pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 38, No. 2, pp. 63~68 (2023)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2023.38.2.63

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

저장조건이 고춧가루 중 곰팡이 생존에 미치는 영향

오도경 · 김중범*
순천대학교 식품공학과

Effect of Storage Conditions on Survival of Fungi in Red Pepper Powder

Do-Gyung Oh, Jung-Beom Kim*
Department of Food Science and Technology, Sunchon National University, Suncheon 57922, Korea

(Received March 31, 2023/Accepted April 12, 2023)

ABSTRACT - In this study, we analyzed the effect of storage conditions on the survival of fungi in red pepper powder. Red pepper powder was inoculated with a total of six fungal species, namely *Aspergillus terreus*, *Aspergillus flavus*, *Rhizopus microsporus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, and *Aspergillus ochraceus* at a final cell count of 4–6 log CFU/g. After inoculating the sterilized red pepper powder with fungi, we dried the powder on a clean bench and packaged it in zipper bags. Following drying, the water activity was 0.502±0.001. Subsequently, the red pepper powder inoculated with fungi was stored at -20°C, 5°C, 15°C, and 25°C. All six species of fungi perished the quickest at 25°C and survived for the longest (168 days) at -20°C. In summary, this study showed that fungi survive for an extended period in red pepper powder at -20°C and 5°C compared to 15°C and 25°C. Therefore, to prevent fungal contamination, red pepper powder should have a water activity below 0.6 and be stored in a zipper bag at room temperature.

Key words: Fungi, Red pepper powder, Temperature, *Aspergillus*, *Rhizopus*

남아메리카가 원산지인 고추는 가지과에 속하는 단일작목으로 우리나라에는 약 400년 전에 도입되었으며[1,2], 붉은색의 매운맛을 가지고 있어 전 세계적으로 다소비되는 향신료 중 하나이다[3]. 고추는 국내 농업생산액의 약 2%를 차지하는 주요 농산물로 대부분 건조된 상태로 저장되고 고춧가루의 형태로 가공되고 있다[3,4]. 건 고추의 생산량은 2017년 55,714톤에서 2021년 92,757톤으로 증가하였고[5], 건 고추 재배 면적은 2017년 28,337 ha에서 2021년 33,373 ha로 증가하였다[5]. 또한 국내 고추 소비량은 헝가리, 미국, 일본과 비교 시 평균 약 10-70배 많은 것으로 보고되고 있다[6]. 강한 매운맛의 선호도가 높은 우리나라에서는 고추와 고춧가루를 이용한 식품의 종류가 점점 증가하고 있으며 김치, 고추장, 조미용 젓갈류 등 다양한 식품에 이용되고 있다[7].

*Correspondence to: Jung-Beom Kim, Department of Food Science and Technology. SunChon National University Suncheon 57922, Korea.
Tel: +82-61-750-3259, Fax: +82-61-750-3208
E-mail: okjbkim@sunchon.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

고추와 고춧가루는 수확 후 건조 및 분쇄, 유통 과정 중에 미생물 오염 가능성이 높아 식품 위생상 문제가 될 수 있다[8]. 2016년 충남 논산 소재의 식품회사에서 생산된 고춧가루에 곰팡이 독소 중 하나인 ochratoxin A가 기준을 초과하여 판매 중단되었다[9]. 또한 고춧가루에 aflatoxin B_1 및 ochratoxin A 등 곰팡이 독소가 검출되어 사회적 문제가 대두되고 있다[10]. 고춧가루는 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 곰팡이 독소의 오염이 높은 식품으로 보고되고 있으며[11], FAO/WHO에서는 식품의 위해요소 등급 중 곰팡이 독소를 중금속, 식품 첨가물, 잔류농약 보다도 상위에 설정하고 있다[12]. 곰팡이는 절대 호기성으로 성장 가능한 수분활성도는 0.70-0.95로 0.88-0.90인 효모, 0.95 이상인 세균에 비해 건조한 환경에서도 증식이 가능하다[13]. Jeong 등[14]이 시중 유통 중인 고춧가루 제품의 미생물 오염도를 분석한 결과, 일반세균은 3.4-6.3 log CFU/g, 대장균군은 불검출 -3.9 log CFU/g, 곰팡이는 2.7-6.3 log CFU/g으로 검출되었다는 보고와 국산 유통 건고추의 ochartoxin A 오염도를 조사한 결과 전남, 전북, 충북, 경북 지역에서 각각 2.0-3.9 μg/kg이 검출되었다는 Kim[15]의 보고로 보아 고춧가루의 미생물 오염도 및 곰팡이 오염도가 높은 것으로 나타났다. 특히 건조한 고춧가루의 경우 수분활성도가

낮아도 생육이 가능한 곰팡이가 증식하여 aflatoxin 및 ochratoxin 등의 곰팡이 독소를 생산할 수 있어 각별한 주의가 필요하다[16,17].

