

저장온도에 따른 양파 플레이크의 저장기간 중 품질변화

김두리 · 천지연*
제주대학교 식품공학과

Changes of Qualities of Onion Flakes During Storage Period Using Different Temperatures

Duri Kim and Ji-Yeon Chun*

Department of Food Bioengineering, Jeju National University

Abstract

This study was undertaken to find the changes in the water activity, color, browning index, pH, °Brix, and microorganisms of onion flakes during 70 days. The onion flakes were stored for 70 days at a relative humidity of 90% and different storage temperatures (20°C, 30°C, 40°C). Results revealed that water activity continued to increase during storage. Samples stored at 40°C increased faster than samples stored at 20°C and 30°C. L-value was decreased at all storage temperatures. The a-value and b-value were decreased at samples stored at 40°C. Also, L-value and b-value showed a tendency to decrease as the storage temperature increased. Browning index increased during storage; moreover, pH value and °Brix were decreased over the storage period and more rapidly at higher temperatures. Aerobic bacteria were 1.54 log CFU/mL of onion flakes stored at 20°C, 1.4 log CFU/mL at 30°C, and 2.0 log CFU/mL at 40°C on the 14th day of storage. After that, it was not detected at 40°C and continued to increase when stored at 20°C and 30°C. Also, levels of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* were not detected during storage. Thus, to maintain the quality of onion flakes, it is necessary to control storage temperature and relative humidity.

Key words: onion flakes, home meal replacement, relative humidity, temperature, storage period

서 론

양파(*Allium cepa* L.)는 백합과에 속하는 다년생 식물로 토마토, 수박을 포함해 세계 3대 채소 작물 중 하나이며 국내 자급률이 95% 내외인 작물이다(Kim et al., 2021). 1인당 연간 소비량이 2019년 기준 30.9 kg으로 배추 47.5 kg 다음으로 채소류 중 2위를 차지하며 2020년 기준 연간 생산량은 배추 2,257천 톤에 이어, 양파 1,595천 톤, 무 1,219천 톤 순으로 꾸준히 증가하고 있다(RDA, 2021). 양파는 비타민 C, 비타민 E, β -carotene 같은 항산화 물질과 quercetin, quercitrin, rutin 같은 페놀화합물을 다량 함유하고 있어 항산화, 항암, 항고혈압, 체지방 저하 효과 및 항염증 등 생리활성 기능이 있다고 알려져 있다(Jeong et al., 2015; Kang et al., 2015; Kim & Lim, 2018; Jung et al.,

2019; Kim & Yoo, 2021). 2020년 기준 양파 재배면적은 약 4,000천 헥타, 생산량은 약 2,000천 톤 감소했으며 산지 폐기량이 가장 많은 품목이다(KREI, 2020). 또한, 양파는 대부분 노지에서 생산되고 있어 기후변화에 따른 생산량 변동이 커 과잉생산되거나 부족 현상을 겪고 있을 뿐 아니라 수확 후에도 호흡작용을 하므로 품질이 빠르게 변해 저장성이 낮다(Kim et al., 2021). 양파에 다량 함유된 페놀 화합물은 온도변화에 큰 영향을 받기 때문에 수확 후 적절한 가공 방법이 필요하며(Sasongko et al., 2020), 농산물 수급 조절 대책을 위해 산지 폐기, 재배면적 감소뿐만 아니라 가공식품에 대한 수요가 증가하는 추세에 맞춰 안정적인 국내 양파 사업을 위해 양파를 활용한 가공식품을 발전시켜 연중 소비될 수 있는 구조로 변화시키는 것이 필요하다. 농촌진흥청에서 조사한 양파 가공품 선호도 조사에 따르면 주로 건조 양파 가루, 양파 조미료처럼 간편하게 활용할 수 있는 건조 형태의 가공식품에 대한 선호도가 높은 것으로 나타났다.

최근 가정간편식(Home Meal Replacement) 시장은 1인 가구 및 맞벌이 가구 증가, 저출산 및 고령화 등 사회 구조적 변화가 나타나면서 식생활 문화가 변화함에 따라 빠르게

*Corresponding author: Ji-Yeon Chun, Department of Food Bioengineering, Jeju National University, 102 Jejudaehak-ro, Jeju-si, Jeju-do, 63243, Korea
Tel: +82-64-755-3601; Fax: +82-755-3601
E-mail: chunjiyeon@jejunu.ac.kr
Received October 26, 2021; revised November 12, 2021; accepted November 16, 2021

증가하고 있다(Ra, 2018). 농림축산식품부에 따르면 가정간편식 국내 시장규모는 2015년 1조 6,823억 원에서 2018년 3조 2천억 원으로 증가하였다. 향후 가정간편식 시장은 코로나-19 (COVID-19)로 인해 비대면 문화가 확산하면서 가정간편식 수요가 증가함에 따라 2022년까지 약 5조 원 수준으로 성장할 것으로 전망했다. 한국농수산식품유통공사에서 편저한 2019 가공식품세분시장 현황 중 간편식 시장보고서를 살펴보면 즉석조리식품의 판매 중 가공밥(51.6%), 국·탕·찌개류(13.9%), 죽류(9.8%) 순으로 가장 큰 비중을 차지했다(Food Information Statistics System, 2019). 이 중 국·탕·찌개류 시장은 집밥 수요가 늘면서 2020년 기준 약 3120억 원의 규모를 나타내었고 국·탕·찌개류가 성장하면서 부재료로 첨가되는 건조 채소의 종류가 다양해지고 있다.

