

## 미강 분말을 첨가한 베이글의 품질 특성

이 유 진<sup>1</sup> · 윤 혜 현<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 대학원 조리외식경영학과 석사과정, <sup>2</sup>경희대학교 조리 & 푸드디자인학과 교수

### Quality Characteristics of Bagels Added with Rice Bran Powder

Yu Jin Lee<sup>1</sup> and Hye Hyun Yoon<sup>2\*</sup>

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

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

#### ABSTRACT

This study examined the quality characteristics of bagels formulated with varying amounts of rice bran powder (RB). RB was added to the dough in the following proportions: 0% (CON), 5% (RB05), 10% (RB10), 20% (RB20), 30% (RB30), and 40% (RB40). The fermentation rate, baking loss rate, volume, and specific volume of the bagel decreased as the amount of rice bran powder increased, while the weight increased. Hunter's L (lightness) value decreased as the amount of rice bran powder was increased, while the a (redness) and b (yellowness) values increased. The pH, moisture content, °Brix, and salinity increased significantly as the amounts of rice bran powder increased. Texture profile analysis showed that the hardness and gumminess increased as the amounts of rice bran powder increased, while the springiness and cohesiveness decreased. The sensory attribute difference test showed that increasing the amount of rice bran powder resulted in a more cracked surface, smaller pores, and an enhanced raw grain odor and taste. In addition, the hardness, moistness, and crumbliness increased as the amounts of rice bran powder increased, while the springiness and chewiness decreased, and the bitterness, astringency, and the amount of particles remaining in the mouth increased. The consumer acceptance evaluations suggested that while the overall acceptance for appearance, odor, taste, and texture tended to decrease as the amount of rice bran powder increased, the RB05 group received a good taste evaluation.

**Key words:** rice bran, bagel, quality characteristics, sensory evaluation, consumer acceptance, upcycled food

#### 서 론

업사이클드 푸드는 본래 인간의 소비를 위해 사용되지 않았던 식품 부산물이나 손상된 식품 등을 활용하여 새로운 부가가치가 있는 고품질의 지속 가능한 식품을 생산하는 것을 의미하며(Moshtaghian 등 2021), 이는 식품 생산 및 가공 과정에서 발생하는 부산물을 새로운 식품 소재로 활용함으로써 자원 순환과 환경 보호에 기여할 수 있는 방법으로 평가된다(Kim JI 등 2023). 유엔 환경계획(UNEP)의 보고에 따르면 2022년 전 세계적으로 10억 5천만 톤에 달하는 식품이 폐기되었으며, 이는 소비 가능 식품의 약 19%에 해당한다[United Nations Environment Programme(UNEP) 2024]. 특히, 국내에서 매년 다량 발생하는 미강(rice bran)은 곡물의 도정 과정에서 생기는 대표적인 식품 부산물임에도 불구하고 대부분 사료용이나 폐기물로 처리되고 있는 실정이다(Hwang

KH 등 2014).

미강은 우리나라 식량의 주요 자원인 벼를 도정할 때에 생기는 부산물(Kim JH 2006)로 맛을 증진시키고 소화를 용이하게 하기 위하여 현미에서 분리해낸 호분층이다(Schramm R 등 2007). 미강은 연간 약 60만 톤 정도 생산되며 현재 식량자급률 제고를 위해 가루쌀 보급 확산에 따라 미강 발생량이 점차 증가할 것으로 추정된다(Shin YJ 등 2023).

미강은 수분 10.5%, 단백질 15%, 지방 17.4%, 회분 8.8% 및 식이섬유 8~12% 등으로 구성되어(Chae GY 등 2011) 높은 단백질과 식이섬유 함량을 보인다. 특히 미강에 함유되어 있는 단백질은 토립토관 함량이 낮은 것을 제외하고는 귀리나 밀기울보다 아미노산 구성이 더 우수한 것으로 알려져 있으며(Kim KS 등 2005) 저알레르기성과 항암 활성이라는 독특한 특성을 가져 다양한 용도로 활용될 수 있는 우수한 곡물 단백질이다(Helm RM & Burks A 1996; Fabian C & Ju YH 2011). 또한 미강은  $\gamma$ -oryzanol, tocopherol, 폴리페놀 등의 기능성 성분이 풍부하여 항산화, 항염, 콜레스테롤 저하

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

등의 생리활성 효과가 보고되었으며(Jeon SB 등 2010), 이를 활용한 기능성 식품 개발이 활발히 시도되고 있다(Kim JY 등 2014). 특히, 미강의 수용성 식이섬유는 반죽의 글루텐 구조 안정성을 향상시키고, 냉동 반죽에서 전분의 결정화 속도를 감소시켜 제빵 제품의 품질을 개선하는 데 기여할 수 있다(Zhang S 등 2024). 이러한 미강을 식품에 적용한 선행 연구로는 미강 분말 파운드케이크(Jang KH 등 2010), 쌀겨 첨가 머핀(Kang HJ 등 2012), 탈지 미강 첨가 가래떡(Choi EH 2013), 미강 사워종 첨가 사워도우 식빵(Kim SK 등 2020) 등의 연구가 진행되었다.

한편, 최근 소비자들의 건강에 대한 관심 증대와 함께 기능성 빵 및 건강빵에 대한 수요가 지속적으로 증가하면서 이러한 생리활성 소재의 개발과 이를 적용한 제품 개발 및 연구가 활발히 진행되고 있다(Kim EJ 등 2015; Seo HJ & Cho IH 2018; Lee WY 등 2024). 특히, 고식이섬유, 저당, 천연 항산화 성분을 함유한 베이커리 제품이 인기를 얻으며, 기존 제빵 제품에 천연 기능성 소재를 첨가하는 연구가 활발히 진행 중이다(Shin PJ 등 2014; Kim BK & Yoon HH 2022; Guine RPF & Florenca SG 2024; Lee WY 등 2024).

베이글(bagel)은 둥근 모양에 가운데 구멍이 뚫린 빵으로, 밀가루, 이스트, 소금, 물만으로 반죽한 다음 끓는 물에 데친 후 오븐에 굽는 과정으로 제조된다(Kim BK & Yoon HH 2022). 설탕과 유지가 적어 다이어트 식단으로도 많이 소비되지만 높은 탄수화물 함량으로 혈당을 급격히 상승시킬 수 있고, 일반적으로 단백질 함량이 낮아 단백질 보충을 위해 다른 재료를 추가해야 하는 단점이 있다.

이에 본 연구는 쌀 도정 부산물인 미강을 이용하여 단백질

과 식이섬유 함량이 향상된 건강지향형 베이글을 제조하고, 미강 첨가 비율에 따른 품질 및 관능 특성을 분석함으로써 업 사이클드 식품소재로서의 활용 가능성을 평가하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 실험에 사용된 미강(Samjeong Nongsan Co., Ltd, Jangseong, Korea), 강력분(Daehan Flour Mills, Seoul, Korea), 꽃소금(Sajo Haepyo, Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang, Seoul, Korea), 이스트(Jenico Foods Co., Ltd, Seoul, Korea), 해바라기유(Sajo Haepyo Co., Ltd, Incheon, Korea)를 온라인 구매하여 사용하였다.

### 2. 미강 베이글의 제조

미강 베이글의 제조는 제빵 기능사 실기 시험법을 참고하여 스트레이트법으로 제작하였으며, 여러 차례의 예비 실험을 통해 미강을 밀가루 대비 0%(CON), 5%(RB05), 10%(RB10), 20%(RB20), 30%(RB30), 40%(RB40)로 첨가하여 총 6가지 시료로 제조한 기본 배합비는 Table 1과 같다.