식품 위해 곰팡이에는 *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* 속 등이 있다[18]. *Aspergillus* 속은 *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus* 등이 있으며 aflatoxin, cyclopiazonic acid 등의 독소를 생산하고, aflatoxin 독소는 주로 옥수수, 땅콩, 곡류, 고추 등에서 검출이 된다[19,20]. 또한 aflatoxin 독소는 International Agency for Research on Cancer (IARC)에 의해 group 1 발암물질로 분류되었으며, 면역계의 손상, 급성 간염 등의 질병을 발생시킨다[21]. 식품 섭취에 의한 곰팡이 독소 피해를 방지하기 위해 식품의약품안전처에서는 식품의 곰팡이 독소 함량에 대한 기준을 설정하고 있다[22]. 곰팡이는 수분활성도가 낮은 식품에서 증식하여 곰팡이 독소를 생산하기 때문에 곰팡이 독소 생산을 예방하기 위해서는 곰팡이가 증식하는 환경 조건을 피하는 것이 식품의 안전에 중요하다[20,23].

고춧가루는 고추를 수확한 후 건조, 분쇄하여 유통하는 건조식품으로 수분활성도가 낮아 세균, 효모보다 곰팡이 증식이 용이하고, 곰팡이 증식에 따른 곰팡이 독소가 식품 안전에 주요 문제로 제기되고 있다[24]. 따라서 고춧가루에 곰팡이 독소를 제어하기 위해 고춧가루 중 곰팡이 생육 억제 조건에 대한 연구가 필요한 실정이다. 그러나 현재까지의 연구 결과를 살펴보면 고춧가루의 품질에 관한 연구[25,26]와 잔류 농약에 관한 연구[27,28]에만 국한되어 있고 저장 조건이 고춧가루 중 곰팡이 생육에 미치는 영향 연구는 매우 미약한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 저장 조건이 고춧가루 중 곰팡이 생존에 미치는 영향을 분석하여 고춧가루 중 곰팡이 증식을 제어하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료

본 실험에 사용한 재료는 시중 유통 중인 고춧가루(Chamgoeul, Gimge, Korea)를 구입하여 사용하였다. 고춧가루는 5 kg 단위로 포장된 제품으로 총 40 kg을 시료로 사용하였다.

대상균주

실험에 사용한 균주는 순천대학교 식품공학과 식품위생안전실험실에 보관 중인 고춧가루에서 분리된 균주 6종을 대상으로 하였다(Table 1). 보관 균주는 Potato Dextrose Broth (PDB, Mbcell, Seoul, Korea)에 접종하여 25°C, 7일 배양한 후 Potato Dextrose Agar (PDA, Mbcell, Seoul, Korea)에 도말하여 25°C, 7일 배양한 후 실험에 사용하였다.

접종 균액 제조

Table 1. The list of fungi used in this study

No.	Fungi
1	*Aspergillus terreus*
2	*Aspergillus flavus*
3	*Rhizopus microsporus*
4	*Aspergillus fumigatus*
5	*Aspergillus niger*
6	*Aspergillus ochraceus*

접종 균액은 활성화된 균주 6종을 각각 멸균인산완충희석액에 각각 희석하여 8.0 log CFU/mL가 되도록 조절하였으며 고춧가루에 균액을 접종한 후 최종 농도가 4.0-6.0 log CFU/g이 되도록하였다.

시료 전처리

고춧가루를 Conical tube 50 mL에 소분하여 121°C에서 15분간 멸균 후 건조기(FO-600M, Jeiotech, Daejeon, Korea)에서 24시간 건조하였다. 건조한 고춧가루를 진균실험하여 무균 상태임을 확인한 후 실험에 사용하였다.

수분활성도 측정

수분활성도(water activity, Aw)는 수분활성도 측정기(HP23-AW-A-SET-40, ROTRONIC AG, Bassersdorf, Zurich Schweizerland)를 이용하여 제조사가 제시하는 방법에 따라 고춧가루의 수분활성도를 3회 반복 실험하였다.

