

팔앙금버터샌드에 적용된 변형기체포장의 품질 유지 효과

김수찬¹ · 정수연^{1,2} · 박어진¹ · 안덕순^{1*}

¹경남대학교 제약공학과

²주SPC삼립

Effect of Modified Atmosphere Packaging on Quality Preservation of Sliced White Bread Filled with Red Bean Paste and Butter

Su Chan Kim¹, Soo Yeon Jung^{1,2}, Eo Jin Park¹, and Duck Soon An^{1*}

¹Department of Pharmaceutical Engineering, Kyungnam University, 7 Kyungnamdaehak-ro, Masanhappo-gu, Changwon, 51767 South Korea

²SPC samlip, 101 Gongdan 1 daero, Siheung, Gyeonggi-do, South Korea

Abstract Modified atmosphere packaging (MAP) helps maintain food quality by suppressing microbial growth and lipid oxidation by replacing the gas inside the packaging with gas composition different to normal atmospheric air. In this study, the shelf-life extension effect of MAP on sliced bread filled with red bean paste and butter was evaluated by storing the product packaged in high-barrier EVOH film bag under MAP conditions at 10°C for 25 days. The gas concentration in headspace, aerobic total bacterial count, yeast & molds, pH, peroxide value (POV), and texture were measured during the storage for the control group and the MAP treatment groups of 30% CO₂/70% N₂ and 60% CO₂/40% N₂. The gas concentration decreased to 23.1% for 30% CO₂/70% N₂ group and 47.7% for 60% CO₂/40% N₂ group, and then remained stable due to the CO₂ dissolution in the food. During the storage period, the aerobic total bacterial count and yeast & molds growth were high in the control group and 30% CO₂/70% N₂ group, and inhibited bacterial growth was observed in 60% CO₂/40% N₂ group. The pH increased in the sliced bread during storage, while that in the component of red bean paste and butter decreased, and there was no difference between the treatment groups. POV was maintained at a high value in the control group due to oxidation of butter, but in both treatment groups low POV values were observed showing inhibited oxidation. There was no significant difference in texture between treatments during the storage period. MAP conditions of 60% CO₂/40% N₂ gas could help maintain the product quality and extend the shelf life.

Keywords Sliced white bread, Red bean paste and butter, MAP (Modified atmosphere packaging), Total aerobic bacteria, Yeast & Molds, Peroxide value

서론

글로벌 베이커리 제품 시장은 2024년부터 2030년까지 연평균 4.6% 성장률을 보일 것으로 예상하고 있다¹⁾. 이러한 성장률에 맞맞추어 제빵 기기와 자동화된 공정은 제품의 저장수명 및 품질 기준을 유지하면서 대량 생산이 가능하게 되었다. 대량 생산된 제품은 유통 및 소비 과정 중에 물리

적, 화학적, 미생물적 작용으로 여러 가지 품질 변화를 나타낸다. 이화학적 변화는 수분함량의 변화 또는 전분 노화로 인한 향과 질감의 손실, 산패로 인한 신선도 감소 등을 포함한다^{2,3)}. 미생물적 부패는 박테리아, 효모 및 곰팡이 성장으로 불쾌한 맛을 형성하고 곰팡이 포자 형성은 소비자의 시각적 거부 반응을 일으키며 더 나아가 식중독을 일으킬 우려가 있다⁴⁾.

베이커리 제품들 중에서 일부 제품은 여러 가지 재료를 혼합하여 높은 온도에서 구운 후 위생적인 냉각 공정을 통해 미생물적 부패로부터 비교적 안정적이다. 특히 곰팡이와 그 포자는 굽는 과정에서 열에 의해 불활성화된다⁵⁾. 일부 제품은 높은 온도에서 구운 빵에 2차적인 가공 작업을 진

*Corresponding Author:

Department of Pharmaceutical Engineering, Kyungnam University,
7 Kyungnamdaehak-ro, Changwon 51767, South Korea
Tel: +82-55-249-2360
E-mail: ads2004@kyungnam.ac.kr

행하게 되는데, 냉각하는 과정에서 곰팡이에 오염될 수 있어 위생적 공정 관리 및 2차 가공에 사용되는 여러 가지 재료들의 품질 관리가 중요하다⁶⁾. 따라서 베이커리 제품의 품질을 유지하기 위해 가공 과정에서 재료에 식품첨가물인 보존료를 넣어 만드는 방법과 가공 후 포장 단계에서 변패를 제어하기 위한 포장 방법을 선택하여 사용할 수 있다.

가공 과정에서 식품 재료에 주로 사용되는 보존료는 약한 유기산인 프로피온산과 소르빈산의 염 형태로 첨가 허용 한계를 정해두고 있으며⁵⁾, 빵 표면에 에탄올을 사용하면 소르빈산 칼륨 또는 프로피온산 칼슘의 효과를 향상시키는 것으로 보고되고 있다⁷⁾. 베이커리 원료에 첨가되는 보존료는 화학적 기반으로 제조된 제품으로서 첨가물의 사용을 줄이거나 전혀 첨가되지 않는 제품에 대한 소비자의 요구를 만족시키지 못하고 있다⁸⁾.

베이커리 제품의 가공 후 포장 단계에서 변패를 제어하기 위한 포장 방법으로 항균 물질을 필름에 적용하여 제작된 항균성 포장재질로 포장하는 방법, 그리고 수분 흡수제, 산소 흡수제, 알코올 휘산제와 같은 기능적 특성을 가진 sachet을 동봉하여 포장하는 방법, 포장 내부의 기체 농도를 달린 변형기체포장(MAP, modified atmosphere packaging) 방법 등이 있다. 플라스틱 포장필름에 항균 특성을 가진 물질(마늘 추출물, 계피, 정향, 레몬, 포도씨 추출물 등)을 코팅하여 제작한 항균성 포장재질로 베이커리를 포장하면 항균 물질이 휘발되어 식품 표면으로 이동하여 미생물에 대한 항균 활성을 가진다⁹⁻¹²⁾. 항균 활성을 나타낼 수 있도록 휘발되는 항균 물질의 농도 조절이 중요하고, 포장 외부로 휘발 물질이 방출되지 않도록 관리되어야 하며, 항균 물질 특유의 이취가 베이커리 제품의 향미에 영향을 줄 수 있으므로 이런 부분을 고려하여 항균성 포장재를 선정해야 한다.

