $a=-1.59$, $b=1.85$ 이었다.

8. 기계적 조직감(Texture) 측정

조직감 측정을 위해 Texture Analyzer(TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd, Godalming, UK)를 사용하여 texture profile analysis(TPA)를 실시하였다. 시료는 식빵을 $20 \times 20 \times 20$ mm 크기로 절단하여 사용하였으며, 직경 36 mm의 cylinder probe를 시료의 중앙에 위치시키고, 매 측정마다 새로운 시료를 사용하였다. 측정 조건은 Jeong CR & Yoon HH(2025)의 방법을 일부 수정하여 적용하였으며, pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.7 mm/s, post-test speed 10 mm/s, distance 6.3 mm, trigger force 5 g, time 2.5 s 설정한 후 측정하였다. 2회 연속 압착 시 얻어진 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)의 특성은 3회 반복 측정하여 평균값을 산출하였다.

9. 특성차이검사

특성차이검사 패널은 해당 검사에 대한 훈련 경험이 있으며, 제빵에 관심이 있는 경희대학교 대학원생 28명(남 10명, 여 18명, 20~40대)을 대상으로 실시하였다. 식빵 시료는 겉질과 속질이 모두 보일 수 있도록 단면을 15 mm 두께로 슬라이스한 후, 각 시료를 1개씩 투명 지퍼백에 담고 3자리 난수를 표기하였다. 평가 시 입안을 행굴 수 있도록 생수를 함께 제공하였다. 외관에서는 식빵의 부피(volume), 겉질의 갈색 정도(crust brownness), 속질의 어두운 정도(crumb darkness), 기공 크기(air cell size), 기공 균일성(air cell uniformity)의 5가지 항목을 평가하였고, 향미에서는 단향(sweet odor), 이스트향(yeast odor), 카카오향(cacao odor), 쓴향(bitter odor), 단맛(sweetness), 짠맛(saltiness), 쓴맛(bitterness), 신맛(sourness), 카카오맛(cacao flavor)의 9가지 항목을 평가하였다. 조직감에서는 경도(hardness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 촉촉함(moistness), 잘 찢어지는 정도(tearability)의 5가지 항목을 평가하였으며 후미에서는 텁텁함(dryness), 쓴맛(bitter aftertaste)의 2가지 항목으로 총 21가지 항목을 평가하였다. 본 검사는 훈련 경험이 있는 패널을 대상으로 수행하였기 때문에, 시료 간 세밀한 강도 차이를 명확히 구분할 수 있도록 감각 강도의 범위가 넓은 9점 척도(1점=매우 약하다, 9점=매우 강하다)를 사용하였다(Stone H & Sidel JL 2004).

10. 기호도 검사

기호도 검사는 경희대학교 학생 및 일반인 101명(남 35명, 여 66명, 20~50대)을 대상으로 실시하였다. 외관 평가는 식

빵을 반으로 절단하여 단면이 보이도록 제시하였으며, 나머지 항목 평가를 위해 식빵의 속질 부분을 $30 \times 30 \times 20$ mm 크기로 절단한 후, 2조각씩 뚜껑이 있는 흰색 용기에 담아 제공하였다. 각 용기에는 3자리 난수를 표기하였으며, 입안을 행굴 수 있도록 생수를 함께 제공하였다. 평가 항목은 외관(appearance), 냄새(odor), 맛(taste), 질감(texture), 전반적인 기호도(overall acceptance)의 총 5가지 항목을 대상으로 평가하였다. 본 검사는 훈련 경험이 없는 일반 소비자를 대상으로 수행하였기 때문에, 평가자의 인지적 부담을 최소화하고 응답의 신뢰성을 확보하기 위해 소비자 기호도 평가에서 일반적으로 사용되는 7점 척도(1=매우 싫다, 7=매우 좋다)를 사용하였다(Stone H & Sidel JL 2004; Lim JY 2011).

11. 통계처리

카카오 빈 허스크 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성에 관한 모든 실험 결과는 동일 조건에서 3회 이상 반복 측정하였으며, SPSS Statistics(ver. 28.0, IBM Co., Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 시료 간 평균값의 유의적 차이는 일원분산분석(one-way ANOVA)을 통해 검정하였으며, 사후검정으로 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 발효율

카카오 빈 허스크(CBH) 분말 첨가량에 따른 식빵 반죽의 발효율을 알아보기 위해 반죽 시료의 발효율(cm)을 0분부터 90분까지 총 7회에 걸쳐 측정하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 15분부터 시료 간 유의적인 차이가 나타나기 시작하였고($p<0.001$), 이러한 발효율의 차이($p<0.001$)는 90분까지 지속되었다. 대조군(6.48 cm)이 가장 높은 발효율을 보였으며, 카카오 빈 허스크 분말의 첨가량이 증가할수록 발효율은 점차 감소하는 경향을 보였다. 실제로 카카오 빈 허스크 처리군인 CBH4, CBH8, CBH12, CBH16, CBH20의 발효율은 각각 6.40 cm, 6.33 cm, 5.93 cm, 5.68 cm, 5.15 cm로 나타났으며, 첨가량이 증가함에 따라 발효율이 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). Verbeke C 등(2024)의 연구에 따르면, 반죽에 식이섬유가 첨가될수록 글루텐이 희석되어 글루텐 형성이 저해되고, 이로 인해 반죽의 가스 보유력이 감소하는 것으로 보고되었다. 본 연구에서도 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가함에 따라 반죽 내 식이섬유 함량이 높아져 글루텐 형성이 저해되고, 가스 보유력이 감소하면서 발효율이 상대적으로 낮아진 것으로 판단된다.

Table 2. Fermentation rate of white bread with the addition of cacao bean husk powder (cm)

	CON ¹⁾	CBH4	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20	F-value
0 (min)	3.47±0.04 ^{2)a3)}	3.44±0.04 ^a	3.32±0.02 ^b	3.26±0.02 ^c	3.22±0.02 ^{cd}	3.19±0.01 ^d	45.76 ^{***}
15	4.45±0.05 ^a	4.34±0.04 ^b	4.23±0.03 ^c	4.15±0.05 ^d	3.83±0.03 ^e	3.43±0.03 ^f	296.09 ^{***}
30	5.06±0.04 ^a	4.90±0.03 ^b	4.83±0.03 ^c	4.60±0.05 ^d	4.22±0.03 ^e	4.02±0.03 ^f	365.45 ^{***}
45	5.92±0.03 ^a	5.59±0.07 ^b	5.38±0.03 ^c	5.18±0.03 ^d	4.44±0.04 ^e	4.22±0.03 ^f	876.31 ^{***}
60	6.31±0.04 ^a	6.20±0.05 ^b	5.91±0.04 ^c	5.55±0.05 ^d	5.25±0.05 ^e	4.37±0.03 ^f	855.47 ^{***}
75	6.40±0.05 ^a	6.35±0.05 ^b	6.20±0.04 ^c	6.12±0.03 ^d	6.02±0.03 ^e	4.88±0.03 ^f	661.94 ^{***}
90	6.48±0.03 ^a	6.40±0.05 ^b	6.33±0.03 ^c	5.93±0.03 ^d	5.68±0.03 ^e	5.15±0.05 ^f	595.48 ^{***}

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ Mean±S.D., *** $p < 0.001$.

