

블루베리 분말을 함유한 블루베리 머핀 개발 및 가스치환포장된 블루베리 머핀의 유통기한 결정

이승조 · 김명환¹ · 한귀정² · 민세철*

서울여자대학교 식품공학과, ¹단국대학교 식품공학과, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

Muffin Development Using Blueberry Powder and Shelf Life Determination of Modified Atmosphere Packaged Blueberry Muffin

Seung Jo Lee, Myung Hwan Kim¹, Gwi Jung Han², and Sea Cheol Min*

Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University

¹Department of Food Engineering, Dankook University

²National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

Abstract

Muffin was developed using blueberry powder and the shelf life of the muffin packaged in modified atmosphere was determined. Blueberry was freeze-dried and milled to prepare powder. As the concentration of blueberry powder increased from 0 to 15% (w/w), hardness and gumminess also increased ($p < 0.05$). The Hunter L and b values of the crust and crumb of muffin decreased as the concentration increased, while their Hunter a values increased. Blueberry powder concentrations of 10 and 15% resulted in high preference in taste, texture, and overall acceptability. Blueberry muffin containing powder at 10% was packaged in modified atmosphere (MA). The optimum gas for modified atmosphere packaging (MAP) of the muffin was the mixture of carbon dioxide (CO₂) and nitrogen (N₂) (7:3), which improved microbial stability without altering muffin hardness. The shelf life of modified atmosphere packaged blueberry muffin was determined using the accelerated life test. The shelf life values for MA packaged blueberry muffin stored at 25 and 35°C were predicted as 21 and 5 d, respectively. Further, the Q_{10} values for 25-35°C and 35-45°C were determined as 4.2 and 2.9, respectively. The MAP can preserve blueberry muffin for 3 weeks at 25°C, without the external addition of preservatives.

Key words: blueberry, muffin, modified atmosphere packaging, shelf life

서 론

블루베리는 진달래과(Ericaceae)의 산앵두나무속(*Vaccinium*)에 속하는 목본식물로, 세계적으로 400여 개의 종이 존재한다. 그 중에서도 하이부시 블루베리(*V. corymbosum*), 로우부시 블루베리(*V. angustifolium*), 그리고 래빗아이 블루베리(*V. ashei*)가 주를 이루며 상업적인 용도로 대량 재배되고 있다(Westwood, 1993). 블루베리는 안토시아닌, 프록사시아닌, 클로로젠산, 그리고 플라보노이드 등 폴리페놀의 함량이 높아 항산화(Howard et al., 2010), 항암(Basu et al., 2010), 그리고 항당뇨(Martineau et al., 2006) 작용이 뛰어나다고 알려져 있다. 이러한 효능 덕분에 블루베리는

세계 각국에서 기능성 과일로 주목받고 있다(Lee & Lee, 2009). 최근 국내에서도 기능성 과일에 대한 수요가 증가하면서 국내 블루베리의 재배면적이 해마다 확대되고 있으며 총 생산량이 5,146톤에 달하고 있다(Kim et al., 2013; Jo et al., 2014). 또한, 생과로 이용할 뿐만 아니라 영양 및 기능적으로 우수한 여러 가공품에 대한 소비 및 제품 개발이 요구되고 있다(Lee & Lee, 2007; Cho et al., 2010). 블루베리는 품질유지기간이 짧기 때문에(Jo et al., 2014) 블루베리를 건조 분말 형태로 제조하여 제품에 적용하는 것이 제품 저장성 및 가공 편의성 측면에서 바람직하다(Ji & Yoo, 2010; Kim et al., 2010).

최근 우리나라의 식생활이 급격히 서구화됨에 따라 식사 대체재로 간편하게 먹을 수 있는 제과제빵 제품의 수요가 늘고 있다(Kim et al., 2008). 그 중에서도 머핀은 특유의 풍미와 부드러운 식감으로 다양한 연령대의 소비자들에게 아침 대용 혹은 간식으로 인기를 얻고 있다(Shevkanani et al., 2015). 그러나 일반적으로 제과제빵 제품은 곰팡이 증

*Corresponding author: Sea Cheol Min, Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, 621 Hwarangno, Nowon-gu, Seoul, 01797, Korea
Tel: +82-2-970-5635; Fax: +82-2-970-5977
E-mail: smin@swu.ac.kr

Received July 16, 2016; revised July 21, 2016; accepted July 21, 2016

식, 노화, 그리고 수분 손실 등의 요인에 의해 유통기한이 짧다(Del Nobile et al., 2003; Nielsen & Rios, 2003). 가스치환포장(modified atmosphere packaging, MAP)은 포장 내 산소(O₂)의 농도를 감소시키고 이산화탄소(CO₂)의 농도를 증가시켜 저장 및 유통 중에 품질 저하를 억제하여 유통기한을 연장할 수 있다(Jacxsens et al., 2002). 밀빵, 콩빵, 이란플랫빵, 슬라이스빵, 그리고 피자반죽 등 제빵에 MAP를 적용한 선행 연구는 MAP가 포장 내 제빵의 미생물 성장을 억제하고 표면에 곰팡이 발생을 감소시켜 유통기한 연장에 효과적이었다고 보고하였다(Rodríguez et al., 2000; Rodríguez et al., 2003; Fernandez et al., 2006; Sourki et al., 2010; Degirmencioglu et al., 2011). 제과제빵에 MAP를 적용한 경우 가스 조성으로 질소(N₂)와 CO₂의 혼합 조성 또는 CO₂ 단독 가스를 사용하는데(Del Nobile et al., 2003), 이는 CO₂가 미생물의 성장과 증식을 억제하여 미생물 안정성을 향상하고, 불활성 가스인 N₂는 포장 내 O₂로부터 식품 산화를 억제하고 포장 충전 가스로서 포장 붕괴를 방지하는 역할을 하기 때문이다(Galić et al., 2009). 따라서 본 연구를 통해 국내산 블루베리를 분말화한 후 함량을 최적화하여 블루베리 머핀을 개발하고, 개발한 블루베리 머핀에 MAP를 적용하여 유통기한 연장에 효과적인 조건을 모색하며, 가속화 저장 시험(accelerated shelf life test)을 통하여 MAP를 적용한 블루베리 머핀의 유통기한을 예측하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 블루베리는 전북 정읍시에 있는 블루베리 농장에서 수확한 레빗아이 블루베리(*Vaccinium ashei*) 품종인 파우더블루(Powder Blue)이다. 블루베리는 동결건조기(Freezezone 6, Model 77530, Labconco Co., Kansas City, MO, USA)를 사용하여 동결건조(-70°C, 750 mmHg)하였고, 건조된 블루베리를 분쇄기(HMC-400T, Hanil Electric Co. Ltd., Seoul, Korea)로 분쇄 후 50 mesh의 체로 체질하여 분말화 하였다. 머핀 제조용 재료는 박력분(Daehan Flour Mills Co. Ltd., Seoul, Korea), 계란, 우유(Seoul Milk, Seoul, Korea), 옥수수유(Ottogi Co. Ltd.,