포장 내 수분함량을 낮추거나 산소를 제거하면 미생물의 성장을 억제하거나 지질 산화를 지연시킬 수 있으며 이러한 목적으로 수분 흡수제, 산소 흡수제, 알코올 휘산제 등의 sachet을 동봉하여 포장하면 제품의 품질을 보존할 수 있다¹³⁻¹⁵⁾. 이러한 sachet을 활용한 포장 방법은 생산 과정이나 유통 중에 sachet이 터지거나 제품과 접촉 시 소비자의 시각적 감각에 좋지 않은 영향을 주게 된다. 상업적 제품에 보존료 또는 항균성 물질, sachet을 사용할 경우 위에서 언급했던 제품에 대한 소비자의 거부감 또는 이취 같은 부정적인 요소가 발생할 수 있다. 이러한 단점을 극복하기 위한 품질 향상 방안으로 MAP가 제안될 수 있다.

MAP는 포장 내부의 기체 종류를 변경하거나 기체 농도를 조절하는 방법으로 주로 미생물 성장과 지질 산화에 관여하는 O₂를 제거하고, CO₂와 N₂ 비율을 조절하여 포장하게 된다. 불활성기체인 N₂는 포장된 식품과 반응하지 않으면서 포장 부피를 일정하게 유지하는 역할을 하며, CO₂는 미생물 성장을 억제하는 역할을 하는데, 베이커리 제품에서

곰팡이 등과 같은 미생물 증식을 억제하여 저장수명 연장의 목적으로 사용된다¹⁶⁻¹⁸⁾. 베이커리 제품의 특성에 맞는 적절한 변형 기체 환경은 14일에서 최대 28일까지 저장수명을 연장할 수 있으며¹⁹⁾, CO₂/N₂를 50/50의 비율로 식빵을 포장하면 15°C에서 저장수명이 최대 158%까지 증가된다는 연구 결과가 있다²⁰⁾. 또한, 슬라이스된 글루텐프리 빵에 항균 필름과 MAP 활성 포장을 적용하였을 때 미생물 증식 억제에 도움이 된다²¹⁾. 이러한 결과는 빵 내부에 충전물이 없는 제품의 형태로 충전물이 포함된 빵에 MAP를 적용한 사례는 미비하다.

다양한 베이커리 제품들 중에서 양버터 제품은 빵류나 과자류에 두꺼운 버터와 비슷한 두께의 팔앙금을 넣어 만든 제품이다. 우리나라에서는 다양한 종류의 빵, 떡, 호두과자 등에 넣어서 판매되기도 한다. 팔앙금버터샌드의 경우, 슬라이스된 식빵에 팔앙금과 버터를 넣어 만드는 제품으로 2차 가공 공정이 이루어지는 제품이다. 대형 마트나 편의점에서 판매되는 제품은 대량 생산 방식으로 판매 및 소비되고 있어 제품의 저장수명 관리가 중요하다. 팔앙금버터샌드에 사용되는 슬라이스된 식빵은 높은 수분함량에 의한 부패, 버터는 지질 산화에 의한 산패, 팔앙금은 미생물적 오염에 의한 부패로 유통 과정에서 물리적, 화학적, 미생물적 변화를 겪는다. 본 연구에서는 2차 공정이 진행되는 팔앙금버터샌드 제품에 대해 MAP를 적용하여 미생물 증식과 지질 산화를 억제하여 저장수명을 연장할 수 있는 가능성을 확인하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

팔앙금버터샌드는 (주)SPC삼립으로부터 공급받아 Fig. 1과 같이 4개(230±10 g)를 기준으로 4면 접착 파우치 형태(130×230 mm, 90 μm, PP/PE/nylon/EVOH/nylon/PE/LLDPE, Cryovac Division, Sealed Air Corporation, Duncan, SC, USA)로 포장하였다. 저장온도는 10°C로 설정하고, 식품공전에서 제시하고 있는 냉장유통식품의 일반세균 수 허용기준인 100,000 CFU/g 이하를 품질한계로 설정하여 25일간 저장하였다. 일반 공기 조성(21% O₂/78% N₂)인 합기 포장을 대조구로 하고, 처리구 조건은 30% CO₂/70% N₂와 60% CO₂/40% N₂이다. 두 포장 처리구는 가스 치환 포장기(M-6TM, Lee Pack, Incheon, Korea)로 포장 내 O₂를 제거한 후 제시된 혼합 가스를 주입하여 포장하였다.

2. 포장 내 기체 조성

저장 기간에 따른 포장 내 기체 농도 변화는 기체 시료 1 mL를 기밀성 syringe로 샘플링하여 CTR I column (Alltech Associate Inc., Deerfield, IL, USA)과 TCD가 장착된 기

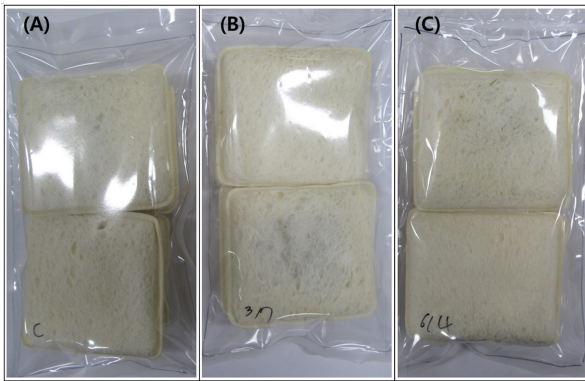


Fig. 1. Initial appearance of packages of sliced white bread filled with red bean paste and butter packed in different atmosphere. A: Control, B: 30% CO₂/70% N₂, C: 60% CO₂/40% N₂.

체크로마토그래피(Model 3800, Varian Inc, Palo Alto, CA, USA)에 주입하여 분석하였다. 기체 시료 분석 조건은 column 온도 50°C, injection 온도 80°C, detector 온도 120°C를 유지하고, carrier gas는 30 mL/min로 He gas를 사용하였다.

