



여러 상대습도에 저장된 건조분말 식품의 미생물적 품질 변화

김지연¹ · 배영민¹ · 현정은¹ · 김은미² · 김종찬² · 이선영^{1,*}

¹중앙대학교 식품영양학과, ²한국식품연구원 안전유통연구본부

Microbiological Quality of Dried and Powdered Foods Stored at Various Relative Humidities

Ji-Yeon Kim¹, Young-Min Bae¹, Jeong-Eun Hyun¹, Eun-Mi Kim², Jong-Chan Kim² and Sun-Young Lee^{1,*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Anseong-si 17546, Korea

²Division of Food Safety, Distribution and Standard, Korea Food Research Institute, Wanju-gun 55365, Korea

ABSTRACT

This study evaluated the microbial quality of dried and powdered foods during storage with increased humidity because of climate change. Five types of dried and powdered foods (dried shredded squid, wheat flour, *Sunsik*, red pepper powder, and roasted sesame seed) were stored at different relative humidities (RH 23%, 43%, 68%, 85%, and 100%) and changes in water activity and microbial populations were measured during storage at 35°C for 15 days. The results revealed that water activity values of dried and powdered foods were significantly increased during storage when samples were stored at RH 85 and 100%. In addition, levels of total mesophilic bacteria, yeast, and mold were significantly increased after storage for 6 days or 9 days at RH 85% and 100%. However, levels of *Escherichia coli* and coliform did not increase significantly during storage. Based on these findings, dried and powdered foods should not be stored at high RH because the increased water activity enables microbial growth.

Key words: relative humidity, dried and powdered foods, storage, microbial growth, climate change

서 론

기후변화란 현재의 기후가 자연적 요인(대기, 해양, 육지, 설빙, 태양활동의 변화 등)과 인위적 요인(이산화탄소 양, 지구온난화 등)에 의해 점차 변화하는 현상을 말한다. 이러한 기후변화는 인류의 관련된 모든 분야에 다양하면서 광범위한 영향을 가져다 줄 수 있다(Lee HJ & Kim YS 2016). 특히 기후변화로 인한 기온, 습도, 강수량 등의 변화는 식중독의 원인인 생물 및 화학적 위해인자의 식품으로의 오염을 증가시키고, 미생물의 생육을 증가시켜 식중독 발생의 증가를 초래할 수 있다. 특히 우리나라의 기후변화는 이미 국제적 기후변화의 수준을 넘어(2009) 급속적인 기후변화가 전망됨에 따라 관련 식중독 사고의 빈도가 높아질 것으로 우려된다. 실제로 2003년부터 2007년의 평균치를 기준으로 기온 상승에 따른 식중독 발생건수 및 환자수는 2000년 기준 평균기온이 2020년에 1.2°C 상승하며, 이에 따라 식중독 발생건수와 환자수가 각각 250.9건과 14,687.3명으로 증가할 것으로 예

측되었다(KIHS 2009; 2007). 또한 기상청의 자료에 따르면 평균기온이 2050년에는 3.0°C, 2080년에는 5.0°C로 상승할 것으로 보여 기후변화로 인한 식중독의 증가는 더욱더 심각해질 것으로 예측된다(KMA 2007).

특히 이러한 지구 온난화로 인한 식중독의 증가는 여름철 급성식중독의 주요 원인인 병원성 세균 등 생물학적 위해요인과 관련된 식중독의 증가와 직접적인 영향이 있다. 식품에 오염된 병원성 세균은 일정 농도로 증식하여 섭취되었을 때 식중독을 일으키며, 또한 이러한 온도와 습도의 상승은 식품에 오염된 곰팡이의 증식을 초래하여 곰팡이 독소로 인한 식중독을 야기시킬 수 있다. 실제로 국외에서도 향후 기후변화로 비브리오(*Vibrio* sp.), 살모넬라(*Salmonella* sp.), 캄필로박터(*Campylobacter* sp.) 등으로 인한 식중독이 증가할 것으로 예측하고 있으며, 또한 기후변화에 민감한 주요 위해인자로 곡류 등의 저장 식품에서의 곰팡이 독소로 인한 위해성이 증가할 것으로 예측하고 있다(Lee HJ & Kim YS 2016).

식품 건조는 수분함량이 많은 식품에서 수분을 제거하여 미생물 및 효소에 의한 부패나 변질을 방지하여 저장성을 향상시키는 가공법으로, 식품의 수분활성도(water activity, aw)를 0.85 미만으로 낮추는 가공법이다(Larry RB 등 2012). 이리

* Corresponding author : Sun-Young Lee, Tel: +82-31-670-4587, Fax: +82-31-676-8741, E-mail: nina60262@cau.ac.kr