Seoul, Korea), 바닐라 익스트랙(Bread Garden Co., Seoul, Korea), 설탕(Samyang Co. Ltd., Seoul, Korea), 소금(Hanju Co. Ltd., Ulsan, Korea), 그리고 베이킹 파우더(Sunin Co. Ltd., Yongin, Korea)로 시중에서 구입하여 사용하였다.

제조

Martínez-Cervera et al. (2011)의 방법을 기초로 하여 머핀을 제조하였고, 블루베리 분말을 첨가한 머핀은 박력분의 5, 10, 그리고 15% (w/w)를 블루베리 분말로 대체하여 제조하였다. 머핀의 재료 배합비는 Table 1에 나타내었다. 재료는 박력분, 설탕, 소금, 베이킹파우더, 그리고 블루베리 분말을 포함한 건식 재료와 계란, 우유, 옥수수유, 그리고 바닐라 농축액을 포함한 습식 재료로 나누었다. 머핀반죽을 만들기 위해 혼합볼에서 2분간 계란을 휘저은 후 우유, 옥수수유, 그리고 바닐라 농축액을 균일하게 혼합하였다. 그리고 별도의 혼합볼에 건식 재료를 균일하게 혼합하였다. 이후 건식 및 습식 재료를 혼합하였고, 2시간 동안 방치시켰다. 유산지를 깬 머핀 틀(윗면 지름: 40 mm, 밑면 지름: 22 mm)에 반죽을 14.0±0.5 g을 채워 180°C로 예열된 오븐(DHO-23, Daehung Softmill Co. Ltd., Seoul, Korea)에 19분간 구운 후 실온에서 1시간 동안 방냉하여 머핀을 제조하였다.

제형 최적화는 머핀의 조직감, 색도, 그리고 관능특성에 대하여 이루어졌다.

조직감 측정

머핀의 조직감은 texture analyzer (TX-Xt express 2007, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 이용하여 Kang et al. (2012)의 방법에 따라 조직감 프로파일 분석(texture profile analysis, TPA)을 통해 측정되었다. 머핀의 내부(crumb)를 동일한 크기(2×2×2 cm)로 잘라 측정 시료로 사용하였고, 2회 반복 압착하였을 때 얻는 힘-거리 곡선(force-distance curve)으로부터 조직감 프로파일을 산출하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 측정 전 속도, 측정 속도, 측정 후 속도, 그리고 침투 거리는 각각 2.0 mm/sec, 1.0 mm/sec, 2.0 mm/sec, 그리고 10 mm 이었고, 원기둥 형태의 탐침이 사용되었으며 지름은 30

Table 1. Formulations for muffins prepared with various concentrations of blueberry powder

| Muffin | Blueberry powder concentration (% w/w) | Amount (g) | | | | | | | |
|---------------|--|------------|-----|------|----------|-----------------|-------|------|---------------|
| | | Flour | Egg | Milk | Corn oil | Vanilla extract | Sugar | Salt | Baking powder |
| Formulation 1 | 0 | 100 | 20 | 70 | 40 | 1 | 40.5 | 2 | 2.5 |
| Formulation 2 | 5 | 95 | 20 | 70 | 40 | 1 | 40.5 | 2 | 2.5 |
| Formulation 3 | 10 | 90 | 20 | 70 | 40 | 1 | 40.5 | 2 | 2.5 |
| Formulation 4 | 15 | 85 | 20 | 70 | 40 | 1 | 40.5 | 2 | 2.5 |

mm이었다.

색도 측정

머핀의 색도는 껍질(crust)과 내부(crumb)로 나누어 색차계(Minolta Chroma meter CR-400, Minolta Camera Co., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter L (lightness, 명도), a (redness, 적색도), 그리고 b (yellowness, 황색도) 값으로 측정하였다. 색차계는 표준 백색판(L=94.11, a=-0.62, b=3.21)으로 교정하였다.

관능평가

서울여자대학교 식품공학과 대학생 및 대학원생인 21-28세 여성 30명이 패널로 참가하였다. 블루베리 분말을 첨가한 머핀(5, 10, 그리고 15%)과 분말이 들어있지 않은(무첨가) 머핀을 포함한 총 4가지의 시료를 준비하였다. 각 시료는 난수표에서 선택한 세 자리 숫자로 표기하였고, 시료 제공 순서를 일정치 않게 하였다. 본 실험의 목적과 평가 방법 및 측정 항목에 대해 잘 인지할 수 있도록 충분히 설명한 후 시료의 색(color), 향미(flavor), 질감(texture), 맛(taste), 그리고 전반적인 기호도(overall preference)를 평가하도록 하였다. 평가는 9점 기호척도법(1점: 아주 싫다, 5점: 좋지도 싫지도 않음, 9점: 아주 좋다)으로 실시하였다.

MAP 조건 결정

블루베리 머핀에 대한 MAP 효과 확인 및 조건 최적화를 위하여 69 μm 두께의 나일론/저밀도 폴리에틸렌(nylon/low-density polyethylene) 필름(17×27 cm) 파우치에 시료를 담은 후 가스혼합기(MAP Mix 9001, PBI-Dansensor, Ringsted, Denmark)와 포장기(SB415, Turbovac Co., s-Hertogenbosch, Netherlands)를 사용하여 파우치를 CO₂-N₂ 혼합가스 (1:1), CO₂-N₂ 혼합가스 (7:3), CO₂, 또는 공기(건조공기)로 충전한 다음 열접착으로 밀봉 포장하였다. 사용된 CO₂, N₂, 그리고 공기는 서울특수가스(Seoul, Korea)에서 구매했고 각각의 순도는 99.9, 99.999, 그리고 99.9%이었다. 모든 포장은 25°C에서 35일간 저장하면서 7일 간격으로 포장 내 가스 조성 및 포장 내 시료의 미생물 저장 안정성 및 경도를 측정하였다.