3. 품질 측정

팥앙금버터샌드의 품질은 수분활성도(water activity, a_w), 수분함량(moisture content, %), 당도(sugar content, °Bx), 총호기성균(TAB, total aerobic bacteria, log CFU/g), 효모 및 곰팡이(yeast & molds, log CFU/g), pH, 과산화물가(POV, peroxide value, meq/kg), 조직감(texture)으로 구분하여 측정하였다. 내부 충전물인 팥앙금버터와 슬라이스된 식빵으로 구분하여 품질을 측정하였으며, 과산화물가는 팥앙금버터 중에서 버터에 대해, 조직감은 슬라이스된 식빵에 대해서만 측정하였다. 수분활성도, 수분함량, 당도는 초기 품질에 대해서만 확인하고, 저장 중 품질 변화는 총호기성균, 효모 및 곰팡이, pH, 과산화물가, 조직감에 대해 진행하였다. 수분활성도는 일정량의 시료를 측정용 용기에 담은 후 실온에서 수분활성도 측정기기(Humidat IC-3/2, Novasina AG, Switzerland)를 사용하여 측정하였고, 수분함량은 식품공전²²에 제시된 상압가열건조법으로 진행하였으며, 당도는 당도계(PR-32α, Atago Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 총호기성균과 효모 및 곰팡이는 일정량의 시료를 멸균백에 넣고 0.05% 멸균 펩톤수로 희석한 후, stomacher (Stomacher 400 circulator, Seward Limited, The UK)를 이용하여 300 rpm에서 30 s 동안 균질화하여 시료 원액으로 이용하였다. 시료 원액을 단계별로 10배씩 희석한 후, 총호기성균은 plate count agar (PCA, Difco Laboratories, Detroit, USA)를 사용하여 30°C에서 1~2일간 배양하여 콜로니 수(CFU, colony forming unit)를 계수하였다. 효모 및 곰팡이는 10% tartaric acid를 사용하여 pH 3.5로 조절된 potato dextrose agar (PDA, Difco Laboratories, Detroit, USA)를 사용하

여 25°C에서 3~5일간 배양하여 콜로니 수(CFU, colony forming unit)를 계수하였다. pH는 5 g의 시료에 증류수 45 mL를 넣고 균질화 및 여과(Whatman No. 41)한 후, 액만 취해서 유리 전극(8102BN, Thermofisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA)이 장착된 pH meter (Orion Star A211, Thermofisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA) 기기로 pH를 측정하였다. 과산화물가는 식품공전²²에 제시된 방법으로 시료 1 g에 초산(acetic acid):클로로포름(chloroform)을 3:2(v/v)로 25 mL 가하여 용해시킨 후 포화된 KI 용액을 넣고 10분간 암반응을 진행하였다. 1% 전분지시약을 가한 후 0.01 N sodium thiosulfate 용액으로 적정하여 식 (1)을 통해 과산화물가를 계산하였다.

$$\text{과산화물가(POV, meq/kg)} = \frac{(a-b) \times f}{s} \times 10 \quad (1)$$

여기서, a 는 0.01 N sodium thiosulfate의 적정량(mL), b 는 공시험에서의 0.01 N sodium thiosulfate의 적정량(mL), f 는 0.01 N sodium thiosulfate의 역가, s 는 시료 양(g)이다.

조직감은 20 × 20 × 5 mm로 절단된 시료를 조직감 측정용 기기 중앙에 올려놓고 측정하였다. 측정에 사용된 기계는 texture analyzer (CT3, Brookfield, Middleboro, MA., USA)를 사용하여 trigger load 7 g, test speed 2~5 mm/sec, ø 12.7 mm cylinder probe, 25% deformation의 분석 조건으로 진행하였으며 texture profile analysis (TPA) 측정 mode로 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 탄력성(springiness), 검성(gumminess)을 확인하였다.

결과 및 고찰

1. 팥앙금버터샌드의 초기 품질과 포장 내 기체조성 변화

Fig. 1에서 대조구에 비해 CO₂ 기체로 치환된 처리구에서 포장 부피가 감소되어 포장 형태가 약간 수축한 것으로 보인다. 이는 CO₂ 기체가 식품에 용해되는 특성^{2,23} 때문이며, 시각적인 측면에서 포장되는 제품의 외형에는 크게 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다. 팥앙금버터샌드의 초기 품질 특성은 Table 1과 같다. 내부 충전물인 팥앙금버터와 슬라이스된 식빵의 수분활성도는 각 0.92와 0.94로 확인되었다. 미생물과 수분활성도의 관계에서 일반 세균의 a_w 는 0.91, 효모의 a_w 는 0.88, 곰팡이의 a_w 는 0.80의 최저 생육 a_w 값으로 알려져 있다. 팥앙금버터샌드 제품은 변패 미생물이 활발하게 증식할 수 있는 수분활성도 범위에 있는 것으로 확인되며, 미생물적 품질 변화가 저장성을 결정하는 요소가 될 수 있다²⁴. 내부 충전물인 팥앙금버터의 수분함량은 35.5%, 당도는 36.3 °Bx이고, 슬라이스된 식빵의 수분함량은 40.5%, 당도는 10.0 °Bx이다. 제품의 초기 품질 상태

Table 1. Initial quality of sliced white bread filled with red bean paste and butter

Component	Water activity (a_w)	Moisture content (%)	Sugar content (°Bx)
Red bean paste and butter	0.92±0.01	35.5±0.6	36.3±0.8
Sliced white bread	0.94±0.01	40.5±1.3	10.0±2.0

를 고려해볼 때, 내부 충전물인 팥앙금버터에 비해 슬라이스된 식빵에서 높은 수분함량과 낮은 당농도로 인해 품질 저하가 빨리 나타날 것으로 추정한다.

10°C에서 25일 저장 동안 포장 내 기체 농도 변화를 제시하였다(Fig. 2). 대조구인 합기포장의 경우, 초기 21%의 O₂ 농도에서 차츰 감소하여 저장 25일에 O₂ 농도가 12.1%까지 감소하고, CO₂ 농도는 20.5%로 증가하였다. 총호기성균의 증식으로 인해 내부 O₂ 농도가 감소하고 CO₂ 농도가 증가한 것으로 추측되며, 이는 저장 중 미생물 증식과도 관련성이 있다(Fig. 3-4). O₂ 농도 조건에 따른 연구에서 포장 내 O₂ 농도가 낮을수록 곰팡이 성장이 억제되었고, 이로

인해 포장 외부로부터 유입되는 O₂ 농도의 관리가 중요함을 설명하고 있다²⁵⁾. 반면에 30% CO₂/70% N₂ 처리구에서는 초기 CO₂ 농도 30%에서 일부 CO₂ 기체가 제품에 용해되어 약 23%로 감소한 후 유지되었으며, 60% CO₂/40% N₂ 처리구에서는 초기 CO₂ 농도 60%에서 약 48%로 감소한 후 유지되었다. 이는 CO₂가 낮은 온도, 높은 수분과 지질 함량에 잘 용해되는 특성이 반영되어 초기 치환 기체 농도 대비 약 20% 비율로 감소하였으며, 제품에 잘 녹아 들어갈수록 미생물 증식을 억제할 것으로 생각된다. 슬라이스된 식빵을 50% CO₂ 농도로 치환하고 온도가 다른 조건에서 저장하였을 때, 22-25°C에서 슬라이스된 식빵의 저장 수명이 2일인데 반해 15-20°C에서 11일의 저장수명 연장 효과가 있었다²⁰⁾. 저장 25일 동안 포장 내 기체 농도 변화로 포장의 형태가 시각적으로 크게 수축되는 변화는 없었으며, Fig. 1에 제시된 포장의 형태와 비슷하게 유지되었다.