건조는 채소류의 수확 후 처리 방법의 하나로, 주로 수분활성도를 낮춰 미생물 및 효소로 인한 부패를 방지해 저장 및 유통성을 높이기 위해 사용된다(Kim et al., 2017; Lee et al., 2017). 수분활성도가 건조식품의 분류 기준이 되며 일반적으로 건조식품은 수분활성도가 0.80 이하로 낮은 것을 말한다(Jin et al., 2008). 하지만 수분활성도가 낮은 건조식품일지라도 저장 환경에 따라 품질이 달라진다(Ko et al., 1999). 특히, 저장 습도가 높을 경우 식품 사이의 수증기압 차가 커지면서 흡습 되는 수분함량이 많아지면 미생물이 증식하기 쉬운 환경이 되어 품질 저하가 발생한다. 건조채소류는 수분활성도가 낮아 주로 상온에서 보관하기 때문에 계절에 따라 기온과 상대습도가 상승하게 되면 수분활성도가 증가하면서 부패가 일어날 수 있다(Kim et al., 2017). 식품의약품안전처에 따르면 곡류·채소류 등의 식물성 원료를 주원료로 하여 건조 등의 가공 처리를 거친 생·선식의 경우 고온의 건조과정을 거치기 때문에 위생적일 것으로 예상했으나 구매 후 장기간 보관하며 섭취하기 때문에 안전성이 취약하다고 보고했다. 우리나라는 기후변화로 인해 2020년 기준 겨울철 기온은 역대 가장 높았으며, 여름철에는 긴 장마철, 집중호우, 태풍 등 이상기상이 빈번히 나타났다(MCST, 2020). 이러한 기후변화는 식품의 안전에 영향을 줄 수 있어 적합한 보관 방법을 마련하는 것이 중요하다(Bahk et al., 2013).

따라서, 본 연구에서는 양파 플레이크를 대상으로 극한 환경인 상대습도(90%)에서 저장온도를 달리했을 때 저장 기간별 양파 플레이크의 품질 특성, 미생물 성장 변화를 관찰함으로써 건조식품의 안정성을 위한 유통 및 보관 환경의 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

양파 플레이크 제조

본 실험에서 사용한 양파는 제주소재의 마트에서 구입하여 사용하였다. 양파를 흐르는 물에 세척한 후 야채 슬라

이서(Vegetable chopper, Yiwu Tengmao Crafts Co., Ltd., Zhejiang, China)를 이용하여 0.5×0.5 cm 형태로 절단하였다. 세절된 양파는 증류수를 1:4 (w/v) 비율로 첨가하여 70°C에서 1분간 데치기를 실시하였으며, 10분 동안 실온에서 탈수한 후 산업용스텐 열풍건조기(Samsung Electronics Co., Ltd, Suwon, Korea)를 이용해 60°C에서 10시간 동안 건조하였다.

양파플레이크 저장 조건

상대습도 90% 조건을 맞추기 위해 밀폐용기 안에 포화용액을 넣어 습도를 맞춰주었다. 포화용액은 potassium nitrate를 이용해 포화용액 이상의 농도를 제조한 후 온습도계(Jumbo Temperature Traceable Humidity Meter, Traceable™, Massachusetts, USA)를 통해 습도를 확인하였다. 저장고 내의 공기에 의한 오염을 피하기 위해 습도가 맞춰진 밀폐용기 안에 통기가 가능한 살균된 병을 넣고, 양파 플레이크 20 g씩 배분한 뒤 20°C, 30°C, 40°C에서 저장하였다. 저장된 시료는 70일 동안 보관하면서 7일마다 시료를 채취하여 실험에 사용하였다.

수분활성도 및 색도 측정

수분활성도는 수분활성도 측정기(Aqua Lab Pre water activity meter, METER Group, Pullman, WA, USA)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다. 색도는 시료를 페트리접시에 담아 그 표면색을 표준색판(L=93.80 a=3.93 b=-9.50)으로 보정된 색차계(CS-200, Hangzhou CHNSpec Technology Co., Ltd., Hangzhou, China)를 사용하여 L-value (Lightness), a-value (Redness), b-value (Yellowness)로 3회 반복 측정 후 평균값으로 나타내었다. 색도의 차이를 나타내는 $\Delta E_{ab}(\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2})$ 을 구하였다.

갈변도 측정

갈변도는 Lee et al. (2003)의 방법을 변형하여 사용하였다. 시료 1g과 증류수 40 mL를 혼합한 후 10% Trichloroacetic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 10 mL을 가하여 상온에서 2시간 동안 방치하였다. 균질된 용액은 원심분리기(LaboGene 1248R, GYROZEN Co., Ltd., Daejeon, Korea)에 넣어 20°C에서 3134×g, 10분간 원심분리한 후 상층액을 microplate spectrophotometer (Epoch™, BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT, USA)를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

pH 및 가용성 고형분(°Brix) 측정

시료 5 g에 증류수 50 mL를 혼합한 후 Ultra-Turrax (T25D, IKA, Staufen, Germany)를 이용하여 5,000 rpm에서 2분간 균질하였다. 균질된 용액은 20°C에서 3,134×g에서

10분간 원심분리 하여 시료를 준비하였다. pH는 유리전극 pH meter (FiveEasy Plus™, Mettler Toledo, Zurich, Switzerland)로 3회 측정하여 평균값으로 나타내었고 가용성 고형분 함량은 전자 당도계(PAL-BX|ACID181 Master Kit, ATAGO Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 3회 측정하여 평균값을 °Brix로 나타내었다.

미생물 측정

저장온도 및 기간에 따른 양파플레이크의 미생물 수를 알아보기 위해 일반세균, 대장균, 황색포도상구균 수를 측정하였다. 양파플레이크 10 g을 채취하여 stomacher bag에 담아 0.85% sodium chloride 90 mL를 넣고 stomacher (BagMixer 400 W, Interscience, Woburn, MA, USA)로 3분간 균질하였다. 균질화된 시료액은 10-fold 희석법으로 단계별 희석하여 일반세균용 및 대장균용, 황색포도상구균용 3M Petrifilm에 각각 접종하였다. 35°C 배양기에서 24-48시간 배양하여 생성된 colony수를 센 후 CFU/g를 log 단위로 환산하여 표시하였다.

통계처리

수분활성도, pH, 색도, °Brix, 갈변도 분석 결과와의 상관관계 분석은 SPSS 24.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)의 Pearson test를 이용하여 분석하였다. 본 연구의 유의성 검증은 Minitab 18 (minitab Inc., State College, PA, USA)를 이용하여 일원배치분산분석(one-way ANOVA test)를 따르고, $p < 0.05$ 수준에서 Turkey's multiple range test를 통하여 평균 간 다중비교를 실시하였다.