머핀이 담긴 파우치 포장 내부의 가스 조성은 Bono & Badalucco (2012)의 방법에 따라 가스분석기(Checkpoint II, PBI-Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하여 측정하였다.

미생물 저장 안정성은 머핀의 중온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이의 저장 중 생육을 관찰하여 결정하였다. 머핀을 무균작업대(clean bench) 안에서 무균적으로 10 g을 칭량하여 멸균백(207 mL, Nasco WHIRL-PAK®, Fort Atkinson, WI, USA)에 넣었다. 그리고 멸균된 0.1% (w/w) 펩톤수

(90 g)로 희석한 후, 균질기(Stomacher Lab Blender Model 400, Seward Medical, London, UK)로 3분간 균질화 하였다. 균질된 시료를 0.1% 펩톤수로 희석하였다. 중온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이를 계수하기 위해 각각 plate count agar (PCA)와 potato dextrose agar (PDA) 배지에 평판도말하였다. PCA 배지는 37°C에서 48시간 동안 배양하였고, PDA 배지는 25°C에서 5일간 배양하였다. PCA, PDA, 그리고 펩톤수는 Difco Laboratories (Detroit, MI, USA)에서 구입하였다.

경도는 '조직감 측정'에서 설명한 방법을 이용하여 측정하였다.

측정 결과를 통해 MAP 조건에 따른 포장 내 가스 조성의 변화를 알아보았고, 공기 포장과 비교하여 미생물 저장 및 경도 안정성이 높은 MAP 가스 조성을 결정하였다.

가속화 저장 시험

MAP를 적용한 머핀은 25, 35, 그리고 45°C에서 각각 35, 24, 그리고 14일 동안 저장하면서 3, 4일 간격으로 미생물 저장 안정성, 경도, 그리고 수분함량을 측정하였다. 미생물 저장 안정성과 경도는 'MAP 조건 결정'에서 설명한 방법을 이용하여 측정하였다. 수분함량은 Micard et al. (2000)의 방법에 따라 결정하였고, 열풍건조 방법으로 (105°C, 24시간) 시료를 건조시켰다.

유통기한의 예측

가속화 저장 시험을 통해 얻은 경도 결과(Q)를 회귀분석하여 결정계수(r^2)를 구하였고, 식 (1)을 이용하여 반응 속도 상수(k)를 결정하였다. 이를 통해 저장 중 경도 변화의 반응차수를 결정하였다(Lee et al., 2006; Galić et al., 2009).

$$Q = Q_0 + kt \quad (1)$$

여기에서 Q, Q₀, k, 그리고 t는 각각 시간이 경과한 후 품질 측정 값, 0일차의 품질 측정 값, 반응 속도 상수, 그리고 시간(d)을 나타낸다.

또한, 아레니우스(Arrhenius) 식 (2)과 반응 속도 상수를 이용한 식 (3)으로 활성화 에너지(E_a)와 온도계수(Q₁₀ 값)를 구하였다(Lee et al., 2006; Galić et al., 2009).

$$k = Ae^{\frac{-E_a}{RT}} \quad (2)$$

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T} \quad (3)$$

여기에서 A, E, R, T, 그리고 k_T는 각각 Arrhenius 상수, 활성화 에너지(kcal/mol), 기체상수(1.986 cal/mol), 절대온도(K), 그리고 저장 온도(T)에서의 반응 속도 상수를 나타낸다.

저장 온도 25°C에서의 유통기한은 경도 9 N (Micard et al., 2000; Baixauli et al., 2008)을 허용한계값으로 정하고 회귀 분석식을 통해 예측하였다. 저장 온도 35°C와 45°C에서의 유통기한은 Q_{10} 값을 이용하여 구하였다(Lee et al., 2006; Galić et al., 2009).

통계 분석

모든 실험은 2회 반복 측정하였다. 각 표본의 평균값에 대한 통계적 유의성 검정은 SPSS (Ver. 20, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 일원 배치 분산분석(one-way ANOVA) 후 Tukey 다중 범위 검증(Tukey's multiple range test)으로 사후분석을 실시하였다($\alpha=0.05$).

결과 및 고찰

제형 최적화

블루베리 분말 첨가 머핀과 무첨가 머핀의 조직감 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 경도와 검성은 분말 함량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였고($p<0.05$), 탄력성, 응집성, 그리고 씹힘성은 블루베리 분말 첨가 머핀과 무첨가 머핀 간의 유의적인 차이가 없었다($p>0.05$). 경도는 박력분 일부를 분말로 대체함에 따라 박력분에 있는 단백질인 글

리아딘과 글루테닌에 의해 형성되는 글루텐의 그물망 구조가 약화하면서 가스 포집 능력이 저하되었고, 그 결과 머핀의 밀도가 증가함에 따라 높아진 것으로 사료된다(Jung & Cho, 2011). Cho & Kim (2014)은 보리순 분말 함량이 증가함에 따라 머핀의 경도와 검성이 높아졌다고 보고한 바 있으나, Kim et al. (2009)은 버찌 분말 함량이 증가함에 따라 머핀의 경도는 높아졌지만 검성이 낮아졌다고 보고하여, 재료의 특성에 따라 조직감에 끼치는 영향이 다르다는 것을 알 수 있었다.

블루베리 분말 첨가 머핀과 무첨가 머핀의 색도 측정 결과는 Table 3에 나타내었다. L 값과 b 값은 머핀의 겉질과 내부 모두 분말 함량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고($p<0.05$), a 값은 유의적으로 증가하는 경향을 보였다($p<0.05$). Ji & Yoo (2010)도 블루베리 분말 함량이 증가함에 따라 쿠키의 L 값과 b 값은 감소하였고, a 값은 증가하였다고 보고하였다. 겉질의 L 값은 내부보다 유의적으로 낮은 값을 보이는데($p<0.05$), 이는 머핀을 굽는 과정에서 열에너지에 의한 갈변 반응이 상대적으로 더 일어났기 때문으로 사료된다(Bae et al., 2012).