³⁾ ^{a-f} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

2. 무게, 부피, 비용적, 오븐스프링, 굽기손실률

카카오 빈 허스크를 첨가한 식빵의 무게, 부피, 비용적, 오븐스프링, 굽기손실률의 결과는 Table 3에 나타내었다. 식빵의 무게는 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.001$). 이는 카카오 빈 허스크가 밀가루에 비해 총 식이섬유 함량과 수분 보유력이 높아(Wang CW 등 2024), 동일한 무게의 반죽으로 구웠음에도 불구하고 수분 증발이 적었기 때문으로 판단된다. 또한, 실험에서 사용된 카카오 빈 허스크 분말의 수분함량은 7.15%로 밀가루(12.67%)보다 낮아, 첨가량이 많을수록 고형분 함량이 높아지고, 이에 따라 최종 제품의 무게 증가에 영향을 미친 것으로 보인다. 이와 유사하게, 식이섬유가 풍부한 차아시드 분말을 첨가한 식빵 연구(Lee SB 2013)나 유색 보리를 첨가한 식빵 연구(Jeong HC & Yoo SS 2014)에서도 수분 보유력 증가로 인해 제품 무게가 증가한 바 있다.

식빵의 부피는 반죽 및 굽는 과정에서 발생한 가스와 글루텐 그물망 구조에 갇힌 가스의 보유력에 의해 결정된다

(Jeon SH & Kim MR 2020). 본 연구에서 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가할수록 식빵의 부피와 오븐스프링은 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 특히 카카오 빈 허스크 함량이 가장 높은 CBH20은 각각 927.33 mL와 1.55 cm로 가장 낮은 값을 나타냈으며, 이는 카카오 빈 허스크의 높은 식이섬유 함량으로 인해 반죽 내 글루텐 형성이 저해되고 가스 보유력이 감소하여 반죽의 팽창이 제한되었기 때문으로 해석된다(Wang CW 등 2024). 일반적으로 식이섬유는 글루텐과 수분을 경쟁적으로 흡수하여 정상적인 글루텐 망 형성을 방해하며, 글루텐 회석으로 인해 망의 연속성과 구조가 약화되어 발효 초기 단계에서 기포가 쉽게 파열된다. 이러한 결과는 식이섬유가 풍부한 차전차피를 첨가한 식빵 연구(Jeon SH & Kim MR 2020)와 식혜박을 첨가한 식빵 연구(Sung YG & Yoon HH 2025)에서도 확인된 바 있다.

식빵의 비용적은 카카오 빈 허스크 처리군 CBH8까지 대조군과 유사한 경향을 보였고, CBH12부터 유의적으로 감소하여 CBH20은 2.23 mL/g으로 가장 낮은 값을 나타냈다

Table 3. Weight, volume, specific volume, oven spring, and baking loss of white bread with the addition of cacao bean husk powder

	CON ¹⁾	CBH4	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20	F-value
Weight (g)	402.00±0.00 ^{2)c3)}	401.33±1.15 ^c	405.33±1.15 ^b	407.33±2.31 ^b	413.33±1.15 ^a	415.33±5.56 ^a	56.83 ^{***}
Volume (mL)	1,328.00±8.71 ^a	1,330.00±12.17 ^a	1,332.67±32.15 ^a	1,280.67±26.03 ^a	1,107.33±38.28 ^b	927.33±40.51 ^c	98.87 ^{***}
Specific volume (mL/g)	3.30±0.02 ^a	3.31±0.03 ^a	3.29±0.07 ^a	3.14±0.07 ^b	2.68±0.09 ^c	2.23±0.09 ^d	124.63 ^{***}
Oven spring (cm)	4.63±0.26 ^a	4.28±0.22 ^b	4.00±0.14 ^b	2.30±0.25 ^c	1.93±0.15 ^d	1.55±0.25 ^e	150.98 ^{***}
Baking loss (%)	10.67±0.00 ^a	10.82±0.25 ^a	9.73±0.52 ^b	9.48±0.51 ^b	8.15±0.25 ^c	7.71±0.25 ^c	40.27 ^{***}

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ Mean±S.D., *** $p < 0.001$.

³⁾ ^{a-e} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

($p<0.001$). 이는 카카오 빈 허스크가 첨가될수록 부피는 감소하고 무게는 증가한 결과로 해석된다. 일반적으로 비용적은 반죽의 팽창성과 발효 효율을 나타내며, 첨가되는 식이섬유의 종류와 함량에 따라 영향을 받는다. 이러한 경향은 수박씨 파우더 첨가 식빵 연구(Kim EJ & Suh SU 2023), 밀웜 분말 첨가 식빵 연구(Lee YJ 등 2023), 나문재 분말 첨가 식빵 연구(Hong GJ & Lee IO 2024)에서도 유사하게 보고되었다.

식빵의 굽기손실률은 반죽을 굽는 과정에서 고온에 노출됨에 따라 반죽 내 기체가 팽창하고, 이로 인해 기공이 열리면서 내부 수분이 기화되어 제품의 중량 감소로 이어지며, 결과적으로 굽기손실률에 영향을 미치는 주요 요인으로 작용한다(Jeong HC & Yoo SS 2010). 본 연구에서는 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가할수록 굽기손실률이 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.001$). 대조군이 10.67%로 가장 높았으며, 첨가량이 증가함에 따라 점차 감소하여 CBH20에서는 7.71%로 가장 낮았다. 이는 Yoo YS & Lee MH(2020)의 카카오넙스 분말 첨가 식빵 연구와 일치하며, 해당 연구에서는 카카오넙스 분말의 수분 보유 특성이 굽기 후 중량 손실을 감소시킨 것으로 보고되었다. 본 연구에서도 카카오 빈 허스크에 포함된 식이섬유 등 수분 흡착력이 높은 성분이 반죽 내 수분 증발을 억제하여 굽기손실률을 낮춘 것으로 판단된다.