결과 및 고찰

외관적 특성

상대습도 90%에서 저장온도에 따른 양파플레이크의 외관을 Table 1에 나타내었다. 양파플레이크를 20°C에서 저장할 경우 14일 차까지 30°C에서 저장할 경우 7일 차까지 상태가 양호했다. 이와 달리 40°C에서 저장할 경우 7일 부터 갈변현상과 수분 흡습이 일어났으며, 14일 부터는 부패되어 외관이 급격히 어두워지고 악취가 발생해 섭취하기 어려운 상태였다. 이를 통해 모든 처리구에서 저장 기간이 늘어날수록 갈변현상이 발생하며 저장온도가 높을수록 갈변 속도가 증가하는 것을 관찰하였다. 전처리방법과 저장온도에 따른 연잎의 외관을 관찰한 Choi et al. (2016)의 연구에서도 저장 중 폴리페놀 물질이 폴리페놀산화효소에 의해 산화되면서 갈변현상이 일어났다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

수분활성도 및 색도

상대습도 90%에서 저장온도에 따른 양파플레이크의 수

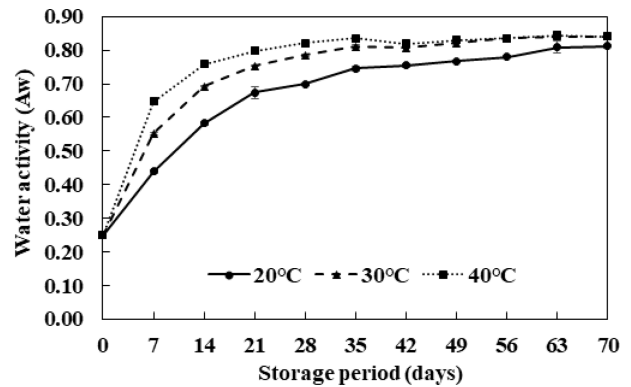


Fig. 1. Changes in the water activity of onion flake during 70 days at various temperature.

분활성도 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 양파플레이크의 초기 수분활성도는 0.248로 낮게 나타났으며, 이는 수분활성도를 0.3이하로 낮추기 위해 열풍건조를 했기 때문이다. 저장 중 모든 시료의 수분활성도가 유의적으로 증가했고 ($p < 0.05$) 14일차 까지 수분활성도가 급격하게 증가한 것으로 보아 저장 초기에 수분활성도 변화가 큰 것으로 생각된다. 20°C에서는 저장 63일 후 0.809를 나타냈으며, 이후 수분활성도의 유의적인 차이가 없었다. 반면, 30°C의 경우 저장 35일 후 40°C의 경우 저장 28일 후 0.8 이상의 수분활성도를 나타냈으며, 56일 후부터는 수분활성도가 증가하지 않았다. 저장온도에 따른 수분활성도 변화를 보면 42일까지는 저장온도 증가와 함께 수분활성도가 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 즉, 고온에서 수분활성도의 큰 변화를 보였으며 이를 통해 여러 온도의 환경에서 플레이크를 저장할 경우, 높은 온도에서 저장할수록 수분활성도가 빠르게 증가하는 것을 관찰하였다. Kim et al. (2016)에 따르면 저장온도와 기간이 증가할수록 귀뚜라미 분말의 수분함량이 증가한다고 하여 본 연구결과와 유사한 경향을 나타냈다. Kim & Jeong (2019)의 연구에서도 저장온도를 달리하여 저장기간 동안 생두의 수분함량을 측정한 결과 고온에서 수분함량 변화가 크게 나타났다고 보고하였다.

수분 활성도는 제품의 물리적, 화학적 특성 및 미생물 성장과 증식과 밀접한 관련이 있다 (Maltini et al., 2003). 미생물이 생육할 수 있는 최저 수분활성도는 0.60으로 대부분의 미생물은 0.87 이상의 조건에서 생육할 수 있다고 알려져 있다(Beuchat et al., 2013). 수분 활성도는 수분함량보다 식품의 품질과 유통 기한을 더 의미있게 예측할 수 있으며(Li et al., 2017), 수분활성도가 낮은($A_w < 0.6$) 제품은 유통기한이 긴 특징을 갖고 있다(Sakač et al., 2016). 따라서 장기간 보관하면서 섭취하는 건조식품의 특성상 수분활성도가 증가하면 생화학적 변화를 유발하여 돌이킬 수 없는 품질변화를 유발할 수 있기 때문에 수분활성도가 증가하지 않는 조건에서 저장하는 것이 중요하다(Forsido et al., 2021).

Table 1. Changes in the aerobic bacteria of onion flake during the storage at various temperature during 70 days at various temperature


































Storage temperature (°C)	Storage period (days)										
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70
20											
30											
40											

Table 2. Changes in the aerobic bacteria of onion flake during 70 days at various temperature

Storage temperature (°C)	Storage period (days)											
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	
Aerobic bacteria (log CFU/mL)	20	N.D. ¹⁾	N.D.	1.59±0.16 ^C	1.69±0.12 ^{BC}	1.98±0.19 ^{ABC}	2.13±0.18 ^{AB}	2.11±0.10 ^{AB}	2.22±0.02 ^A	1.96±0.17 ^{ABC}	2.31±0.08 ^A	2.15±0.04 ^{AB}
	30	N.D.	N.D.	1.48±0.00 ^A	1.65±0.07 ^A	1.69±0.12 ^A	1.89±0.16 ^A	2.06±0.03 ^A	1.86±0.36 ^A	1.39±0.55 ^A	1.50±0.28 ^A	N.D.
	40	N.D.	N.D.	1.98±0.28 ^A	1.74±0.06 ^A	1.00±0.00 ^A	0.50±0.71 ^A	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

All values are mean±SD (n=3).