블루베리 분말 첨가 머핀과 무첨가 머핀의 관능평가 결과는 Table 4에 나타내었다. 색에 대한 기호도는 블루베리 분말 첨가 머핀이 무첨가 머핀보다 유의적으로 낮게 평가

Table 2. Texture profile analysis (TPA) parameters of muffins prepared with various concentrations of blueberry powder

| Concentration of blueberry powder (% w/w) | Hardness (N) | Springiness | Cohesiveness | Gumminess (N) | Chewiness (N) |
|---|-----------------------|-------------|--------------|-----------------------|---------------|
| 0 | 4.4±0.2 ^{cl} | 0.9±0.04 | 0.4±0.02 | 1.5±0.1 ^b | 1.6±0.1 |
| 5 | 5.1±0.4 ^b | 0.9±0.02 | 0.4±0.02 | 1.7±0.2 ^{ab} | 1.5±0.2 |
| 10 | 5.4±0.3 ^b | 0.9±0.1 | 0.3±0.02 | 1.8±0.2 ^{ab} | 1.6±0.1 |
| 15 | 6.0±0.4 ^a | 0.8±0.02 | 0.4±0.02 | 1.8±0.3 ^a | 1.6±0.2 |

¹⁾Values with different letter superscripts are significantly different each other at $p<0.05$.

Table 3. Color of muffins prepared with various concentrations of blueberry powder

| Concentration of blueberry powder (% w/w) | Crust | | | Crumb | | |
|---|------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | L | a | b | L | a | b |
| 0 | 56.4±0.9 ^{a1} | 1.1±0.4 ^d | 18.5±0.5 ^a | 62.0±0.8 ^a | -1.7±0.2 ^d | 15.4±0.6 ^a |
| 5 | 34.9±1.2 ^b | 3.4±0.2 ^c | 7.7±0.8 ^b | 40.9±2.3 ^b | 3.0±0.7 ^c | 2.9±0.5 ^b |
| 10 | 28.6±1.2 ^c | 4.0±0.3 ^b | 4.7±0.6 ^c | 38.2±1.1 ^c | 4.6±0.5 ^b | 2.3±0.5 ^b |
| 15 | 26.7±0.9 ^d | 5.0±0.2 ^a | 2.8±0.5 ^d | 34.5±0.5 ^d | 6.0±0.4 ^a | 0.6±0.2 ^c |

¹⁾Values with different letter superscripts are significantly different each other at $p<0.05$.

Table 4. Sensory evaluation of muffins prepared with various concentrations of blueberry powder

| Concentration of blueberry powder (% w/w) | Color | Flavor | Texture | Taste | Overall preference |
|---|-----------------------|---------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 | 7.0±1.3 ^{a1} | 6.4±1.0 | 4.8±1.4 ^b | 5.1±1.0 ^b | 5.4±0.9 ^c |
| 5 | 4.4±0.9 ^c | 6.3±0.8 | 6.1±1.3 ^a | 5.7±1.3 ^{ab} | 5.4±1.1 ^{bc} |
| 10 | 5.5±1.4 ^b | 5.9±1.1 | 6.3±1.0 ^a | 6.2±1.6 ^a | 6.2±0.9 ^{ab} |
| 15 | 5.8±1.2 ^b | 5.9±1.4 | 6.0±1.5 ^a | 6.3±1.0 ^a | 6.4±1.3 ^a |

¹⁾Values with different letter superscripts are significantly different each other at $p<0.05$.

되었고($p < 0.05$), 향미에 대한 기호도는 블루베리 분말 첨가에 따른 영향이 없는 것으로 평가되었다($p > 0.05$). 반면, 질감에 대한 기호도는 블루베리 분말 첨가 머핀이 무첨가 머핀보다 유의적으로 높게 평가되었고($p < 0.05$), 맛에 대한 기호도와 전반적인 기호도는 10%와 15% 첨가 머핀이 무첨가 머핀보다 유의적으로 높게 평가되었다($p < 0.05$), 블루베리 분말 첨가 머핀의 색에 대한 기호도가 낮게 평가된 결과는 블루베리의 보라 계열 색상이 식품의 색으로 선호도가 낮기 때문으로 사료된다(Byun, 2002). 블루베리 분말 첨가 머핀이 색에 대한 기호도가 낮음에도 전반적인 기호도에서 높게 평가된 것은 일반적으로 식품을 섭취할 때 맛, 향, 그리고 색을 순서로 중요하게 평가하기 때문으로 사료된다(Junichi, 2006).

블루베리 분말 10%와 15% 첨가 머핀은 질감, 맛, 그리고 전반적인 기호도에서 가장 높은 평가를 받았고, 그 외 관능특성에서도 유의적인 차이가 없었기 때문에($p > 0.05$), 경제성을 고려하여 블루베리 분말 함량이 낮은 10% 첨가 머핀을 최적 제형으로 선정하였다.

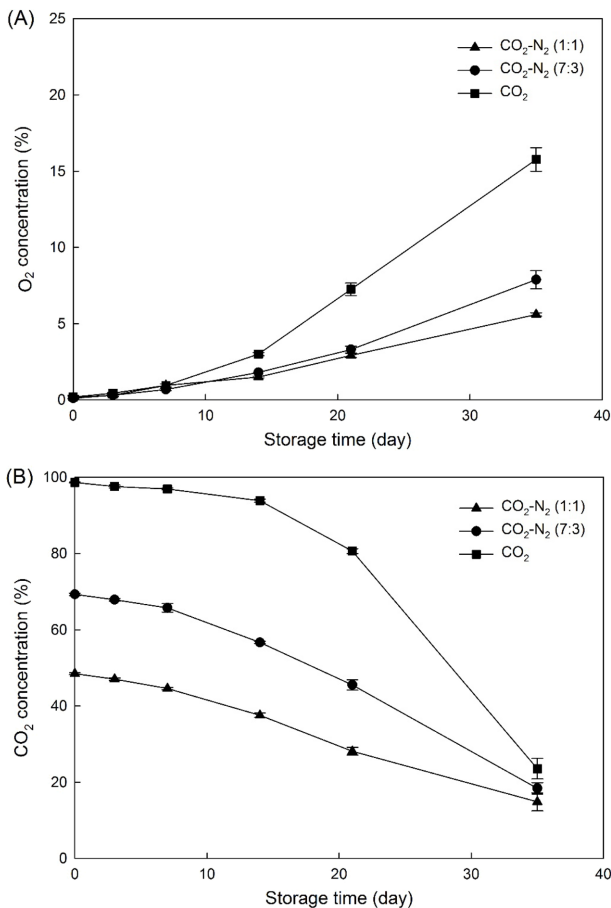


Fig. 1. Changes in the concentration of headspace oxygen (A) and carbon dioxide (B) in blueberry muffin samples packaged with modified atmosphere of CO₂-N₂ (1:1), CO₂-N₂ (7:3), or CO₂ at 25°C for 35 days.