2. 팥앙금버터샌드의 저장 중 품질 변화

내부 충전물인 팥앙금버터에 대한 미생물 증식 데이터는

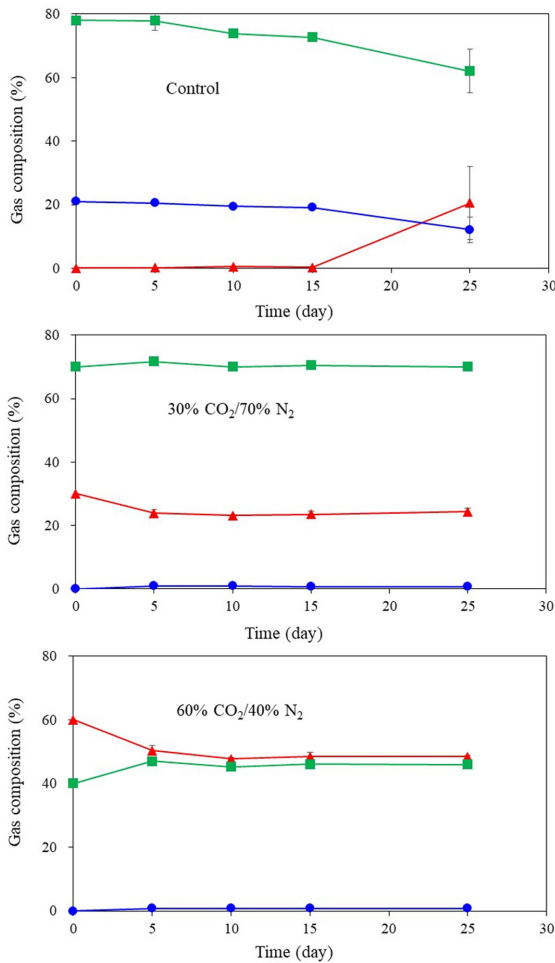


Fig. 2. Changes in headspace gas composition of packages of sliced white bread filled with red bean paste and butter during storage 25 days at 10°C. ▲: CO₂, ●: O₂, ■: N₂. Vertical bars are standard deviations.

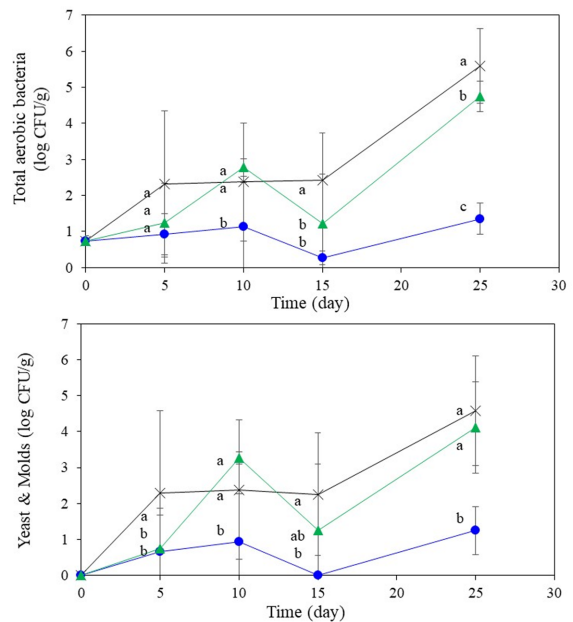


Fig. 3. Changes in total aerobic bacteria and yeast & molds of red bean paste and butter of packaged product during storage 25 days at 10°C. X: Control, ▲: 30% CO₂/70% N₂, ●: 60% CO₂/40% N₂. Vertical bars are standard deviations. Different letters for the same storage times mean significant difference among treatments at $\alpha = 0.05$.

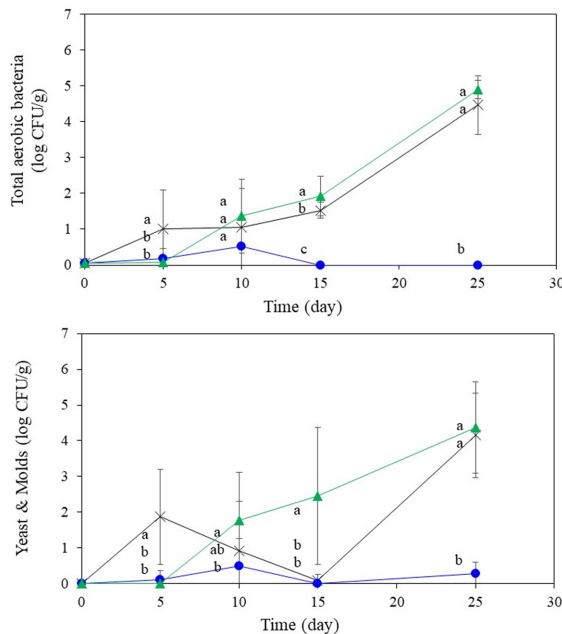


Fig. 4. Changes in total aerobic bacteria and yeast & molds of sliced white bread of the packaged product during storage 25 days at 10°C. X: Control, ▲: 30% CO₂/70% N₂, ●: 60% CO₂/40% N₂. Vertical bars are standard deviations. Different letters for the same storage times mean significant difference among treatments at $\alpha = 0.05$.

Fig. 3에, 슬라이스된 식빵에 대한 데이터는 Fig. 4에 제시하였다. Fig. 3에서, 내부 충전물인 팥앙금버터의 초기 총호기성균은 0.74 ± 0.14 log CFU/g, 효모 및 곰팡이는 0 ± 0.00 log CFU/g으로써 위생적으로 제조된 제품으로 초기 품질이 잘 관리되고 있음을 확인하였다. 대조구의 경우, 총호기성균수는 저장 5일 2.31 ± 2.03 log CFU/g에서 저장 25일 5.60 ± 1.03 log CFU/g까지 증식하였으며, 효모 및 곰팡이는 저장 5일 2.29 ± 2.30 log CFU/g에서 저장 25일 4.58 ± 1.53 log CFU/g까지 증식하였다. 저장 5일에서 미생물 군수에 대한 큰 표준편차는 2차 가공 중에 오염원에 잠재적으로 노출되어 시료 간에 편차가 큰 것에 기인한 것으로 생각된다. 30% CO₂/70% N₂ 처리구에서, 총호기성균수는 1.24 ± 1.11 log CFU/g에서 4.75 ± 0.42 log CFU/g까지 증식하고, 효모 및 곰팡이는 0.75 ± 1.12 log CFU/g에서 4.12 ± 1.27 log CFU/g까지 증식하였다. 대조구에 비해 균 증식이 약간 억제되었지만, 30% CO₂의 농도로는 균 증식 억제에 크게 도움이 되지 않는 것으로 보인다. 60% CO₂/40% N₂ 포장 처리구에서, 총호기성균과 효모 및 곰팡이의 증식이 저장 25일까지 1.35 log CFU/g 이하로 유지되고 있어 높은 CO₂ 농도로 인하여 균 증식이 억제되는 것을 확인하였으며, 통계적인 분석 결과 유의성이 확인되었다.