¹⁾N.D: Not detected

^{A-C}The means followed by the by the same letter are not significantly different by Tukey's multiple range test at $p<0.05$.

색도는 소비자가 제품을 구매함에 있어 중요한 지표이다. 상대습도 90%에서 저장온도에 따른 양파플레이크의 색도 변화를 관찰하기 위해 L, a, b 값을 측정하고 색도차(ΔE)를 분석하여 Fig. 2에 나타내었다. 명도 값을 나타내는 L 값에서 흰색은 100이고, 검정색은 0으로 L값의 감소는 양파 플레이크의 색이 검정색이 증가함을 말한다. a 값의 증가는 적색이 증가하는 것을 의미하며, a값의 음의 방향으로 증가는 녹색의 증가를 나타낸다. b 값의 증가는 황색이 증가하는 것을 의미하며, b값의 음의 방향으로 증가는 청색이 증가함을 나타낸다(Kim et al., 2017).

L값은 20°C에서 83.08-49.18의 변화폭을 나타냈으며, 30°C, 40°C에서는 70일 후 45.06, 36.17을 나타냈다. 저장하는 동안 모든 처리구에서 명도가 유의적으로 감소했고($p < 0.05$), 저장온도가 높을수록 명도가 급격하게 감소하였다. 이 결과는 외관(Table 1)에서 저장 기간이 지남에 따라 양파 플레이크 외관이 어두워지는 것과 동일한 경향을 나타내었다. a 값의 초기값은 4.28이었으며 20°C와 30°C에서 저장한 경우 일정한 경향이 나타나지 않았다. 반면에 40°C에서는 저장기간 중 a 값이 감소해 음의 값을 나타냈다. 황색도를 나타내는 b 값의 초기값은 9.74였으며 20°C에서는 저장하는 동안 유의적인 차이가 없었으며($p > 0.05$), 30°C에서는 21일차 까지 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. 40°C는 저장할수록 b 값이 감소했으며 가장 큰 변화폭을 보였다. 또한 저장기간 중 b 값은 20°C, 30°C, 40°C 순으로 높은 값을 나타냈다. 색도의 차이를 나타내는 ΔE

값도 저장 기간이 지남에 따라 증가하는 경향을 나타내었고 70일에 각각 33.95, 42.13, 48.48로 모든 처리구에서 육안으로 차이를 구분할 수 있었다. 이상의 결과로 40°C에서 저장하는 것이 색도에 있어 가장 큰 변화를 주는 것으로 나타났다. 기상청 통계분석에 따르면 2021년 전국의 겨울철 평균 기온은 -12.3°C, 습도 63%이며 여름철 평균 28.4°C, 습도 83%로 나타났다. 환경부에서 편저한 ‘한국 기후변화 평가보고서 2020’에 따르면 온대기후대로 분류되는 한반도는 지구온난화로 인해 점진적으로 아열대기후대로 변화하고 있으며, 기온상승과 강수량 증가가 예상된다고 하였다(Korea Meteorological Administration, 2021). 따라서, 계절에 따라 기온과 습도가 변하기 때문에 품질변화를 늦추기 위해서는 계절별 보관 방법을 달리하는 것이 바람직하다고 생각한다.

갈변도

상대습도 90%에서 저장온도에 따른 양파플레이크의 갈변도 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 초기 양파플레이크의 갈변도는 0.184의 흡광도를 나타냈다. 20°C에서는 저장 21일 후부터 갈변도가 증가하여 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 저장 21-42일기간 동안 유의적인 차이가 나타나지 않았으며 49일부터 다시 증가하여 저장 70일째에 흡광도가 0.275로 가장 높은 갈변도를 나타냈다. 30°C에서는 저장 14일 후부터 갈변도가 유의적으로 증가했으며 27일부터 0.3 이상의 흡광도를 나타냈다. 그 이후에도 저장기

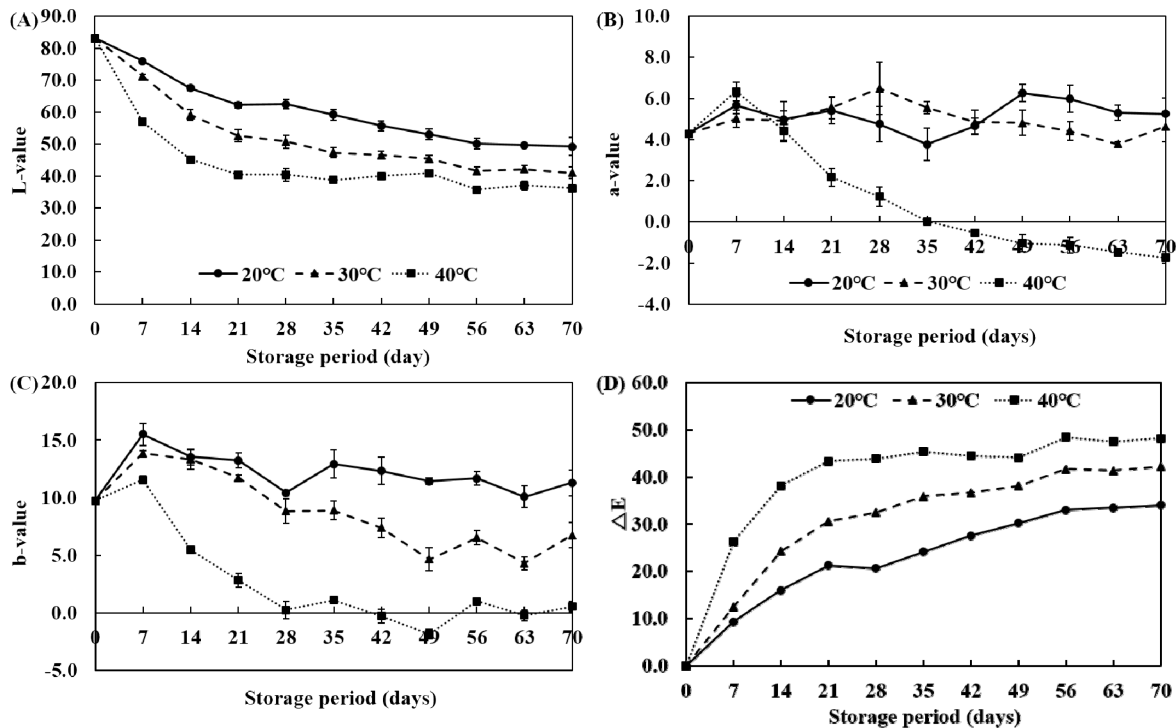


Fig. 2. Changes in the color of onion flake during 70 days at various temperature. A: L-value (lightness), B: a-value (redness), C: b-value (yellowness), D: ΔE .