MAP 조건 결정

저장 중 블루베리 머핀이 담긴 파우치 포장 내 가스 조성의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 저장 기간이 경과할수록 모든 포장 내 O₂ 농도가 증가하는 경향을 보였고(Fig. 1A), CO₂ 포장 내 O₂ 농도가 다른 MAP 조건보다 상대적으로 높은 것을 나타내었다. 저장 기간이 증가할수록 모든 포장 내 CO₂ 농도가 빠르게 감소하는 경향을 보였고(Fig. 1B). 특히 CO₂ 포장은 포장 형태가 무너지는 것을 확인할 수 있었는데, 이것은 CO₂가 포장으로부터 빠져나갔기 때문으로 생각되었다. 이를 통해 25°C 저장 중 포장 외형을 유지하기 위해서는 N₂가 일정 비율로 혼합된 가스를 선택해야 포장 형태가 오래 유지됨을 알 수 있었다.

저장 중 MAP와 공기 포장이 25°C 저장된 블루베리 머핀의 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이의 수에 미치는 영향을 Table 5에 나타내었다. 공기 포장 내 머핀의 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이의 수는 저장 14일 차에 각각 4.2±0.7과 3.5±0.3 log CFU/g이었고, 일부 머핀 표면에서 곰팡이가 확인되었다. 저장 21일 차에서는 공기 포장 내 머핀의 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이의 수는 각각 5 log CFU/g 이상이었으며, 모든 머핀 표면에서 곰

Table 5. Effects of modified atmosphere packaging on growth of total mesophilic aerobes and yeasts and molds of blueberry muffins stored at 25°C for 35 days

| Storage time (day) | Atmosphere | Microbial population (log CFU/g) | |
|--------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| | | Total mesophilic aerobe | Yeast and mold |
| 3 | Air | 1.6±0.7 ^{df1)} | 1.6±0.6 ^g |
| | CO ₂ -N ₂ (1:1) | < 1 ^{g2)} | < 1 ^h |
| | CO ₂ -N ₂ (7:3) | < 1 ^g | < 1 ^h |
| | CO ₂ | < 1 ^g | < 1 ^h |
| 7 | Air | 2.3±0.2 ^{df} | 2.3±0.3 ^{efg} |
| | CO ₂ -N ₂ (1:1) | < 1 ^g | < 1 ^h |
| | CO ₂ -N ₂ (7:3) | < 1 ^g | < 1 ^h |
| | CO ₂ | < 1 ^g | < 1 ^h |
| 14 | Air | 4.2±0.7 ^{bc} | 3.5±0.3 ^{cde} |
| | CO ₂ -N ₂ (1:1) | 2.4±1.6 ^{df} | 2.1±1.3 ^{efg} |
| | CO ₂ -N ₂ (7:3) | < 1 ^g | < 1 ^h |
| | CO ₂ | < 1 ^g | < 1 ^h |
| 21 | Air | 6.6±0.6 ^a | 5.7±1.1 ^{ab} |
| | CO ₂ -N ₂ (1:1) | 4.2±0.6 ^{bc} | 3.9±0.8 ^{bcd} |
| | CO ₂ -N ₂ (7:3) | 2.9±0.3 ^{cd} | 2.8±0.3 ^{efg} |
| | CO ₂ | < 1 ^g | < 1 ^h |
| 35 | Air | 6.5±0.6 ^a | 6.8±0.2 ^a |
| | CO ₂ -N ₂ (1:1) | 5.3±0.3 ^{ab} | 5.0±0.6 ^{abc} |
| | CO ₂ -N ₂ (7:3) | 2.0±1.1 ^{df} | 1.9±1.0 ^{fg} |
| | CO ₂ | < 1 ^g | < 1 ^h |

¹⁾Values with different letter superscripts in each column are significantly different each other at $p < 0.05$.

²⁾The limit of detection was 1.0 log CFU/g.

팡이가 확인되었다. 반면, 저장 35일 차까지 CO₂-N₂ (7:3) 포장 내 머핀의 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이의 수는 각각 3 log CFU/g 이하였고, CO₂ 포장 내 머핀의 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이는 검출되지 않았다(최소검출한계: 1.0 log CFU/g). 저장 35일 차에 CO₂-N₂ (1:1) 포장 내 머핀의 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이의 수는 각각 5 log CFU/g 이상이었고, 미생물 안정성이 앞의 MAP 조건에 비해 낮은 결과를 보였다. 모든 MAP 내 머핀 표면에서는 곰팡이 성장을 육안으로 확인할 수 없었다. Degirmencioglu et al. (2011)과 Khoshakhlagh et al. (2014)도 슬라이스빵과 산가크빵을 MAP 하였을 때, MAP 조건 중 CO₂ 포장에서 가장 높은 미생물 저장 안정성을 보였다고 보고하였다.

저장 중 MAP와 공기 포장이 블루베리 머핀의 경도에 미치는 영향을 Table 6에 나타내었다. 저장 기간이 경과할수록 모든 포장 내 머핀의 경도가 증가하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$). 저장 중 모든 포장 내 머핀의 경도는 유의적인 차이를 보이지 않았지만($p > 0.05$), 저장 35일 차에 CO₂ 포장 내 머핀의 경도가 공기 포장 내 머핀보다 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). Sourki et al. (2010)은 이란플랫빵을 CO₂ 농도를 변수로 MAP 하여 저장 중 경도를 측정할 결과 CO₂의 농도가 높을수록 경도가 증가하였다고 보고하였다. 이는 포장 내 CO₂ 농도가 높을수록 수분 손실이 증가하여 경도가 증가하였기 때문으로 사료되었다(Sourki et al., 2010).