한 건조법은 낮은 수분활성도 인하여 미생물의 생육을 억제하여 상온에 장기간 보관할 수 있는 방법으로 농축수산물에 걸쳐 다양한 식재료의 보관에 광범위하게 사용되고 있으며, 또한 밀가루, 전식, 고춧가루 등의 건조분말 식재료로의 가공에도 널리 이용되고 있다. 식품에 미생물의 증식은 식품의 수분활성도와 밀접한 관련이 있으며 대부분의 세균은 수분활성도 0.87 이상의 높은 수분활성도 일 때 생육이 가능하며, 곰팡이를 포함한 대부분의 미생물도 0.80 이상의 수분활성도를 가진 식품에서 급격히 증식하는 것으로 알려져 있다. 하지만, 0.80 이하의 낮은 수분활성도를 가진 건조식품이라고 할지라도 저장 온도와 습도와 같은 저장 조건이 변함에 따라 품질이 달라질 수 있으며(Ko JW 1999) 특히, 저장습도가 높아질수록 주위와 식품 사이의 수증기압 차가 커져 흡습되는 수분함량이 많아지면 미생물이 증식하기 쉬운 환경으로 바뀌어 식중독 발생의 증가를 야기할 수 있다(Rhee C & Cho SY 1991). 한편, 수분활성도가 낮은 건조 분말 식품에도 병원성 세균이나 곰팡이가 건조 과정을 거치는 동안 살아남아 몇 달 혹은 몇 년 동안 생육하지 않고 살아있는 상태로 존재할 수 있다. Kim HJ 등(2011)의 연구결과에 따르면 전식에서 총균수가 4.8~7.2 log₁₀ CFU/g 수준으로 나타났고 대장균(*Escherichia coli*)와 *Bacillus cereus*가 검출되었으며, 진미채에서는 대장균, 대장균군, *Bacillus spp.*의 오염이 확인되었다. Byun MW 등(1996)의 연구에서 고춧가루는 호기성균이 6 log₁₀ CFU/g, 대장균군과 곰팡이가 2 log₁₀ CFU/g 이상 오염되어 있었고, Christensen CM(1946)과 Hesseltine CW & Graves RR(1966)은 밀가루에서 곰팡이가 약 2~3 log₁₀ CFU/g 수준으로 오염되어 있는 것을 확인하였다. 특히, 곰팡이 오염도가 높은 곡류, 두류는 습한 환경에서 저장되면 곰팡이의 생육이 증가하여 식중독을 야기할 수 있다. Daftary RD 등(1970)은 실온에 저장한 밀가루의 수분함량을 1~2% 변화시켰을 때 진균류의 오염도가 0.5~2 log₁₀ CFU/g에서 6 log₁₀ CFU/g 이상으로 증가한다고 보고하였다.

건조분말 식품은 낮은 수분활성도로 인하여 저온으로 보관하지 않고, 주로 상온에 보관하기 때문에 기후변화로 인하여 기온과 상대습도가 상승하게 되면 식품 내로 수분이 흡수되어 수분활성도가 증가하고, 이에 미생물이 증식하여 부패가 일어나거나 식중독의 원인이 될 수 있다. 하지만 이러한 건조분말 식품에서의 저장 온도와 습도에 따른 미생물의 품질을 평가한 연구는 현재까지 거의 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 기후변화에 따른 저장 온도와 습도의 상승에 대한 건조분말 식품에서의 미생물 증식에 대한 효과를 확인하기 위하여 높은 온도(35℃)에서 여러 상대습도에 저장된 다양한 건조분말 식품에서의 수분활성도의 변화와 미생물적 품질변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 밀가루(CJ, Seoul, Korea), 고춧가루(CJ, 볏은개(Ottogi, Seoul, Korea), 전식(E-Mart Inc., Seoul, Korea), 진미채(Chungang supermarket, Anseong, Korea)는 경기도 안성에 위치한 마트에서 실험 당일 구입하여 사용하였다.

2. 시료의 저장

상대습도 23%, 43%, 68%, 85%, 100% 조건을 맞추어 주기 위해 데시케이터(Nalgene Desiccator, Nalge, Rochester, YN, USA)안에 각각의 포화용액을 넣어 습도를 맞춰주었다. 포화용액의 경우 23%는 potassium acetate(Osaka Hayashi Pure Chemical Industries, Ltd., Japan), 43%는 potassium carbonate(Samchun Pure Chemical Co., Ltd., Korea), 68%는 lithium acetate(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.), 85%는 potassium chloride(Samchun Pure Chemical Co., Ltd.), 100%는 증류수를 이용하였으며, 각각 포화용액 이상의 농도를 넣어 포화상태를 만든 후 데시케이터 안에 넣어 습도를 조절하는데 이용하였다. 데시케이터 안에는 온습도계(YTH-104, UINS, Korea)를 설치하여 실시간 온습도를 측정하는데 이용하였다. 습도가 맞춰진 데시케이터 안에 멸균된 Petri dish를 넣고, 각각 건조시료 100 g을 배분한 뒤, 35℃에 저장하였다. 각각의 시료는 1일, 3일, 6일, 9일, 12일, 15일간 저장한 뒤, 수분활성도와 미생물 수를 측정하였다.

