



Research Article

Effects of different drying methods and storage conditions on the reduction of *Escherichia coli* and the quality parameters of barley sprouts

건조방법과 저장조건이 새싹보리의 대장균 저감과 품질 특성에 미치는 영향

Song-Yi Choi¹, Hyo-Bin Chae¹, In-Jun Hwang¹, Jeong-Eun Hyun¹, Woo-Duck Seo², Se-Ri Kim^{1*}

최송이¹ · 채효빈¹ · 황인준¹ · 현정은¹ · 서우덕² · 김세리^{1*}

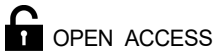
¹Division of Microbial Safety, National Institute of Agricultural Sciences, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

²Division of Crop Foundation, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Jeonju 55365, Korea

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농산물안전성부 유해생물과, ²농촌진흥청 국립식량과학원 작물기초기반과

Abstract Due to their high nutritional value and functional content, barley sprouts are commonly ground into powder for human use. This study investigated the effect of drying methods, viz., hot-air drying (HAD), freeze-drying (FD), and infrared drying (IRD), and storage conditions for the removal of *Escherichia coli* quality parameters of barley sprouts. Herein, the barley sprouts were subjected to HAD, FD, and IRD and stored at different temperatures, such as -20, 4, and 25°C, for six months. The changes in the colony count of *E. coli* and food quality indicators, viz., Hunter color, chlorophyll, and saponarin, were measured once a month. The HAD and FD were found to reduce *E. coli* from 7 log CFU/g to 4 log CFU/g, whereas IRD eliminated them (limit of detection < 1 log CFU/g). In the case of HAD, the *E. coli* counts and the quality of dried leaves did not change significantly ($p > 0.05$) for six months under all storage conditions. Freeze-dried leaves stored at 25 and 4°C showed a decrease in *E. coli* counts from 4.5 to 1.2-1.5 log CFU/g after six months ($p < 0.05$), and no significant change in quality during their storage was observed ($p > 0.05$). In the case of infrared-dried samples, *E. coli* was not detected even after six months under all storage conditions, storing at -20°C was the best condition for the chlorophyll content and Hunter color ($p < 0.05$). On the other hand, the content of saponarin was constant regardless of the drying method and storage.

Keywords barley sprouts, *Escherichia coli*, infrared radiation drying



Citation: Choi SY, Chae HB, Hwang IJ, Hyun JE, Seo WD, Kim SR. Effects of different drying methods and storage conditions on the reduction of *Escherichia coli* and the quality parameters of barley sprouts. Korean J Food Preserv, 29(7), 1047-1058 (2022)

Received: November 02, 2022
Revised: November 21, 2022
Accepted: November 26, 2022

***Corresponding author**
 Se-Ri Kim
 Tel: +82-63-238-3395
 E-mail: seri81@korea.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

종자가 발아하면서 식물체에 영양을 공급하기 위해 다양한 물질을 생성하는데, 이는 영양적 가치가 높은 것으로 알려져 있으며(Kim 등, 1994; Kim 등, 1997), 이러한 영양성분을 활용하기 위해 새싹 상태의 작물을 수확하여 식품의 원료로 사용하고 있다. 그중 보리 새싹은 다양한 종류

의 무기 성분, 비타민, 엽록소 등의 함량이 높고(Lee 등, 1994), 이차대사산물인 polyphenols, policosanols의 함량이 높아, 이에 대한 생리활성 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 새싹보리에 함유되어 있는 polyphenols 계열 화합물 중 72%를 차지하는 saponarin은 항산화(Benedet 등, 2007), 항당뇨(Sengupta 등, 2009), 항염증(Seo 등, 2014), 간 보호 효과(Simeonova 등, 2013) 등 다양한 효능이 있다고 보고되고 있다. 새싹보리는 10- 20 cm 정도 자랐을 때 영양성분이 가장 풍부하고(Seo 등, 2013), 성체가 될수록 유용 성분의 함량이 감소한다(Kim 등, 1994). 보리 잎을 노지에서 재배할 경우, 가을철 유향 경작지를 사용하여 재배할 수 있으며, 파종 후 크게 노동력을 필요로 하지 않기 때문에(Seog 등, 1995) 농가 소득 향상을 위한 작물로 이용 가능하며, 새싹보리의 효능이 알려지며 가공 제품으로 개발되고 있다.

새싹보리를 분말, 환 등의 제품으로 생산하기 위해서는 건조 공정을 거쳐야 한다. 식품을 건조시키는 것은 수분 활성을 감소시켜 식품의 안전성을 향상하기 위해 사용하는 방법으로, 식품의 수분활성도를 낮추면 미생물의 활성이 감소하고 저장 중 물리화학적 변화의 속도를 지연시킬 수 있다. 식품을 건조하기 위해 다양한 기술이 적용되고 있는데 대류에 의한 건조는 가장 일반적으로 사용하는 방법으로 공기를 가열하고 이를 식품에 전달하여 수분을 증발시킨다. 그러나 대류 건조는 건조시간이 길고 균일하게 건조시키기 어려우며 고온으로 건조할 경우 식품의 품질이 저하된다. 또한, 적절하게 건조되지 않은 농산물은 미생물이 증식할 수 있는 기회를 제공하게 된다(Hung 등, 2018). 동결 건조는 수분을 기화시켜 건조하는 방식으로 식품의 품질 손상을 최소화하고, 영양 성분, 생리활성 성분, 색 등을 보존하기에 유리한 건조 방법이다(Ostbring 등, 2020). 그러나 건조 시간이 오래 걸리고 에너지 소모량이 많아 주로 고부가가치 제품을 생산할 때 사용한다(Huang과 Zhang, 2016). 적외선은 가시광선보다 파장이 긴 0.7-1,000 μm 의 전자기파로 파장의 범위에 따라 근적외선(near-infrared, 0.75-1.4 μm), 중적외선(mid-infrared, 1.4-3.0 μm), 원적외선(far-infrared, 3-1,000 μm)으로 나눌 수 있다. 적외선은 복사에너지로 열이 전달되는데, 중간 매질인 공기를 투과하여 에너지를 전달

하므로 대류에 의해 열을 전달하는 열풍 건조와 비교하여 열 손실 없이 빠르게 가열할 수 있다. 식품의 주성분인 유기물과 수분은 적외선의 특정 파장대를 흡수하는데, 물은 3, 4.7, 6, 15.3 μm 를 주로 흡수한다. 적외선은 건조과정 중 식품의 조직 변화를 최소화하고 비타민 등 영양성분 파괴가 적다는 장점이 있으며, 자외선(UV, ultra violet)에 비해 표면이 고르지 못한 표면에 회절하여 에너지를 전달할 수 있는 특성이 있어 식품산업에서는 과일, 채소, 곡물 등을 건조하기 위해 사용된다. 또한, 파슬리, 페퍼민트(Paakkonen 등, 1999), 파프리카(Staack 등, 2008) 등에서 적외선 조사에 의한 미생물 저감효과가 확인되면서 건조와 미생물 저감 효과를 동시에 얻을 수 있는 건조 기술로 보고되고 있다(Ramaswamy 등, 2012).