포장 내 CO₂ 농도가 높을수록 미생물 안정성이 높아졌으나, 포장 형태를 유지하는 기간이 짧아졌고, 공기로 포장된 머핀과 비교하여 경도가 유의적으로 증가했음을 알 수 있었다($p < 0.05$). 반면, CO₂-N₂ (7:3)로 포장된 머핀은 공기로 포장된 머핀과 CO₂-N₂ (1:1)로 포장된 머핀에 비해 높은 미생물 성장 저해를 보였지만, 경도에서는 서로 유의적인 차이를 보이지 않았기 때문에($p > 0.05$) CO₂-N₂ (7:3)를 블루베리 머핀에 적용할 MAP 최적 조건으로 선정하였다.

가속화 저장 실험

저장 중 저장 온도가 블루베리 머핀의 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이의 수에 미치는 영향을 Fig. 2에 나타

내었다. 45°C를 제외하고는 저장 기간이 경과할수록 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이의 수가 증가하였다. 25°C에서 저장된 머핀의 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이 수는 21일 차까지 각각 3 log CFU/g 이하였으나, 35°C에서 저장된 머핀의 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이 수는 14일 차에 각각 6 log CFU/g 수준이었다. 반면, 45°C에서는 증온 호기성 미생물과 효모 및 곰팡이 모두 검출되지 않았다(최소검출한계: 1.0 CFU/g).

저장 중 저장 온도가 블루베리 머핀의 경도에 미치는 영향을 Fig. 3(A)에 나타내었다. 저장 온도가 높아짐에 따라

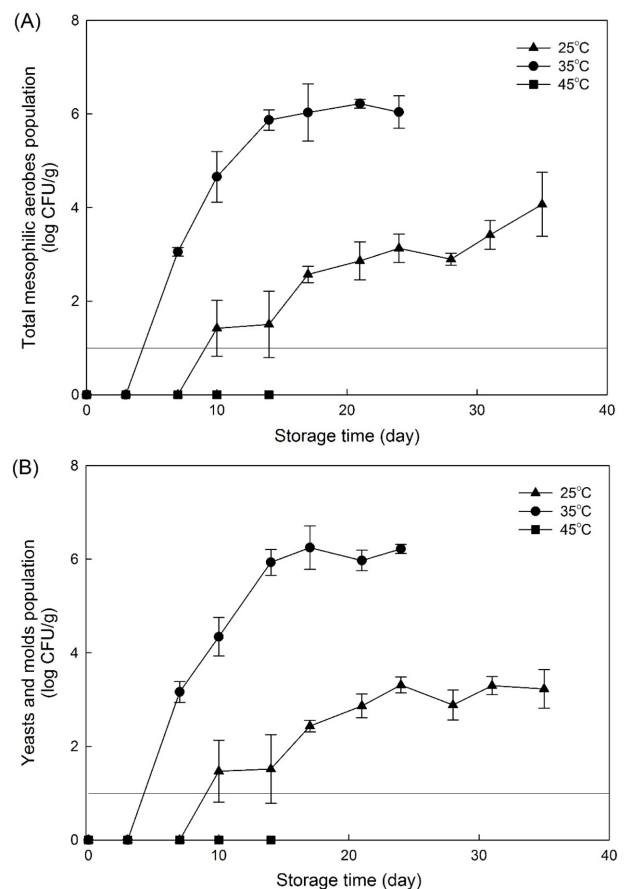


Fig. 2. Growth of total mesophilic aerobes (A) and yeasts and molds (B) in blueberry muffin packaged in modified atmosphere of CO₂-N₂ (7:3) at 25, 35, and 45°C. The line indicates the limit of detection (1.0 log CFU/g).

Table 6. Effect of modified atmosphere packaging on hardness of blueberry muffins stored at 25°C for 35 days

| Atmosphere | | Storage time (day) | | | | | |
|--------------|---------------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|----------|-------------------------|
| | | 0 | 3 | 7 | 14 | 21 | 35 |
| Hardness (N) | Air | 5.3±0.4 | 7.1±0.6 | 7.7±0.8 | 8.9±0.5 | 9.3±0.7 | 11.2±0.9 ^{b1)} |
| | CO ₂ -N ₂ (1:1) | 5.3±0.4 | 7.7±0.6 | 8.5±0.9 | 9.0±0.8 | 10.5±1.2 | 12.1±0.6 ^{ab} |
| | CO ₂ -N ₂ (7:3) | 5.3±0.4 | 7.5±0.6 | 7.9±0.5 | 9.4±1.2 | 9.8±0.6 | 12.2±0.7 ^{ab} |
| | CO ₂ | 5.3±0.4 | 7.9±0.7 | 8.9±1.3 | 9.6±1.3 | 10.8±1.2 | 13.1±1.0 ^a |

¹⁾Values with different letter superscripts are significantly different each other at $p < 0.05$.

머핀의 경도가 빠르게 증가하였다. 이는 저장 온도가 높을 때 수분 증발이 활발해져 머핀 내부의 수분 감소가 커졌고, 그 결과 경도도 증가하였다고 사료된다(Ribotta et al., 2003). Aguirre et al. (2011)은 밀빵을 폴리에틸렌 포장에 담아 25°C에서 23일 동안 저장하였을 때, 저장 기간이 증가할수록 내부의 수분이 감소하였고, 결정도(crystallinity)도 증가하였다고 보고하였다.

저장 중 저장 온도가 블루베리 머핀의 수분함량에 미치는 영향을 Fig. 3(B)에 나타내었다. 25°C에서는 저장 35일 차까지 유의적인 차이를 보이지 않았지만($p>0.05$), 35°C와 45°C에서는 저장 기간이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$).