슬라이스된 식빵의 데이터를 제시한 Fig. 4에서, 초기 총호기성균(0.06 ± 0.12 log CFU/g)과 효모 및 곰팡이 (0 ± 0.00

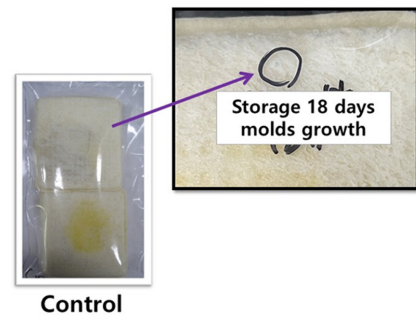


Fig. 5. Molds growth observed on the surface of sliced white bread after 18 days of storage in control packaging at 10°C.

log CFU/g)의 균 농도가 팥앙금버터와 비슷한 수준으로 초기 품질이 잘 관리되고 있다. 대조구와 30% CO₂/70% N₂ 처리구의 경우, 저장 기간 동안 비슷한 농도의 균수로 증가하였으며, 저장 25일에 총호기성균수는 4.47-4.89 log CFU/g, 효모 및 곰팡이는 4.15-4.38 log CFU/g로 증식하였다. 60% CO₂/40% N₂ 포장 처리구에서, 슬라이스된 식빵에서의 총호기성균과 효모 및 곰팡이의 증식이 저장 25일까지 0.53 log CFU/g 이하로 유지되고 있었다. 높은 CO₂ 농도로 균 증식이 억제된다는 것을 확인하였으며, 팥앙금버터에서 미생물 증식 억제와 비슷한 효과를 보이면서 통계적인 유의성도 확인되었다. 현재 판매중인 팥앙금버터샌드는 냉장유통온도에서 6일의 소비기한으로 표기 후 유통되고 있다. 본 연구에서는 합기 포장인 대조구 포장에서 저장 18일에 빵 표면에 형성된 곰팡이를 확인하였으며(Fig. 5), 처리구 포장에서는 표면 곰팡이가 확인되지 않았다. 표면 곰팡이 형성을 시각적인 부패 기준으로 본다면 10일 정도의 더 연장된 소비기한을 정할 수 있지만, 10°C의 일정한 온도에서 저장되었기 때문에 유통환경과 다를 수 있다. 처리구 포장에서는 저장 25일까지 표면 곰팡이를 확인할 수 없었으며, 시각적 부패 측면에서 MAP 포장이 미생물적 안정성 확보에 도움이 된다. 미생물 데이터에서 측정 시점에 따라 높은 편차를 보이는 경우가 있었는데 포장된 제품의 개별적인 오염도가 영향을 준 것으로 생각된다. 업체에서 제품을 당일 공급받아 실험실에서 MAP 포장 후 연구를 진행했으며, 생산에서부터 기체 치환 포장까지 자동화 공정으로 포장된 제품에 비해 제품 개별 잠재적 오염도가 높을 수 있다. 자동화 공정으로 생산된 제품에서는 시료 반복간 미생물 편차가 크지 않을 것으로 추정한다. 포장 내 기체 농도 조건과 미생물 증식과 관련하여 정리하면, 포장 내 치환된 CO₂ 농도(60% CO₂)가 높고 1% 이하의 O₂ 농도에서 미생물 증식 억제 효과가 뚜렷하게 나타났다. 팥앙금버터에 비해 슬라이스된 식빵에서 높은 수분함량과 낮은 당 농도로 품질저하가 빨리 나타날 수 있음에도 불구하고, 슬라이스된 식빵에서 균 성장이 억제되었다. 이는 CO₂가 식빵 표면 외부에서 먼저 녹아들어가 후 높은 수분함량 및

Table 2. pH changes in packaged sliced white bread filled with red bean paste and butter during storage 25 days at 10°C

Storage time (day)	Red bean paste and butter			Sliced white bread		
	Control	30% CO ₂ /70% N ₂	60% CO ₂ /40% N ₂	Control	30% CO ₂ /70% N ₂	60% CO ₂ /40% N ₂
0	5.61±0.05	5.61±0.05	5.61±0.05	5.05±0.03	5.05±0.03	5.05±0.03
5	5.43±0.11 ^b	5.64±0.01 ^a	5.53±0.04 ^{ab}	5.08±0.03 ^a	5.08±0.06 ^a	5.08±0.03 ^a
10	5.41±0.07 ^a	5.45±0.05 ^a	5.41±0.04 ^a	5.17±0.02 ^a	5.16±0.01 ^a	5.11±0.02 ^b
15	5.45±0.05 ^a	5.42±0.10 ^a	5.39±0.04 ^a	5.18±0.11 ^a	5.11±0.06 ^a	5.13±0.06 ^a
25	5.32±0.08 ^a	5.30±0.02 ^a	5.38±0.07 ^a	5.07±0.06 ^a	5.15±0.05 ^a	5.14±0.05 ^a

Values are means ± standard deviations. Different alphabetical superscript within a row means significant difference at $\alpha = 0.05$ among treatments for same storage time.

식빵의 다공성 구조^{26,27})로 인해 조직내로 용이하게 용해된 것으로 생각된다. 빵의 다공성 구조로 인해 잔류 O₂ 함량이 3~5%이면, 곰팡이 성장 억제에 충분하지 않다는 연구 결과가 있으며²⁸), 본 연구에서는 1% 이하의 O₂ 농도로 증식 억제에 도움이 되었다.