3. 수분함량, pH

카카오 빈 허스크 분말 첨가량에 따른 식빵의 수분함량과 pH의 결과는 Table 4에 나타내었다. 식빵의 수분함량은 38.69~42.99%로, 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.001$). Netania G 등(2022)의 연구에 따르면, 카카오 빈 허스크는 식이섬유 함량이 50% 이상으로 매우 높으며, 특히 불용성 식이섬유의 함량이 수용성 식이섬유보다 높은 것으로 보고되었다. 불용성 식이섬유는 수분을 흡수할 수 있으나, 흡수한 수분을 구조적으로 안정되게 유지하는 능력이 낮아 가열 과정에서 쉽게 수분을 방출하는 특성이 있다. 따라서 본 연구에서 카카오 빈 허스크를 첨가한 식빵의 수분함량 감소는 이러한 식이섬유 특성에 기인한 것으로 판단된다. 또한, 카카오 빈 허스크 첨

가량이 증가할수록 수분이 결합수 형태로 전환되거나 반죽 내 글루텐 및 전분이 자유수를 흡수함에 따라 수분의 이동성이 저하되어 최종 수분함량이 감소한 것으로 판단된다(Ma X 등 2024). 이러한 현상은 카카오넙스를 첨가한 식빵 연구(Yoo YS & Lee MH 2020)와 식혜박을 첨가한 식빵 연구(Sung YG & Yoon HH 2025)에서도 유사하게 보고되었으며, 첨가량이 증가할수록 수분함량이 감소하는 경향을 보였다. 한편, 앞서 Table 3에서 확인된 제품 무게 증가는 이러한 결합수의 증가와 카카오 빈 허스크의 높은 고형분 함량이 복합적으로 작용한 결과로 판단된다.

식빵의 pH는 대조군이 5.60으로 가장 높았으며, 카카오 빈 허스크 첨가 시료는 5.40~5.52로, 첨가량이 증가할수록 pH가 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 일반적으로 빵의 적정 pH는 5.0~5.5 수준으로 알려져 있으며, 첨가 원료의 pH는 반죽 특성과 최종 제품의 품질에 영향을 미치는 주요 요인으로 보고되어 있다(Jeong CR & Yoon HH 2025). 따라서 본 연구에서 나타난 pH 감소 경향은 밀가루(6.31)와 카카오 빈 허스크(5.41) 간의 원재료의 pH 차이에 기인한 것으로 판단된다. 카카오에는 프락토오스, 글루코오스 등의 유리당과 알라닌, 글루탐산, 아스파르트산, 리신 등의 유리 아미노산이 존재하는 것으로 보고되어 있으며(Brito ES de 등 2000; Campos-Vega R 등 2018), 이러한 성분들이 반죽 내 유기산 생성 또는 산도 증가에 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 이와 같은 pH 감소 경향은 카카오 빈 허스크를 첨가한 쿠키 연구(Kim NM 등 2021), 증편 연구(Kim JS 등 2024), 스프레드 연구(Lee HJ & Yoo SS 2025)에서도 보고된 바 있다.

4. 당도, 염도

카카오 빈 허스크 분말 첨가량에 따른 식빵의 당도와 염도의 결과는 Table 5에 나타내었다. 식빵의 당도는 카카오 빈 허스크의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이는 본 연구에서 사용된 카카오 빈 허스크의 당 함량(3.03 °Brix)이 밀가루(0.50 °Brix)보다 높기 때문이다. 또한, 카카오 빈 허스크의 조성에서 약 17%를 차지하는 수용성 식이섬유가 중요한 역할을 한 것으로 판단된다. 이 식

Table 4. Moisture content and pH of white bread with the addition of cacao bean husk powder

	CON ¹⁾	CBH4	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20	F-value
Moisture content (%)	42.99±0.12 ^{2)ab3)}	42.35±0.83 ^a	41.49±0.57 ^b	41.02±0.23 ^b	39.61±0.87 ^c	38.69±0.34 ^d	32.71 ^{***}
pH	5.60±0.06 ^a	5.52±0.03 ^b	5.51±0.02 ^b	5.47±0.01 ^c	5.45±0.01 ^c	5.40±0.01 ^d	26.73 ^{***}

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ Mean±S.D., ^{***} $p<0.001$.

³⁾ ^{a~d} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 5. °Brix and salinity of white bread with the addition of cacao bean husk powder

	CON ¹⁾	CBH4	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20	F-value
°Brix	0.68±0.05 ^{2)e3)}	0.83±0.05 ^d	0.95±0.06 ^e	1.10±0.06 ^b	1.18±0.05 ^a	1.23±0.10 ^a	45.43 ^{***}
Salinity (%)	0.28±0.05 ^d	0.35±0.06 ^d	0.48±0.05 ^e	0.55±0.06 ^{bc}	0.63±0.05 ^b	0.75±0.06 ^a	42.31 ^{***}

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ Mean±S.D., *** $p < 0.001$.

³⁾ ^{a~e} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

이섬유는 주로 펙틴과 일부 헤미셀룰로오스로 구성되어 있으며, 반죽 및 가열 과정에서 부분적으로 가수분해되어 갈락토스, 만노스, 아라비노스 등의 단당류를 생성할 수 있다 (Serra Bonvehí J & Aragay Benería M 1998; Lecumberri E 등 2007). 이러한 분해산물은 굴절당도계에서 당으로 인식될 수 있어 (Redgwell R 등 2003), 본 연구에서 관찰된 당도 증가는 단순한 자유당의 증가뿐만 아니라 식이섬유 분해산물이 주요 원인 중 하나로 작용한 것으로 판단된다.

식빵의 염도 또한 카카오 빈 허스크의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 카카오 빈 허스크의 염도는 2.43%로, 밀가루의 염도(0.40%)보다 높으며, 이러한 결과는 카카오 빈 허스크 자체의 염도 차이에 기인한 것으로 판단된다.

5. 색도

카카오 빈 허스크 첨가에 따른 식빵의 겉질(crust)과 속질(crumb)의 색도 측정 결과는 Table 6에 나타내었다. 겉질의 경우, 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가할수록 명도(L)와 적색도(a), 황색도(b)가 유의적으로 감소하였다($p < 0.001$). 즉, 카카오 빈 허스크 첨가량이 많을수록 식빵의 표면은 더 어두워지고, 붉은기와 노란기가 감소하는 경향을 보였다. 이러한 색도 변화는 카카오 빈 허스크의 원료인 카카오 빈의 로스팅

과정과 제빵 과정 중 발생하는 마이야르 반응 및 캐러멜화 반응에 기인한 것으로 판단된다(Mohd Juosh Y 등 2009; Kim NM 등 2021). 또한, 카카오빈 분말을 첨가한 식빵 연구(2020)와 카카오 빈 허스크를 첨가한 스프레드 연구(2025)에서도 이와 유사한 색 변화가 보고된 바 있다. 속질에서는 명도(L)가 유의적으로 감소($p < 0.001$)한 반면, 적색도(a)와 황색도(b)는 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 이는 속질의 내부 온도가 굽는 동안 100℃를 넘지 않아 마이야르 및 캐러멜화 반응의 영향이 제한적이기 때문이며, 색도 변화는 주로 원료의 색소와 반죽의 조성에 기인한 것으로 판단된다(Dhen N 등 2018; Wang CW 등 2024). 또한, 본 연구에 사용된 카카오 빈 허스크의 적색도와 황색도는 각각 3.87과 25.77로, 밀가루의 적색도(-8.06)와 황색도(13.74)보다 높았다. 이에 따라 카카오 빈 허스크를 첨가한 식빵의 적색도와 황색도 역시 더 높게 나타난 것으로 판단된다.