최근 새싹보리 가공 제품에서 대장균이 기준치를 초과하여 검출되면서(MFDS, 2022) 식품의약품안전처에서 시중 제품을 전수 조사하기도 하였다. 새싹보리 가공 제품은 수확한 새싹보리를 세척한 후 착즙하거나 건조하여 분말화하여 분말, 환, 착즙액 등으로 생산된다. 새싹보리는 재배 시 토양, 농업용수 등의 환경에서 대장균 등의 세균에 오염될 수 있으며, 수확 이후 가공 단계에서는 설비, 도구, 작업자 등을 통해 교차 오염될 가능성이 있다. 건조 농산물의 경우 세척, 건조 등의 단계를 거치며 미생물을 제어할 수 있는 공정이 있지만, 이 단계에서 적절하게 처리가 되지 않고 분말로 가공이 되고 나면 이후에 분말에서의 미생물 제어는 어려워지게 된다(Cho 등, 1986; Kwon 등, 1994). 새싹보리를 일시에 수확하여 열풍으로 건조할 때 건조기 내부의 수용 가능한 용량 이상으로 처리하게 되면 열풍의 순환이 적절하게 이루어지지 않으며 열 전달 효율이 감소하게 된다(Sabat 등, 2021). 열 전달이 고르게 되지 않을 경우 새싹보리가 불균일하게 건조되며 미생물이 증식할 수 있는 기회를 제공하게 된다. 따라서 새싹보리의 대장균을 저감화하면서 품질에 영향을 최소화하는 건조 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 새싹보리를 열풍 건조, 동결 건조와 적외선 건조하여 대장균의 감소 효과와 클로로필, 색도 및 사포나린 함량에 미치는 영향을 분석하였으며 -20, 4, 25°C에 6개월간 저장하며 변화를 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 새싹보리에서 *Escherichia coli* 분리

실험에 사용된 새싹보리는 강원도에서 구매하였으며 *E. coli* 저감 실험에 사용된 *E. coli*는 구매한 새싹보리에서 분리하였다. *E. coli*를 분리하기 위하여 신선한 새싹보리 25 g에 225 mL peptone water(PW, Oxoid, Hants, UK)를 넣어 균질화한 후 1 mL를 취하여 튜람관을 넣은 9 mL의 EC broth(Oxoid, Hants, UK)에 접종하여 44°C에서 24시간 배양하였다. 가스가 발생한 배양액을 eosin methylene blue 배지(Oxoid, Hants, UK)에 획선 도말하여 37°C에서 24시간 배양 후 녹색 광택을 띠는 전형적인 단일 집락을 취하여, tryptic soy agar(TSA, Oxoid, Hants, UK)에 도말하여 37°C에서 24시간 배양하였다. 분리한 균주의 특성을 검정하기 위해 TSA(Oxoid, Hants, UK)에서 배양한 단일 집락을 취하여 VITEK-2(VITEK-2 compact, BioMerieux, Craponne, France)를 이용한 생화학 동정을 실시했으며, 생화학 동정 결과 *E. coli*로 확인된 균을 대상으로 16S rRNA 염기서열을 분석을 통해 염기서열 유사도가 높은 종을 확인하였다. 분리한 균주의 병원성 유전자를 확인하기 위해 100°C에서 10분간 가열하여 DNA를 추출하였으며, PowerChek™ Diarrheal *E. coli* 4-plex Detection Kit I, II(Kogene Biotech, Seoul, Korea)를 이용하여 제공하는 매뉴얼에 따라 분석하였다. 새싹보리에서 분리한 *E. coli*는 비병원성이었으며, 균주는 25% glycerol (Biosesang, Sungnam, Korea)로 -80°C에 저장하여 실험에 사용하였다.

2.2. *E. coli* 배양 및 접종

실험을 위해 상온에서 해동한 균주를 tryptic soy broth(BD, Clax, France)에 접종하여 37°C에서 18시간 배양하였다. 배양한 균액을 12,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 상층액을 제거 후 phosphate buffered saline (Tech&Innovation, Chuncheon, Korea)을 이용하여 현탁하였으며, 이를 3회 반복하여 배지 성분을 제거하였다. 최종적으로는 현탁액이 8-9 log CFU/mL 수준이 되도록 현탁한 후 1 kg의 새싹보리에 7 log CFU/g 수준이 되도록 분무기로 분사하였다. 접종한 균이 새싹보리에 부착하고 접

종액의 수분이 증발할 수 있도록 4°C에서 24시간 저장한 후 건조 실험에 사용하였다.

2.3. 새싹보리 건조 및 저장

새싹보리를 열풍 건조하기 위해 캐비닛 형태의 열풍 건조기(DS-400BC, Duseong, Gwangju, Korea)에서 60°C로 24시간 처리하였으며, 동결건조(LP 20, Ilsinbiobase, Dongduchen, Korea)는 -40°C에서 5일간 건조하였다. 적외선 건조는 컨베이어벨트 형태의 연속식 조사 장치(HKD-LAB, Korea Energy Technology, Seoul, Korea)를 사용하였으며, 이동속도는 2.3 m/h로 55°C에서 10분간 조사하였다. 적외선 조사 시간은 예비실험을 통하여 새싹보리가 탄화되지 않는 시간으로 설정하였다. 적외선 조사 후 남아있는 수분을 건조하기 위해 3시간 동안 열풍 건조를 하였다. 각 건조한 시료를 저밀도 폴리에틸렌백(Cleanwrap, Seoul, Korea)에 소분한 후 밀봉하여 -20, 4, 25°C에 저장한 후 4주 간격으로 6개월 동안 시료를 분석하였다.

2.4. *E. coli* 분석

저장된 새싹보리 10 g에 90 mL의 PW(Oxoid, Hants, UK)를 넣은 후 1분간 균질화한 시험액 1mL를 취하여 단계 희석하였다. 희석액 1 mL을 *E. coli* count 건조필름(3M, St. Paul, MN, USA)에 접종한 후 37°C에서 24시간 배양하여 기포가 발생한 푸른색 집락을 계수하였다.

2.5. 색도 측정

저장된 새싹보리를 분쇄기(SHMF-3260S, Hanilelectronics, Seoul, Korea)로 분말화한 후 분광측색계(Color iControl software, X-Rite, Inc., Grand Rapids, MI, USA)를 사용하여 15회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다. Hunter scale에 의해 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값으로 표시하였으며, 표준 L, a, b값은 각각 100.03, 0.00, -0.05였다.

2.6. Chlorophyll 함량 분석

건조한 새싹보리를 분쇄한 후 50 mg 취하여 80%(v/v) 아세톤(Sigma Aldrich, Darmstadt, Germany)과 20%(v/v) 메탄올(SK chemicals, Ulsan, Korea)을 혼합한 용매

10 mL에 녹여 혼탁한 뒤, 25°C에서 1시간 동안 빛을 차단한 후 추출하였다. 추출액을 1.5 mL 취하여 15,682 × g에서 10분간 원심분리한 뒤 상등액을 회수하였다. 원심분리한 펠렛에 1 mL 용매(80%(v/v) 아세톤, 20%(v/v) 메탄올)를 넣어 현탁한 후 15,682 × g에서 10분 동안 원심분리한 상등액을 취하여 앞에서 회수한 용액과 혼합하였다. 이 용액을 석영 큐벳(Hellma, Mullheim, Germany)을 사용하여 645 및 663 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 용매(아세톤-메탄올)를 blank로 사용하였다. 측정값은 계산식을 사용하여 chlorophyll의 함량을 계산하였다.

Chlorophyll a =

$$\frac{(12.21 \times A_{663 \text{ nm}} - 2.81 \times A_{645 \text{ nm}}) \times N \times V}{1,000 \times M}$$

Chlorophyll b =

$$\frac{(20.13 \times A_{645 \text{ nm}} - 5.03 \times A_{663 \text{ nm}}) \times N \times V}{1,000 \times M}$$

Total chlorophyll = Chlorophyll a + Chlorophyll b

N = dilution multiple of the extract

V = volume of the extract

M = weight of the sample

2.7. Saponarin 함량 분석

새싹보리의 saponarin 함량 분석을 위해 분쇄한 새싹보리 분말 1 g에 80%(v/v) HPLC grade methanol(Fisher Scientific, Hampton, VI, USA) 20 mL를 첨가하여 35°C에서 24시간 진탕 추출하였다. 추출액을 UHPLC(Dionex Ultimate 3000, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)를 사용하여 분석하였다. 35°C에서 역상 HPLC 컬럼(ACQUITY BEH C18, 2.1 mm×100 mm, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였으며, 이동상은 (A) 0.1% trifluoroacetic acid(TFA), (B) acetonitrile을 0.5 mL/min의 유속으로 하였다. 구배는 0-3분, 3% B; 3-10분, 3-15% B; 10-13분, 15-30% B; 13-15분, 30-50% B; 15-16분, 50-90% B; 16-18, 90% B; 18-20분, 90-3% B이었으며,

주입량은 2 μL, 검출 파장은 325 nm로 하였다.