3. pH 및 수분활성도 측정

pH는 시료 10 g에 증류수 30 mL를 멸균백(3M Korea, Seoul, Korea)에 넣어 stomacher(BagMixer[®] 400, Interscience, France)로 90초간 균질화하여 digital pH-meter(PHi-510, Beckman Coulter Inc., California, USA)를 사용하여 측정하였다. 수분활성도는 측정용기에 시료를 50%까지 채운 후 수분활성측정기(LabMaster-aw, Novasina, Lachen, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

4. 저장 중 미생물의 변화

총균수의 측정은 건조 시료 1 g을 0.1% peptone water(Difco, Detroit, MI, USA) 9 mL을 담은 시험관에 넣어 Vortex-Genie 2(Scientific Industries, Bohemia, NY, USA)로 60초간 균질화하여 10배 단계로 연속 희석한 후, 시험액 1 mL을 Aerobic Count Petrifilm(3M, St. Paul, MN, USA)에 분주하여 37℃에서 24~48시간 배양하였다. 배양 후 Petrifilm에 형성된 colony를 계수하였다. 같은 방법으로 효모/곰팡이는 Yeast and Mold Petrifilm(3M)에 분주하여 25℃에서 48시간, 대장

균과 대장균은 *Escherichia coli* and Coliform Petrifilm(3M)에 분주하여 35°C에서 24~48시간 배양하여 대장균은 푸른색 기포를 형성한 colony, 대장균은 붉은색 기포를 형성한 colony를 계수하였다. 미생물 수는 log₁₀ CFU(colony forming unit)/g로 나타내었다.

5. 통계 분석

실험에서 얻어진 결과는 SAS program(version 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 분석하였고, 3반복 실험에 의한 평균값은 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의차를 분석하였다($p \leq 0.05$).

결과 및 고찰

1. 건조분말 시료의 이화학적 품질 특성

건조분말 시료(진미채, 밀가루, 전식, 고춧가루, 볶은깨)의 pH를 측정된 결과 진미채 5.55, 밀가루 5.22, 전식 5.26, 고춧

가루 4.27, 볶은깨 5.21로 고춧가루를 제외하고는 pH가 5.00 이상으로 측정되었다(data not shown). 이는 Wu XB 등(2016)과 Choi HY(2009)의 연구에서 보고된 전식의 pH가 5.51, 밀가루의 pH가 5.63의 값과 유사한 결과를 나타내었다. 한편 Park SH 등(2003)의 연구에서는 고춧가루의 pH가 4.7~4.9 수준으로 나타나 본 연구의 결과보다는 조금 더 높은 pH 값을 나타내었다.

건조분말 시료를 상대적으로 높은 상대습도인, 68%, 85%, 100% 상대습도 조건에 저장하였을 때 수분활성도의 변화를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 시료의 초기 수분활성도는 전식 0.166, 볶은깨 0.178, 밀가루 0.550, 고춧가루 0.584, 진미채 0.791로 나타났다. 따라서 진미채가 시료 중 가장 높은 수분활성도를 나타냈으며, 그 외 고춧가루, 밀가루가 높은 수분활성도를 나타냈고, 반면 전식과 볶은깨는 0.2 이하로 낮은 수분활성도를 나타내었다. 이러한 수분활성도 결과는 Hwang SY 등(2001)이 고춧가루의 초기 수분활성도가 0.526~0.676라고 보고와 유사한 결과로 나타났으며, 참깨, 곡물,

Table 1. Water activity (aw) of dried and powdered foods stored at different relative humidities and 35°C

Dried foods	Relative humidity (%)	Storage time (days)					
		0	3	6	9	12	15
Dried shredded squid	68	0.791±0.011 ^{Aa}	0.717±0.008 ^{Bb}	0.695±0.002 ^{Cc}	0.691±0.002 ^{Cc}	0.674±0.002 ^{Cd}	0.687±0.003 ^{Bcd}
	85	0.791±0.011 ^{Ab}	0.793±0.002 ^{Aab}	0.805±0.001 ^{Bab}	0.800±0.008 ^{Bab}	0.795±0.007 ^{Bab}	0.808±0.004 ^{Aa}
	100	0.791±0.011 ^{Ab}	0.793±0.002 ^{Ab}	0.865±0.001 ^{Aa}	0.857±0.000 ^{Aa}	0.880±0.028 ^{Aa}	- ¹⁾
Wheat flour	68	0.550±0.020 ^{Ae}	0.581±0.027 ^{Cde}	0.624±0.020 ^{Cbc}	0.643±0.003 ^{Cb}	0.592±0.001 ^{Ccd}	0.686±0.001 ^{Ca}
	85	0.550±0.020 ^{Ad}	0.684±0.006 ^{Bc}	0.728±0.005 ^{Bab}	0.714±0.007 ^{Bb}	0.734±0.000 ^{Bab}	0.749±0.001 ^{Ba}
	100	0.550±0.020 ^{Ad}	0.786±0.011 ^{Ac}	0.790±0.016 ^{Ac}	0.867±0.005 ^{Ab}	0.870±0.002 ^{Ab}	0.903±0.000 ^{Aa}
Sunsik	68	0.166±0.001 ^{Ae}	0.499±0.004 ^{Bd}	0.586±0.006 ^{Bc}	0.586±0.004 ^{Cc}	0.612±0.001 ^{Cb}	0.632±0.000 ^{Ca}
	85	0.166±0.001 ^{Ad}	0.577±0.000 ^{Cc}	0.667±0.028 ^{Ab}	0.717±0.017 ^{Ba}	0.714±0.021 ^{Ba}	0.749±0.002 ^{Ba}
	100	0.166±0.001 ^{Af}	0.646±0.004 ^{Ae}	0.699±0.006 ^{Ad}	0.789±0.001 ^{Ac}	0.829±0.002 ^{Ab}	0.879±0.009 ^{Aa}
Red pepper powder	68	0.584±0.005 ^{Ad}	0.602±0.000 ^{Cc}	0.649±0.003 ^{Cab}	0.653±0.001 ^{Cab}	0.645±0.005 ^{Cb}	0.661±0.010 ^{Ca}
	85	0.584±0.005 ^{Ae}	0.666±0.002 ^{Bd}	0.724±0.001 ^{Bc}	0.743±0.001 ^{Bb}	0.766±0.002 ^{Ba}	0.770±0.002 ^{Ba}
	100	0.584±0.005 ^{Af}	0.725±0.002 ^{Ae}	0.784±0.004 ^{Ad}	0.826±0.002 ^{Ac}	0.859±0.004 ^{Ab}	0.882±0.006 ^{Aa}
Roasted sesame seed	68	0.178±0.001 ^{Ac}	0.494±0.011 ^{Cb}	0.620±0.010 ^{Ca}	0.652±0.011 ^{Ca}	0.656±0.003 ^{Ca}	0.636±0.040 ^{Aa}
	85	0.178±0.001 ^{Ad}	0.590±0.023 ^{Bc}	0.686±0.011 ^{Bb}	0.747±0.002 ^{Ba}	0.760±0.001 ^{Ba}	0.727±0.020 ^{Aa}
	100	0.178±0.001 ^{Ae}	0.828±0.004 ^{Ad}	0.894±0.004 ^{Ac}	0.924±0.002 ^{Ab}	0.942±0.005 ^{Aa}	-