6. 기계적 조직감

카카오 빈 허스크를 첨가한 식빵의 조직감 측정 결과는 Table 7에 나타내었다. 경도(hardness)는 대조군이 894.55 g으로 가장 낮았고, CBH20 시료가 2,880.19 g으로 가장 높았으며, 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가할수록 경도도 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 식빵의 경도는 제품

Table 6. Hunter's color values of white bread with the addition of cacao bean husk powder

	CON ¹⁾	CBH4	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20	F-value
Crust	L	64.57±0.02 ^{2)a3)}	57.66±0.00 ^b	54.67±0.03 ^c	53.05±0.03 ^d	51.45±0.04 ^e	11,5776.22 ^{***}
	a	4.33±0.03 ^a	3.98±0.00 ^c	4.12±0.00 ^b	3.92±0.06 ^d	3.32±0.00 ^f	592.65 ^{***}
	b	31.56±0.04 ^a	27.60±0.00 ^b	25.40±0.01 ^c	24.44±0.02 ^d	23.82±0.03 ^e	39,564.16 ^{***}
Crumb	L	83.57±0.00 ^a	62.24±0.00 ^b	56.32±0.00 ^c	53.24±0.00 ^d	51.21±0.00 ^e	5,889,305.50 ^{***}
	a	-5.19±0.00 ^f	1.84±0.00 ^e	3.12±0.01 ^d	3.69±0.01 ^c	3.73±0.00 ^b	842,403.50 ^{***}
	b	21.94±0.04 ^d	24.45±0.03 ^a	22.99±0.00 ^b	22.95±0.00 ^b	22.57±0.00 ^c	777.18 ^{***}

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ Mean±S.D., *** $p < 0.001$.

³⁾ ^{a~f} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 7. Texture characteristics of white bread with the addition of cacao bean husk powder

	CON ¹⁾	CBH4	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20	F-value
Hardness (g)	894.55±4.30 ^{2)E3)}	1,120.48±9.52 ^e	1,261.73±23.29 ^d	1,778.40±31.38 ^c	2,531.02±32.99 ^b	2,880.19±88.26 ^a	1,114.27 ^{***}
Adhesiveness	-0.16±0.05 ^a	-0.19±0.04 ^a	-0.34±0.01 ^a	-1.18±0.04 ^b	-1.69±0.14 ^c	-3.58±0.33 ^d	230.79 ^{***}
Cohesiveness	0.91±0.01 ^a	0.85±0.04 ^{ab}	0.72±0.17 ^{bc}	0.85±0.04 ^{ab}	0.84±0.02 ^{ab}	0.69±0.05 ^c	4.24 [*]
Springiness	1.00±0.00	0.97±0.03	0.99±0.01	0.99±0.26	0.94±0.43	0.93±0.76	1.73 ^{NS}
Gumminess	814.37±11.07 ^c	953.76±48.74 ^d	1,056.03±32.22 ^c	1,513.96±8.98 ^b	2,209.09±9.07 ^a	2,207.11±50.08 ^a	1,135.89 ^{***}
Chewiness	812.17±11.04 ^f	921.81±35.75 ^c	1,056.89±28.34 ^d	1,497.49±36.90 ^c	2,101.18±63.24 ^b	2,188.65±45.85 ^a	674.04 ^{***}

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ Mean±S.D., * $p<0.05$, *** $p<0.001$, NS=not significant.

³⁾ a-f Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

의 수분함량, 부피, 기공 발달 정도 등에 영향을 받으며, 일반적으로 반죽 내 기공이 잘 발달할수록 식빵의 부피가 커지고 식감이 부드러워 경도가 낮아진다(Hwang YK 등 2023). 본 연구에서 식빵의 경도가 증가한 것은 카카오 빈 허스크 첨가로 식이섬유 함량이 높아지면서 글루텐 형성이 저해되고, 이에 따라 기공 발달이 미흡하며 부피가 감소한 데 기인한 것으로 판단된다. 이러한 경향은 식빵에 보리등겨 가루(Choi UK 2005)나 감귤과피 분말(Lee EJ 등 2012)을 첨가한 기존 연구에서도 보고된 바 있다.

부착성(adhesiveness)은 대조군이 -0.16으로 가장 낮았고, 카카오 빈 허스크 처리군에서는 -3.58~-0.19으로 나타나, 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 이는 카카오 빈 허스크에 함유된 식이섬유가 반죽 내 수분을 흡수·결합하여 가용 수분량을 감소시키고, 그 결과 반죽의 수분 이동성이 저해되고 점성이 증가한 것으로 해석된다(Gómez M 등 2003). 이 과정에서 반죽의 내부 구조는 조밀해지고, 표면의 점착성이 증가한 것으로 판단된다(Gómez M 등 2003; Xu J 등 2021). Rinaldi M 등(2020)은 카카오 빈 허스크 분말의 입자 크기에 따른 수분 보유력 차이가 저장 중 경도 증가 및 부착성 증가에 영향을 미친다고 보고하였다. 특히, 입자가 가장 작은 분말이 저장 기간 동안 경도 증가에 영향을 미쳤으며, 반죽 내 수분 분포 변화가 부착성 증가 가능성을 설명한다고 제시하였다. 이러한 경향은 수박씨 파우더 첨가 식빵(Kim EJ & Suh SU 2023), 밀웬 분말 첨가 식빵(Lee YJ 등 2023), 나문재 분말 첨가 식빵(Hong GJ & Lee IO 2024) 연구에서도 유사하게 보고되었다.

응집성(cohesiveness)은 0.69~0.91의 범위를 나타냈으며, 카카오 빈 허스크 첨가량에 따라 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 전반적으로 첨가량이 증가할수록 응집성은 감소하는 경향을 나타냈으며, 이는 첨가된 식이섬유가 반죽 내 구조적 일관성을 저해했기 때문으로 판단된다. 한편, Yang Y

& Wang X(2023)의 연구에서는 파인애플 심지 식이섬유 첨가가 만두 반죽의 응집성과 탄력성을 유의적으로 감소시키는 것으로 보고되었다. 이러한 응집성 감소는 식이섬유가 반죽의 결합 구조를 방해하고 가용 수분을 감소시켜 최종 제품의 조직 일관성을 저해한 결과로 해석된다.