시료의 저장

멸균 건조된 고춧가루를 각각 균주별로 지퍼백에 10 g을 취한 후 접종 균액 0.1 mL를 접종하였다. 접종 후 Clean bench에서 30분간 건조하여 밀봉한 후 -20°C, 5°C, 15°C, 25°C 총 4가지 온도로 저장하였다.

저장 조건에 따른 곰팡이 생육 실험

각각 용기에 저장한 검체 전부를 멸균백에 넣고 멸균인산완충희석액을 검체의 10배가 되도록 가한 후 균질기(BagMixer400, Interscience, St Nom, France)로 60초간 균질화하여 시험 원액으로 사용하였다. 시험 원액을 10배 단계 희석하여 각각의 시험 원액과 희석액을 시험 용액으로 하였다. Petri dish 3매에 시험용액 1 mL 씩 접종한 후 PDA (Mbcell)를 분주하여 25°C, 7일간 배양하였다.

Results and Discussion

저장 온도에 따른 고춧가루 중 곰팡이 생존

고춧가루에 *Aspergillus terreus*를 접종한 후 온도별로 저장하여 곰팡이 수를 측정한 결과는 Fig. 1에 나타내었다.

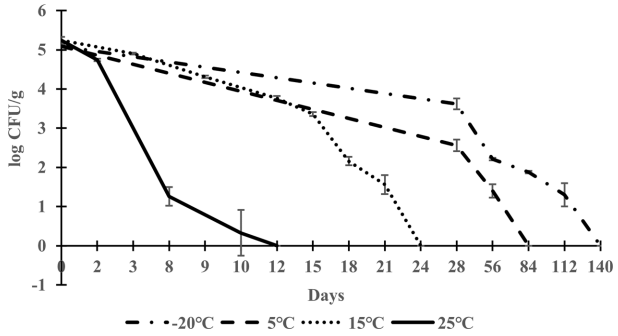

Fig. 1. Effect of storage temperature on survival of *Aspergillus terreus* in red pepper powder

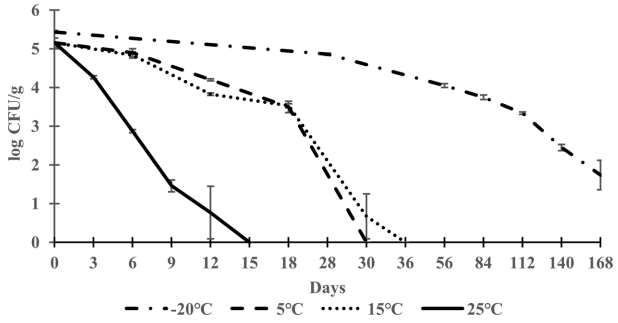

Fig. 2. Effect of storage temperature on survival of *Aspergillus flavus* in red pepper powder

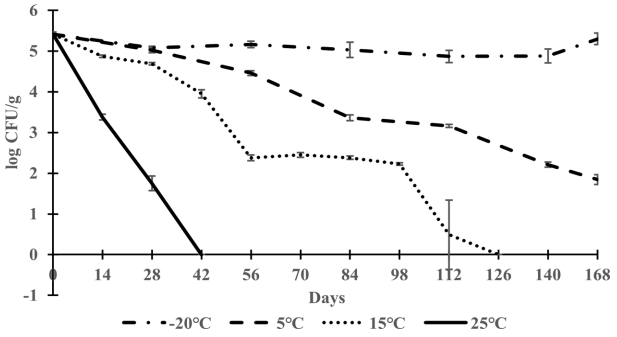

Fig. 3. Effect of storage temperature on survival of *Rhizopus microsporus* in red pepper powder

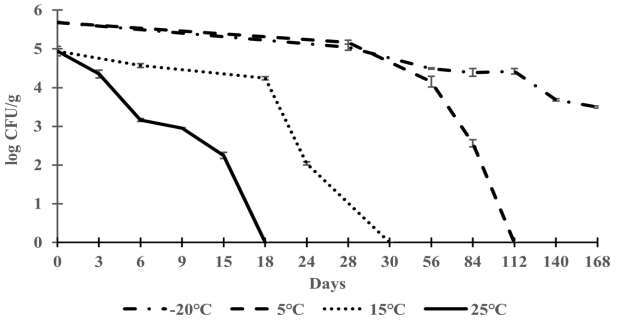

Fig. 4. Effect of storage temperature on survival of *Aspergillus fumigatus* in red pepper powder