제조 방법은 전 재료를 반죽기(Vertical Mixer, NVM-12, Dae-yung Bakery Machinery Co., Ltd, Korea)에 넣고 1단에서 3분, 2단에서 10분 믹싱하여 발전단계(development stage)까지 반죽했다. 완성된 반죽은 등클러 볼에 담아 온도 35±5℃, 상대습도 75±5%의 발효기(Fermenter, EP-20, Dae-yung Bakery Machinery Co., Ltd, Seoul, Korea)에서 60분간 1차 발효하였다. 1차 발효가 완료된 반죽은 180 g씩 분할하여 등클

Table 1. Formulas for preparation of bagel samples added with rice bran powder

(unit: g)

Samples	Ingredients (g)						
	Strong flour	Rice bran	Water	Salt	Sugar	Fresh yeast	Oil
CON <sup>1)</sup>	800	0	480	16	16	24	24
RB05	760	40	480	16	16	24	24
RB10	720	80	480	16	16	24	24
RB20	640	160	480	16	16	24	24
RB30	560	240	480	16	16	24	24
RB40	480	320	480	16	16	24	24

<sup>1)</sup> CON: 0% rice bran powder.

RB05: 5% rice bran powder.

RB10: 10% rice bran powder.

RB20: 20% rice bran powder.

RB30: 30% rice bran powder.

RB40: 40% rice bran powder.

리기 한 뒤 23 cm 길이로 성형 후 양 끝을 이어 붙여, 구멍 지름이 2 cm인 도넛 모양으로 성형하였다. 온도 35±5℃, 상대습도 75±5%의 발효기에서 20분간 2차 발효한 후, 90℃ 이상의 끓는 물에 앞면과 뒷면을 각각 30초씩 데치고 실온에서 1분간 건조한 다음 윗불 210℃, 아랫불 180℃의 오븐(Deck Oven, DHO3-33/3S, Daehung Softmill Co., Ltd, Gwangju-si, Gyeonggi-do, Korea)에서 18분 구워 완성했다. 완성된 베이글은 실온에서 1시간 냉각하여 실험에 사용하였다.

### 3. 발효율 측정

발효 과정 중 일어나는 크기 변화를 관찰하기 위하여 Song TH & Yoon HH(2020)의 연구를 참고하여 눈금이 5 mm 간격으로 표시된 두께 1 cm의 아크릴판 사이에 반죽 2 g을 등걸려 중앙에 위치하도록 한 후 더블클립으로 움직이지 않게 고정하였다. 반죽은 1차 발효 조건에서 발효시키면서 0분부터 20분 간격으로 100분까지 총 6회에 걸쳐 측정하였다. 아크릴판 사이에 놓인 반죽의 가로, 세로 길이를 cm 단위로 측정 한 뒤 그 합의 평균값을 발효율로 정하였다.

### 4. 부피, 무게, 비용적, 굽기손실을 측정

베이글의 부피는 쥘살을 이용한 종자 치환법을 사용해 3회 반복 측정해 평균값을 구하였다. 베이글의 무게는 실온에서 1시간 방랭한 베이글을 전자저울(Digital Scale, Leto GMS, China)을 사용해 측정하였으며, 비용적(mL/g)은 미강 분말 첨가 베이글의 부피를 베이글의 무게로 나누어 계산하였다. 굽기손실률은 분할한 반죽의 중량과 완성된 베이글의 무게를 측정하여 다음 식을 이용해 산출하였으며, 모든 측정은 3회 반복 측정하여 평균값을 계산하여 기록하였다.

굽기 손실률(%)=

$$\frac{\text{반죽의 분할무게(g)} - \text{베이글의 무게(g)}}{\text{반죽의 분할무게(g)}} \times 100$$

### 5. pH와 수분함량 측정

베이글의 pH 측정은 slurry method(AACC 1995)를 사용하였으며, 비커에 분쇄한 베이글의 속질 5 g을 증류수 50 mL에 넣고 5분 동안 진탕하여 5분간 방치 후, pH meter(ST3100, Ohaus Corp., Parsippany, NJ, USA)를 이용해 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 수분함량은 제조된 시료의 속질 부분을 갈아 0.5 g씩 칭량한 뒤 할로겐 수분측정기(Moisture Analyzer, MB-95, OHAUS, Parsippany, NJ, USA)를 이용하여 3회 반복 측정 후 그 평균값을 구하였다.

### 6. 당도와 염도 측정

당도 측정은 비커에 분쇄한 베이글의 속질 5 g을 증류수 50 mL에 넣고 5분 동안 진탕하여 5분간 방치 후, 디지털 당도계(Digital Refractometer, PAL-1, Atago Co., Ltd, Japan)를 이용해 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 염도도 동일한 방식으로 진행하여 디지털 염도 굴절계(Digital Refractometer, HI96821, Hanna Instruments, Romania)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

### 7. 색도 측정

미강 베이글의 색도는 색차계(Colorimeter, JC801S, Color Techno System Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 껍질 부분과 속질 부분을 분리하여 각각의 L(명도, lightness), a(적색도, redness), b(황색도, yellowness) 값을 3회 반복 측정 후 평균값을 계산하였다. 이때 사용된 백색판(Calibration plate)의 값은 L=93.974, a=-1.586, b=1.964이었다.

### 8. 기계적 Texture 측정

베이글 조직감은 texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)를 사용하여 Texture Profile Analysis(TPA)를 실시하였다. 베이글의 속질 부분을 20 × 20 × 20 mm로 잘라 사용했으며, 매 측정 시 새로운 시료를 사용하여 측정하였다. 측정 조건은 Kim BK & Yoon HH(2022)의 방법을 참고하였으며, 36 mm cylinder probe를 이용하여 pretest speed 1.7 mm/s, test speed 1.7 mm/s, posttest speed 1.7 mm/s, distance 10 mm, force 10 g, time 5 sec 설정 조건 하에서 실시하였다. 2회 연속 압착하였을 때의 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)의 특성을 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

### 9. 특성 차이 검사

특성 차이 검사의 패널은 식품 감각검사 참여 경험 및 흥미가 있으며, 관능 검사 수업을 이수한 제빵에 관심이 있는 20~30대의 경희대학교 대학원생 12인과 식품개발원 3인으로 구성된 15인의 패널(남: 4명, 여: 11명)을 대상으로 2회 반복 실시하였다. 패널의 연령은 만 23~32세로 구성되었으며 연구 윤리 기준에 따라 자발적 동의하에 검사가 실시되었다. 외관 평가를 위해 모든 베이글 시료를 타공팬에 올려 제공하였으며 위치와 형태를 고정하기 위하여 폴리에틸렌 랩으로 감싸서 제시하였다. 외관 이외의 부분에 대한 평가를 위해 6등분을 한 베이글의 한 조각을 12 × 12 cm의 지퍼백(Zipperbag, Green Vinyl, Korea)에 담고, 3자리 난수를 표기하여 입 안을 행굴 수 있도록 생수 1병과 함께 제공하였다. 평가 항목으로

외관에서는 베이글의 부피(volume), 껍질의 갈색 정도(crust brownness), 속질의 어두운 정도(crumb darkness), 표면의 갈라진 정도(surface cracking), 기공의 크기(cell size)의 5가지 항목을 평가하였고, 향미에서는 구수한 냄새(savory odor), 낱곡물 냄새(raw grain odor), 단내(sweet odor), 단맛(sweetness), 짠맛(saltiness), 신맛(sourness), 쓴맛(bitterness), 구수한 맛(savory flavor), 쌀 맛(rice flavor), 낱곡물 맛(raw grain flavor)의 10가지 항목이 제시되었고, 조직감에서는 껍질의 경도(crust hardness), 탄력성(springiness), 쫄깃한 정도(stickiness), 씹힘성(chewiness), 푸석함(crumbly texture)의 5가지 항목을 제시했으며 후미에서는 쓴맛(bitter aftertaste), 텁텁함(grainy texture), 입안에 남는 정도(loose particles)의 3가지 항목으로 총 23가지 특성을 평가하였다. 평가는 9점 척도(1점=매우 약하다, 9점=매우 강하다)로 실시하였다.