2.8. 통계 분석

통계적 분석은 SAS 통계 프로그램(SAS Enterprise Guide 7.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)의 one-way ANOVA를 이용하여 분석하였다. 각각의 처리구 간의 유의성 검정은 반복 실험에 의한 평균값을 Duncan's multiple range test를 이용하여 p<0.05 수준에서 검정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 건조 방법별 E. coli 저감 효과

E. coli 저감 효과 실험을 위해 새싹보리에서 분리한 E. coli를 7 log CFU/g 수준이 되도록 접종하여 측정된 결과 6.9±0.2 log CFU/g 수준으로 접종되었다. 적외선을 10분간 조사하여 건조한 시료의 E. coli를 정량 분석한 결과 검출되지 않아 검출 한계(<1 log CFU/g) 미만 수준으로 감소한 것을 확인할 수 있었다(p<0.05, Fig. 1). 새싹보리의 chlorophyll은 60°C 이상의 온도에서 파괴되어 녹색에서 갈색으로 색이 변하기 때문에(Matile 등, 1999) 새싹보리의 녹색이 변색되지 않도록 하기 위해 60°C로 열풍 건조하였다. 열풍 건조한 시료에서는 E. coli가 4.6±0.1 log CFU/g 수준으로 감소하였고, 동결 건조에서는 4.3±0.2

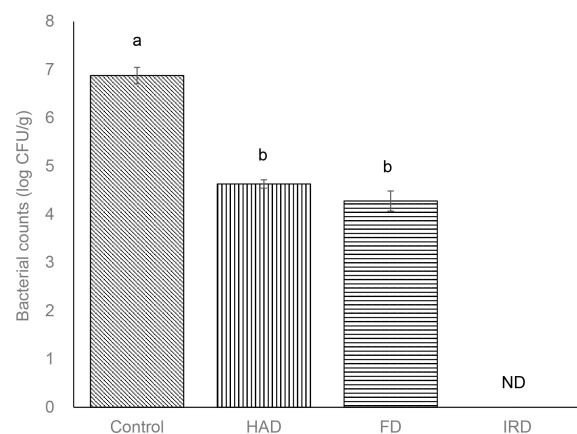


Fig. 1. Comparative effects of hot-air, freeze and infrared radiation drying on E. coli populations of barley sprouts. HAD, hot air drying; FD, freeze drying; IRD, infrared radiation drying. Values represent the mean±SD (n=3). Means with different letters above a bar are significantly different (p<0.05) by Duncan's multiple range test.

log CFU/g 수준으로 감소하며 열풍 건조와 유사한 수준을 보였다($p < 0.05$). 적외선 조사는 건조뿐만 아니라, 식품에서 세균이나 곰팡이를 감소하기 위해 사용할 수 있다(Jun 등, 2003). 건조 방법에 따른 미생물 감소는 적외선 건조가 열풍이나 동결 건조에 비해 효과적인 것으로 알려져 있다(Aboud 등, 2019). 페퍼민트, 파슬리 등의 허브를 열풍 건조(40°C , 48시간)와 적외선 건조(40°C , 3시간)하여 대장균군의 감소를 비교한 Paakkonen 등(1999)의 연구결과를 보면, 적외선 건조를 했을 때 열풍건조보다 대장균군이 1-3 log CFU/g 더 많이 감소하였다. Gabel 등(2006)은 양파를 적외선 건조하였을 때 대장균군이 4.0 log CFU/g 감소하는 것을 확인하여 적외선 건조가 미생물 감소에 효과적인 것으로 판단할 수 있다. 반면, 동결 건조는 식품의 품질을 유지하기에 유리한 방법으로, Shin 등(2015)의 연구에서 바질 잎을 동결건조했을 때 *E. coli*의 감소 효과는 1 log

CFU/g 미만이었으며, 고수잎에 *E. coli* O157:H7을 접종하여 동결 건조했을 때 1.5 log CFU/g 정도 감소하여 동결 건조는 *E. coli* 감소효과가 미미한 것으로 나타났다. 따라서 적외선 건조는 열풍 건조, 동결 건조와 비교했을 때 식품은 건조하면서 미생물 저감이 필요한 새싹보리 건조에 유리한 기술로 판단할 수 있다.

3.2. 건조 방법별 새싹보리의 품질

건조에 의한 새싹보리 품질을 분석하기 위해 chlorophyll 함량, 색도, saponarin 함량을 분석하였다. Chlorophyll 함량 분석 결과, 총 chlorophyll의 함량이 열풍 건조는 25.1 ± 3.0 mg/g, 동결 건조는 25.6 ± 2.7 mg/g, 적외선 건조는 21.3 ± 2.8 mg/g으로 적외선 건조한 새싹보리의 chlorophyll 함량이 열풍과 동결 건조에 비해 4 mg/g 정도 감소한 것으로 나타났다(Fig. 2). 색도를 측정하였을 때

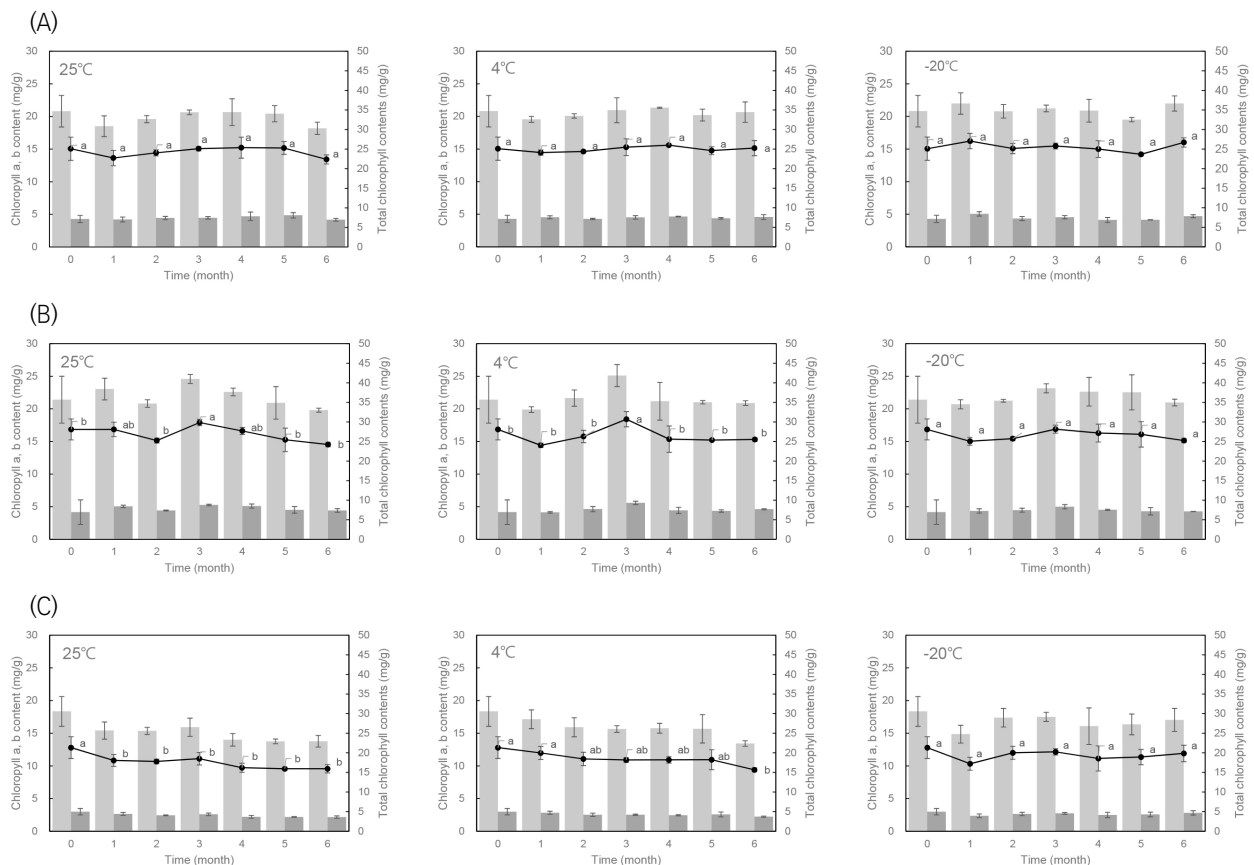


Fig. 2. Changes in chlorophyll contents of dried barley sprouts during storage at 25, 4, and -20°C for 6 months. Light gray histogram, chlorophyll a content; dark gray histogram, chlorophyll b content; ●, total chlorophyll content. (A) HAD, hot-air drying; (B) FD, freeze drying; (C) IRD, infrared radiation drying.