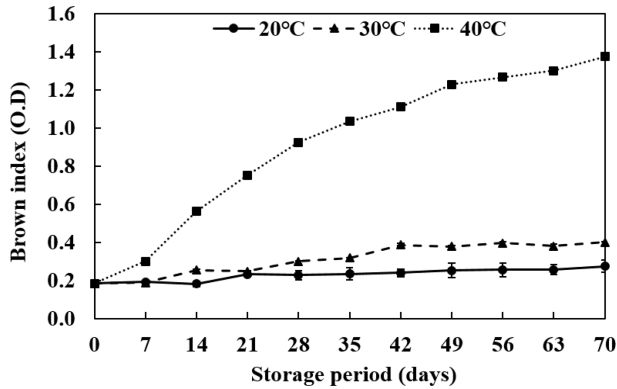


Fig. 3. Changes in the brown index of onion flake during 70 days at various temperature.

간이 지날수록 갈변이 심해졌으며 저장 70일째에 흡광도가 0.4를 나타냈다. 40°C에서는 저장 7일만에 0.3 이상의 흡광도를 나타냈으며 저장기간이 지날수록 갈변이 빠르게 진행되었다. 저장 35일 후에는 흡광도가 1.0이상이었으며, 저장 70일째에 1.372의 흡광도를 나타냈다. 이를 통해 저장기간이 지날수록 모든 저장온도에서 갈변이 일어났으며, 저장온도가 높을수록 갈변이 빠르게 일어나는 것을 관찰하였다. 식품의 효소적 및 비효소적갈변은 온도나 수분함량이 높을수록 많이 발생되며(Lee et al., 2009), 일반적으로 갈변반응속도의 최대치는 0.65-0.75Aw 에서 나타난다고 보고하였다(Labuza, 1975). 본 연구에서도 수분활성도가 0.6 이상이 되는 시점부터 갈변이 진행되었다. Bae et al. (1998)의 연구에서 저장온도가 높을수록 마늘 농축액의 갈변이 증가하는 경향을 나타냈다. 또한, Kim et al. (1997)은 수분활성도가 높아질수록 건대추의 갈변이 높게 나타났다고 보고했다. Kim et al. (2020)의 연구에서도 저장 중 상대습도가 증가할수록 수분함량이 증가했으며 이에 따라 갈변현상이 빠르게 진행되었다고 보고했다. 따라서, 낮은온도에서 저장할수록 저장 중 양파플레이크의 갈변을 늦출 수 있는 것으로 판단된다.

pH

저장기간 동안 pH 변화는 식품의 부패 현상을 측정할 수 있는 지표로 사용된다(Jung et al., 2015). 상대습도 90%에서 저장온도에 따른 양파플레이크의 pH 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 양파플레이크의 초기 pH 값은 5.04이었고 20°C에서 저장한 경우 49일까지 4.88-5.25 수준으로 나타나 저장기간 동안 변화가 거의 나타나지 않았다. 이후 저장 70일째 pH가 4.69로 약간 낮아졌다($p < 0.05$). 30°C에서 저장된 양파플레이크 또한 56일까지 4.75-5.13 수준으로 나타나 초기 pH값과 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 저장 63일부터 pH가 낮아지기 시작해 저장 70일째 pH가 4.20으로 저장기간 중 가장 낮은 값을 나타냈다. 반면에, 40°C에서 저장한 경우 저장 7일부터 감소하기 시작했으며

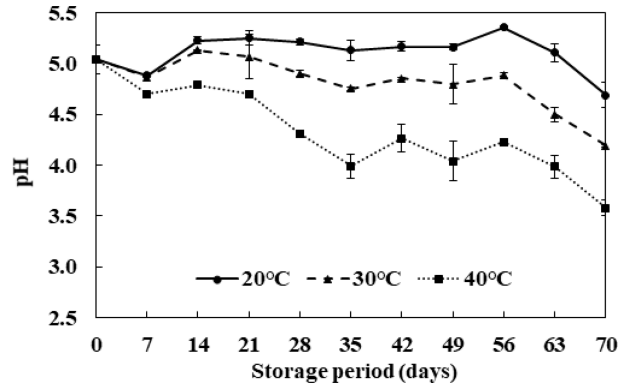


Fig. 4. Changes in the pH of onion flake during 70 days at various temperature.

저장한 지 21일 만에 20°C에서 저장한 70일째 양파, 30°C에서 저장한 63일째 양파의 pH 값과 유사한 값을 나타내었다. 그 이후 3.98-4.31의 수준을 나타냈으며 저장 70일째 3.58로 저장온도 중 저장기간 동안 가장 낮은 pH 값을 나타내었다. 저장온도, 저장기간에 따른 꽃게풍미 볶음밥의 품질변화를 조사한 Jung et al. (2015)의 연구에 따르면 볶음밥 원료에 들어있는 지방 산패로 인한 과산화물의 축적이나 단백질 분해에 따른 암모니아 생성 때문에 pH가 영향을 받는다고 했으며, 저장온도가 높을수록, 저장기간이 지날수록 pH가 낮아진다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 결과가 나타났다.