¹⁾ -: Not tested.

^{A~C} Means in the same column with different superscript capital letters denote significant difference ($p \leq 0.05$) between the values for the different days of storage for the treatment according to Duncan test.

^{a~f} Means in the same row with different lowercase letters denote significant difference ($p \leq 0.05$) between the values for the treatment of storage days according to Duncan test.

밀가루 등의 수분활성도가 0.850 미만이라는 보고와 범위가 일치하였다(Larry RB 등 2012). 또한 모든 시료에서 저장 3일 이후부터 상대습도가 높아짐에 따라 수분활성도가 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p \leq 0.05$). 저장 중 수분활성도의 증가는 상대습도의 값과 비례하여 나타났으며, 특히 볶은깨는 상대습도 100%에서 저장 3일째, 진미채는 저장 6일째, 나머지 시료는 저장 9일째부터 수분활성도가 0.8 이상으로 증가하는 것이 관찰되었다. 반면 상대습도 85% 조건에 저장하였을 때는 진미채는 저장 6일째부터 수분활성도가 0.8 이상으로 증가하였으며, 그 외 다른 시료는 저장 15일 동안 수분활성도가 0.8 이하 유지되는 것을 확인할 수 있었다. 특히, 대부분 시료에서 저장 12일 또는, 저장 15일 이후 상대습도 100%에서 수분활성도가 Farkas J 등(2007)이 대부분의 세균이 자랄 수 있는 최저 수분활성도라고 보고한 0.88 이상으로 증가하여 미생물의 생육으로 인한 부패가 일어날 수 있을 것으로 예측되었다. 한편, Northolt MD 등(1979)은 곰팡이 독소 중 ochratoxin A를 생성하는 최소 수분활성도가 0.83~0.90이라고 보고하였다. 또한 Diener UL & Davis ND(1967)은 aflatoxin B1을 생성하는 최적 수분활성도가 0.95~0.99으로 보고하여 건조 분말 시료의 수분활성도가 높아짐에 따라 미생물 증식 및 곰팡이 독소 생성으로 인한 품질 저하가 나타날 수 있을 것으로 사료된다.

2. 건조분말 시료의 미생물학적 품질 특성

Fig. 1~3은 건조분말 시료(진미채, 밀가루, 선식, 고춧가루, 볶은깨)를 35°C에 다양한 상대습도 조건에서 저장하였을 때의 미생물적인 품질 변화 결과를 보여주고 있다.

건조분말 시료에서의 초기 총균수는 진미채 3.13~3.68 \log_{10} CFU/g, 선식 3.59~3.60 \log_{10} CFU/g, 고춧가루 2.92~3.25 \log_{10} CFU/g, 밀가루 2.34~2.51 \log_{10} CFU/g, 볶은깨 1.87~2.02 \log_{10} CFU/g로 나타났으며, 이 총균수는 거의 모든 시료에서 상대습도 100%에 저장하였을 때 가장 높은 수준의 증식을 나타내었다(Fig. 1). 그 외 상대습도 85%에서도 일부 시료에서 총균수가 증식하는 것으로 관찰되었다. 진미채는 상대습도 100%에 저장했을 때 저장 6일 후부터 총균수의 증식이 나타났으며, 상대습도 85%에서는 저장 15일 후에 총균수의 유의적인 증가가 관찰되었다($p \leq 0.05$). 결과적으로 저장 15일 후 진미채의 총균수는 상대습도 100%와 85%에서 각각 4.97과 3.76 \log_{10} CFU/g 수준으로 나타났다. 밀가루와 볶은깨에서는 상대습도 100%에 저장했을 때 각각 저장 3일과 6일 후부터 총균수의 증가가 관찰되었으며, 상대습도 85%에서는 저장 12일 후부터 총균수가 증가하는 것으로 나타났다. 고춧가루에서는 상대습도 100% 저장했을 때 저장 9일 후부터, 상대습도 85%에 저장했을 때 저장 15일 후부터 총균수의 증식이 관찰되었으나, 증식된 양은 1 \log_{10} CFU/g으로 낮게 관