열풍 건조 새싹보리의 Hunter L value는 49.1±0.3, 동결 건조한 것은 47.9±0.3, 적외선 42.9±0.2로 적외선 건조한 새싹보리의 명도가 열풍과 동결 건조한 것에 비해 명도가 낮게 나타났다(Table 1). 적색도-녹색도를 나타내는 a value는 음의 값이 클수록 녹색에 가까운 것을 의미하는데, 열풍건조한 새싹보리는 -8.5±0.0, 동결건조 -6.9±0.1,

Table 1. Changes in L, a and b Hunter values of dried barley sprouts during storage at 25, 4 and -20°C for 6 months

Drying method	Storage temperature (°C)	Storage time (mon)						
		0	1	2	3	4	5	6
L value								
HAD ¹⁾	25	49.1±0.3 ^{Ba2)}	43.1±0.4 ^{Ga}	44.4±0.3 ^{Fb}	47.6±0.2 ^{Cb}	54.3±0.6 ^{Aa}	44.9±0.2 ^{Eb}	47.1±0.1 ^{Dc}
	4	49.1±0.3 ^{Ca}	41.8±0.1 ^{Fb}	45.0±0.2 ^{Ea}	49.3±0.2 ^{Ba}	53.9±0.3 ^{Aa}	48.2±0.5 ^{Da}	48.4±0.4 ^{Db}
	-20	49.1±0.3 ^{Ca}	41.7±0.3 ^{Fb}	44.9±0.2 ^{Ea}	49.5±0.4 ^{Ba}	54.2±0.5 ^{Aa}	47.9±0.2 ^{Da}	49.0±0.5 ^{Ca}
FD	25	47.9±0.3 ^{Ca}	47.0±0.3 ^{Da}	50.1±0.2 ^{Ba}	45.5±0.4 ^{Gb}	51.9±0.6 ^{Ab}	46.4±0.5 ^{Ea}	45.9±0.4 ^{Fc}
	4	47.9±0.3 ^{Ca}	46.0±0.3 ^{Db}	49.9±0.3 ^{Ba}	46.5±0.3 ^{Da}	52.7±1.1 ^{Aa}	45.4±1.3 ^{Eb}	48.0±0.4 ^{Cb}
	-20	47.9±0.3 ^{Da}	45.7±0.2 ^{Fc}	48.8±0.2 ^{Cb}	46.3±0.0 ^{Ea}	52.6±1.0 ^{Aa}	46.3±0.7 ^{Ea}	50.0±0.9 ^{Ba}
IRD	25	42.9±0.2 ^{Ca}	35.5±0.8 ^{Ea}	40.7±0.5 ^{Da}	44.5±0.5 ^{Bb}	50.9±0.6 ^{Ab}	43.2±0.5 ^{Ca}	44.2±0.3 ^{Bb}
	4	42.9±0.2 ^{Da}	33.5±0.7 ^{Fb}	39.0±0.1 ^{Eb}	45.4±0.5 ^{Ba}	47.9±0.4 ^{Ac}	43.4±0.5 ^{Ca}	43.0±0.3 ^{Dc}
	-20	42.9±0.2 ^{Da}	33.1±0.5 ^{Fb}	40.8±0.5 ^{Ea}	43.6±0.4 ^{Cc}	51.4±0.3 ^{Aa}	43.1±0.5 ^{Da}	44.8±0.3 ^{Ba}
a value								
HAD	25	-8.5±0.0 ^{Fa}	-7.8±0.1 ^{Eb}	-5±0.1 ^{Aa}	-5.4±0.1 ^{Bca}	-5.3±0.1 ^{Ba}	-5.4±0.2 ^{Ca}	-5.9±0.1 ^{Da}
	4	-8.5±0.0 ^{Ga}	-7.5±0.1 ^{Fa}	-6±0.1 ^{Ac}	-6.6±0.1 ^{Bb}	-6.6±0.1 ^{Cc}	-7.3±0.1 ^{Ec}	-7.2±0.1 ^{Db}
	-20	-8.5±0.0 ^{Fa}	-7.6±0.0 ^{Ea}	-5.8±0.1 ^{Ab}	-6.6±0.2 ^{Bb}	-6.6±0.0 ^{Bb}	-7.1±0.1 ^{Cb}	-7.4±0.1 ^{Dc}
FD	25	-6.9±0.1 ^{Fa}	-8.1±0.0 ^{Gc}	-6.2±0.0 ^{Ec}	-5.5±0.1 ^{Bc}	-5.3±0.2 ^{Aa}	-6.1±0.1 ^{Db}	-5.7±0.1 ^{Ca}
	4	-6.9±0.1 ^{Da}	-7.3±0.1 ^{Eb}	-5.8±0.1 ^{Bb}	-5.4±0.1 ^{Ab}	-5.4±0.2 ^{Aa}	-5.7±0.1 ^{Ba}	-6.6±0.1 ^{Cb}
	-20	-6.9±0.1 ^{Ea}	-7.3±0.0 ^{Fa}	-5.3±0.0 ^{Ba}	-5.1±0.0 ^{Aa}	-5.3±0.3 ^{Ba}	-5.8±0.1 ^{Ca}	-6.7±0.1 ^{Dc}
IRD	25	-3.7±0.0 ^{Fa}	-2.8±0.1 ^{Db}	-2.2±0.1 ^{Ac}	-2.4±0.1 ^{Ba}	-3.1±0.1 ^{Ec}	-2.7±0.1 ^{Ca}	-2.7±0.1 ^{Ca}
	4	-3.7±0.0 ^{Fa}	-2.9±0.1 ^{Cc}	-2.0±0.1 ^{Ab}	-2.5±0.1 ^{Bb}	-2.6±0.1 ^{Ba}	-3.2±0.1 ^{Eb}	-3.0±0.1 ^{Db}
	-20	-3.7±0.0 ^{Ga}	-2.2±0.1 ^{Ba}	-1.9±0.1 ^{Aa}	-2.4±0.1 ^{Ca}	-3.0±0.1 ^{Db}	-3.1±0.1 ^{Eb}	-3.5±0.1 ^{Fc}
b value								
HAD	25	16.8±0.1 ^{Ba}	21.7±0.2 ^{Aa}	14.8±0.2 ^{Dc}	15.7±0.1 ^{Cb}	12.6±0.1 ^{Fb}	12.3±0.2 ^{Gc}	13.4±0.1 ^{Ec}
	4	16.8±0.1 ^{Ca}	21.0±0.2 ^{Ac}	15.6±0.1 ^{Da}	17.1±0.1 ^{Ba}	13.0±0.1 ^{Ga}	14.9±0.1 ^{Ea}	14.7±0.1 ^{Fb}
	-20	16.8±0.1 ^{Ca}	21.2±0.1 ^{Ab}	15.4±0.1 ^{Db}	17.0±0.2 ^{Ba}	13.1±0.1 ^{Ga}	14.6±0.2 ^{Fb}	15.1±0.1 ^{Ea}
FD	25	14.9±0.1 ^{Ca}	20.9±0.2 ^{Ac}	15.8±0.2 ^{Bb}	14.5±0.0 ^{Dc}	10.3±0.2 ^{Gb}	12.2±0.1 ^{Ea}	11.0±0.1 ^{Fc}
	4	14.9±0.1 ^{Ca}	21.2±0.1 ^{Aa}	16.3±0.0 ^{Ba}	15.0±0.1 ^{Ca}	10.7±0.5 ^{Fa}	11.3±0.1 ^{Ec}	13.0±0.2 ^{Db}
	-20	14.9±0.1 ^{Ca}	21.0±0.1 ^{Ab}	15.7±0.1 ^{Bc}	14.9±0.1 ^{Cb}	10.6±0.7 ^{Fab}	12.1±0.2 ^{Eb}	13.3±0.1 ^{Da}
IRD	25	14.1±0.1 ^{Ca}	19.9±0.2 ^{Aa}	13.6±0.2 ^{Da}	14.5±0.3 ^{Bb}	10.9±0.3 ^{Fb}	11.3±0.2 ^{Ec}	11.3±0.2 ^{Eb}
	4	14.1±0.1 ^{Ca}	19.2±0.2 ^{Ac}	12.7±0.1 ^{Db}	14.9±0.3 ^{Ba}	8.9±0.2 ^{Gc}	12.0±0.1 ^{Ea}	10.8±0.1 ^{Dc}
	-20	14.1±0.1 ^{Ca}	19.5±0.2 ^{Ab}	13.7±0.2 ^{Da}	14.4±0.2 ^{Bb}	11.2±0.2 ^{Ga}	11.7±0.3 ^{Fb}	12.0±0.1 ^{Ea}