25°C에 저장한 고춧가루는 초기 5.24±0.09 log CFU/g이었으며, 8일 차에 1.26±0.24 log CFU/g으로 감소하였고, 12일 차에는 검출되지 않았다. 15°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.24±0.09 log CFU/g이었으며, 18일 차에 2.16±0.11 log CFU/g으로 감소하였고, 24일 차에는 검출되지 않았다. 5°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.09±0.02 log CFU/g이었으며, 28일 차에 2.56±0.15 log CFU/g으로 감소하였고, 84일 차에는 검출되지 않았다. -20°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.09±0.02 log CFU/g이었으며, 56일 차에 2.21±0.03 log CFU/g, 140일 차에는 검출되지 않았다. *Aspergillus terreus*를 접종하여 온도별로 저장한 결과 25°C에서 가장 먼저 곰팡이가 사멸하였고, 이후 15°C, 5°C, -20°C 순서로 사멸하였다.

고춧가루에 *Aspergillus flavus*를 접종한 후 온도별로 저장하여 곰팡이 수를 측정한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 25°C에 저장한 고춧가루는 초기 5.16±0.12 log CFU/g이었으며, 6일 차에 2.87±0.04 log CFU/g으로 감소하였고, 15일 차에는 검출되지 않았다. 15°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.16±0.12 log CFU/g이었으며, 18일 차에 3.53±0.05 log CFU/g으로 감소하였고, 36일 차에는 검출되지 않았다. 5°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.16±0.12 log CFU/g이었으며, 18일 차에 3.50±0.15 log CFU/g으로 감소하였고, 30일 차에는 검출되지 않았다. -20°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.44±0.04 log CFU/g이었으며, 140일 차에 2.45±0.08 log CFU/g, 168일 차에 1.74±0.38 log CFU/g으로 점차 감소하였다. *Aspergillus flavus*를 접종하여 온도별로 저장한 결과 25°C에서 가장 먼저 곰팡이가 사멸하였고, 이후 5°C, 15°C 순서로 사멸하였으며, -20°C는 사멸하지 않았다.

고춧가루에 *Rhizopus microsporus*를 접종한 후 온도별로 저장하여 곰팡이 수를 측정한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 25°C에 저장한 고춧가루는 초기 5.41±0.06 log CFU/g이었으며, 28일 차에 1.75±0.18 log CFU/g으로 감소하였고, 42일 차에는 검출되지 않았다. 15°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.41±0.06 log CFU/g이었으며, 98일 차에 2.23±0.03 log CFU/g으로 감소하였고, 126일 차에는 검출되지 않았다. 5°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.41±0.06 log CFU/g이었으며, 140일 차에 2.21±0.06 log CFU/g, 168일 차에 1.84±0.12 log CFU/g으로 점차 감소하였다. -20°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.41±0.06 log CFU/g이었으며, 168일 차에 5.30±0.14 log CFU/g으로 감소율이 매우 미미하였다. *Rhizopus microsporus*를 접종하여 온도별로 저장한 결과 25°C, 15°C 순서로 곰팡이가 사멸하였으며, 5°C, -20°C는 사멸하지 않았다.

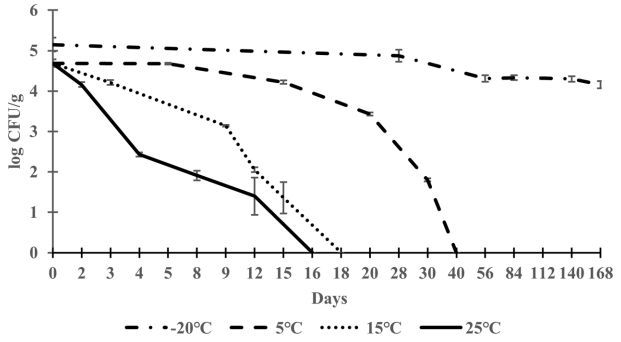

Fig. 5. Effect of storage temperature on survival of *Aspergillus niger* in red pepper powder