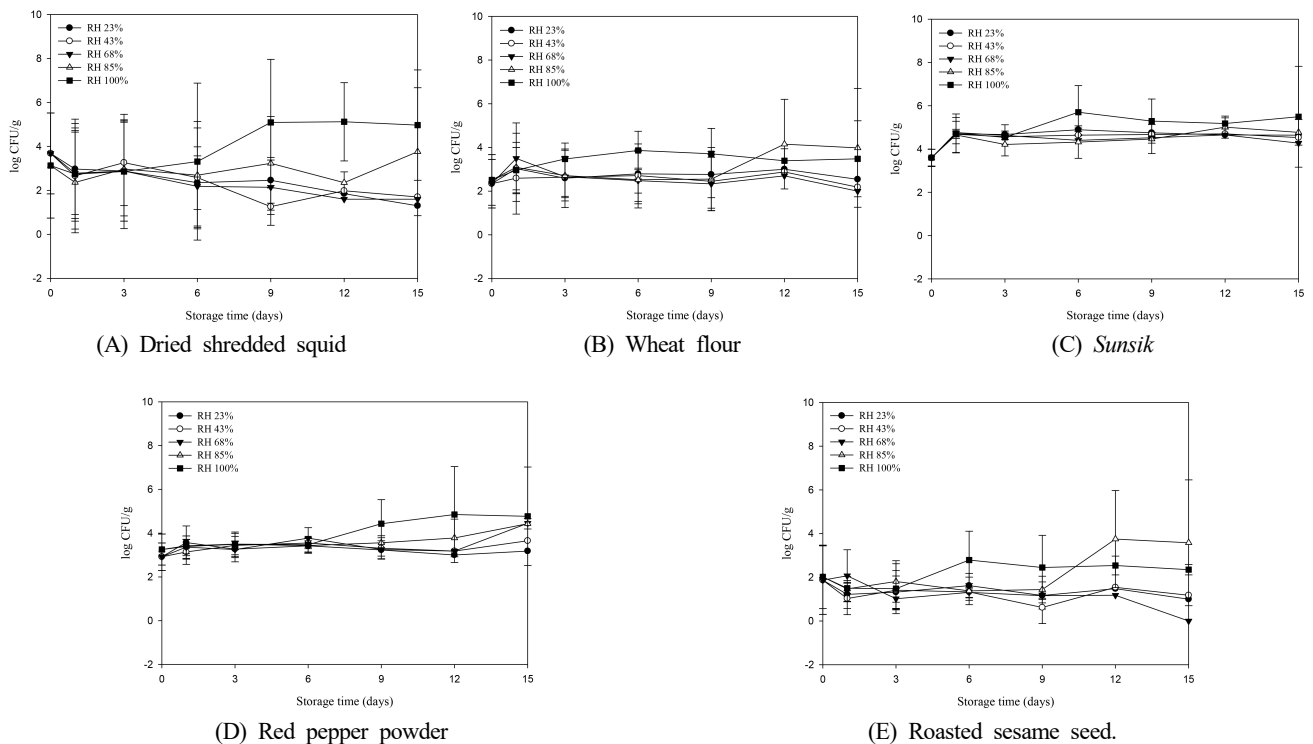


Fig. 1. Populations (\log_{10} CFU/g) of total mesophilic bacteria in dried and powdered foods (A-E) stored at different relative humidities (23%, 43%, 68%, 85%, and 100%) and 35°C for 15 days.