통밀 빵을 30%, 50%, 70%, 100% CO₂ 농도 조건으로 포장했을 때, 100% CO₂ 농도로 치환된 통밀 빵에서 미생물 증식 억제 효과와 함께 저장수명이 연장되는 것으로 보고되었으며, 미생물 증식은 포장 내 남아있는 O₂ 농도에 의존적으로 작용하는 것으로 나타났다²⁹⁻³¹). 내부 충전물인 팔앙금버터와 슬라이스된 식빵의 저장 기간에 따른 pH 변화는 Table 2에 제시하였다. 팔앙금버터의 pH는 저장 초기 5.61에서 저장 25일에 5.30-5.38의 범위로 감소하였으며, 포장 처리구별 큰 차이는 없었다. 다만, 저장 5일에 대조구와 30% CO₂/70% N₂ 처리구 포장에서 pH가 유의미하게 감소하였으며, 이 시기에 POV 수치가 높아 버터의 산패가 빠르게 진행될 것으로 추정한다. 저장 기간에 따른 pH 감소는 충전물로 사용된 버터의 산패로 pH가 떨어질 수 있는 것으로 추정한다. 슬라이스된 식빵의 pH는 저장 초기 5.05에서 저장 25일에 5.07-5.15의 범위로 저장 기간별 포장 처리구별 뚜렷한 차이 없이 일정한 수준으로 유지되었다. 초기 팔앙금버터의 pH는 5.61이고 슬라이스된 식빵의 pH는 5.05으로, 빵 부위에서 팔앙금버터에 비해 pH 값이 낮았다. 슬라이스된 식빵의 발효에 의해 생성된 산의 영향으로 보이며, 이는 초기 빵 부위의 균수가 0 log CFU/g인 부분과도 관련이 있다. 즉, 대부분의 미생물이 성장하기 위한 최적의 pH 범위는 6.6-7.5 범위^{32,33})인데, 이 보다 낮은 pH 범위는 미생물 증식 억제에 도움을 줄 수 있으며, 특히 빵 부위의 더 낮은 pH가 초기 균수 관리에 도움이 된 것으로 보인다.

내부 충전물인 팔앙금버터의 POV 변화는 Fig. 6에 제시하였다. 대조구의 경우, 초기 POV 0.75 meq/kg에서 저장 5일 3.53 meq/kg까지 증가한 후 저장 25일에 1.93 meq/kg로 확인되었다. 30% CO₂/70% N₂ 포장 처리구에서 저장 5일에 1.87 meq/kg까지 증가하였으며, 이후 저장 25일까지

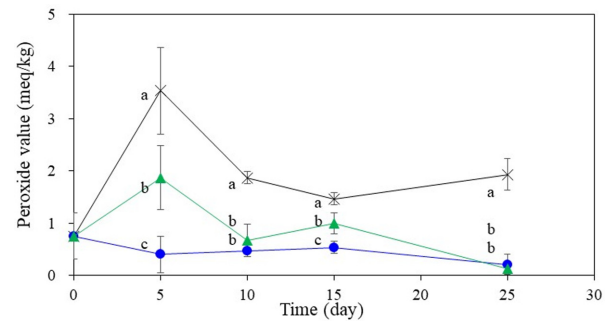


Fig. 6. POV changes of red bean paste and butter of the packaged product during storage 25 days at 10°C. X: Control, ▲: 30% CO₂/70% N₂, ●: 60% CO₂/40% N₂. Vertical bars are standard deviations. Different letters for the same storage times mean significant difference among treatments at $\alpha = 0.05$.

30% CO₂/70% N₂ 포장 처리구와 60% CO₂/40% N₂ 포장 처리구에서 1.00 meq/kg 이하로 유지되고 있다. 25일 저장 기간 동안 60% CO₂/40% N₂ 포장 처리구에서 POV 수치가 유의미하게 낮았다. 대조구 포장은 포장 내부 O₂ 농도가 높아 산화가 쉽게 일어났으며, 30% CO₂/70% N₂ 포장 처리구와 60% CO₂/40% N₂ 포장 처리구는 대조구에 비해 상대적으로 O₂ 농도가 낮아서 버터의 산화를 지연시키는 효과가 있었다. 포장 내부를 50% 이상의 CO₂ 농도로 치환하고 O₂ 농도를 5%로 감소시켜 포장하면 포장된 버터에서 과산화물 함량이 대조구에 비해 현저히 낮게 유지되었다는 연구 결과와 일치하였다³⁴).

슬라이스된 식빵에 대해 측정된 경도, 부착성, 응집성, 씹힘성, 탄력성, 검성 데이터를 Table 3에 제시하였다. 저장 일자별로 각 조직감의 특성에 따라 일부 유의미한 결과가 나왔으나, 전체 저장 기간 동안 유의적인 차이를 확인할 수 없었다. 통밀가루 빵이나 호박 설기떡 포장에서 변형기체포장에 사용된 CO₂ 기체 농도는 제품의 경도에 영향을 주지 않는다는 연구 결과 내용과 일치하였다^{29,35}). 저장 기간 중 대조구와 처리구 모두에서 경도가 증가하였는데, 이는 전분의 노화로 전분 조직의 결정화 및 건조 현상이 영향을 준 것으로 추측되며, 바움쿠헤 케이크와 식빵에서 경도 증가가

Table 3. Texture changes of the packaged sliced white bread during storage 25 days at 10°C