탄력성(springiness)의 경우 통계적으로 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 유사한 경향으로, 카카오빈스 분말을 첨가한 식빵 연구(2020)에서도 첨가물에 따른 뚜렷한 변화가 관찰되지 않았다.

점성(gumminess)과 씹힘성(chewiness)은 대조군이 각각 814.37과 812.17로 가장 낮았으며, 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가함에 따라 점차 증가하였다($p<0.001$). 본 연구에서는 카카오 빈 허스크 첨가량 증가에 따라 경도, 점성, 씹힘성이 모두 증가하는 경향을 나타냈으며, 이는 Koo ES & Yoon HH(2024)와 Jeong CR & Yoon HH(2025)의 연구 결과와 일치하였다. 이러한 경향은 카카오 빈 허스크의 식이섬유가 반죽 내 수분과 글루텐 간의 상호작용을 통해 빵 내부 구조를 보다 조밀하고 응집력 있게 형성함으로써, 저작 시 더 많은 에너지가 필요한 텍스처 특성을 나타낸 것으로 판단된다(Nawrocka A 등 2016). 또한, 점성은 경도와 응집성의 곱으로, 씹힘성은 점성과 탄력성의 곱으로 계산되므로, 경도의 뚜렷한 증가는 두 특성의 상승에 직접적인 영향을 미친 것으로 해석할 수 있다.

7. 특성차이검사

카카오 빈 허스크 첨가량에 따른 식빵의 특성차이검사 결과는 Table 8에 나타내었다. 식빵의 외관(appearance) 특성에서 결질의 갈색 정도와 속질의 어두운 정도는 카카오 빈 허스크 함량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 반면, 부피와 기공의 크기는 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며($p<0.001$), 이는 색도 및 부피 측정 결과와

Table 8. Sensory attribute differences of white bread with the addition of cacao bean husk powder

	CON ¹⁾	CBH4	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20	F-value	
Volume	⁴⁾ 6.93±1.64 ^{2)a3)}	6.15±2.07 ^{ab}	5.70±2.00 ^c	4.30±1.56 ^c	3.30±1.78 ^{cd}	3.11±2.30 ^d	18.49 ^{***}	
Appearance	Crust brownness	1.63±0.88 ^f	4.15±1.13 ^c	5.41±1.15 ^d	6.37±0.93 ^c	7.78±1.05 ^b	8.48±0.64 ^a	177.22 ^{***}
	Crumb darkness	1.22±0.51 ^f	3.89±1.12 ^c	5.48±1.05 ^d	6.56±0.64 ^c	7.81±0.79 ^b	8.30±0.91 ^a	254.48 ^{***}
	Air cell size	6.04±1.74 ^a	5.59±1.67 ^{ab}	5.19±1.39 ^{ab}	4.67±1.57 ^b	3.22±1.67 ^c	3.00±2.20 ^c	14.25 ^{***}
	Air cell uniformity	3.85±1.96 ^b	4.37±1.67 ^{ab}	4.93±1.94 ^{ab}	5.07±2.09 ^a	5.07±2.30 ^a	5.48±2.10 ^a	2.27 [*]
	Sweet odor	4.11±2.42 ^c	4.56±1.60 ^{bc}	5.84±1.86 ^{ab}	5.70±1.73 ^{ab}	5.67±2.51 ^{ab}	6.44±3.08 ^a	4.01 ^{**}
Flavor	Yeast odor	6.19±2.06 ^a	4.52±1.91 ^c	3.74±1.74 ^{bc}	3.44±1.91 ^{bcd}	2.85±1.90 ^{cd}	2.48±1.89 ^d	13.34 ^{***}
	Cacao odor	1.11±0.42 ^e	3.44±1.31 ^d	5.37±1.55 ^c	6.81±8.33 ^b	7.78±1.12 ^a	8.22±1.22 ^a	158.48 ^{***}
	Bitter odor	1.37±0.69 ^e	3.11±1.53 ^d	4.37±1.94 ^c	5.59±1.58 ^b	6.44±1.91 ^{ab}	6.89±2.22 ^a	40.96 ^{***}
	Sweetness	4.33±2.59	4.89±2.10	5.19±1.42	4.63±1.60	4.81±1.64	4.48±2.64	0.60 ^{NS}
	Saltiness	3.52±2.02 ^c	4.04±1.89 ^{bc}	4.11±1.78 ^{bc}	5.04±1.93 ^{ab}	5.48±2.31 ^a	5.33±2.65 ^a	3.89 ^{**}
	Bitterness	1.48±1.09 ^f	2.67±1.21 ^e	4.81±1.59 ^d	6.19±1.11 ^c	7.37±1.12 ^b	8.33±0.88 ^a	134.20 ^{***}
	Sourness	3.22±2.72 ^c	3.48±1.97 ^c	3.78±1.60 ^{bc}	4.30±2.23 ^{abc}	4.93±2.79 ^{ab}	5.19±2.77 ^a	3.18 ^{**}
	Cacao flavor	1.00±0.00 ^f	3.41±1.42 ^c	5.48±1.53 ^d	6.78±0.75 ^c	7.85±0.91 ^b	8.67±0.48 ^a	226.77 ^{***}
Texture	Hardness	2.56±1.42 ^d	3.11±1.34 ^d	3.81±0.96 ^c	5.67±1.36 ^b	7.41±1.08 ^a	8.00±1.27 ^a	20.26 ^{***}
	Springiness	5.93±2.29	5.74±1.89	5.59±1.39	5.85±1.77	5.33±2.84	4.59±3.07	1.26 ^{NS}
	Chewiness	3.30±1.56 ^d	3.70±1.49 ^{cd}	4.22±1.15 ^c	5.44±1.15 ^b	4.47±1.64 ^a	7.07±1.94 ^a	29.23 ^{***}
	Moistness	6.67±1.94 ^a	6.44±1.83 ^a	5.48±1.16 ^b	4.78±1.28 ^b	3.11±1.40 ^c	2.44±1.12 ^c	36.71 ^{***}
	Tearability	6.70±1.98 ^a	5.93±1.88 ^{ab}	6.30±1.32 ^{ab}	5.15±1.90 ^{bc}	4.19±2.43 ^c	4.11±2.86 ^c	7.20 ^{***}
Aftertaste	Dryness	2.15±1.26 ^f	3.41±1.55 ^c	4.19±1.30 ^d	6.22±1.12 ^c	7.00±1.78 ^b	7.96±1.02 ^a	74.06 ^{***}
	Bitter aftertaste	1.33±1.00 ^f	3.07±1.33 ^c	4.67±1.59 ^d	6.33±1.07 ^c	7.26±1.74 ^b	8.44±0.85 ^a	113.52 ^{***}

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ Mean±S.D., * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$, NS=not significant.