## 10. 기호도 검사

기호도 검사의 패널은 관능검사 경험이 없는 소비자 80명(남: 27명, 여: 53명)을 대상으로 실시하였다. 외관 평가를 위해 모든 베이글 시료를 타공판에 올려 제공하였으며 위치와 형태를 고정하기 위하여 폴리에틸렌 랩으로 감싸서 제시하였다. 외관 이외의 부분에 대한 평가를 위해 분할한 베이글의 한 조각을 12 × 12 cm의 지퍼백(Zipperbag, Green Vinyl, Korea)에 담고 3자리 난수를 표기하여 입 안을 행굴 수 있도록 생수 1병과 함께 제공하였다. 평가 항목은 외관(appearance), 냄새(odor), 맛(taste), 조직감(texture), 전반적인 기호도(overall acceptance)의 총 5가지 항목으로 7점 척도(1=매우 싫다, 7=매우 좋다)로 평가하였다.

## 11. 통계분석

모든 실험의 결과는 동일 조건으로 3회 이상 반복 측정하여 평균과 표준편차를 산출하였으며, 시료 간 평균값의 유의적 차이를 검정하기 위해 SPSS Statistics(ver. 29.0, IBM Corp, Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였다. 사후검정으로는 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 각 시료 간의 유의적 차이를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 발효율

미강(rice bran; RB) 첨가 비율에 따른 베이글 반죽의 발효율을 알아보기 위해 반죽 시료의 발효율(cm) 정도를 20분씩 100분 동안 측정된 결과는 Table 2와 같다. 발효 시작점인 0분에서는 시료 간의 유의한 차이가 없었고 20분까지 발효율에 유의적인 차이는 없었으나, 40분부터 시료간 유의적인 차이를 보여( $p<0.01$ ), 이후에도 60분부터 100분까지 대조군과 RB05가 높은 발효율을 보이며 미강 첨가량이 증가할수록 발효율이 감소하는 것으로 나타났다( $p<0.001$ ). 이러한 발효율 감소는 미강에 함유된 식이섬유와 지방의 복합적인 영향으로 해석된다. 반죽에 식이섬유가 첨가되면 반죽의 글루텐이 희석되어 글루텐 발전이 부족해지기에(Min SH 2019) 본 연구에서도 미강의 식이섬유가 글루텐 형성을 방해해 밀가루 함량 대비 미강 분말의 첨가량이 증가할수록 발효율이 감소한 것으로 사료된다. 또한, 소량의 지방 첨가는 반죽의 부피 형성에 긍정적인 영향을 미치지만, 일정량 이상의 지방 첨가는 글루텐 네트워크의 형성을 저해하고 효모 활동을 억제하

Table 2. Effect of rice bran addition on the dough diameter (cm) during fermentation time (min)

Time (min)	Sample						F-value
	CON <sup>1)</sup>	RB05	RB10	RB20	RB30	RB40	
0	3.45±0.05 <sup>2)</sup>	3.45±0.02	3.45±0.05	3.47±0.08	3.46±0.07	3.47±0.21	0.02 <sup>NS</sup>
20	3.80±0.20	3.89±0.03	3.70±0.02	3.77±0.23	3.67±0.05	3.69±0.09	1.22 <sup>NS</sup>
40	4.20±0.10 <sup>ab3)</sup>	4.45±0.05 <sup>c</sup>	4.33±0.06 <sup>bc</sup>	4.42±0.03 <sup>c</sup>	4.33±0.12 <sup>bc</sup>	4.09±0.10 <sup>a</sup>	8.16 <sup>**</sup>
60	5.05±0.05 <sup>b</sup>	5.45±0.05 <sup>c</sup>	4.97±0.10 <sup>b</sup>	5.02±0.19 <sup>b</sup>	4.95±0.09 <sup>b</sup>	4.65±0.10 <sup>a</sup>	17.03 <sup>***</sup>
80	5.65±0.35 <sup>c</sup>	5.60±0.05 <sup>c</sup>	5.07±0.08 <sup>b</sup>	5.18±0.17 <sup>b</sup>	5.00±0.10 <sup>ab</sup>	4.70±0.22 <sup>a</sup>	10.77 <sup>***</sup>
100	5.70±0.30 <sup>c</sup>	5.65±0.05 <sup>c</sup>	5.10±0.05 <sup>b</sup>	5.22±0.13 <sup>b</sup>	5.02±0.03 <sup>b</sup>	4.72±0.26 <sup>a</sup>	16.86 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Mean±S.D. \*\* $p<0.01$ , \*\*\* $p<0.001$ , NS=not significant.

<sup>3)</sup> a-c Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ( $p<0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

여 발효율을 감소시키는데(Pycia K & Ivanišová E 2020), 본 연구에서도 미강 지방의 첨가량 증가가 발효율 저해에 영향을 미친 것으로 판단된다. 한편, 모든 시료가 80분과 100분 사이에는 반죽의 지름 크기 변화가 정제되는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 Hwang KH 등(2014)의 연구에서도 발효가 진행됨에 따라 부피가 증가하다가 일정 시간 이후로는 감소하는 결과를 보인 것과 유사한 경향을 보였다.

2. 무게, 부피, 비용적, 굽기손실률

미강 분말을 첨가한 베이글의 무게, 부피, 비용적, 굽기손실률 결과는 Table 3과 같다. 제품의 무게는 대조군(CON)이 99.63g으로 가장 작았으며 미강 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p < 0.001$ ). 이는 Kim SK 등(2020)의 미강 사워종을 첨가한 사워도우 식빵의 연구에서도 미강 첨가량이 증가할수록 무게가 증가하여 본 연구 결과와 유사한 결과를 보였는데, 이는 미강 분말에 함유되어있는 식이섬유의 보수력에 의한 무게 증가의 이유로 인한 것으로 해석할 수 있다.

부피는 대조군이 189.83 mL로 가장 높았으며, 첨가량이 증가함에 따라 RB05(184.17 mL)>RB10(175.17 mL)>RB20(145.17 mL)>RB30(115.50 mL)>RB40(96.83 mL)으로 유의미하게 감소하는 경향을 보였다( $p < 0.001$ ). 미강 분말의 첨가량이 증가할수록 미강 식이섬유와 지방이 반죽의 글루텐 형성을 방해하여 가

스가 안정적으로 유지되지 않아 첨가량이 증가할수록 부피는 작아지는 것으로 추측되며, Lee WY 등(2024)의 연구 결과와 유사한 결과를 보였다. 또한, Yoon MH 등(2010)의 버찌 분말을 첨가한 식빵의 연구 결과에서 빵의 부피 팽창이 클수록 표면적이 넓어져 굽는 과정에서 다량의 수분 손실로 인해 빵의 무게와 부피는 반비례하는 경향을 보였는데, 본 연구에서도 비슷한 경향을 보였다. 비용적 또한 부피와 마찬가지로 대조군이 1.79 mL/g로 가장 높았으며 첨가량이 증가함에 따라 유의미하게 감소했다( $p < 0.001$ ).

굽기손실률은 반죽이 빵으로 구워지는 동안 무게가 줄어드는 현상으로 발효 산물 중 휘발성 물질과 수분이 증발하기 때문으로, 굽기손실률이 적을수록 수분함량이 많아 더욱 촉촉한 질감을 갖는다(Kim HS 2015). 굽기손실률은 대조군이 16.97%로 가장 높았으며 첨가량이 증가할수록 RB05(16.44%)>RB10(15.25%)>RB20(13.78%)>RB30(13.17%)>RB40(12.06%) 순으로 유의미하게 감소하는 결과를 보였다( $p < 0.001$ ).