Storage time (day)	Hardness (g)			Adhesiveness (g)			Cohesiveness (%)		
	Control	30% CO ₂ /70% N ₂	60% CO ₂ /40% N ₂	Control	30% CO ₂ /70% N ₂	60% CO ₂ /40% N ₂	Control	30% CO ₂ /70% N ₂	60% CO ₂ /40% N ₂
0	201.3±51.7	201.3±51.7	201.3±51.7	1.25±0.62	1.25±0.62	1.25±0.62	0.60±0.08	0.60±0.08	0.60±0.08
5	225.4±52.6 ^b	246.7±48.6 ^b	296.3±62.6 ^a	1.30±0.49 ^a	1.20±1.08 ^a	1.17±0.59 ^a	0.56±0.10 ^b	0.66±0.09 ^a	0.59±0.07 ^b
10	327.5±71.3 ^a	363.1±78.8 ^a	340.7±113.1 ^a	1.10±0.51 ^b	0.93±0.27 ^b	1.97±1.67 ^a	0.50±0.04 ^b	0.66±0.14 ^a	0.65±0.15 ^a
15	251.3±88.8 ^a	309.6±96.8 ^a	252.7±47.7 ^a	1.36±1.36 ^b	1.07±0.73 ^b	3.31±3.00 ^a	0.57±0.09 ^c	0.64±0.10 ^b	0.72±0.08 ^a
25	351.6±160.0 ^b	499.3±175.7 ^a	374.9±125.9 ^b	1.96±1.81 ^a	1.00±0.28 ^b	1.03±0.61 ^b	0.69±0.12 ^a	0.60±0.08 ^b	0.68±0.13 ^{ab}
Storage time (day)	Chewiness (g)			Gumminess (g)			Springiness (%)		
	Control	30% CO ₂ /70% N ₂	60% CO ₂ /40% N ₂	Control	30% CO ₂ /70% N ₂	60% CO ₂ /40% N ₂	Control	30% CO ₂ /70% N ₂	60% CO ₂ /40% N ₂
0	98.9±24.1	98.9±24.1	98.9±24.1	117.1±29.4	117.1±29.4	117.1±29.4	0.84±0.04	0.84±0.04	0.84±0.04
5	109.5±27.9 ^b	147.5±41.3 ^a	148.0±26.5 ^a	126.3±30.4 ^b	162.4±42.2 ^a	171.9±32.4 ^a	0.87±0.03 ^b	0.91±0.03 ^a	0.86±0.02 ^b
10	136.6±22.9 ^b	207.4±64.8 ^a	185.6±48.6 ^a	161.5±29.0 ^b	237.1±65.3 ^a	213.3±53.7 ^a	0.85±0.02 ^a	0.87±0.07 ^a	0.87±0.04 ^a
15	124.5±56.1 ^b	173.7±65.6 ^a	157.7±13.5 ^{ab}	144.8±61.0 ^b	192.5±70.8 ^a	179.0±14.1 ^{ab}	0.85±0.03 ^b	0.87±0.03 ^{ab}	0.88±0.02 ^a
25	208.4±90.8 ^a	271.6±130.1 ^a	220.8±79.4 ^a	239.3±102.2 ^a	306.5±135.5 ^a	250.2±86.5 ^a	0.86±0.04 ^a	0.87±0.05 ^a	0.88±0.03 ^a

Values are means ± standard deviations. Different alphabetical superscript within a row means significant difference at $\alpha = 0.05$ among treatments for same storage time.

관찰된 유사한 연구 결과가 있다³⁶⁻³⁷).

요 약

변형기체포장(MAP, modified atmosphere packaging)은 포장 내 기체를 일반 공기조성과 다르게 변형하여 포장 내 O₂를 감소 또는 제거하고 CO₂ 또는 N₂로 치환함으로써 미생물의 증식과 지질의 산화를 억제하여 식품의 품질 유지에 도움을 준다. 팥앙금버터샌드를 고차단성 다층 EVOH 포장재에 MAP조건으로 포장하여 품질 유지 효과를 확인하였다. 대조구인 합기 포장, 처리구인 30% CO₂/70% N₂ 포장, 60% CO₂/40% N₂ 포장으로 하여 10°C에서 25일 저장 동안 포장 내 기체 농도, 총호기성균수, 효모 및 곰팡이, pH, 과산화물가(POV), 조직감을 측정하였다. 포장 내 기체 농도의 경우 CO₂가 식품에 용해되는 특성이 있어 30% CO₂/70% N₂ 포장은 23.9%로 감소하였고, 60% CO₂/40% N₂ 포장은 48%로 감소하였다. 대조구에서는 저장 25일에 증식된 미생물의 호흡으로 인해 CO₂가 20.5%로 증가하였다. pH는 저장 동안 내부 충전물인 팥앙금버터에서 감소하였고, 슬라이스된 식빵의 pH는 증가하였으며 처리구 간 차이는 없었다. POV는 대조구에서 버터의 산화로 인해 높은 수치를 보였으며, 30% CO₂/70% N₂ 포장과 60% CO₂/40% N₂ 포장에서 낮은 수치로 산화가 억제되는 것을 확인하였다. 저장 기간 동안 대조구와 30% CO₂/70% N₂ 포장에서 총호기성균과 효모 및 곰팡이의 증식이 높았으며, 60% CO₂/40% N₂ 포장에서 균 증식이 억제되는 것을 확인하였다. 조직감은 저장 기간 및 처리구별 뚜렷한 차이가 없었다. 고차단성 포장재에 60% CO₂/40% N₂ 포장 조건으

로 포장 내 기체 조성을 변형하여 적용하면 팥앙금버터샌드의 품질 유지에 도움을 줄 수 있었다.

감사의 글

본 결과는 2023년 한국식품산업클러스터진흥원 기업기술 지원사업의 지원을 받아 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Research and Markets. 2024. Global Bakery Products Business Analysis Report 2024-2030 - Developed markets dominate consumption, while developing countries spearhead growth.
2. Lee, D.S. 2021. Modified atmosphere packaging of foods: Principles and Applications. Hoboken, NJ, USA: John Wiley and Sons. pp. 1-18.
3. Martinez, S., and Carballo, J. 2021. Physicochemical, sensory and nutritional properties of foods affected by processing and storage. *Foods*, 10(12): 1-8.
4. Magan, N., Arroyo, M., and Aldred, D. 2003. Mould prevention in bread. In: *Bread Making*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp. 482-494, Cauvain, S. P. Ed., Woodhead Publishing.
5. Melini, V., and Melini, F. 2018. Strategies to extend bread and GF bread shelf-life: From sourdough to antimicrobial active packaging and nanotechnology. *Fermentation*, 4: 1-18.
6. dos Santos, J.L.P., Bernardi, A.O., Pozza-Morassi, L.L., Silva, B.S., Copetti, M.V., and Sant'ana, A.S. 2016. Incidence, populations and diversity of fungi from raw materials, final products and air of processing environment of multigrain