¹⁾HAD, hot air drying; FD, freeze drying; IRD, infrared radiation drying.

²⁾Values represent the mean±SD (n=15). A-C Means in the same row with different capital letters denote significant difference(p<0.05). a-c Means in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test(p<0.05).

적외선 건조는 -3.7 ± 0.0 의 값을 나타내며, 적외선 건조 시 녹색도가 감소하였다. 황색도를 나타내는 b value는 양의 값이 클수록 노란색에 가까운 것을 의미하며, 열풍건조는 16.8 ± 0.1 , 동결건조는 14.9 ± 0.1 , 적외선 건조한 새싹보리는 14.1 ± 0.1 로 나타났다. Chlorophyll은 식물체가 빛 에너지를 흡수하여 광합성을 통해 에너지를 생성하는 기관으로 녹색을 띠고 있으며, 육지식물에는 chlorophyll a와 b가 있다. Chlorophyll은 항암효과(Upadhyay, 2018) 등의 생리활성 효과가 알려져 있고 천연색소로도 사용되며 새싹보리 분말의 색도에 영향을 주어 품질의 지표로 사용할 수 있다(No 등, 2016). 녹색을 띠는 chlorophyll은 식물체에서 추출되었을 때 불안정한 특성을 갖고 있는데 열, 빛, 산, 알칼리, 금속이온, chlorophyll 분해효소 등에 의해 영향을 받는다(Matile 등, 1999). 60°C 이상의 열을 가하면 chlorophyll이 pheophytin으로 분해되어(Weemaes 등, 1999) 갈색을 띠게 된다. 적외선 건조 시 전파 에너지가 열 에너지로 전환되며 시료의 온도가 올라가는데, 이 과정에서 chlorophyll이 파괴되어 적외선 건조한 새싹보리의 색도가 변한 것으로 사료된다. Staack 등(2008)의 연구에서도 파프리카 분말을 적외선 건조했을 때 색도가 변하는 것이 확인되어 적외선 처리 시 색도의 변화를 최소화할 수 있는 연구가 필요한데, 최근에는 새싹보리에서 chlorophyll을 안정화하기 위해 아연 복합체를 처리하는(No 등, 2016) 연구 등이 수행되었다.

Saponarin은 보리가 발아 후 어린 잎일 때만 존재하는 flavonoid 배당체로 항산화 활성이 우수하고, 지방간 감소 효과 및 항균 활성이 있는 것으로 알려진 유용성분이다(Basile 등, 1999; Benedet 등, 2007; Lee 등, 2016). 각각의 방법으로 건조한 새싹보리의 saponarin 함량은 열풍 건조 시 $1,061.3 \pm 5.3$ mg/100 g, 동결건조 시 $1,061.4 \pm 6.0$ mg/100 g, 적외선 건조 시 $1,052.6 \pm 3.9$ mg/100 g으로 건조 방법에 따른 saponarin 함량에는 유의적인 차이가 없었다($p > 0.05$)(Fig. 3). Saponarin은 flavone과 glucose가 결합한 배당체의 구조를 가지는 성분으로 Nithiyantham 등(2012)의 연구에 따르면 100°C 이상의 고온의 열처리 시 글루코사이드 결합이 깨져 함량이 감소할 수 있다고 하였다. 그러나 본 연구에서 사용한 조건인 열풍 60°C , 동결 -40°C 와 적외선 55°C 에서는 saponarin에 함량에 영향을

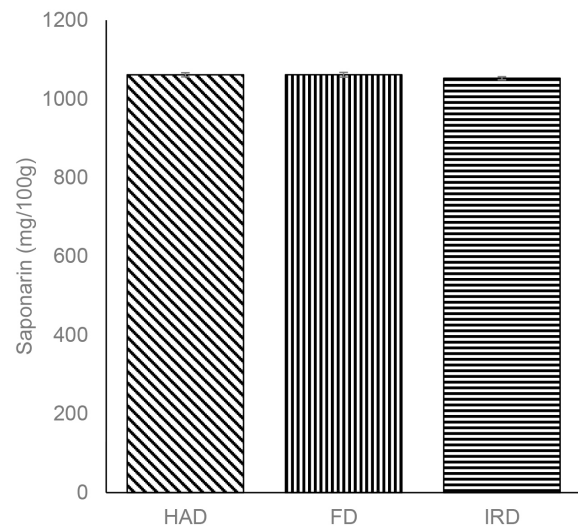


Fig. 3. Saponarin contents of dried barley sprouts by different drying methods. HAD, hot air drying; FD, freeze drying; IRD, infrared radiation drying. Values represent the mean \pm SD (n=3). There is no significant difference among the means ($p > 0.05$).

주지 않은 것으로 판단할 수 있다.

3.3. 저장 중 *E. coli* 변화

열풍, 동결, 적외선 건조한 새싹보리를 상온(25°C), 냉장(4°C), 냉동(-20°C) 조건에서 6개월간 저장하며 *E. coli*의 변화를 조사하였다(Fig. 4). 적외선을 조사하여 건조한 새싹보리의 경우, 처리한 순간부터 검출 한계(< 1 log CFU/g) 미만으로 조사되어 실험이 종료되는 6개월까지도 모든 조건에서 *E. coli*가 검출되지 않았다(data not shown). 60°C 에서 열풍 건조한 시료는 처리 직후 4.6 ± 0.1 log CFU/g에서 저장 6개월 후에 4.3 - 4.6 log CFU/g으로 저장 온도와 관계없이 처리 직후와 유사한 수준으로 검출되었다($p > 0.05$). 동결 건조한 시료는 처리 직후 4.3 ± 0.2 log CFU/g에서 저장 5개월까지는 온도에 상관없이 3.3 - 5.5 log CFU/g 수준으로 검출되다가, 6개월 차에 25°C 와 4°C 에서 저장한 시료에서 각각 1.2 ± 0.2 , 1.5 ± 0.2 log CFU/g 수준으로 감소하였다($p < 0.05$). 그러나 -20°C 에서 저장한 시료에서는 저장 6개월 후에도 4.2 ± 0.1 log CFU/g으로 초기 수준과 유사하게 나타났다($p > 0.05$).