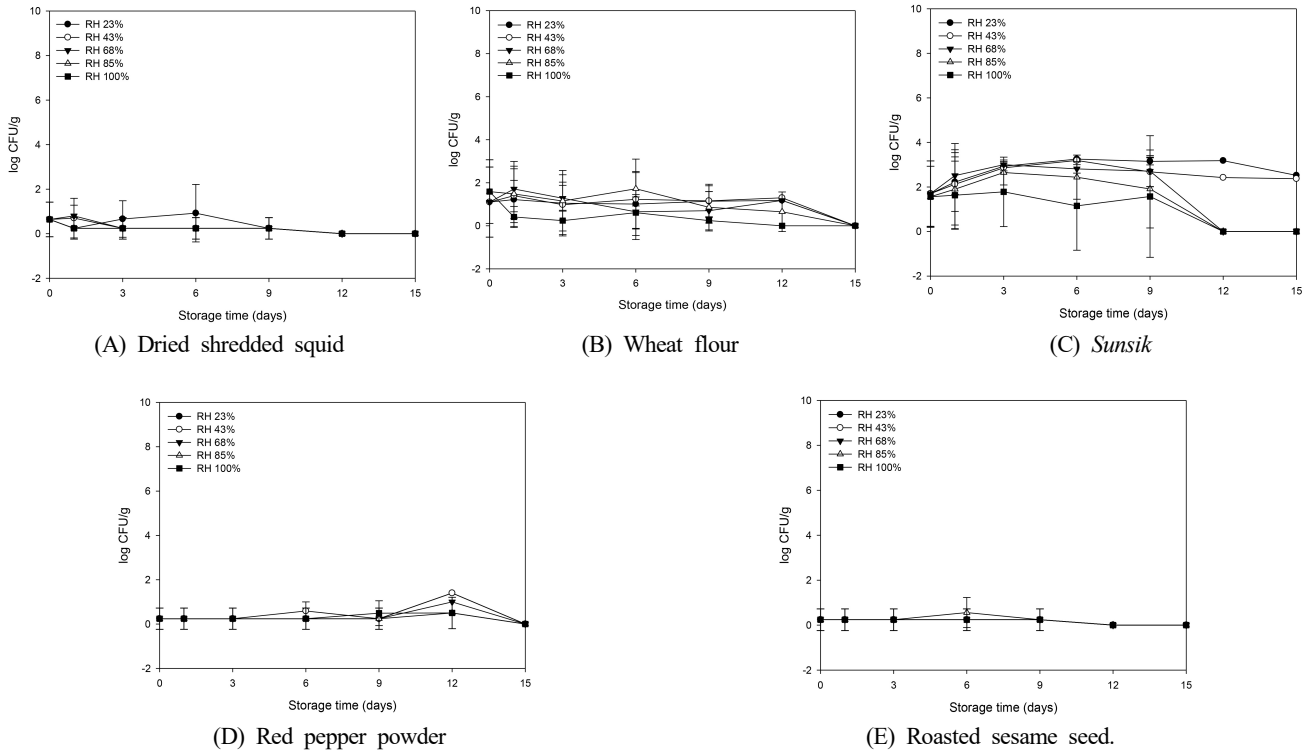


Fig. 2. Populations (log₁₀ CFU/g) of coliform in dried and powdered foods (A-E) stored at different relative humidities (23%, 43%, 68%, 85%, and 100%) and 35°C for 15 days.

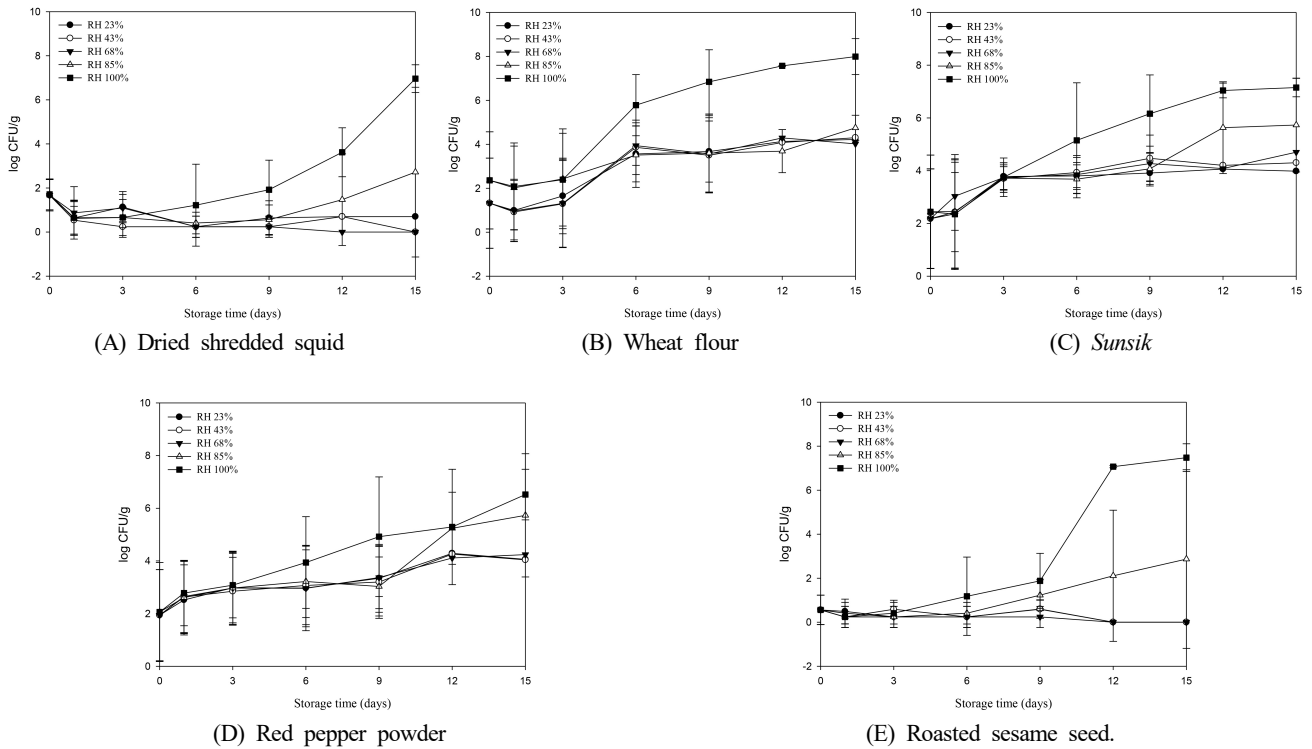


Fig. 3. Populations (log₁₀ CFU/g) of yeast/mold in dried and powdered foods (A-E) stored at different relative humidities (23%, 43%, 68%, 85%, and 100%) and 35°C for 15 days.

찰되었다. 또한 선식에서는 가장 낮은 총균수의 변화가 관찰되어 상대습도 100%에서 15일 동안 저장 시에도 증가량은 $1 \log_{10}$ CFU/g 이하인 것으로 관찰되었다. 결과적으로 총균수는 상대습도가 높을수록 보다 단기간에 증식이 일어나는 것으로 관찰되었으며, 최소 상대습도 85% 이상에서만 증식이 되는 것으로 나타났다. 반면 85% 이하의 상대습도에서는 35℃에 저장 15일 동안 총균수의 증식이 나타나지 않는 것으로 관찰되었다. 앞선 수분활성도의 결과와 비교했을 때 수분활성도는 볶은깨와 밀가루에서 상대습도 100%에 저장했을 때 수분활성도가 0.9 이상으로 증가하는 것으로 관찰되었으나, 실제 총균수의 증식은 앞선 수분활성도의 결과와는 유의적인 상관성을 나타내지는 않았다.