3. pH와 수분함량

미강 분말을 첨가한 베이글의 pH와 수분함량은 Table 4와 같다. pH 측정 결과, 대조군과 RB05가 6.03으로 가장 낮았으며 미강 첨가량이 증가함에 따라 RB10(6.15)<RB20(6.37)<RB30(6.44)<RB40(6.45) 순으로 유의미하게 증가하였다( $p < 0.001$ ). 이는 미강 첨가량 증가에 따라 pH가 유의적으로

Table 3. Weight, volume, specific volume and baking loss of bagel samples added with rice bran powder

Properties	CON <sup>1)</sup>	RB05	RB10	RB20	RB30	RB40	F-value
Weight (g)	99.63±1.02 <sup>2)a3)</sup>	100.27±0.46 <sup>ab</sup>	101.70±0.00 <sup>bc</sup>	103.47±0.58 <sup>cd</sup>	104.20±1.59 <sup>de</sup>	105.53±1.47 <sup>e</sup>	14.299 <sup>***</sup>
Volume (mL)	189.83±4.16 <sup>e</sup>	184.17±4.73 <sup>de</sup>	175.17±1.12 <sup>d</sup>	145.17±1.15 <sup>c</sup>	115.50±6.25 <sup>b</sup>	96.83±9.50 <sup>a</sup>	151.206 <sup>***</sup>
Specific volume (mL/g)	1.79±0.04 <sup>e</sup>	1.74±0.02 <sup>e</sup>	1.65±0.01 <sup>d</sup>	1.35±0.03 <sup>c</sup>	1.07±0.06 <sup>b</sup>	0.90±0.09 <sup>a</sup>	175.489 <sup>***</sup>
Baking loss (%)	16.97±0.86 <sup>e</sup>	16.44±0.38 <sup>de</sup>	15.25±0.50 <sup>cd</sup>	13.78±0.55 <sup>bc</sup>	13.17±1.33 <sup>ab</sup>	12.06±1.23 <sup>a</sup>	14.299 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Mean±S.D. \*\*\* $p < 0.001$ .

<sup>3)</sup> a~e Means in a column by different superscripts are significantly different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

Table 4. pH and moisture contents of bagel samples added with rice bran powder

Properties	CON <sup>1)</sup>	RB05	RB10	RB20	RB30	RB40	F-value
pH	6.03±0.02 <sup>2)a3)</sup>	6.03±0.02 <sup>a</sup>	6.15±0.01 <sup>b</sup>	6.37±0.00 <sup>c</sup>	6.44±0.00 <sup>d</sup>	6.45±0.01 <sup>e</sup>	762.986 <sup>***</sup>
	SF <sup>4)</sup>	6.28±0.03		RB <sup>5)</sup>	7.03±0.01		
Moisture contents (%)	34.14±0.61 <sup>a</sup>	34.83±0.44 <sup>a</sup>	36.60±0.21 <sup>b</sup>	37.02±0.27 <sup>bc</sup>	37.77±0.75 <sup>cd</sup>	38.27±0.90 <sup>d</sup>	23.201 <sup>***</sup>
	SF	12.65±0.39		RB	9.99±0.85		

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Mean±S.D. \*\*\* $p < 0.001$ .

<sup>3)</sup> a~e Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup> SF: Strong flour.

<sup>5)</sup> RB: Rice bran.

감소한 Kim ES(2015)와 Shin HK 등(2017)의 연구와는 상반된 결과인데, 이는 본 연구에서 사용된 강력분의 pH(6.28)보다 미강의 pH(7.03)가 더 높기 때문으로 추측된다.

수분함량의 경우 미강을 첨가하지 않은 대조군이 34.14%로 가장 낮았으며, RB05은 34.83%, RB10은 36.60%, RB20은 37.02%, RB30은 37.77%, RB40은 38.27%로 미강 첨가량이 증가할수록 수분함량도 유의적으로 증가했다( $p<0.001$ ). 이는 Lee YH & Moon TW(1994)의 연구에서는 밀가루에 미강 식이섬유를 혼합한 시료의 보수력을 측정된 결과 미강 식이섬유의 함량이 증가함에 따라 보수력 또한 증가하는 경향을 보였으며, Park WK & Kim SH(1991)의 연구에서도 식이섬유 함량이 높을수록 보수력이 높다고 보고하였다. 본 연구에서도 미강 첨가량이 증가할수록 굵기손실률은 낮아졌으며, 그렇기에 이는 미강이 반죽 내 수분을 보다 효과적으로 보유시켜 결과적으로 수분함량 증가에 기여한 것으로 판단된다.

#### 4. 당도와 염도

미강 분말을 첨가한 베이글의 당도와 염도는 Table 5와 같다. 당도는 미강 첨가량이 증가할수록 유의미하게 증가하는 경향을 보였으며( $p<0.001$ ), 이는 미강의 당도(2.57°Brix)가 강력분의 당도(1.20°Brix)보다 2배 이상 더 높기 때문으로 판단된다. 염도 분석 결과, 대조군과 RB05, RB10이 0.50%로 가장 낮았으며, RB20(0.70%)<RB30(0.73%)<RB40(0.83%) 순으로 유의미하게 증가하는 결과를 보였다( $p<0.001$ ). 이 역시 미강의 염도(1.4%)가 강력분의 염도(0.4%)보다 높기에 미강 첨가량의 증가가 베이글의 염도 상승에 영향을 미친 것으로 판단된다.

#### 5. 색도

미강 분말을 첨가한 베이글의 겉질(crust)과 속질(crumb) 색도 측정 결과는 Table 6과 같다. 베이글의 주재료인 강력

분과 미강 분말의 색도를 비교했을 때, 강력분은 L값(명도)이 94.85로 미강(79.96)보다 높아 더 밝은 백색을 띠었다. a값(적색도)은 강력분이 -5.97, 미강이 -4.18으로 강력분이 미미하게 더 녹색을 보였으며, b값(황색도)은 강력분이 11.71, 미강이 24.64로 미강이 더 강한 황색을 나타냈다.

미강 분말의 첨가량이 증가할수록 겉질과 속질의 L값은 유의적으로 감소하며( $p<0.001$ ), a값과 b값은 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). 빵의 색도는 첨가되는 물질 특유의 색과 당의 양 등 여러 요인에 의해 영향을 받는데(Shin GM 등 2008), 본 연구에서도 미강이 강력분보다 낮은 L값과 높은 a값과 b값을 가짐에 따라, 첨가량이 증가할수록 미강 특유의 색이 짙게 나타나는 결과로 해석된다. Kim SK 등(2020)의 연구에서도 미강 첨가량이 증가할수록 L값은 감소하고 a, b값은 증가하는 결과를 보여 본 연구와 유사하게 나타났으며, Oh SJ 등(2018)의 연구에서는 미강 첨가량의 증가로 인한 단백질 함량 상승이 발효 중 전분과 단백질의 열분해로 생성된 당과 아미노산이 메일라드 반응을 촉진하여 명도인 L값이 감소한다고 보고하였다. 따라서 본 연구의 색도 변화는 미강 자체의 색상과 더불어, 미강의 첨가량 증가에 따른 미강의 당과 단백질의 메일라드 반응에 의한 갈변반응의 영향을 받은 것으로 해석된다.

#### 6. 기계적 Texture

미강 분말을 첨가한 베이글의 조직감 측정 결과는 Table 7과 같다. 경도(hardness)는 대조군이 587.91 g으로 가장 낮게 나타났으며, RB40에서 981.58 g을 나타내 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다( $p<0.001$ ). Jeong CR & Yoon HH(2025)의 양과겉질 첨가 식빵에서도 양과겉질 가루 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하는 경향을 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였으며, 이는 식이섬유가 다량 함유된 부재료의 첨가량이 증가할수록 식이섬유가

Table 5. °Brix and salinity (%) of bagel samples added with rice bran powder

Properties	CON <sup>1)</sup>	RB05	RB10	RB20	RB30	RB40	F-value
°Brix	0.67±0.06 <sup>2)ab3)</sup>	0.70±0.00 <sup>b</sup>	0.60±0.00 <sup>a</sup>	0.83±0.06 <sup>c</sup>	0.87±0.06 <sup>c</sup>	1.00±0.00 <sup>d</sup>	39.733 <sup>***</sup>
	SF <sup>4)</sup>	1.20±0.06		RB <sup>5)</sup>	2.57±0.06		
Salinity (%)	0.50±0.00 <sup>a</sup>	0.50±0.00 <sup>a</sup>	0.50±0.00 <sup>a</sup>	0.70±0.00 <sup>b</sup>	0.73±0.06 <sup>b</sup>	0.83±0.06 <sup>c</sup>	58.1 <sup>***</sup>
	SF	0.4±0.00		RB	1.4±0.00		

1) Refer to Table 1.