³⁾ a~f Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ 9-Point scale (1: very weak, 9: very strong).

일치하였다.

향미(flavor) 특성에서는 카카오향, 쓴향, 쓴맛, 카카오맛이 유의적으로 증가하였고($p<0.001$), 단향, 짠맛, 신맛도 증가하였다($p<0.01$). 이스트 향은 대조군에서 가장 강하게 나타났으며, 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.001$). 이는 카카오 빈 허스크의 고유한 향미가 상대적으로 이스트 향을 약화시킨 결과로 해석된다. 단맛은 첨가량이 증가함에 따라 먼저 증가하다가 일정 수준 이상에서는 다시 감소하는 경향을 보였다. 특히 CBH8 시료에서 단맛이 가장 높게 나타났으며, 이는 카카오 빈 허스크의 고유 맛 성분이 단맛에 영향을 준 결과로 해석된다. 이러한 경향은 선행 연구와도 일치하는데, Kim JS 등(2024)의 카카오 빈 허

스크를 넣은 머랭 증편 연구에서는 6% 첨가 시 감미와 기호도가 가장 높았고, 8% 첨가 시에는 오히려 감소하는 경향이 나타났다. 또한, Wang CW 등(2024)의 연구에서도 대만산 카카오 빈 허스크를 5~25% 범위로 식빵에 첨가한 결과, 각각 평가 지표는 증가하다가 일정 수준 이상에서는 감소하는 양상을 보여 본 연구와 유사한 결과를 나타냈다.

조직감(texture) 특성은 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가함에 따라 경도와 씹힘성이 유의적으로 증가하였으며($p<0.001$), 이는 기계적 조직감 측정 결과와 일치하였다. 반면, 촉촉함과 잘 찢어지는 정도는 첨가량의 증가에 따라 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 이는 식이섬유 함량 증가로 인해 글루텐 형성이 저해되고 가용 수분이 감소한 결과로 판단된다. 카카오

빈 허스크는 수분 보유력은 높지만, 수분이 주로 식이섬유에 흡착되어 고정된 형태로 존재하므로, 소비자가 느끼는 촉촉한 식감은 오히려 저하되는 경향을 보였다. 탄력성에서는 기계적 조직감 결과와 마찬가지로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

후미(aftertaste) 특성에서는 텁텁함과 씹쓸함이 카카오 빈 허스크 첨가량의 증가에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며($p < 0.001$), 이는 카카오 빈 허스크 고유의 향미 성분이 식빵의 후미에 영향을 미친 결과로 판단된다.

8. 기호도 검사

카카오 빈 허스크 첨가량에 따른 식빵의 기호도 검사 결과는 Table 9에 나타내었다. 식빵 외관에 대한 기호도는 대조군이 가장 높았고, 카카오 빈 허스크의 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.001$). 이는 첨가량이 증가할수록 식빵의 명도가 낮아지고 부피가 작아지면서 외관의 기호도에 부정적인 영향을 미친 것으로 판단된다.

냄새에 대한 기호도는 대조군과 처리군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 특성차이검사에서 쓴향은 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였으나($p < 0.001$), 단향과 카카오향 또한 함께 증가하여($p < 0.001$) 전반적인 냄새의 조화가 유지되었고, 이에 따라 냄새 기호도에는 큰 변화가 나타나지 않은 것으로 판단된다.

맛과 조직감에 대한 기호도는 대조군에서 가장 높게 나타났으며($p < 0.001$), CBH4와 CBH8 시료와는 유의적인 차이가 없었다. 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가할수록 신맛과 쓴맛이 강해져 맛 기호도가 감소하였고, 식빵의 경도 증가와 촉촉함 감소로 인해 단단하고 딱딱한 식감이 조직감 기호도 저하에 영향을 미친 것으로 사료된다.

전반적인 기호도 역시 대조군에서 가장 높게 나타났으며($p < 0.001$), CBH4와 CBH8 시료와 유의적인 차이가 없었다.

이후 첨가량이 증가할수록 기호도는 유의적으로 감소하는 경향을 보였으며($p < 0.001$), 이는 맛과 조직감 기호도와 유사한 경향으로, 카카오 빈 허스크 첨가량이 8%를 초과할 경우 소비자 기호도가 뚜렷하게 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Kim NM 등(2021)과 Jeong CR & Yoon HH(2025)의 연구와 유사하며, 적정 수준의 부재료 첨가는 소비자 기호도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 밀가루 대비 최대 8%까지 카카오 빈 허스크 분말을 대체하여도 품질이 우수한 빵을 제조할 수 있음을 시사한다.

요 약

본 연구는 식품 부산물의 자원화를 통해 그 활용 가능성을 모색하고자 하였다. 식이섬유와 항산화 성분이 풍부한 것으로 선행 연구에서 보고된 카카오 빈 허스크(Cacao Bean Husk; CBH)는 기능성 소재로서의 잠재력이 높음에도 불구하고, 대부분 비가식 부위로 폐기되고 있어 식품 산업에서의 활용이 제한적이다. 이에 본 연구에서는 카카오 빈 허스크 분말을 식빵에 첨가하여, 밀가루를 기준으로 각각 0%(CON), 4%(CBH4), 8%(CBH12), 12%(CBH12), 16%(CBH16), 20%(CBH20) 대체한 식빵을 제조하였다. 이를 바탕으로 카카오 빈 허스크의 식빵 적용 가능성을 검토하고자 하였으며, 반죽의 발효율, 무게, 부피, 비용적, 오븐스프링, 굽기손실률, 수분함량, pH, 당도, 염도, 기계적 조직감, 특성차이검사, 소비자 기호도 등 다양한 항목을 분석하였다.

반죽의 발효율은 대조군이 가장 높았으며, 카카오 빈 허스크 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 식빵의 무게는 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가한 반면, 부피, 비용적, 오븐스프링, 굽기손실률은 유의적으로 감소하였다. 수분함량은 대조군과 CBH4가 가장 높았으며, 그 이상 첨가 시 유의적으로 감소하였다. pH 역시 카카오 빈 허스크

Table 9. Consumer acceptance of white bread with the addition of cacao bean husk powder

	CON ¹⁾	CBH4	CBH8	CBH12	CBH16	CBH20	F-value
Appearance	4)5.58±1.27 ^{2)a3)}	4.87±1.29 ^b	4.91±1.37 ^b	4.82±1.32 ^b	4.40±1.53 ^c	4.03±1.77 ^c	13.50 ^{***}
Odor	4.89±1.47	4.79±1.24	4.81±1.25	4.76±1.48	4.86±1.56	4.78±1.55	0.11 ^{NS}
Taste	5.07±1.43 ^a	4.94±1.36 ^a	4.98±1.30 ^a	3.72±1.42 ^b	3.58±1.58 ^{bc}	3.29±1.75 ^c	30.67 ^{***}
Texture	5.26±1.39 ^a	5.24±1.24 ^a	5.20±1.24 ^a	4.68±1.42 ^b	4.31±1.45 ^c	3.90±1.69 ^c	16.30 ^{***}
Overall acceptance	5.39±1.33 ^a	5.00±1.30 ^a	5.11±1.28 ^a	4.26±1.32 ^b	3.83±1.47 ^c	3.65±1.66 ^c	26.99 ^{***}

¹⁾ Refer to the legends in Table 1.