적외선은 에너지가 식품 표면으로 직접 전달되는데 $60,000$ - $150,000$ MHz의 주파수로 물 분자를 진동시켜 가

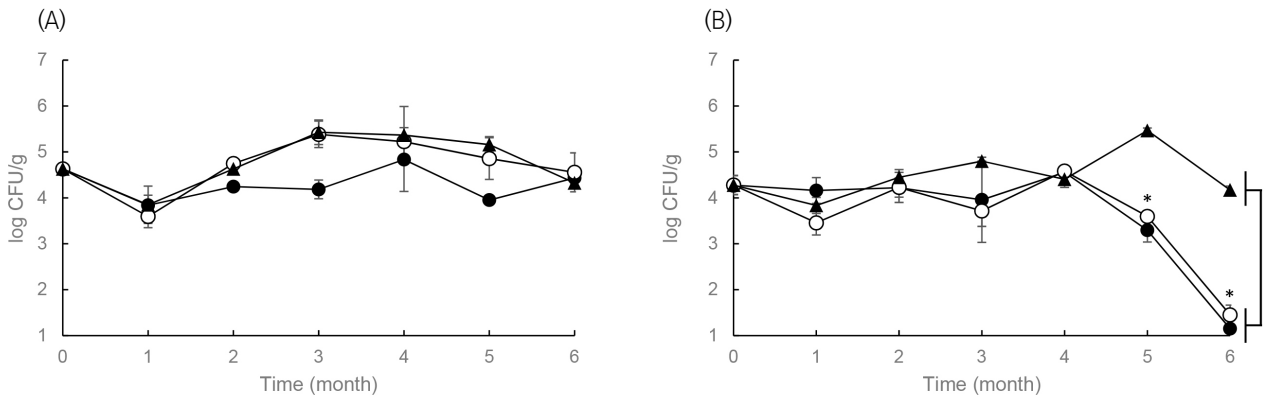


Fig. 4. Changes in *E. coli* counts of dried barley sprouts during storage at 25, 4, and -20°C for 6 months. (A) HAD, hot-air drying; (B) FD, freeze drying. ●, 25°C ; ○, 4°C ; ▲, -20°C . Values represent the mean \pm SD (n=3). There was no significant difference in the change of *E. coli* counts during 6 months at HAD samples (A). *E. coli* counts of HAD samples stored at 25 and 4°C were decreased from 5 months, *p<0.05.

열하게 된다. 식품 표면의 온도가 상승하며 수분을 증발시키고 열로 인한 단백질 변성으로 인해 미생물이 사멸하게 된다(Aboud 등, 2019). 뿐만 아니라 적외선은 미생물의 세포막을 투과하여 DNA와 RNA를 손상시켜 비가역적인 살균 작용을 나타낸다(Xia 등, 2022). 이러한 작용기작으로 인해 대류에 의해 열을 전달하는 열풍 건조보다 건조 효율이 높으며, 효과적으로 미생물을 사멸하는 것으로 알려져 있다. 동결 건조의 경우, 식품의 품질을 유지하기 위한 방법이 기도 하면서 미생물 분야에서는 장기보존하는 기술로 사용되는데(Oyinloye와 Yoon, 2020; Wang 등, 2022), -40°C 에서 건조하여 -20°C 에서 보관 시 미생물의 생존률이 가장 높은 것으로 알려져 있어(Champagne 등, 1996) 동결 건조로는 미생물을 비활성화하는 효과는 기대하기 어렵다(Bourdoux 등, 2018). 그러나 동결 건조된 새싹보리를 6개월 동안 저장하며 공기 중에 노출할 경우, 동결 건조된 세포의 계면으로 산소가 확산되며, 저장 중 미생물이 감소할 수 있다(Bozoğlu 등, 1987). 결론적으로 열풍 건조와 적외선 건조를 한 새싹보리를 6개월간 저장했을 때 저장 온도와 *E. coli* 균수 변화에는 영향이 없었으며, 동결건조한 것은 25, 4°C 에 장기간 저장했을 때 균수가 감소한 것으로 나타나, *E. coli*의 안전관리 측면에서는 -20°C 에 저장하는 것보다 25, 4°C 에 저장하는 것이 유리한 것으로 판단할 수 있다.

3.4. 건조 방법별 저장 중 새싹보리의 품질 변화

저장한 새싹보리의 색도와 chlorophyll 함량 6개월간

분석하여 Hunter color로 분석한 색도를 Table 1에, chlorophyll의 함량을 Fig. 2에 나타내었으며, 저장 6개월 후의 사진을 Fig. 5에 나타내었다. 열풍 건조와 동결 건조한 새싹보리는 저장 온도에 관계없이 6개월 동안 chlorophyll 함량에 유의적인 변화가 없었다(p>0.05). 적외선 건조한 새싹보리의 경우, 25°C 와 4°C 에 6개월 동안 저장했을 때 chlorophyll 함량이 21.3 ± 2.8 mg/g에서 각각 13.8 ± 1.07 , 15.7 ± 0.5 mg/g으로 감소하였다(p<0.05). 그러나 -20°C 에서 저장한 새싹보리에서는 chlorophyll 함량이 19.8 ± 2.09 mg/g으로 유의적으로 감소하지 않은 것으로 나타났다(p>0.05). 건조한 새싹보리의 색도 변화를 보면 모든 시험구에서 저장 온도가 높아질수록 명도(L value), 녹색도(a value)와 황색도(b value)가 감소하는 경향을 나타냈으나 (p<0.05), 육안으로는 구분하기 어려웠다(Fig. 5). Chlorophyll은 효소(chlorophyllase) 또는 비효적인 요소인 열, 빛 등에 의해 분해되는데(Indrasti 등, 2018), 건조 과정 중 chlorophyllase가 완전히 불활성화되지 않았을 때 저장 시 chlorophyll 분해와 색 변화가 발생할 수 있다. Liu 등 (2022) 등의 연구에 따르면 열풍, 동결, 적외선 건조한 새싹보리 분말을 25°C 이상에서 저장 시 15일째부터 모든 처리구에서 chlorophyll 함량이 감소하였으며, 2개월 후엔 최대 50% 이상 감소한 것으로 나타났다. 그러나 본 연구에서는 25°C 미만에서 저장하였기 때문에 6개월간 저장하여도 열풍 건조와 동결 건조한 새싹보리에서 chlorophyll 함량에 변화가 나타나지 않았다. 이는 chlorophyllase의 활성