유통기한 결정

가속화 저장 시험에 따른 경도의 측정 결과를 회귀분석한 결과 25, 35, 그리고 45°C에서의 0차 반응과 1차 반응에서의 결정계수는 각각 0.93-0.98과 0.87-0.95의 범위를 보였다. 이를 통해 0차 반응이 1차 반응보다 저장 기간에 따른 경도 변화를 잘 설명한다는 것을 알 수 있었다. 0차

반응에서의 반응 속도 상수는 25, 35, 그리고 45°C에서 각각 0.2, 0.7, 그리고 2.2이었고, 저장 온도가 높을수록 커지는 온도 의존적 특성을 나타냈다(Lee et al., 2013). 활성화 에너지는 23.8 kcal/mol이었고, 25°C와 35°C 사이 구간과 35°C와 45°C 사이 구간의 Q_{10} 값은 각각 4.2와 2.9로 결정되었다. Lee (2012)는 스핀지케이크의 저장 중 노화의 활성화 에너지가 9.6 kcal/mol이라고 보고하였다. 이것은 블루베리 머핀의 경도 변화가 스핀지케이크의 노화보다 온도 의존성이 높음을 의미한다. 저장 온도 25°C에서의 유통기한을 경도 허용한계값(9N)을 이용하여 계산했을 때 21.4일로 예측되었다. 또한, Q_{10} 값을 이용하여 저장 온도 35°C와 45°C에서의 유통기한을 예측하였을 때 5.2일과 1.8일로 결정되었다. 따라서 블루베리 머핀은 상온에서 보관했을 때 21일(3주) 동안 유통이 가능할 것으로 사료된다. 또한, 폴리에틸렌 필름에 포장하여 상온(20±2°C)에서 저장한 머핀들(Grigelmo-Miguel et al., 2001; Baixauli et al., 2008)과 비교하였을 때, 허용한계값에 도달하는 기간이 2주 정도 연장되었음을 확인할 수 있었다.

요 약

본 연구에서는 블루베리의 활용도를 높이기 위해 블루베리 분말 함유 머핀을 개발하였고, MAP를 적용한 블루베리 머핀의 유통기한을 예측하였다. 블루베리 분말 함량이 증가할수록 머핀의 경도와 검성은 높아졌고, 관능평가 결과 블루베리 분말 함유 머핀은 질감, 맛, 그리고 전반적인 기호도에서 무첨가 머핀보다 높게 평가되었다. MAP 조건은 CO₂ 농도가 높을수록 높은 미생물 저장 안정성을 보였지만, CO₂ 단독 가스는 포장 유지가 어려운 것을 알 수 있었다. 본 연구를 통해 최적 블루베리 분말의 농도는 10% (w/w)로 결정되었고, 블루베리 머핀의 MAP 최적 가스는 CO₂-N₂ (7:3)로 선정되었다. 경도를 품질지표로 선정하여 허용한계값과 Q_{10} 값으로 25, 35, 그리고 45°C에서의 블루베리 머핀의 유통기한을 예측한 결과 21, 5, 그리고 1일이었다. 머핀에 MAP를 적용함으로써 머핀의 유통기한 연장이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01091903)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

Aguirre JF, Osella CA, Carrara CR, Sánchez HD, Buera MdP. 2011. Effect of storage temperature on starch retrogradation of bread staling. *Starch-Stärke* 63: 587-593.

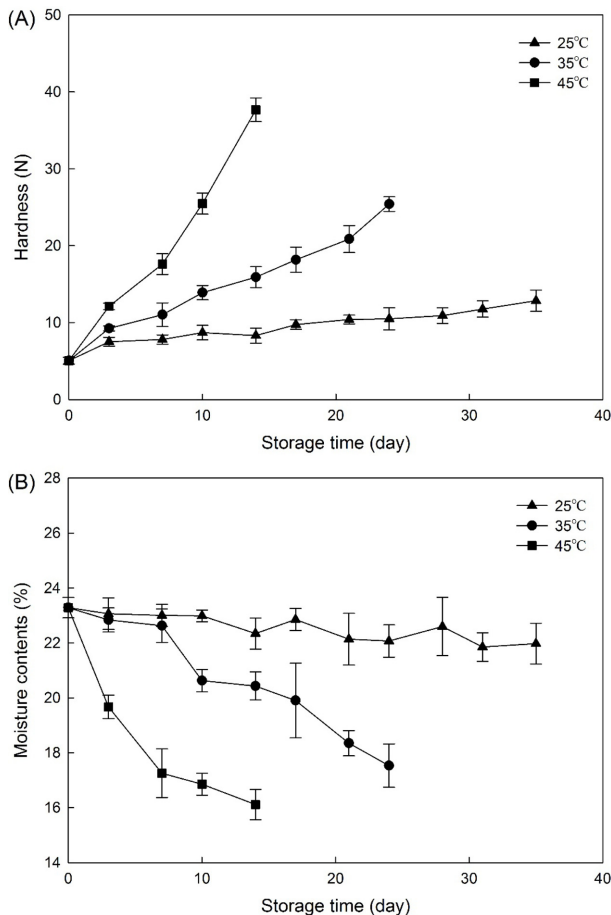


Fig. 3. Changes in the hardness (A) and the moisture contents (B) of blueberry muffins packaged in modified atmosphere of CO₂-N₂ (7:3) at 25, 35, and 45°C.