²⁾ Mean±S.D., ^{***} $p < 0.001$, ^{NS}=not significant.

³⁾ ^{a-c} Means in a row by different superscripts are significantly different at the $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ 7-Point scale (1: very bad, 7: very good).

첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고, 당도와 염도는 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. 색도의 경우, 겉질에서는 카카오 빈 허스크 첨가량이 증가할수록 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 모두 유의적으로 감소하여 색이 어두워지는 경향을 보였다. 속질에서는 명도(L)가 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소한 반면, 적색도(a)와 황색도(b)는 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다. 기계적 조직감 측정 결과, 첨가량이 증가함에 따라 경도, 부착성, 겉성, 씹힘성은 유의적으로 증가하였지만, 응집성은 감소하였다. 탄력성에서는 시료 간 유의한 차이가 없었다. 특성차이검사에서는 대부분 항목에서 유의한 차이가 관찰되었다. 외관 특성에서는 첨가량이 증가할수록 겉질의 갈색 정도, 속질의 어두운 정도, 기공의 균일성이 유의적으로 증가하였으며, 부피와 기공 크기는 감소하였다. 향미 특성에서는 단향, 카카오향, 쓴향, 짠맛, 쓴맛, 신맛, 카카오 맛이 유의적으로 증가하였고, 이스트향은 유의적으로 감소하였다. 조직감 특성에서는 첨가량이 증가함에 따라 경도와 씹힘성이 유의적으로 증가하였고, 촉촉함과 잘 찢어지는 정도는 감소하였다. 탄력성에서는 유의한 차이가 없었다. 후미 특성에서는 텁텁함과 씹쓸함이 첨가량 증가에 유의적으로 증가하였다. 기호도 검사 결과, 외관의 경우 대조군이 가장 높은 기호도를 나타냈고, 냄새는 시료 간 유의한 차이가 없었다. 맛, 조직감 및 전반적인 기호도에서는 대조군이 가장 높았으나, CBH4와 CBH8 시료와는 유의한 차이가 없었다.

본 연구에서 밀가루를 카카오 빈 허스크 분말로 대체하여 첨가한 식빵을 제조한 결과, 8% 처리군까지 기호도가 대조군과 유사하게 유지됨을 확인하였다. 물리적 특성 평가에서 일부 차이가 관찰되었으나, 소비자 기호도에 미치는 영향은 미미하여 소비자가 체감하는 최종 품질에는 큰 문제가 없을 것으로 평가된다. 이는 카카오 빈 허스크가 밀가루를 대체할 수 있는 기능성 원료로서의 가능성을 입증하는 결과이며, 나아가 식품 부산물 자원화를 통한 원재료 다양화 및 부가가치 창출에도 기여할 수 있음을 시사한다. 본 연구 결과는 카카오 빈 허스크를 활용한 기능성 강화 및 고부가가치형 베이커리 제품 개발의 기초 자료로 활용될 것으로 기대된다.

REFERENCES

- Brito ES de, García NHP, Gallão MI, Cortelazzo AL, Feveireiro PS, Braga MR (2000) Structural and chemical changes in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation, drying and roasting. *J Sci Food Agric* 81(2): 281-288.
- Cabello-Olmo M, Krishnan PG, Araña M, Oneca M, Díaz JV, Barajas M, Rovai M (2023) Development, analysis, and sensory evaluation of improved bread fortified with a plant-based fermented food product. *Foods* 12(15): 2817.
- Campos-Vega R, Nieto-Figueroa KH, Oomah BD (2018) Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends Food Sci Technol* 81: 172-184.
- Choi JH, Kim MH, Han YS (2021) Effect of cocoa bean husk powder on the shelf life of sausages during refrigerated storage. *Korean J Food Sci Technol* 53(5): 619-627.
- Choi UK (2005) Effect of barley bran flour addition on the quality of bread. *Korean J Food Sci Technol* 37(5): 741-750.
- Chun YS, Kwak HS (2024) Analysis of domestic research trends on improving the quality of bread with added functional ingredients. *J Korean Soc Food Cult* 39(4): 202-217.
- Dhen N, Rejeb I, Boukhris H, Damergi C, Gargouri M (2018) Physicochemical and sensory properties of wheat-apricot kernels composite bread. *LWT-Food Sci Technol* 95: 262-267.
- Djeghim F, Bourekoua H, Rózyło R, Bieńczyk A, Tanaś W, Zidoune MN (2021) Effect of by-products from selected fruits and vegetables on gluten-free dough rheology and bread properties. *Appl Sci* 11(10): 4605.
- Food Service · Food Processing Industrial Skills Council (2024) No Trash! The Rebirth of Food By-Products: Food Upcycling (Issue Report).
- Gocem D, Sahan Y, Yildiz E, Coskun M, Aroufai IA (2019) Use of coffee silverskin to improve the functional properties of cookies. *J Food Sci Technol* 56(6): 2979-2988.
- Gómez M, Ronda F, Blanco C, Caballero PA, Apesteguía A (2003) Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *Eur Food Res Technol* 216: 51-56.
- Hong GJ, Lee IO (2024) Quality characteristics and textural properties of dough of pan bread with *Suaeda glauca* powder. *Culi Sci & Hos Res* 30(3): 35-44.
- Hwang YK, Yu YS, Park HR (2023) Quality characteristics and antioxidant of white pan bread added with *Allium fistulosum* root powder. *Culi Sci & Hos Res* 29(11): 49-61.
- International Cocoa Organization. (2025) International Cocoa Organization. <https://www.icco.org> (accessed on 10. 8. 2025)
- Jeon SH, Kim MR (2020) Quality characteristics of white