2) Mean±S.D. \*\*\* $p<0.001$ .

3) a~d Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ( $p<0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

4) SF: Strong flour.

5) RB: Rice bran.

**Table 6. Hunter's color values of bagel samples add with rice bran powder**

Properties	CON <sup>1)</sup>	RB05	RB10	RB20	RB30	RB40	F-value
L	71.11±0.44 <sup>2)E3)</sup>	70.57±0.07 <sup>c</sup>	68.79±0.08 <sup>d</sup>	68.27±0.14 <sup>c</sup>	67.47±0.09 <sup>b</sup>	66.78±0.09 <sup>a</sup>	213.111 <sup>***</sup>
Crust	a	2.29±0.59 <sup>a</sup>	3.65±1.1 <sup>b</sup>	3.77±0.04 <sup>b</sup>	3.67±0.13 <sup>b</sup>	4.10±0.04 <sup>b</sup>	26.380 <sup>***</sup>
	b	20.72±1.39 <sup>a</sup>	24.68±0.13 <sup>bc</sup>	24.15±0.08 <sup>b</sup>	24.58±0.12 <sup>bc</sup>	25.51±0.03 <sup>d</sup>	31.530 <sup>***</sup>
L	80.76±0.03 <sup>f</sup>	79.05±0.04 <sup>e</sup>	77.11±0.04 <sup>d</sup>	74.04±0.03 <sup>c</sup>	70.24±0.00 <sup>b</sup>	69.13±0.04 <sup>a</sup>	59,053.701 <sup>***</sup>
Crumb	a	-4.93±0.06 <sup>a</sup>	-3.22±1.58 <sup>b</sup>	-2.61±0.07 <sup>c</sup>	-1.39±0.07 <sup>d</sup>	-0.45±0.09 <sup>e</sup>	677.315 <sup>***</sup>
	b	22.05±0.05 <sup>a</sup>	24.59±0.03 <sup>b</sup>	26.18±1.13 <sup>c</sup>	27.65±1.31 <sup>d</sup>	28.69±0.10 <sup>e</sup>	2,669.367 <sup>***</sup>
SF <sup>4)</sup>	L	94.85±0.02	a	-5.97±0.16	b	11.71±0.09	
RB <sup>5)</sup>	L	79.96±0.01	a	-4.18±0.03	b	24.64±0.00	

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Mean±S.D. \*\*\* $p < 0.001$ .

<sup>3)</sup> a~f Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup> SF: Strong flour.

<sup>5)</sup> RB: Rice bran.

**Table 7. Texture characteristics of bagel samples added with rice bran powder**

Properties	CON <sup>1)</sup>	RB05	RB10	RB20	RB30	RB40	F-value
Hardness (g)	587.91±19.87 <sup>2)a3)</sup>	652.16±25.03 <sup>ab</sup>	701.12±73.82 <sup>b</sup>	813.73±38.84 <sup>c</sup>	869.37±33.97 <sup>c</sup>	981.58±84.02 <sup>d</sup>	34.881 <sup>***</sup>
Springiness	1.23±0.06 <sup>d</sup>	1.05±0.04 <sup>c</sup>	0.98±0.01 <sup>bc</sup>	0.97±0.01 <sup>b</sup>	0.91±0.07 <sup>ab</sup>	0.88±0.02 <sup>a</sup>	26.440 <sup>***</sup>
Cohesiveness	0.86±0.01 <sup>d</sup>	0.85±0.01 <sup>d</sup>	0.80±0.02 <sup>c</sup>	0.77±0.00 <sup>bc</sup>	0.76±0.00 <sup>b</sup>	0.71±0.04 <sup>a</sup>	27.018 <sup>***</sup>
Gumminess	504.47±30.92 <sup>a</sup>	555.78±26.48 <sup>a</sup>	551.84±63.09 <sup>a</sup>	620.53±20.10 <sup>b</sup>	660.66±26.05 <sup>bc</sup>	693.73±7.73 <sup>c</sup>	13.943 <sup>***</sup>
Chewiness	625.35±22.01	581.51±11.06	551.35±35.81	608.59±70.90	606.16±46.32	634.29±4.47	1.835 <sup>ns</sup>

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

<sup>2)</sup> Mean±S.D. \*\*\* $p < 0.001$ , NS=not significant.

<sup>3)</sup> a~d Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ( $p < 0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

글루텐의 발전을 방해하고, 반죽의 팽창을 방해하여 경도가 증가하는 것으로 제시되었다.

탄력성(springiness)은 대조군이 1.23으로 가장 높고, RB40이 0.88로 가장 낮아 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소했다( $p < 0.001$ ). 응집성(cohesiveness) 또한 대조군이 0.86으로 가장 높고 RB40이 0.71로 가장 낮아, 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다( $p < 0.001$ ). Jeong HC & Yoo SS(2014)의 유색보리 분말을 첨가한 식빵의 연구에서도, 유색보리 분말의 첨가량이 증가할수록 탄력성과 응집성이 감소하는 유사한 결과를 보였다. 이러한 현상은 식이섬유의 높은 수분 흡수력으로 인해 첨가량이 증가할수록 반죽 내 자유수분량이 감소하고, 이는 글루텐 형성에 필요한 수분을 부족하게 만들어 글루텐 네트워크의 발달을 저해함으로써 응집성이 감소하는 것으로 추정된다.

검성(gumminess)은 경도의 유사하게 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며( $p < 0.001$ ), 씹힘성(chewiness)은 유의적인 차이가 없어 미강 첨가량이 씹힘성에는 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났다. Kim SK 등(2020)의 미강 사워도우 식빵에서도 미강 첨가량이 증가할수록 경도와 검성이 증가하고, 탄력성, 응집성은 감소하는 경향을 보여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

## 7. 특성 차이 검사

미강 분말을 첨가한 베이글의 특성 차이 검사 결과는 Table 8과 같다. 베이글의 외관(appearance) 특성에서 부피는 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소했는데( $p < 0.001$ ). 이는 부피 측정 결과와도 일치하는 결과이며, 미강의 식이섬유가 글루텐 형성을 방해하며 가스를 적게 포집해 부피가 작

Table 8. Sensory attribute difference of bagel samples added with rice bran powder