가용성 고형분(°Brix)

상대습도 90%에서 저장온도에 따른 양파플레이크의 가용성 고형분 함량 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 양파플레이크의 초기 당도는 5.04 °Brix이었고 20°C에서 저장한 경우 저장기간동안 5.30-6.43 범위를 나타내 시간이 경과할수록 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 30°C와 40°C에서도 저장기간동안 4.83-6.73, 5.10-6.43 범위를 나타내 저장기간이 길어질수록 가용성 고형분 함량이 유의적으로 낮아졌다($p < 0.05$). 또한, 저장온도에 따라 가용성 고형분 함량의 변

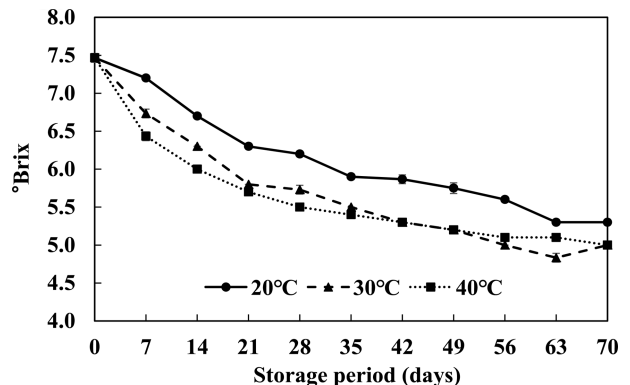


Fig. 5. Changes in the °Brix of onion flake during 70 days at various temperature.

화가 나타났는데 저장 35일째까지 고온에서 저장할수록 가용성 고형분 함량이 감소하였다. 그 후 저장기간 동안 30°C와 40°C에서 저장한 양파플레이크의 가용성 고형분 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았으며 56일째부터는 30°C에서 저장한 양파플레이크의 가용성 고형분 함량이 높게 나타났다. Lee et al. (2014)의 연구에서 건조방법에 따른 오미자의 가용성 고형분 함량을 측정한 결과 수분함량이 낮을수록 가용성 고형분 함량이 높고, 수분함량이 높을수록 가용성 고형분 함량이 낮게 나타났다고 보고했다. 본 연구에서도 저장기간 동안 수분활성도 증가가 가장 높았던 40°C에서 저장한 양파플레이크의 가용성 고형분함량이 가장 낮아진 것으로 보아 수분과 가용성 고형분 함량의 연관성을 확인할 수 있었다.

미생물 측정

저장온도를 달리했을 때 양파플레이크의 일반세균 수, 대장균 수, 황색포도상구균 수 변화는 Table 2에 나타내었다. 미생물의 증식은 제품의 상품성을 저하시키는 요인 중 하나이다. 저장 초기 7일째까지 모든 처리구에서 일반세균이 발견되지 않았다. 이는 저장초기 수분활성도가 낮거나 생육 조건이 적합하지 않았기 때문이라고 생각된다. 14일째부터 20°C에서 저장한 양파플레이크는 1.59 log CFU/mL, 30°C의 경우 1.48 log CFU/mL 이었으며 40°C의 경

우 1.98 log CFU/mL로 가장 많이 검출되었다. Solberg et al. (1990)에 따르면 일반세균수의 미생물적 안전기준치는 6 log CFU/g 이하이다. 이를 감안했을 때 모든 처리구가 기준치 이하를 나타내었다. 40°C에서 저장한 양파플레이크는 저장 14일째 일반세균 수가 급격히 증가했지만 그 이후로 감소하는 경향을 나타내었고 42일째부터 검출되지 않았다. 일반적으로 미생물이 생육하기 좋은 환경의 pH는 중성이다(Yu et al., 2019). 저장기간이 경과할수록 40°C 저장 양파플레이크의 pH는 감소하면서 미생물이 자라기 좋지 못한 환경이 되어 성장이 억제된 것으로 생각된다. 이와 달리 20°C에 저장한 양파플레이크는 저장기간이 증가함에 따라 일반세균 수가 증가했으며 63일에는 2.31 log CFU/mL로 가장 높은 값을 나타내었다. 30°C에 저장한 양파플레이크도 저장기간 동안 일반세균 수가 증가했으며 42일에 2.06 log CFU/mL로 가장 높게 나타났으며 70일차에는 검출되지 않았다. 대장균은 환경과 식품중의 분변오염의 지표미생물로 가장 널리 사용되고 있다. 또한, 황색포도상구균은 대표적인 식중독균으로 환경변화에 저항성이 강하여 공기, 토양 등의 자연계에 널리 분포하고 있어 다양한 경로로 오염이 발생한다. 또한 건강한 사람이나 동물의 피부에도 존재하고 있어 주의가 필요한 균 중 하나이다. 본 연구 결과, 저장온도와 기간에 상관없이 모든 처리구에서 대장균(*Escherichia coli*)과 황색포도상구균(*Staphylococcus*

Table 3. Pearson's correlation coefficients of water activity, pH, °Brix, L, a, b, brown index by different storage temperature

	Water activity	pH	°Brix	L	a	b	Brown index	
20°C	Water activity	1.000	0.150	-0.958** ¹⁾	-0.945**	-0.158	0.026	0.872**
	pH		1.000	-0.040	-0.035	-0.149	0.012	-0.043
	°Brix			1.000	0.965**	0.293	0.124	-0.942**
	L				1.000	-0.269	0.367	-0.925
	a					1.000	0.067	-0.305
	b						1.000	-0.250
	Brown index							1.000
30°C	Water activity	1.000	-0.449**	-0.943**	-0.931**	0.406*	-0.269	0.822**
	pH		1.000	0.579**	0.571**	-0.076	0.657**	-0.594**
	°Brix			1.000	0.968**	-0.388*	0.529**	-0.938**
	L				1.000	0.044	0.702**	-0.916**
	a					1.000	0.365**	0.421*
	b						1.000	-0.730**
	Brown index							1.000
40°C	Water activity	1.000	-0.692**	-0.945**	-0.972**	-0.481**	-0.652**	0.792**
	pH		1.000	0.835**	0.755**	0.823**	0.805**	-0.891**
	°Brix			1.000	0.966**	0.731**	0.839**	-0.945**
	L				1.000	0.691**	0.781**	-0.857**
	a					1.000	0.910**	-0.898**
	b						1.000	-0.936**
	Brown index							1.000

¹⁾ $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

aureus)이 검출되지 않았다. 따라서 초기에 일반세균 수가 증가하다가 감소하였지만, 이는 생육환경이 적합하지 않았기 때문이며 식중독균이 검출되지 않아 식중독의 위험은 낮지만 외관상 섭취하기에 부적절했기 때문에 올바른 방법으로 보관하는 것을 권장한다.