- Bae H, Ryu B, Woo K, Seo M, Kim C. 2012. Quality characteristics of muffins added with whole waxy sorghum flour. *Korean J. Food Cookery Sci.* 28: 473-478.
- Baixauli R, Salvador A, Fiszman S. 2008. Textural and colour changes during storage and sensory shelf life of muffins containing resistant starch. *Eur. Food Res. Technol.* 226: 523-530.
- Basu A, Rhone M, Lyons TJ. 2010. Berries: Emerging impact on cardiovascular health. *Nutr. Rev.* 68: 168-177.
- Bono G, Badalucco C. 2012. Combining ozone and modified atmosphere packaging (MAP) to maximize shelf-life and quality of striped red mullet (*Mullus surmuletus*). *LWT-Food Sci. Technol.* 47: 500-504.
- Byun HJ. 2002. Study on the relationship between color and psychology in the taste image. MS thesis, Kookmin Univ., Seoul, Korea.
- Cho JS, Kim H. 2014. Quality characteristics of muffins by the addition of dried barley sprout powder. *Korean J. Food Cookery Sci.* 30: 1-10.
- Cho WJ, Song BS, Lee JY, Kim JK, Kim JH, Yoon YH, Choi JI, Kim GS, Lee JW. 2010. Composition analysis of various blueberries produced in Korea and manufacture of blueberry jam by response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 319-323.
- Degirmencioglu N, Göcmen D, Inkaya AN, Aydin E, Guldaz M, Gonenc S. 2011. Influence of modified atmosphere packaging and potassium sorbate on microbiological characteristics of sliced bread. *J. Food Sci. Technol.* 48: 236-241.
- Del Nobile M, Martoriello T, Cavella S, Giudici P, Masi P. 2003. Shelf life extension of durum wheat bread. *Italian J. Food Sci.* 15: 383-393.
- Fernandez U, Vodovotz Y, Courtney P, Pascall MA. 2006. Extended shelf life of soy bread using modified atmosphere packaging. *J. Food Prot.* 69: 693-698.
- Galić K, Ćurić D, Gabrić D. 2009. Shelf life of packaged bakery goods—A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49: 405-426.
- Grigelmo-Miguel N, Carreras-Boladeras E, Martin-Belloso O. 2001. Influence of the addition of peach dietary fiber in composition, physical properties and acceptability of reduced-fat muffins. *Food Sci. Technol. Int.* 7: 425-431.
- Howard LR, Castrodale C, Brownmiller C, Mauromoustakos A. 2010. Jam processing and storage effects on blueberry polyphenolics and antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.* 58: 4022-4029.
- Ji JR, Yoo SS. 2010. Quality characteristics of cookies with varied concentrations of blueberry powder. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 20: 433-438.
- Jo HJ, Kim JE, Yu MJ, Lee WH, Song KB, Kim HY, Hwang IG, Yoo SM, Han GJ, Park JT. 2014. Effect of freezing temperature on blueberry quality. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1906-1912.
- Jacxsens L, Devlieghere F, Debevere J. 2002. Predictive modelling for packaging design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a simulated distribution chain. *Int. J. Food Microbiol.* 73: 331-341.
- Jung KI, Cho EK. 2011. Effect of brown rice flour on muffin quality. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 986-992.
- Junichi N. 2006. The secrets of colors. Gukje Press, Seoul, Korea, pp. 133-134.
- Kang HJ, Park JD, Lee HY, Kum JS. 2012. Quality characteristics of muffin added with rice bran. *Korean J. Food Preserv.* 19: 681-687.
- Khoshakhlagh K, Hamdami N, Shahedi M, Le-Bail A. 2014. Quality and microbial characteristics of part-baked sangak bread packaged in modified atmosphere during storage. *J. Cereal Sci.* 60: 42-47.
- Kim J, Kim J, Yoo S. 2008. Impacts of the proportion of sea-tangle on quality characteristics of muffin. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 24: 565-572.
- Kim K, Kim S, Lee Y. 2010. Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh colors. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1476-1480.
- Kim K, Lee S, Yook H. 2009. Quality characteristics of muffins prepared with flowering cherry (*Prunus Serrulata* L. *Var. Spontanea* Max. Wils.) fruit powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 750-756.
- Kim SJ, Park KS, Park SJ, Kwon YH. 2013. Current status of blueberry culture in Korea. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 31: 139-139.
- Martineau LC, Couture A, Spoor D, Benhaddou-Andaloussi A, Harris C, Meddah B, Leduc C, Burt A, Vuong T, Le PM. 2006. Anti-diabetic properties of the canadian lowbush blueberry *Vaccinium Angustifolium* Ait. *Phytomedicine* 13: 612-623.
- Martínez-Cervera S, Salvador A, Muguerza B, Moulay L, Fiszman S. 2011. Cocoa fibre and its application as a fat replacer in chocolate muffins. *LWT-Food Sci. Technol.* 44: 729-736.
- Micard V, Belamri R, Morel M, Guilbert S. 2000. Properties of chemically and physically treated wheat gluten films. *J. Agric. Food Chem.* 48: 2948-2953.
- Nielsen PV, Rios R. 2000. Inhibition of fungal growth on bread by volatile components from spices and herbs, and the possible application in active packaging, with special emphasis on mustard essential oil. *Int. J. Food Microbiol.* 60: 219-229.
- Lee GD, Kim JO, Kim MS, Lee KP. 2006. The prediction of shelf-life on functional beverage. *Korean J. Food Preserv.* 13: 154-160.
- Lee ES, Lee HJ, Bae JS, Kim YK, Lee JH, Hong ST. 2013. Shelf life prediction of seasoned anchovies packaged with PET/EVOH film. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 23: 827-832.
- Lee HT. 2012. Effects of high molecular weight water-soluble chitosan on storage characteristics and quality attributes of sponge cake. *Korean J. Hum. Ecol.* 21: 577-586.
- Lee JG, Lee BY. 2007. Effect of media composition on growth and rooting of highbush blueberry cuttings. *Korean J. Hort. Technol.* 25: 355-359.
- Lee JG, Lee BY. 2009. Effect of rooting promoter and root zone temperature controls on growth and rooting of highbush blueberry cuttings. *Korean J. Hort. Technol.* 25: 355-359.
- Shevkani K, Kaur A, Kumar S, Singh N. 2015. Cowpea protein isolates: functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT-Food Sci. Technol.* 63: 927-933.
- Sourki AH, Davoodi MG, Yazdi FT, Mortazavi S, Karimi M, Jahromi SR, Pourfarzad A. 2010. Staling and quality of Iranian flat bread stored at modified atmosphere in different packaging. *World Acad. Sci. Eng. Technol.* 45: 390-395.
- Ribotta PD, León AE, Añón MC. 2003. Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylo-

- pectin in dough baked in a differential scanning calorimeter. *Food Res. Int.* 36: 357-363.
- Rodríguez M, Medina L, Jordano R. 2000. Effect of modified atmosphere packaging on the shelf life of sliced wheat flour bread. *Nahrung* 44: 247-252.
- Rodríguez V, Medina L, Jordano R. 2003. Influence of modified atmosphere packaging on the shelf life of prebaked pizza dough with and without preservative added. *Mol. Nutr. Food Res.* 47: 122-125.
- Westwood MN. 1993. *Temperate-Zone pomology*. Timber Press, Portland, OR, USA, pp. 100-101.