Sensory attributes	CON <sup>1)</sup>	RB05	RB10	RB20	RB30	RB40	F-value	
Volume	7.23±1.65 <sup>2)e3)4)</sup>	6.60±1.81 <sup>d</sup>	5.97±2.07 <sup>c</sup>	5.60±1.61 <sup>bc</sup>	4.10±1.99 <sup>ab</sup>	2.23±1.57 <sup>a</sup>	31.286 <sup>***</sup>	
Crust brownness	2.77±1.63 <sup>a</sup>	4.23±2.08 <sup>b</sup>	4.33±1.90 <sup>b</sup>	6.93±1.44 <sup>c</sup>	5.47±1.57 <sup>d</sup>	7.13±1.66 <sup>d</sup>	29.014 <sup>***</sup>	
Appearance	Crumb darkness	1.87±1.01 <sup>a</sup>	3.13±1.46 <sup>b</sup>	4.33±1.09 <sup>c</sup>	5.43±1.19 <sup>d</sup>	6.70±1.12 <sup>e</sup>	8.03±0.96 <sup>f</sup>	117.825 <sup>***</sup>
Surface cracking	2.07±1.11 <sup>a</sup>	4.10±1.85 <sup>b</sup>	4.00±2.29 <sup>b</sup>	4.90±2.16 <sup>bc</sup>	5.43±1.74 <sup>c</sup>	7.43±1.50 <sup>d</sup>	28.776 <sup>***</sup>	
Cell size	5.60±2.31 <sup>c</sup>	5.50±2.66 <sup>c</sup>	5.17±1.86 <sup>bc</sup>	4.03±1.67 <sup>ab</sup>	4.60±2.04 <sup>abc</sup>	3.93±2.36 <sup>a</sup>	3.345 <sup>**</sup>	
Savory odor	5.30±2.41	5.67±1.75	4.93±1.76	5.63±1.65	5.37±2.01	5.23±2.86	0.496 <sup>ns</sup>	
Raw grain odor	2.03±1.54 <sup>a</sup>	3.33±1.83 <sup>b</sup>	4.83±1.86 <sup>c</sup>	5.47±2.15 <sup>c</sup>	6.73±1.76 <sup>d</sup>	7.73±1.64 <sup>e</sup>	41.055 <sup>***</sup>	
Sweet odor	4.93±2.59	4.87±1.91	4.50±2.03	4.77± 2.14	4.67±2.37	3.87±2.36	0.908 <sup>ns</sup>	
Sweetness	4.37±2.44 <sup>b</sup>	4.27±2.00 <sup>b</sup>	3.57±2.01 <sup>ab</sup>	3.23±1.55 <sup>a</sup>	2.73±1.14 <sup>a</sup>	3.00±2.03 <sup>a</sup>	3.704 <sup>**</sup>	
Saltiness	4.47±2.05 <sup>a</sup>	4.43±1.83 <sup>a</sup>	5.07±1.80 <sup>ab</sup>	5.43±2.00 <sup>ab</sup>	5.73±2.27 <sup>b</sup>	6.20±2.66 <sup>b</sup>	3.307 <sup>**</sup>	
Sourness	2.13±1.76 <sup>a</sup>	2.90±2.34 <sup>ab</sup>	3.87±2.16 <sup>bc</sup>	4.83±2.48 <sup>cd</sup>	4.77±2.63 <sup>cd</sup>	5.57±2.96 <sup>c</sup>	8.676 <sup>***</sup>	
Bitterness	1.47±0.63 <sup>a</sup>	2.40±1.59 <sup>a</sup>	3.50±2.08 <sup>b</sup>	5.40±2.03 <sup>c</sup>	6.50±2.26 <sup>d</sup>	7.63±1.92 <sup>e</sup>	52.281 <sup>***</sup>	
Savory flavor	3.53±1.94 <sup>a</sup>	4.97 ±1.85 <sup>bc</sup>	4.63±1.40 <sup>b</sup>	5.47±1.61 <sup>bc</sup>	5.43±2.01 <sup>bc</sup>	5.87±2.65 <sup>c</sup>	5.430 <sup>***</sup>	
Rice flavor	3.00±2.30 <sup>a</sup>	3.90±2.16 <sup>ab</sup>	3.93±1.87 <sup>ab</sup>	4.40±1.67 <sup>b</sup>	4.43±2.08 <sup>b</sup>	4.77±2.83 <sup>b</sup>	2.418 <sup>*</sup>	
Raw grain flavor	1.83±1.29 <sup>a</sup>	2.97±1.99 <sup>b</sup>	4.73±1.98 <sup>c</sup>	5.63±1.77 <sup>cd</sup>	6.30±1.78 <sup>d</sup>	7.73±1.98 <sup>e</sup>	43.076 <sup>***</sup>	
Hardness	3.90±2.07 <sup>a</sup>	4.30±2.31 <sup>ab</sup>	5.20±1.92 <sup>bc</sup>	5.37±1.81 <sup>bc</sup>	5.07±2.33 <sup>abc</sup>	6.17±2.60 <sup>c</sup>	4.052 <sup>**</sup>	
Springiness	7.00±2.21 <sup>d</sup>	5.83±2.37 <sup>c</sup>	5.70±1.75 <sup>c</sup>	5.33±1.83 <sup>bc</sup>	4.33±2.14 <sup>ab</sup>	3.70±2.69 <sup>a</sup>	8.567 <sup>***</sup>	
Moistness	3.27±2.03 <sup>a</sup>	3.77±1.52 <sup>ab</sup>	4.50±1.20 <sup>bc</sup>	5.27±1.39 <sup>cd</sup>	5.90±2.07 <sup>d</sup>	7.47±1.68 <sup>e</sup>	24.967 <sup>***</sup>	
Stickiness	6.80±1.99 <sup>d</sup>	6.23±2.34 <sup>cd</sup>	5.63±1.50 <sup>c</sup>	4.23±1.92 <sup>b</sup>	3.33±1.58 <sup>ab</sup>	2.53±2.16 <sup>a</sup>	22.899 <sup>***</sup>	
Crumbly texture	2.40±1.35 <sup>a</sup>	3.07±1.62 <sup>a</sup>	4.40±1.69 <sup>b</sup>	5.17±1.98 <sup>b</sup>	6.70±2.10 <sup>c</sup>	7.37±2.59 <sup>c</sup>	30.919 <sup>***</sup>	
Bitter aftertaste	1.60±0.77 <sup>a</sup>	2.63±1.75 <sup>b</sup>	4.43±1.76 <sup>c</sup>	6.00±1.60 <sup>d</sup>	7.70±1.15 <sup>e</sup>	8.47±0.78 <sup>f</sup>	120.910 <sup>***</sup>	
Grainy texture	2.30±1.39 <sup>a</sup>	3.37±1.69 <sup>b</sup>	4.50±1.36 <sup>c</sup>	6.50±1.23 <sup>d</sup>	7.63±1.00 <sup>e</sup>	8.47±0.94 <sup>f</sup>	108.222 <sup>***</sup>	
Loose particles	1.80±0.71 <sup>a</sup>	2.83±1.37 <sup>b</sup>	4.80±1.65 <sup>c</sup>	5.87±1.76 <sup>d</sup>	6.97±1.92 <sup>e</sup>	7.93±1.14 <sup>f</sup>	77.032 <sup>***</sup>	

<sup>1)</sup> Refer to Table 1.

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

<sup>3)</sup> a-f Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ( $p<0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

<sup>4)</sup> 9-Point hedonic scale (1=extremely weak, 9=extremely strong).

아진 것으로 사료된다. 속질의 어두운 정도와 껍질의 갈색 정도는 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 결과를 보여( $p<0.001$ ) 색도 측정 결과와 일치하는 결과를 나타냈다. 표면의 갈라진 정도는 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가했으며( $p<0.001$ ), 기공의 크기는 첨가량이 증가할수록 전체적으로 작아지는 경향을 보였다( $p<0.01$ ).

향미(flavor)의 특성에서 구수한 냄새와 단내는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 날곡물 냄새는 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가해( $p<0.001$ ) 첨가량이 증가할수록 날

곡물 냄새가 강하게 평가되는 경향을 보였다. 단맛은 대조군이 4.37로 가장 높고, RB30이 2.73으로 가장 낮아( $p<0.01$ ) 당도 측정 결과와 일치하지 않는 결과를 보였는데, 이는 미강 첨가량이 증가할수록 쓴맛이 유의한 수준으로 강하게 평가되었기에( $p<0.001$ ), 미강 특유의 강한 쓴맛이 단맛을 억제시킨 결과로 생각된다. 짠맛은 전반적으로 첨가량이 증가할수록 더 강하게 평가되어( $p<0.01$ ) 염도 측정 결과와 일치하는 결과를 보였으며 신맛은 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가했다( $p<0.001$ ). 구수한 맛, 쌀 맛, 날곡물 맛은 미강

첨가량의 증가에 따라 강해지는 경향을 보였다.