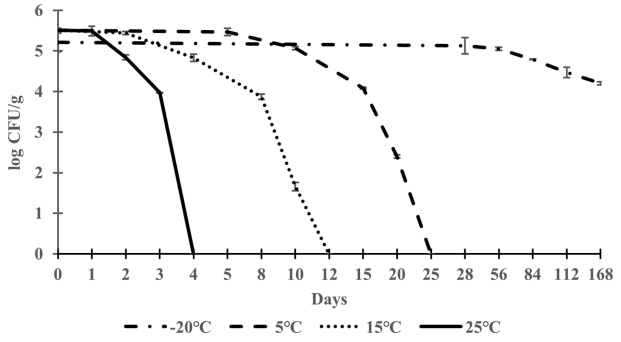

Fig. 6. Effect of storage temperature on survival of *Aspergillus ochraceus* in red pepper powder

고춧가루에 *Aspergillus fumigatus*를 접종한 후 온도별로 저장하여 곰팡이 수를 측정한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 25°C에 저장한 고춧가루는 초기 4.94±0.12 log CFU/g이었으며, 15일 차에 2.25±0.08 log CFU/g으로 감소하였고, 18일 차에는 검출되지 않았다. 15°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 4.94±0.12 log CFU/g이었으며, 24일 차에 2.04±0.04 log CFU/g으로 감소하였고, 30일 차에는 검출되지 않았다. 5°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.68±0.03 log CFU/g이었으며, 84일 차에 2.56±0.09 log CFU/g으로 감소하였고, 112일 차에는 검출되지 않았다. -20°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.68±0.03 log CFU/g이었으며, 112일 차에 4.42±0.07 log CFU/g, 168일 차에 3.50±0.03 log CFU/g으로 점차 감소하였다. *Aspergillus fumigatus*를 접종하여 온도별로 저장한 결과 25°C에서 가장 먼저 곰팡이가 사멸하였고, 이후 15°C, 5°C 순서로 사멸하였으며, -20°C는 사멸하지 않았다.

고춧가루에 *Aspergillus niger*를 접종한 후 온도별로 저장하여 곰팡이 수를 측정한 결과는 Fig. 5에 나타내었다. 25°C에 저장한 고춧가루는 초기 4.69±0.09 log CFU/g이었으며, 4일 차에 2.43±0.05 log CFU/g으로 감소하였고, 16일 차에는 검출되지 않았다. 15°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 4.69±0.09 log CFU/g이었으며, 12일 차에 2.05±0.06 log CFU/g으로 감소하였고, 18일 차에는 검출되지 않았다. 5°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 4.69±0.09 log CFU/g이었으며, 30일 차에 1.80±0.04 log CFU/g으로 감소하였고, 40일 차에는 검출되지 않았다. -20°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.15±0.17 log CFU/g이었으며, 112일 차에 4.32±0.02 log CFU/g, 168일 차에 4.16±0.09 log CFU/g으로 감소율이 매우 미미하였다. *Aspergillus niger*를 접종하여 온도별로 저장한 결과 25°C에서 가장 먼저 곰팡이가 사멸하였고, 이후 15°C, 5°C 순서로 사멸하였으며, -20°C는 사멸하지 않았다.

고춧가루에 *Aspergillus ochraceus*를 접종한 후 온도별로 저장하여 곰팡이 수를 측정한 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 25°C에 저장한 고춧가루는 초기 5.51±0.05 log CFU/g이었으며, 3일 차에 3.97±0.01 log CFU/g으로 감소하였고, 4일 차에는 검출되지 않았다. 15°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.51±0.05 log CFU/g이었으며, 8일 차에 3.87±0.06 log CFU/g으로 감소하였고, 12일 차에는 검출되지 않았다. 5°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.51±0.05 log CFU/g이었으며, 20일 차에 2.40±0.04 log CFU/g으로 감소하였고, 25일 차에는 검출되지 않았다. -20°C에 고춧가루를 저장한 결과 초기 5.21±0.23 log CFU/g이었으며, 84일 차에 4.79±0.01 log CFU/g, 168일 차에 4.20±0.04 log CFU/g으로 감소율이 매우 미미하였다. *Aspergillus ochraceus*를 접종하여 온도별로 저장한 결과 25°C에서 가장 먼저 곰팡이가 사멸하였고, 이후 15°C, 5°C 순서로 사멸하였으며, -20°C는 사멸하지 않았다.