상관관계 분석

저장조건을 달리한 양파 플레이크의 수분활성도, pH, 가용성 고형분함량, 색도, 갈변도간의 상관관계를 분석하여 상관계수 값(Pearson's correlation coefficient, r)을 Table 3에 나타내었다. 수분활성도와 pH에 대한 분석 결과(30°C $r=-0.449$, 40°C $r=-0.692$) 20°C에서는 유의적인 상관관계가 나타나지 않았으며 30°C와 40°C에서 음의 상관관계를 나타내었다. 모든 저장온도에서 수분활성도와 가용성 고형분함량 및 갈변도는 음의 상관관계($p<0.01$)를 갈변도는 양의 상관관계를 나타내었다($p<0.01$). 저장조건에 관계없이 저장기간이 경과함에 따라 주변의 수분을 흡습하여 가용성 고형분함량이 낮아지게 되며, 효소 또는 비효소적 갈변반응과 수분활성도의 연관성을 알 수 있었다. 수분활성도와 색도에 대한 분석에서 20°C에서는 밝기를 나타내는 명도와 음의 상관관계($p<0.01$)를 보였으며 적색도와 황색도는 유의성을 보이지 않았다. 30°C에서는 수분활성도와 명도, 적색도간에 상관성을 보였으며 더 높은 온도인 40°C에서는 수분활성도와 명도, 적색도, 황색도($r=-0.972$, $r=-0.481$, $r=-0.652$) 모두 유의적인 음의 상관성을 보였다. 또한, 저장온도가 높아질수록 상관성을 나타내는 항목들이 많아지는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 보아 20°C에서는 분석항목들끼리 큰 영향을 미치는 않는 것으로 생각되며 온도가 높아질수록 영향이 증가하는 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 양파플레이크를 상대습도 90%의 환경에서 저장온도를 달리하여 저장했으며 70일간 저장 중 품질 특성 변화를 관찰하였다. 저장기간이 지남에 따라 외관이 어두워졌으며 저장온도가 높을수록 품질특성이 빠르게 변화하는 것을 확인할 수 있다. 수분활성도는 저장기간이 지날수록 높아졌으며 저장 70일에서는 건조식품의 수분활성도 기준인 0.6을 넘어섰다. 또한, 저장온도가 높을수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 저장기간이 지남에 따라 갈변도는 증가하고 L값은 낮아지는 경향을 보였는데 이는 저장 중 수분활성도의 증가로 인해 갈변이 빠르게 진행되었기 때문으로 보인다. a값은 20°C, 30°C의 경우 저장기간에 따른 유의적 차이가 없었으며 40°C에서는 저장기간 중 감소하는 경향을 보였다. 저장초기 5.04였던 pH는 모든 처리구가 낮아지는 경향을 보였으며 40°C에서 급격하게 감소하였다. 가용성 고형분함량 또한 수분의 영향으로 수분

활성도가 증가함에 따라 감소하였다. 일반세균의 경우 저장 7일까지는 성장을 보이지 않다가, 저장 21일까지 30°C와 40°C에서 일반세균의 생장이 더 높은 것으로 나타났다. 저장온도 20°C에서는 일반세균이 지속적으로 나타났지만 30°C, 40°C에서는 양파후레이크의 품질이 변화하면서 생육환경이 맞지 않아 검출되지 않았다. 대장균과 황색포도상구균은 저장기간 동안 검출되지 않았다. 이러한 결과를 종합해볼 때, 양파플레이크 저장 시 수분의 증가가 양파플레이크 품질 특성에 큰 요인이 될 것으로 생각되며 낮은 온도에서 수분을 흡습하지 않도록 저장하는 것이 양파플레이크의 품질을 유지하기 위한 적합한 방법으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ10496201)의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

References

- Bae SK, Kim MR. 1998. Changes of browning, microbiological and sensory characteristics of concentrated garlic juices during storage. *Korean J. Food Cook. Sci.* 14: 394-399.
- Bahk GJ, Ha SD, Oh DH. 2013. Ranking determination of foods and foodborne pathogens for impact of climate change on microbiological food safety. *J. Food Hyd. Saf.* 28: 36-40.
- Beuchat LR, Komitopoulou E, Beckers H, Betts RP, Bourdichon F, Fanning S, Joosten HM, Ter Kuile BH. 2013. Low-water activity foods: increased concern as vehicles of foodborne pathogens. *J. Food Prot.* 76: 150-172.
- Choi JS, Kong MH, Yeo SH, Choi HS, Jeong ST. 2016. Effects of pretreatments and storage temperature on the quality of lotus leaves. *Korean J. Food Preserv.* 23: 155-161.
- Food Information Statistics System. 2019 Processed food segment market status. Available from: <https://www.atfis.or.kr/article/M001050000/view.do?articleId=3260&page=&search-Key=&searchString=&searchCategory=>. Accessed Jun 25. 2021.
- Forsido SF, Welelaw E, Belachew T, Hensel O. 2021. Effects of storage temperature and packaging material on physico-chemical, microbial and sensory properties and shelf life of extruded composite baby food flour. *Heliyon* 7: e06821.
- Jeong DS, Back DA, Kwon YR, Kwon GM, Youn KS. 2015. Quality characteristics and antioxidant activity of onion peel extracts by extraction methods. *Korean J. Food Preserv.* 22: 267-274.
- Jin SI, Kim YC, Kang SW, Jeong CH, Choi SJ, Kim JK, Choi SG, Heo HJ. 2008. Analysis of nutritional components and development of an intermediate moisture food from sturgeon. *Korean J. Food Preserv.* 15: 719-724.
- Jung EY, Sim KH. 2019. Antioxidant activities and quality characteristics of beef jerky supplement with onion peel extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 011-026.
- Jung JH, Lim JH, Kim DS, Kim YM, Kim BM. 2015. Changes in quality of fried rice with crab meat depending on the storage period and temperature. *Korean J. Food Preserv.* 22: 36-43.