조직감(texture) 특성에서 경도, 촉촉함, 푸석함은 미강 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였고, 이 중 경도는 기계적 texture 측정 결과와 일치했으며( $p<0.01$ ), 촉촉함도 수분함량 측정 결과와 일치하는 경향을 보였다( $p<0.001$ ). 탄력성과 쫄깃한 정도는 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아져( $p<0.001$ ) 첨가량이 증가할수록 탄력성과 쫄깃함이 떨어지는 것을 알 수 있었다.

삼킨 후 느낌(taste after)에서는 쓴맛, 텁텁함, 입자들이 입에 남는 정도 모두 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 강하게 평가되었다( $p<0.001$ ). 이러한 결과는 미강의 첨가가 맛과 입자가 특유의 후미에 영향을 끼치는 것으로 평가된다.

## 8. 기호도 검사

미강 분말을 첨가한 베이글의 소비자 기호도 검사 결과는 Table 9와 같다. 베이글 시료들의 외관에 대한 기호도는 대조군이 5.83으로 가장 높았으며, RB05(5.15), RB10(4.86), RB20(4.54), RB30(4.18), RB40(3.36) 순으로 나타나 미강 분말이 첨가됨에 따라 유의적으로 감소했다( $p<0.001$ ). 이는 미강 첨가량이 증가할수록 베이글의 부피가 작아지고, 명도가 낮아져 외관에 부정적인 영향을 끼친 것으로 해석되지만, RB30까지 4점 이상의 기호도를 나타내 ‘보통’ 이상의 수용성을 확보했으며 긍정적인 기호도를 보인 것으로 판단된다. 냄새에 대한 기호도 역시 대조군이 가장 높았으며 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소했으며( $p<0.001$ ), 이는 미강 특유의 낱곡물 냄새가 부정적인 영향을 끼친 것으로 해석되지만, RB30까지는 긍정적인 기호도를 보인 것으로 판단된다. 맛에 대한 기호도에서는 대조군과 RB05가 가장 높게 나타났으며, 미강 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소했다( $p<0.001$ ). 이는 특성 차이 검사에서 미강의 첨가량이 증가할수록 구수한 맛과 쌀 맛이 유의하게 증가했는데( $p<0.001$ ), 이

러한 맛이 미강 5% 첨가 시 긍정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 질감(식감)에 대한 기호도는 대조군에서 가장 높은 값을 나타냈으며 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소했으나( $p<0.001$ ), RB20까지 긍정적인 기호도를 보인 것으로 판단된다. 전체적인 기호도는 대조군에서 가장 높은 값을 나타냈으며, 미강 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소했으나( $p<0.001$ ), RB20까지 긍정적인 기호도를 보인 것으로 판단된다. 이러한 결과를 통해 강력분 대비 5%까지 미강 분말로 대체하였을 때 기호도가 높은 베이글의 제조가 가능할 것으로 판단되며, 최대 20%까지는 소비자들에게 긍정적인 기호도를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

본 연구는 베이글에 미강 분말을 첨가하여 베이글의 건강 기능성 향상과 더불어 건강한 베이글의 상품화에 기여하기 위해 실시되었다. 풍부한 식이섬유와 단백질로 건강 기능성이 높음에도 다량 폐기되는 미강을 푸드 업사이클링의 일환으로 단백질이 부족한 빵인 베이글에 첨가해 이화학적 특성과 감각적 품질 특성을 조사하였다. 미강 분말(rice bran powder, RB)은 예비 실험을 거쳐 0%(CON), 5%(RB05), 10%(RB10), 20%(RB20), 30%(RB30), 40%(RB40) 비율로 밀가루를 대체하여 첨가해 베이글을 제조하였으며, 미강 분말을 첨가한 베이글의 이화학적 특성을 분석하기 위해 반죽의 발효율, 부피, 무게, 비용적, 굽기손실률, 색도, pH, 수분함량, 당도, 염도, 기계적 texture를 측정하였으며, 감각적 품질 특성을 분석하기 위해 특성 차이 검사와 기호도 검사를 실시하였다.

미강 분말을 첨가한 베이글의 발효율은 대조군과 RB05가 가장 높았으며 첨가량이 증가할수록 전체적으로 감소하는 경향을 보였다. 베이글의 무게는 대조군이 가장 낮았으며,

Table 9. Acceptance of bagel samples added with rice bran powder

Properties	CON <sup>1)</sup>	RB05	RB10	RB20	RB30	RB40	F-value
Appearance	5.83±1.22 <sup>2)e3)4)</sup>	5.15±1.24 <sup>d</sup>	4.86±1.1 <sup>cd</sup>	4.54±1.35 <sup>bc</sup>	4.18±1.5 <sup>b</sup>	3.36±1.76 <sup>a</sup>	30.059 <sup>***</sup>
Odor	5.68±1.21 <sup>d</sup>	4.98±1.38 <sup>c</sup>	4.78±1.39 <sup>c</sup>	4.25±1.38 <sup>b</sup>	4.18±1.53 <sup>b</sup>	3.40±1.69 <sup>a</sup>	23.619 <sup>***</sup>
Taste	5.66±1.26 <sup>d</sup>	4.69±1.54 <sup>d</sup>	4.31±1.3 <sup>c</sup>	4.05±1.51 <sup>b</sup>	3.04±1.38 <sup>a</sup>	2.76±1.67 <sup>a</sup>	43.726 <sup>***</sup>
Texture	5.55±1.43 <sup>e</sup>	4.86±1.549 <sup>d</sup>	4.51±1.26 <sup>c</sup>	4.20±1.55 <sup>bc</sup>	3.36±1.52 <sup>b</sup>	2.81±1.74 <sup>a</sup>	34.717 <sup>***</sup>
Overall acceptance	5.85±1.05 <sup>e</sup>	4.91±1.425 <sup>d</sup>	4.55±1.34 <sup>c</sup>	4.20±1.27 <sup>bc</sup>	3.34±1.493 <sup>b</sup>	2.66±1.71 <sup>a</sup>	55.085 <sup>***</sup>

1) Refer to Table 1.

2) Mean±S.D. \*\*\* $p<0.001$ .

3) a~c Means in the same row followed by the same letter are not significantly different ( $p<0.05$ ) according to Duncan's multiple range test.

4) 7-Point hedonic scale (1=extremely dislike, 7=extremely like).

미강 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가했고, 굽기손실률은 이와 반대로 대조군이 가장 높았으며, 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 부피와 비용적은 대조군이 가장 높았으며 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. pH는 미강 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하여 대조군과 RB05가 6.03으로 가장 낮고, RB40이 6.45로 가장 높았다. 수분함량은 대조군이 34.14로 가장 낮게 나타났으며, 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가했다. 당도는 미강 첨가량이 증가할수록 전체적으로 증가하는 경향을 보였으며 염도는 대조군, RB05와 RB10이 0.5%로 가장 낮았고 첨가량이 증가할수록 유의미하게 증가하였다. 색도 중 겉질과 속질의 명도(L)는 대조군이 가장 높았으며 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고, 겉질과 속질의 적색도(a)와 황색도(b)는 대조군이 가장 낮았으며 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. Texture 측정에서는 미강 분말 첨가량이 증가할수록 경도, 점성이 유의적으로 증가하였으며, 탄력성과 응집성은 유의적으로 감소하였고 씹힘성은 시료간 유의적인 차이를 보이지 않았다.