- whole meal bread. *Food Res. Int.*, 87: 103-108.
7. Katsinis, G., Rigas, F., and Doulia, D. 2008. Synergistic effect of chemical preservatives with ethanol on the microbial shelf life of bread by factorial design. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 43: 208-215.
 8. Park, M.K., Lee, H.Y., Kim, B.K., Kang, M.C., Kim, T.K., Sung, J.M., Jeon, E.Y., and Choi, Y.S. 2023. A survey on domestic consumer's awareness of food additives and clean label concept. *Food and Life*, 2023(3): 95-103.
 9. Heras-Mozos, R., Muriel-Galet, V., Lopez-Carballo, G., Catala, R.N., Hernandez Munoz, P., and Gavara, R. 2019. Development and optimization of antifungal packaging for sliced pan loaf based on garlic as active agent and bread aroma as aroma corrector. *Int. J. Food Microbiol.*, 290: 42-48.
 10. Fasihi, H., Noshirvani, N., Hashemi, M., Fazilati, M., Salavati, H., and Coma, V. 2019. Antioxidant and antimicrobial properties of carbohydrate-based films enriched with cinnamon essential oil by Pickering emulsion method. *Food Packag. Shelf Life*, 19: 147-154.
 11. Wang, K., Lim, P.N., Tong, S.Y., and Thian, E.S. 2019. Development of grapefruit seed extract-loaded poly(ϵ -caprolactone)/chitosan films for antimicrobial food packaging. *Food Packag. Shelf Life*, 22: 100396.
 12. Lee, J.S., Park, M.A., Yoon, C.S., Na, J.H., and Han, J. 2019. Characterization and preservation performance of multilayer film with insect repellent and antimicrobial activities for sliced wheat bread packaging. *J. Food Sci.*, 84: 3194-3203.
 13. Hempel, A.W., O'Sullivan, M.G., Papkovsky, D.B., and Kerry, J.P. 2013. Use of smart packaging technologies for monitoring and extending the shelf-life quality of modified atmosphere packaged (MAP) bread: Application of intelligent oxygen sensors and active ethanol emitters. *Eur. Food Res. Technol.*, 237: 117-124.
 14. Latou, E., Mexis, S.F., Badeka, A.V., and Kontominas, M.G. 2010. Shelf life extension of sliced wheat bread using either an ethanol emitter or an ethanol emitter combined with an oxygen absorber as alternatives to chemical preservatives. *J. Cereal Sci.*, 52: 457-465.
 15. Soltani Firouz, M., Mohi-Alden, K., and Omid, M. 2021. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. *Food Res. Int.*, 141: 1-24.
 16. Galić, K., Curić, D., and Gabrić, D. 2009. Shelf life of packaged bakery goods: a review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 49(5): 405-426.
 17. Garcia, M.V., and Copetti, M.V. 2019. Alternative methods for mold spoilage control in bread and bakery products. *Int. Food Res. J.*, 26: 737-749.
 18. Qian, M., Liu, D., Zhang, X., Zhongping, Y., Ismail, B.B., Ye, X., and Guo, M. 2021. A review of active packaging in bakery products: Applications and future trend. *Trends Food Sci. Technol.*, 114: 459-471.
 19. Wyrwisz, J., Kurek, M., Karp, S., Moczowska, M., Stelmasiak, A., and Wierzbicka, A. 2017. Optimization of modified atmosphere gases composition used for storage of high-fiber muffins. *J. Food Process Eng.*, 26(1): 1-11.
 20. Rodriguez, M., Medina, L.M., and Jordano, R. 2000. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of sliced wheat flour bread. *Food Nahrung.*, 44(4): 247-252.
 21. Gutiérrez, L., Batlle, R., Andújar, S., Sánchez, C., and Nerín, C. 2011. Evaluation of antimicrobial active packaging to increase shelf life of gluten-free sliced bread. *Packag. Technol. Sci.*, 24: 485-494.
 22. MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2023. General analytical method. In: Korean Food Code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC>.
 23. Licciardello, F., Giannone, V., del Nobile, M.A., Muratore, G., Summo, C., Giarnetti, M., Caponio, F., Paradiso, V.M., and Pasqualone, A. 2017. Shelf life assessment of industrial durum wheat bread as a function of packaging system. *Food Chem.*, 224: 181-190.
 24. Choi, D.M., Kim, N.Y., Chung, S.K., Kwon, H.R., and Lee, D.S. 2012. Effect of modified atmosphere packaging on preservation of the steamed bread added with black rice. *Korean J. Packag. Sci. Tech.*, 18(1&2): 33-38.
 25. Upasen, S., and Wattanachai, P. 2018. Packaging to prolong shelf life of preservative-free white bread. *Heliyon.*, 4(9): e00802
 26. Falcone, P.M., Baiano, A., Zanini, F., Mancini, L., Tromba, G., Montanari, F., and del Nobile, M.A. 2004. A novel approach to the study of bread porous structure: phase-contrast X-ray microtomography. *J. Food Sci.* 69(1): 38-43.
 27. Esteller, M.S., Jr, O.Z., Palmeira, C.N.S., and Lannes, S.C.S. 2006. The effect of kefir addition on microstructure parameters and physical properties of porous white bread. *Eur. Food Res. Technol.* 222: 26-31.
 28. Haasum, I., and Nielsen, P.V. 1998. Ecophysiological characterization of some food-borne fungi in relation to pH and water activity under atmospheric compositions. *J. Appl. Microbiol.* 84: 451-461.
 29. Narserifar, D., Sahiner, A., and Esmer, O.K., 2024. Effects of carbon dioxide concentration in modified atmosphere packaging on the shelf life and quality criteria of whole wheat bread during storage. *Packag. Technol. Sci.*, 34(4): 213-223.
 30. Kütahneçi, E., and Ayhan, Z. 2021. Applications of different oxygen scavenging systems as an active packaging to improve freshness and shelf life of sliced bread. *J. Consum. Prot. Food Saf.*, 16(3): 247-259.
 31. Degirmencioglu, N., Göçmen, D., Inkaya, A.N., Aydin, E., Guldas, M., and Gonenc, S. 2011. Influence of modified atmosphere packaging and potassium sorbate on microbiological characteristics of sliced bread. *J. Food Sci. Technol.*, 48(2): 236-241.
 32. Axel, C., Zannini, E., and Arendt, E.K. 2017. Mold spoilage of bread and its biopreservation: A review of current strategies for bread shelf life extension. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 57: 3528-3542.
 33. Umaraw, P., Munekata, P.E.S., Verma, A.K., Barba, F.J.,

- Singh, V.P., Kumar, P., and Lorenzo, J.M. 2020. Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends Food Sci. Technol.*, 98: 10-24.
34. Nekera, K.D., Kuyu, C.G, Tola, Y.B., and Gemechu, A.T. 2023. Chemical, microbial, and sensory characteristics of cow butter as affected by modified atmospheric packaging. *J. Agric. Food Res.*, 14: 1-11.
35. Moon, K.B., Kim, H.K., An, D.S., and Lee, D.S. 2010. Effect of modified atmosphere packaging on preservation of pumpkin rice cake. *Korean J. Food Preserv.*, 17(1): 908-913.
36. Kim, M.R. 2005. Antimicrobial activity of PHB/chitosan films and quality of white bread packaged with the films. *Korean J. Hum. Ecol.*, 14(2): 321-330.
37. Lee, M.H., Kim, M.H., and Lee, Y.S. 2023. Quality changes of 'Baumkuchen' cake with modified atmosphere packaging during storage. *Korean J. Packag. Sci. Tech.*, 29(2): 87-94.

투고: 2025.11.04 / 심사완료: 2025.11.23 / 게재확정: 2025.12.11