다양한 상대습도에 저장 했을 때 건조분말 시료의 저장 중 대장균군을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 대장균의 경우 모든 시료에서 검출되지 않는 것으로 확인되었다. 대장균군의 초기량은 대략 $1\sim 2 \log_{10}$ CFU/g 수준으로 나타났으며, 대부분의 시료에서 모든 처리된 상대습도에서 저장 기간동안 유의적인 변화가 없는 것으로 나타났다. 반면 선식의 경우 상대습도 100%를 제외하고 저장 3일 이후에 약 $1 \log_{10}$ CFU/g 이상 증식하는 것이 관찰되었으며, 상대습도 23%, 43%에 저장했을 때 저장 15일 이후에 각각 $2.52 \log_{10}$ CFU/g, $2.37 \log_{10}$ CFU/g 수준으로 나타났다. 홍미롭게도 그 외 다른 상대습도에서는 저장 기간이 12일 이후에서 대장균군의 수준이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 실제 대장균군의 수준이 저장기간 동안 변화되기 보다는 각각의 개별 시료가 가지고 있는 대장균군의 오염도의 차이에서 오는 결과의 차이라고 사료된다. 실제 Jeong MS 등(2013)은 시판 고춧가루 10개 중 4개의 시료에서 대장균군이 검출되지 않았다는 결과를 보여주어 실험 재료 간에 대장균군의 검출 유무 및 수준이 다를 수 있음을 보여주고 있다.

건조분말 시료의 저장 중 진균류(효모 및 곰팡이)의 변화를 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다. 시료의 진균류의 초기 오염도는 $0.56\sim 2.44 \log_{10}$ CFU/g 나타났으며, 조사된 미생물 중 저장 기간 동안 가장 높은 수준의 증식이 관찰되었다. 특히 높은 상대습도인 100%에 저장 시 모든 시료에서 유의적인 증식이 관찰되었다($p \leq 0.05$). 다섯 종류의 시료에서 상대습도 100%에 저장 시 저장 6일 이후에 진균류의 양이 급격하게 증가하는 것으로 나타났으며, 저장 15일 후에는 각각 진미채 $6.96 \log_{10}$ CFU/g, 밀가루 $7.99 \log_{10}$ CFU/g, 선식 $7.15 \log_{10}$ CFU/g, 고춧가루 $6.52 \log_{10}$ CFU/g, 볶은깨 $7.48 \log_{10}$ CFU/g의 수준이 관찰되었다. 또한 상대습도 85% 이상에서의 저장 약 12일 이후에 증식이 대부분 관찰되었으나 그 수준은 상대습도 100% 보다 유의적으로 낮은 것으로 관찰되었다($p \leq 0.05$). 상대습도 85% 저장 시에는 선식에서 가장 높은 진균류의 증

식을 보였으며, 저장 15일 이후에 $5.73 \log_{10}$ CFU/g 수준이 관찰되었다. 이는 건다시마를 35℃, 상대습도 90%인 환경에서 7~9일 저장 후 진균류의 증식을 관찰했을 때 상대습도 70%에서 저장된 것에 비해 약 $5 \log_{10}$ CFU/g 이상 높은 수준이 관찰된 기존의 보고와 유사한 연구 결과를 보여주고 있다 (KFDA 2013).

이상의 결과로부터 여러 상대습도의 환경에서 건조분말 식품을 저장했을 때, 높은 상대습도에 저장된 건조분말 식품은 저장 중 공기 중의 수분을 흡수하여 수분활성도가 유의적으로 증가하며, 이를 통해 오염된 미생물이 증식할 수 있음을 확인할 수 있다. 특히 높은 상대습도에 저장된 건조분말 식품의 수분활성도 변화에 의한 미생물 증식은 진균류가 가장 높은 영향을 받으며, 이에 저장 중 곰팡이로 인한 부패와 곰팡이 독소 생성에 의한 위해성이 증가할 수 있다. Gourama H & Bullerman LB(1994)에 의하면 곰팡이수는 곡물 등의 품질 평가를 위해 사용되며 특히, 곰팡이 오염도가 $6 \log_{10}$ CFU/g 이상일 때 곰팡이 독소로 인한 품질저하의 지표로 사료된다고 보고하였다. 또한 *Aspergillus flavus* 포자가 $6.3 \log_{10}$ CFU/g 오염되었을 때 aflatoxin B₁이 $2.75 \mu\text{g/g}$ 생성되었으며 오염도가 증가함에 따라 독소의 생성도 증가하였다고 보고하였다 (Gourama H & Bullerman LB 1994). 본 연구에서도 모든 시료에서 상대습도 100%에 저장 15일 후 곰팡이가 $6 \log_{10}$ CFU/g 이상에 도달함을 보여 곰팡이 독소로 인한 문제가 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 기후변화에 따른 온도 및 습도 상승에 대한 건조분말 식품에서의 미생물적인 품질 변화를 평가하였다. 건조분말 시료를 고온 및 다양한 상대습도에서 저장하며 총균수, 대장균군, 효모 및 곰팡이를 측정된 결과 높은 상대습도에서 건조분말 식품의 수분활성도가 유의적으로 증가하였으며, 총균수와 진균류가 저장기간 동안 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 특히, 진균류는 저장 기간 동안 건조분말 식품의 수분활성도의 증가와 높은 상관성을 나타내어 건조분말 식품의 보관 시 가장 관리가 필요한 미생물 군으로 확인되었다. 반면 상대습도 85% 이하에서는 미생물의 높은 생육이 관찰되지 않아 건조분말 식품의 보관에서 저장 중 상대습도의 관리가 매우 중요함을 알 수 있다. 건조분말 식품은 낮은 수분활성도로 인하여 개봉 후에도 주로 상온에 장기간 보관하는 식품이다. 하지만 본 연구결과로부터 높은 상대습도는 건조분말 식품의 수분활성도와 미생물 품질에 유의적인 영향을 줄 수 있으므로, 개봉된 건조분말 식품은 밀봉하거나, 냉장 보관하는 등 저장 시 온도 및 습도를 철저히 관리