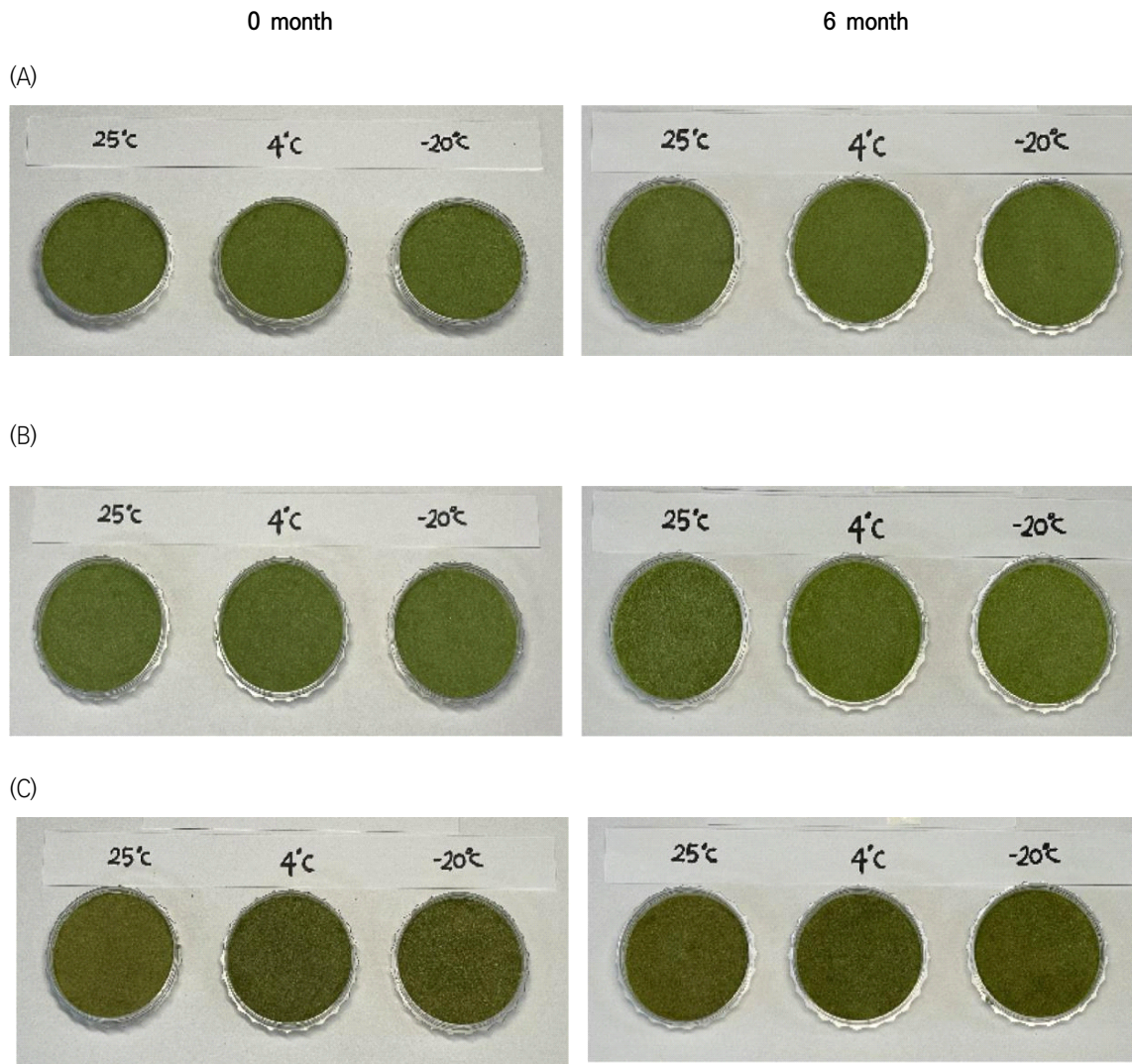


Fig. 5. Changes in visual color of powdered barley sprouts by different drying methods during storage at 25, 4, and -20°C for 6 months. (A) HAD, hot-air drying; (B) FD, freeze drying; (C) IRD, infrared radiation drying.

을 저해할 수 있는 25°C 미만의 온도에서 저장하였기 때문으로 사료된다. Ostbring 등(2020) 등의 연구에서도 20°C 에서 저장한 틸라코이드 동결 건조 분말은 가열 건조에 비해 chlorophyll 함량과 색도의 변화가 가장 적게 나타난다고 보고하였다. 저장 온도에 따른 건조한 새싹보리의 색도의 영향을 종합하면, 열풍, 동결 건조한 시료의 클로로필 함량은 저장 온도에 따른 영향은 없었으나, 색도는 낮은 온도에서 저장할수록 변화가 적은 것으로 나타났으며, 적외선 건조한 시료는 -20°C 에서 저장했을 경우 클로로필 함량과 색도에 모두 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 이를 *E. coli* 변화 양상과 종합하였을 때 동결 건조한 것은 4°C 에, 적외

선 건조한 것은 -20°C 에 저장하는 것이 미생물과 품질을 관리하기 위해 적절한 것으로 판단된다.

4. 요약

본 연구는 새싹보리를 열풍, 동결, 적외선 건조했을 때 *E. coli*의 감소 효과와 품질에 미치는 영향을 분석하였으며, 건조한 새싹보리를 25, 4, -20°C 에 6개월간 저장하며 *E. coli*와 품질 변화를 관찰하였다. 새싹보리에서 분리한 *E. coli*를 $7 \log \text{CFU/g}$ 수준으로 신선한 새싹보리에 접종하여 건조에 의한 미생물 감소효과를 분석한 결과, 적외선

건조에서는 검출 한계($<1 \log \text{CFU/g}$) 미만 수준으로 감소하였으며 열풍 건조와 동결 건조에서는 각각 4.6 ± 0.1 과 $4.3 \pm 0.2 \log \text{CFU/g}$ 수준으로 감소하였다. 건조한 새싹보리의 품질에 미치는 영향을 분석하기 위해 chlorophyll 함량, 색도, saponarin 함량을 분석하였다. 그 결과, 적외선 건조한 새싹보리가 열풍, 동결 건조한 새싹보리보다 chlorophyll 함량이 4 mg/g 정도 감소하고, 명도와 녹색도가 낮아지는 것으로 나타났으며, saponarin 함량에는 영향이 없었다. 각각의 방법으로 건조한 새싹보리의 저장 안정성을 분석하기 위해 25, 4, -20°C 의 조건에서 저장한 결과, 열풍 건조한 경우 모든 저장 조건에서 6개월간 *E. coli*의 수는 초기 균수인 $4.6 \log \text{CFU/g}$ 수준에서 변화가 없었다. 그러나 동결 건조의 경우, 25, 4°C 에서 저장한 새싹보리는 6개월 차에 $1.2\text{--}1.5 \log \text{CFU/g}$ 수준으로 감소하였으며 -20°C 에 저장한 것에는 변화가 없었다. 적외선 건조한 새싹보리는 모든 저장 조건에서 6개월 이후에도 대장균이 검출되지 않았다. 저장 중 품질의 변화는 열풍 건조와 동결 건조한 새싹보리는 저장 온도에 관계없이 6개월 동안 chlorophyll 함량에 유의적인 변화가 없었다. 또한 명도(L value)와 녹색도(a value)에도 변화는 없었으나, 25°C 에서 저장한 시료에서는 녹색도와 황색도가 감소하였다($p < 0.05$). 적외선 건조한 새싹보리의 경우 25°C 와 4°C 에서 저장 시 chlorophyll 함량과 색도가 감소하였으며, -20°C 에 저장했을 때는 변화가 없는 것으로 나타났다. 본 연구 결과, 적외선 건조가 대장균을 저감화하기 위해서는 열풍과 동결 건조보다 효과적이었으나 chlorophyll과 색도가 낮아졌다. 저장 조건으로는 열풍 건조한 새싹보리는 저장 온도에 따른 *E. coli* 수와 품질에 변화가 없었으며, 동결건조는 4°C 에서 저장한 것이 미생물적인 안전성과 품질 측면에서 효율적인 것으로 판단되었다. 적외선 건조의 경우 -20°C 에 저장하는 것이 품질 변화를 최소화할 수 있는 조건으로 조사되었다. 새싹보리의 미생물 안전성과 품질을 확보하기 위해서 적외선 건조 시 품질에 영향을 최소화할 수 있는 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

Acknowledgment

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ01528

301)의 지원에 의해 이루어진 것임.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Choi SY, Kim SR. Methodology: Choi SY, Chae HB, Seo WD. Formal analysis: Choi SY, Chae HB. Validation: Choi SY. Writing - original draft: Choi SY. Writing - review & editing: Hwang IJ, Hyun JE, Kim SR.