- bread added with *Psyllium* husk powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 49(8): 855-865.
- Jeong CR, Yoon HH (2025) Quality characteristics of loaf bread prepared with the addition of onion peel powder. J East Asian Soc Diet Life 35(1): 88-96.
- Jeong HC, Yoo SS (2010) Preparation and quality characteristics of sponge cakes with different black bean powder ratios. J East Asian Soc Diet Life 20(6): 909-915.
- Jeong HC, Yoo SS (2014) Quality characteristics of pan bread added with color barley powder. Culi Sci & Hos Res 20(4): 127-143.
- Kim BK, Yoon HH (2025) Quality characteristics of white pan bread based on the amount of the gelatinized haedeulmi. Culi Sci & Hosp Res 31(3): 82-91.
- Kim EJ, Suh SU (2023) Quality characteristics of white pan bread made with watermelon seed powder. Culi Sci & Hos Res 29(3): 27-36.
- Kim HJ, Lee AY, Moon DJ (2024) Food recycling: The food upcycling market. Food Preservation and Processing Industry 23(1): 5-9.
- Kim JS, Woo HE, Chu JH, Choi JH, Choi HY (2024) Quality characteristics of antioxidant activity of meringue jeung-pyun with different amount of cacao bean husk. Food Sci Biotechnol 33: 817-829.
- Kim NM, Choi JH, Choi HY (2021) Antioxidant activity and quality characteristics of cookies containing cocoa bean husk powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 50(1): 45-53.
- Koo ES, Yoon HH (2024) Quality Characteristics of white pan bread according to the ratio of sweet persimmon added. Korean J Food Cook Sci 40(3): 156-164.
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation (2025) Bread and Bakery Products Market Outlook Report, 2024-2030. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation, Korea.
- Korea Disease Control and Prevention Agency (2022) Raw data of the Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Korea Disease Control and Prevention Agency, Korea.
- Korean Rural Economic Institute (2024) Circular Economy Uniforms for the Agricultural and Food Industry: Recycling Strategy Study-Domestic Trends in Food Sub-Industry Recycling, Food Utilization Goals by 2030, Theoretical Analysis of Shared Utilization Lines and Industry Clusters. Korean Rural Economic Institute, Korea.
- Lamuela-Raventós RM, Romero-Pérez AI, Andrés-Lacueva C, Tomero A (2005) Review: Health effects of cocoa flavonoids. Food Sci Tech Int 11(3): 159-176.
- Lecumberri E, Mateos R, Izquierdo-Pulido M, Rupérez P, Goya L, Bravo L (2007) Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physico-chemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao* L.). Food Chem 104(3): 948-954.
- Lee EJ, Ju HW, Lee KS (2012) Quality characteristics of pan bread added with citrus mandarin peel powder. Culi Sci & Hos Res 18(1): 27-39.
- Lee HJ, Yoo SS (2025) Quality characteristics and antioxidant activity of spread added with cacao bean husk powder. Culi Sci & Hos Res 31(3): 116-125.
- Lee SB (2013) Quality characteristics of bread added on chia seed powder. Korean Journal of Human Ecology 22(6): 723-736.
- Lee YJ, Ju YE, Cho EC, Park SJ, Kim DH, Hwang HJ, Yoon JA, Shin KO (2023) Quality characteristics and nutritional functions of bread added with *Tenebrio Molitor Limmaeus* (mealworm) powder. J East Asian Soc Diet Life 33(4): 251-263.
- Lim JY (2011) Hedonic scaling: A review of methods and theory. Food Qual Prefer 22(8): 733-747.
- Ma X, Luo L, He X, Liu H, Ma L, Zhang X (2024) Effects of insoluble dietary fiber from mung bean skin on dough and gluten protein properties. Int J Food Eng 20(6): 475-481.
- Mohd Jusoh Y, Chin N, Yusof YA, Abdul Rahman R (2009) Bread crust thickness measurement using digital imaging and L a b colour system. J Food Eng 94(3): 366-371.
- Nawrocka A, Szymańska-Chargot M, Miś Antoni, Wilczewska AZ, Markiewicz KH (2016) Dietary fiber-included changes in the structure and thermal properties of gluten proteins studied by Fourier transform-Raman Spectroscopy and Thermogravimetry. J Agric Food Chem 64(10): 2094-2104.
- Netania G, Permana T, Effendy J, Santoso F, Oslo E (2022) A review on the potential applications of cocoa shell in food industry. Advances in Biological Sciences Research 16: 126-131.
- Okiyama DCG, Navarro SLB, Rodrigues CEC (2017) Cocoa shell and its compounds: applications in the food industry. Trends Food Sci Technol 63: 103-112.
- Redgwell R, Trovato V, Merinat S, Curti D, Hediger S, Manez A (2003) Dietary fibre in cocoa shell: characterisation of

- component polysaccharides. *Food Chem* 81(1): 103-112.
- Rhee YK (2025) Food Upcycling: A sustainable strategy for resource circulation and carbon neutrality. *Food Industry and Nutrition* 30(1): 7-19.
- Rinaldi M, Littardi P, Paciulli M, Calligiani A, Chiavaro E (2020) Effect of cocoa bean shells granulometries on qualitative properties of gluten-free bread during storage. *Eur Food Res Technol* 246(8): 1583-1590.
- Sung YG, Yoon HH (2025) Quality characteristics of bread according to the ratio of added shikhye powder. *Korean J Food Cook Sci* 41(2): 82-91.
- Serra Bonvehí J, Aragay Benería M (1998) Composition of dietary fibre in cocoa husk. *Eur Food Res Technol* 207: 105-109.
- Soares TF, Oliveira MBPP (2022) Cocoa by-products: Characterization of bioactive compounds and beneficial health effects. *Molecules* 27(5): 1625.
- Stone H, Sidel JL (2004) *Sensory Evaluation Practices*. 3rd ed. Elsevier Academic Press, San Diego, CA, USA.
- Verbeke C, Debonne E, Versele S, Van Boxtstaele F, Eeckhout M (2024) Technological evaluation of fiber effects in wheat-based dough and bread. *Foods* 13(16): 2582.
- Wang CW, Shen HS, Yang CW, Syu PC, Lin SD (2024) Physicochemical, antioxidant, starch digestibility and sensory properties of wheat bread fortified with Taiwanese cocoa bean shells. *Foods* 13(17): 2854.
- Xu J, Li Y, Zhao Y, Wang D, Wang W (2021) Influence of antioxidant dietary fiber on dough properties and bread qualities: A review. *J Funct Foods* 80: 104434.
- Yang Y, Wang X (2023) Effects of coarse cereals on dough and Chinese steamed bread: A review. *Front Nutr* 10: 1186860.
- Yitayew T, Moges D, Satheesh N (2022) Effect of brewery spent grain level and fermentation time on the quality of bread. *Int J Food Sci* 2022: 8704684.
- Yoo YS, Lee MH (2020) Quality characteristics and antioxidant of Pan-Bread Prepared with Cacao Nibs Powder. *Culi Sci & Hos Res* 26(11): 84-96.
- Yuneri DR, Syarifuddin A (2024) Cocoa bean shell by-products as potential ingredients for functional food and beverage: A review. *BIO Web Conf* 96: 01006.

Date Received Sep. 4, 2025
Date Revised Nov. 7, 2025
Date Accepted Nov. 19, 2025