할 필요가 있다.

감사의 말

본 연구는 농림축산식품부 고부가가치 식품기술개발프로 그램(2015-315061-3) 및 한국식품연구원의 주요 사업프로젝트(2015-E0164601)의 지원을 받아 수행하였으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Beuchat LR, Komitopoulou E, Beckers H, Betts RP, Bourdichon F, Fanning S, Ter Kuile BH (2013) Low-water activity foods: Increased concern as vehicles of foodborne pathogens. *J Food Prot* 76(1): 150-172.
- Byun MW, Yook HS, Kwon JH, Kim JO (1996) Improvement of hygienic quality and long-term storage of dried red pepper by gamma irradiation. *Korean J Food Sci Technol* 28(3): 482-489.
- Choi HY (2009) Antioxidant activity and quality characteristics of pine needle cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(10): 1414-1421.
- Christensen CM (1946) The quantitative determination of molds in flour. *Cereal Chem* 23: 322-329.
- Daftary RD, Pomeranz Y, Sauer DB (1970) Changes in wheat flour damaged by mold during storage. Effects on lipid, lipoprotein, and protein. *J Agric Food Chem* 18(4): 613-616.
- Diener UL, Davis ND (1967) Limiting temperature and relative humidity for growth and production of aflatoxin and free fatty acids by *Aspergillus flavus* in sterile peanuts. *J Am Oil Chemists Soc* 44(4): 259-263.
- Farkas J (2007) Physical Methods of Food Preservation. pp 685-712. In: Doyle P, Beuchat LR, Montville TJ (eds). ASM Press, Washington, DC, USA.
- Gourama H, Bullerman LB (1995) Relationship between aflatoxin production and mold growth as measured by ergosterol and plate count. *Lebensm Wiss Technol* 28(2): 185-189.
- Hesseltine CW, Graves RR (1966) Microbiology of flours. *Econ* 20(2): 156-168.
- Hwang SY, An YH, Shin GM (2001) A study on the quality of commercial red pepper powder. *Korean J Food Nutr* 14(5): 424-428.
- Jeong MS, Ahn JJ, Akram K, Kim GR, Im, JG, Kwon JH (2013) Microbiological and physicochemical quality characterization of commercial red pepper powders. *J Fd Hyg Saf* 28(1): 1-6.
- Kim JH, Lee YK, Yang JY (2011) Analysis on hazard microorganisms in raw materials and processing environment for *Sunsik* manufacture. *J Fd Hyg Saf* 26(4): 410-416.
- 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(1): 128-137.
- Korea Food and Drug Administration (2013) <http://www.mfds.go.kr> Accessed on 11. 9. 2017.
- Korea Institute for Health and Social Affairs (2009) <http://www.kihasa.re.kr> Accessed on 11. 9. 2017.
- Meteorological Administration (2009) <http://www.kma.go.kr> Accessed on 11. 9. 2017.
- Meteorological Administration (2007) <http://www.kma.go.kr> Accessed on 11. 9. 2017.
- Lee HJ, Kim YS (2016) Simulation studies and targeting surveillance of food safety hazards linked to climate change. *J Fd Hyg Saf* 11(1): 3-11.
- Northolt MD, Van Egmond HP, Paulsch WE (1979) Ochratoxin A production by some fungal species in relation to water activity and temperature. *J Food Prot* 42(6): 485-490.
- Park SH, Lee JH, Koo HJ, Cho JS, Lim HS, Yoo JH, Hwang SY, Sihm EH, Park YH (2003) The physicochemical changes during storage of red pepper powder dried in hot-air by various processing methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32(6): 876-881.
- Rhee C, Cho SY (1991) Effect of dextrin on sorption characteristics and quality of vacuum frying dried carrot. *Korean J Food Sci Technol* 23(2): 241-247.
- Wu XB, Kim EK, Ra HN, Byeon YS, Kim HY (2016) Antioxidant activity, sensory characteristics, and microbial safety of *Sunsik* with fermented turmeric powder. *Korean J Food Cook Sci* 32(5): 600-608.

Date Received	Oct. 20, 2017
Date Revised	Oct. 30, 2017
Date Accepted	Oct. 30, 2017