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

ORCID

Song-Yi Choi (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-5343-2945>

Hyo-Bin Chae

<https://orcid.org/0000-0002-1217-445X>

In-Jun Hwang

<https://orcid.org/0000-0001-8960-9354>

Jeong-Eun Hyun

<https://orcid.org/0000-0001-8759-2333>

Woo-Duck Seo

<https://orcid.org/0000-0001-7394-5636>

Se-Ri Kim (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-6857-8317>

References

- About SA, Altemimi AB, Rs Al-Hiiphy A, Yi-Chen L, Cacciola F. A comprehensive review on infrared heating applications in food processing. *Molecules*, 24, 4125 (2019)
- Basile A, Giordano S, Lopez-Saez JA, Cobiانchi RC. Antibacterial activity of pure flavonoids isolated from mosses. *Phytochemistry*, 52, 1479-1482

- (1999)
- Benedet JA, Umeda H, Shibamoto T. Antioxidant activity of flavonoids isolated from young green barley leaves toward biological lipid samples. *J Agric Food Chem*, 55, 5499-5504 (2007)
- Bourdoux S, Rajkovic A, De Sutter S, Vermeulen A, Spilimbergo S, Zambon A, Hofland G, Uyttendaele M, Devlieghere F. Inactivation of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157: H7 inoculated on coriander by freeze-drying and supercritical CO₂ drying. *Innov Food Sci Emerg Technol*, 47, 180-186 (2018)
- Bozoglu T, Ozilgen M, Bakir U. Survival kinetics of lactic acid starter cultures during and after freeze drying. *Enzyme Microb Technol*, 9, 531-537 (1987)
- Champagne CP, Mondou F, Raymond Y, Roy D. Effect of polymers and storage temperature on the stability of freeze-dried lactic acid bacteria. *Food Res Int*, 29, 555-562 (1996)
- Cho HO, Kwon JH, Byun MW, Kim YJ, Yang JS. Effects of ethylene oxide fumigation and gamma irradiation on the quality of ground red and black peppers. *Korean J Food Sci Technol*, 18, 294-300 (1986)
- Gabel MM, Pan Z, Amaratunga K, Harris LJ, Thompson JF. Catalytic infrared dehydration of onions. *J Food Sci*, 71, E351-E357 (2006)
- Huang J, Zhang M. Effect of three drying methods on the drying characteristics and quality of okra. *Drying Technol*, 34, 900-911 (2016)
- Hung NB, Yun B, Kim WI, Jung G, Lee T, Roh E, Kim HJ, Lee S, Kim SR. Analysis of the microbial contamination levels in dried red pepper during production. *Korean J Food Preserv*, 25, 279-287 (2018)
- Indrasti D, Andarwulan N, Purnomo EH, Wulandari N. Stability of chlorophyll as natural colorant: A review for suji (*Dracaena angustifolia* Roxb.) leaves' case. *Curr Res Nutr Food Sci J*, 6, 609-625 (2018)
- Jun S, Irudayaraj J. A dynamic fungal inactivation approach using selective infrared heating. *Trans ASAE*, 46, 1407-1412 (2003)
- Kim IS, Han SH, Han KW. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 26, 1058-1062 (1997)
- Kim KT, Seog HM, Kim SS, Lee YT, Hong HD. Changes in physicochemical characteristics of barley leaves during growth. *Korean J Food Sci Technol*, 26, 471-474 (1994)
- Kwon JH, Byun MW, Lee SJ. Comparative effects of gamma irradiation and ethylene oxide fumigation on sorption properties and microbiological quality of white ginseng powder. *Korean J Food Sci Technol*, 26, 272-277 (1994)
- Lee YC, Son JY, Kim KT, Kim SS. Antioxidant activity of solvent extract isolated from barley leaves. *Korean J Food Nutr*, 7, 332-337 (1994)
- Lee YH, Kim JH, Kim SH, Oh JY, Seo WD, Kim KM, Jung JC, Jung YS. Barley sprouts extract attenuates alcoholic fatty liver injury in mice by reducing inflammatory response. *Nutrients*, 8, 440 (2016)
- Liu Y, Chen W, Fan L. Effects of different drying methods on the storage stability of barley grass powder. *J Sci Food Agric*, 102, 1076-1084 (2022)
- Matile P, Hortensteiner S, Thomas H. Chlorophyll degradation. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 50, 67-95 (1999)
- Nithiyantham S, Selvakumar S, Siddhuraju P. Total phenolic content and antioxidant activity of two different solvent extracts from raw and processed legumes, *Cicer arietinum* L. and *Pisum sativum* l. *J Food Compos Anal*, 27, 52-60 (2012)
- No J, Yoon H, Park S, Yoo S, Shin M. Color stability of chlorophyll in young barley leaf. *J East Asian Soc Diet Life*, 26, 314-324 (2016)
- Ostbring K, Sjöholm I, Rayner M, Erlanson-Albertsson C. Effects of storage conditions on degradation of chlorophyll and emulsifying

- capacity of thylakoid powders produced by different drying methods. *Foods*, 9, 669 (2020)
- Oyinloye TM, Yoon WB. Effect of freeze-drying on quality and grinding process of food produce: A review. *Processes*, 8, 354 (2020)
- Paakkonen K, Havento J, Galambosi B, Pyykkone, M. Infrared drying of herbs (research note). *Agric Food Sci*, 8, 19-27 (1999)
- Ramaswamy R, Krishnamurthy K, Jun S. 15-Microbial decontamination of food by infrared (ir) heating. In: *Microbial Decontamination in the Food Industry*, Demirci A, Ngadi MO (Editors), Woodhead Publishing, p 450-471 (2012)
- Sabat M, Kotwaliwale N, Giri SK. Thermography for performance evaluation of a compact, air disperser equipped hot air dryer. *J Food Process Eng*, 44, e13777 (2021)
- Sengupta S, Mukherjee A, Goswami R, Basu S. Hypoglycemic activity of the antioxidant saponarin, characterized as α -glucosidase inhibitor present in *Tinospora cordifolia*. *J Enzyme Inhib Med Chem*, 24, 684-690 (2009)
- Seo KH, Park MJ, Ra JE, Han SI, Nam MH, Kim JH, Lee JH, Seo WD. Saponarin from barley sprouts inhibits nf- κ b and mapk on lps-induced raw 264.7 cells. *Food Funct*, 5, 3005-3013 (2014)
- Seo WD, Yuk HJ, Curtis-Long MJ, Jang KC, Lee JH, Han SI, Kang HW, Nam MH, Lee SJ, Lee JH, Park KH. Effect of the growth stage and cultivar on policosanol profiles of barley sprouts and their adenosine 5'-monophosphate-activated protein kinase activation. *J Agric Food Chem*, 61, 1117-1123 (2013)
- Seog HM, Kim SS, Hong HD, Lee YT, Kim JG, Kim KT. Chemical composition of barley leaves from different varieties. *App Biol Chem*, 38, 431-434 (1995)
- Shin LE, Zzaman W, Kuang YT, Bhat R. Influence of dehydration techniques on physicochemical, antioxidant and microbial qualities of *Ipomoea aquatica* Forsk.: An underutilized green leafy vegetable. *J Food Process Preserv*, 39, 1118-1124 (2015)
- Simeonova R, Vitcheva V, Kondeva-Burdina M, Krasteva I, Manov V, Mitcheva M. Hepatoprotective and antioxidant effects of saponarin, isolated from *Gypsophila trichotoma* wend. On paracetamol-induced liver damage in rats. *BioMed Research International*, 2013, 757126 (2013)
- Staack N, Ahrne L, Borch E, Knorr D. Effect of infrared heating on quality and microbial decontamination in paprika powder. *J Food Eng*, 86, 17-24 (2008)
- Upadhyay RK. Plant pigments as dietary anticancer agents. *Int J Green Pharm*, 12, 93-107(2018)
- Wang D, Zhang M, Ju R, Mujumdar AS, Yu D. Novel drying techniques for controlling microbial contamination in fresh food: A review. *Drying Technol*, 1-18 (2022)
- Weemaes CA, Ooms V, Van Loey AM, Hendrickx ME. Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. *J Agric Food Chem*, 47, 2404-2409 (1999)
- Xia G, Li Y, Tao H, Zhang L, Zhang J, Yang H, Mustapha AT, Zhou C. Inactivation mechanism of catalytic infrared against *Pseudomonas aeruginosa* and its decontamination application on dry green sichuan pepper (*Zanthoxylum schinifolium*). *Food Control*, 132, 108483 (2022)