- Kang BK, Kim KBWR, Ahn NK, Choi YU, Kim MJ, Bark SW, Pak WM, Kim BR, Park JH, Bae NY, Ahn DH. 2015. Anti-inflammatory effect of onion (*Allium cepa*) peel hot water extract in vitro and in vivo. *Soc. Biotechnol. Bioeng. J.* 30: 148-154.
- Kim AN, Lee KY, Kang JY, Rahman MS, Heo HJ, Choi SG. 2020. Effect of relative humidity on the microbial and physicochemical characteristics of 'Samnamul' (*Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus*) during storage. *Korean J. Food Preserv.* 27: 159-169.
- Kim DH, Cho JS, Park JH, Kim JH, Moon KD. 2016. Quality characteristics of steamed rice cake with *Schizandra chinensis* powder or extract added prior to storage. *Korean J. Food Preserv.* 23: 923-930.
- Kim DS, Lim SB. 2018. Composition of phenolic compounds and antioxidant activities of subcritical water extracts of onion skin. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 403-413.
- Kim GY, Park IS, Kim SH. 2017. Changes of color and texture during storage of puffer fish stock jelly. *Korean J. Food Nutr.* 30: 681-688.
- Kim IY, Jeong YH. 2019. Physicochemical and antioxidant activity changes during storage of green coffee beans according to temperature and relative humidity. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 223-230.
- Kim JH, Choi SC, Kim JK, Seo HS. 2021. A correlation between growth factors and meteorological factors by growing season of onion. *Korean J. Agric. For. Meteorol.* 23: 1-14.
- Kim JY, Bae YM, Hyun JE, Kim EM, Kim JC, Lee SY. 2017. Microbiological quality of dried and powdered foods stored at various relative humidities. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 27: 576-582.
- Kim JY, Yoo SS. 2021. Physicochemical quality characteristics of short-term fermented gochujang using onion peel water-extract. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 27: 42-52.
- Kim YS, An DS, Woo, KL, Lee DS. 1997. Moisture sorption isotherm and quality deterioration of dry jujube. *Korean J. Food Preserv.* 4: 33-38.
- Ko JW, Lee WY, Lee JH, Ha YS, Choi YH. 1999. Absorption characteristics of dried shiitake mushroom powder using different drying methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 128-137.
- Korea Rural Economic Institute. 2020. A study on the calculation of the standard supply and demand for the efficient operation of the vegetable price stabilizer, Naju, Jeonnamdo, Korea.
- Korea Meteorological Administration. Climate statistics analysis. Available from: www.data.kma.go.kr. Accessed October 25, 2021.
- Labuza TP. 1975. Sorption Phenomena in Foods: theoretical and practical aspects. Springer, Berlin, Germany, p. 197-219.
- Lee HM, Park HJ, Kim JN, Shin WS, Kim EM. 2017. Monitoring of sulfur dioxide, carotenoid contents and bacillus cereus contamination of dried sweet potato in circulating dried agricultural products. *J. Food Hyd. Saf.* 32: 477-484.
- Lee JM, Lim SW, Cho SH, Choi SG, Heo HJ, Lee SC. 2009. Effect of relative humidity and storage temperature on the quality of green tea powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 83-88.
- Lee KS, Park KH, Lee SH, Choe EO, Lee HG. 2003. The quality properties of dried carrots as affected by blanching and drying methods during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 1086-1092.
- Lee S, Moon HK, Lee SW, Moon JN, Kim JK. 2014. Effects of drying methods on quality characteristics and antioxidative effects of Omija (*Schizandra chinensis bailon*). *Korean J. Food Preserv.* 21: 341-349.
- Li M, Ma M, Zhu KX, Guo XN, Zhou HM. 2017. Critical conditions accelerating the deterioration of fresh noodles: a study on temperature, pH, water content, and water activity. *J. Food Process. Preserv.* 41: e13173.
- Maltinia E, Torreggiani D, Venira E, Bertolob G. 2003. Water activity and the preservation of plant foods. *Food Chem.* 82: 79-86.
- Ministry of Culture, Sports and Tourism. 2020 Climate analysis results. Available from: <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156431922>. Accessed Jun. 03, 2021.
- Ra CI. 2018. The Effects of Selection Attributes on attitude and repurchase intention for home meal replacement (HMR): focused on moderating role of brand trust. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 24: 25-34.
- Rural Development Administration. Vegetable Basic Statistics. Available from: https://www.nihhs.go.kr/farmer/statistics/statistics.do?t_cd=0202. Accessed Jun. 25, 2021.
- Sakač M, Pectorić M, Mandić A, Mišan A, Nedeljković N, Jambrec D, Jovanov P, Lazić V, Pezo L, Sedej I. 2016. Shelf-life prediction of gluten-free rice-buckwheat cookies. *J. Cereal Sci.* 69: 336-343.
- Sasongko SB, Hadiyanto H, Djanei M, Perdanianti AM, Utari FD. Effects of drying temperature and relative humidity on the quality of dried onion slice. *Heliyon* 6: e04338.
- Solberg M, Buckalew JJ, Chen CC, Schaffner DW, O'Neil K, McDowell J, Post LS, Boderck M. 1990. Microbiological safety assurance system for foodservice facilities. *Food Technol.* 44: 68-73.
- Yu JW, Kim SH, Hong DL, Kim HJ, Jeong EJ, Lee JH, Yang JY, Lee YB. 2019. Microbiological safety evaluation on ice cream and ice pop products. *J. Food Hyd. Saf.* 34: 367-373.

Author Information

김두리: 제주대학교 식품공학과 대학원생(석사과정)

천지연: 제주대학교 식품생명공학과 교수