특성 차이 검사에서는 대부분 시료 간 유의적 차이를 보이며, 일관성 있는 결과를 보였다. 외관 특성에서는 첨가량이 증가할수록 부피는 유의적으로 감소하고, 속질의 어두운 정도, 껍질의 갈변 정도와 표면의 갈라진 정도는 유의적으로 증가했으며 기공의 크기는 유의적으로 감소하였다. 향미 특성에서 구수한 냄새와 단내는 시료 간 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 첨가량이 증가함에 따라 날곡물 냄새, 짠맛, 신맛, 구수한 맛, 쌀 맛, 날곡물 맛은 더욱 강하게 평가되었으며 단맛은 대조군이 가장 높고 RB30이 가장 낮아 유의적으로 감소하였다. 조직감 특성에서는 첨가량이 증가함에 따라 경도, 촉촉함, 푸석함은 유의적으로 증가하였으며, 탄력성과 쫄깃한 정도는 유의적으로 감소하였다. 삼킨 후 느낌에서는 쓴맛, 텁텁함, 입자들이 입에 남는 정도 모두 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 강하게 평가되었다. 80명의 소비자를 대상으로 실시한 기호도 검사에서는 외관, 냄새, 맛, 질감(식감)과 전체적인 기호도 모두 대조군이 가장 높았으며 미강 첨가량이 증가할수록 유의적으로 기호도가 감소하였다. 그러나 맛의 기호도에서 대조군과 RB05가 가장 높은 값을 나타내, 미강 분말을 강력분 대비 5%까지 대체하여 제조하였을 때, 베이글의 품질을 유지하며 건강 기능성 향상 및 소비자 기호도에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다. 따라서 미강의 영양적 이점을 활용하면서도 소비자 기호도를 만족시킬 수 있는 베이글을 개발하기 위해서는 기호도를 유지하며 첨가량을 늘릴 수 있는 배합비를 재설정하여 후속 연구를 진행할 필요가 있을 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- AACC (1995) Approved Methods of the AACC. 9th ed. Method 02-52. American Association of Cereal Chemists, St. Paul MN USA.
- Choi EH (2013) Quality characteristics of Garaedduk with defatted rice bran. *Culi Sci & Hos Res* 19(3): 130-141.
- Chae GY, Kwon RH, Jang MW, Kim MJ, Ha BJ (2011) Whitening and antioxidative effect of rice bran fermented by *Bacillus subtilis*. *J Soc Cosmet Sci Korea* 37(2): 153-159.
- Fabian C, Ju YH (2011) A review on rice bran protein: Its properties and extraction methods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 51(9): 816-827.
- Guiné RPF, Florença SG (2024) Development and characterisation of functional bakery products. *Physchem* 4(3): 234-257.
- Helm RM, Burks AW (1996) Hypoallergenicity of rice protein. *Cereal Foods World* 41(11): 839-843.
- Hwang GH, Yun HR, Jung HN, Choi OJ (2014) Quality characteristics of baguette using fermented rice bran sourdough. *Korean J Food Cook Sci* 30(3): 307-316.
- Jang KH, Kang WW, Kwak EJ (2010) The quality characteristics of pound cake prepared with rice bran powder. *Food Sci Preserv* 17(2): 250-255.
- Jeon SB, Jeon JA, Jeong BG (2010) Anti-oxidative activities and tyrosinase inhibition ability of rice bran ethanol extract. *J Kor Soc Cosmetol* 16(2): 602-606.
- Jeong HC, Yoo SS (2014) Quality characteristics of pan bread added with color barley powder. *Culi Sci & Hos Res* 20(4): 127-143.
- 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.
- Kang HJ, Park JD, Lee HY, Kum JS (2012) Quality characteristics of muffin added with rice bran. *Korean J Food Preserv* 19(5): 681-687.
- Kim BK, Yoon HH (2022) Quality characteristics of bagels added with Job's tears powder. *Culi Sci & Hos Res* 28(1): 53-61.
- Kim E, Kang JW, Kim JP, Ko JY, Lee KS (2015) Quality characteristics of white pan bread with Pu'er tea. *Culi Sci & Hos Res* 21(2): 230-242.
- Kim ES (2015) Preparation and quality characteristics of muffin added with rice bran fermented extracts with enhanced levels

- of GABA. MS Thesis Woosuk University, Wanju.
- Kim HS (2015) Physicochemical properties of white pan bread prepared with *Portulaca oleracea*. MS Thesis Hansung University, Seoul.
- Kim JH (2006) The application of a pigmented rice-bran extract as a plan for maximizing the development of rice-processed food. MS Thesis Kyungpook National University, Daegu.
- Kim JI, Jeong SH, Kim MJ, Oh YW, Kim DK, Han SN (2023) Upcycled food: Definition, consumer awareness, and utilization of by-products from food supply chain. J Korean Soc Food Cult 38(4): 191-202.
- Kim JY, Shin M, Heo YR (2014) Effects of stabilized rice bran on obesity and antioxidative enzyme activity in high fat diet-induced obese C57BL/6 mice. J Korean Soc Food Sci Nutr 43(8): 1148-1157.
- Kim KS, Kim HS, Oh MS, Hwang IK (2005). Culinary Science. Soohaksa, Korea.
- Kim SK, Park YM, Yoon HH (2020) Quality characteristics of sourdough bread made with rice bran sour starter. Culi Sci & Hos Res 26(4): 45-54.
- Lee WY, Yu YS, Park HR (2024) Study on quality characteristics and antioxidant properties of bagels added with *lentinus edodes* and *antler velvet* extract. Culi Sci & Hos Res 30(3): 12-25.
- Lee YH, Moon TW (1994) Composition, water-holding capacity and effect on starch retrogradation of rice bran dietary fiber. Korean J Food Sci Technol 26(3): 288-294.
- Min SH (2019) Quality characteristics of yeast added watermelon (*Citrullus vulgaris* L.) white rind as waste resource. Korean J Food Cook Sci 35(5): 480-487.
- Moshtaghian H, Bolton K, Rousta K (2021) Challenges for upcycled foods: Definition, inclusion in the food waste management hierarchy and public acceptability. Foods 10(11): 2874.
- Oh SJ, Kwon YH, Shin HH, Kim HS, Choi HD, Lim ST (2018) Changes in physical characteristics of white pan bread by addition of GABA rice bran and its extract. Korean J Food Sci Technol 50(6): 614-620.
- Park WK, Kim SH (1991) Quantitative analysis and physical properties of dietary fiber in vegetables. J Korean Soc Food Sci Nutr 20(2): 167-172.
- Pycia K, Ivanišová E (2020) Physicochemical and antioxidant properties of wheat bread enriched with hazelnuts and walnuts. Foods 9(8): 1081.
- Schramm R, Abadie A, Hua N, Xu Z, Lima M (2007) Fractionation of the rice bran layer and quantification of vitamin E, oryzanol, protein, and rice bran saccharide. J Biol Eng 1(1): 9.
- Seo H, Cho IH (2018) Physico-chemical and affective properties of bagel made with mealworm (*Tenebrio molitor* L.) powder. Korean J Food Cook Sci 34(6): 569-575.
- Shin GM, Kim DY (2008) Quality characteristics of white pan bread by *Angelica gigas* nakai powder. Korean J Food Preserv 15(4): 497-504.
- Shin HK, Lee JH, Lee SK (2017) Characteristics of white pan bread with roasted rice bran. Korean J Food Sci Technol 49(4): 401-407.
- Shin PJ, Park BJ, Song EJ (2014) Analysis on customer preferences for healthy bread ingredients. J Converg Food & Spat Des 9(2): 1-17.
- Shin Y, Kim CW, Kang JE, Yeo SH, Han GJ, Lim B (2023) Quality characteristics of wheat *nuruk* according to rice bran contents. Korean J Food Sci Technol 55(6): 669-676.
- Song TH, Yoon HH (2020) Quality characteristics of white pan bread added with dextrinized flour. Korean J Food Cook Sci 36(5): 416-423.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2024) Food Waste Index Report 2024: Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste. <https://www.unep.org>. (accessed on 27. 3. 2024).
- 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(9): 1340-1345.
- Zhang S, Zhang Z, Wang M, Jia J, Wu Q (2024) Effects of rice bran soluble dietary fiber on the physicochemical properties of frozen dough and the quality of steamed bread. LWT-Food Sci Technol 214: 117-120.

---

Date Received Oct. 14, 2025  
 Date Revised Nov. 6, 2025  
 Date Accepted Nov. 13, 2025