실험 결과를 종합하여 볼 때, 실험에 사용한 *Aspergillus terreus, Aspergillus fumigatus, Aspergillus niger, Aspergillus ochraceus* 등 4 균주는 25°C, 15°C, 5°C 순서로 사멸하였고, *Aspergillus flavus*는 25°C, 5°C, 15°C 순서로, *Rhizopus microsporus*는 25°C, 15°C 순서로 사멸하였으며, 5°C에서는 실험 기간 중 사멸하지 않았다. 또한 -20°C에서는 모든 균주가 실험 기간 중 사멸하지 않고 생존하였다. 곰팡이의 생육 최적 온도는 25-30°C이고 5-30°C의 넓은 범위에서도 생육이 가능한 것으로 보고되고 있다[29]. 또한 최적 수분활성도는 0.8 이상이며, 0.61에서도 환경 조건이 양호할 경우 일부 증식이 가능하다[30], 멸균건조 후 고춧가루의 수분활성도는 0.272±0.011이었으며, 균액을 접종하여 Clean bench에 30분 건조 후 고춧가루의 수분활성도는 0.502±0.001으로 나타났다. 이러한 결과로 보아 25°C, 15°C에 저장한 고춧가루의 경우 접종한 곰팡이의 성장이 가능한 온도이지만, 수분활성도가 낮아 곰팡이가 증식하지 못하고 사멸한 것으로 판단된다. 또한 일반적으로 곰팡이를 보관하기 위해 가장 많이 사용되는 방법은 사면배지에 배양 후 냉장 보관하는 방법으로 3개월에서 1년까지 보존이 가능하다[31]. 곰팡이를 장기간 보존하기 위한 방법으로는 -80°C에

보관하는 냉동보존법이 보고되고 있다[31]. 이러한 보고와 본 연구의 실험 결과를 종합하여 볼 때 고춧가루에 접종된 곰팡이가 냉장, 냉동온도에서는 증식하지 않고 장기간 생존하여 지속적으로 검출된 것으로 판단된다. 따라서 고춧가루를 보관할 경우 곰팡이 증식을 억제하기 위하여 고춧가루를 건조한 후 지퍼팩에 소분하여 상온에 보관하는 것이 가장 효과적이라고 판단된다.

Acknowledgement

이 논문은 2022년 순천대학교 학술연구비(과제번호: 2022-0278) 공모 과제로 연구되었습니다.

국문요약

본 연구에서는 저장 조건이 고춧가루 중 곰팡이 생존에 미치는 영향을 분석하였다. 고춧가루에 *A. terreus, A. flavus, R. microsporus, A. fumigatus, A. niger, A. ochraceus* 등 총 6종의 곰팡이를 접종하여 균액 농도가 4-6 log CFU/g이 되도록 하였다. 곰팡이를 접종한 고춧가루는 Clean bench에 건조하여 지퍼백에 포장한 후 -20°C, 5°C, 15°C, 25°C에 저장하였다. Clean bench에 건조한 고춧가루의 수분활성도는 0.502±0.001이었다. *A. terreus* 등 균주 6종 모두 25°C에서 가장 먼저 곰팡이가 사멸하였으며, -20°C에서 가장 마지막에 사멸하거나 168일 동안 사멸하지 않았다. 따라서 본 연구 결과, 고춧가루의 수분활성도를 0.6이하로 건조한 후 지퍼백에 소분하여 상온에 보관하는 것이 곰팡이로부터 안전할 것으로 판단되었다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Do-Gyung Oh https://orcid.org/0000-0002-9753-2534
Jung-Beom Kim https://orcid.org/0000-0002-0290-2687

References

1. Ku, K.H., Kim, N.Y., Park, J.B., Park, W.S., Characteristics of color and pungency in the red pepper for Kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol*., **33**, 231-237 (2001).
2. Lim, Y.R., Kyung, Y.N., Jeong, H.S., Kim, H.Y., Hwang, I.G., Yoo, S.M., Lee, J.S., Effects of drying methods on quality of red pepper powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*., **41**, 1315-1319 (2012).
3. Lee, H.J., Spicy Hot Flavor Grading of Hot Pepper Powder for kimchi and its Application in Various Cultivars. MA thesis, Yongin University, Yongin, Korea (2013).
4. Hong, S.J, Kim, S.H., The analysis on the production and consumption of red-pepper in Korea, *Korean J. Agric. Sci.*, **40**, 405-410 (2013).
5. Statistics Korea, (2022, March 10). Vegetable production (seasoned vegetables). Retrieved from https://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01&outLink=Y&entrType=
6. Yoon, J. M., JI, J. J., Lim, S. C., Lee, K. H., Kim, H. T., Jeong, H. S., Lee, J. S. Changes in selected components and antioxidant and antiproliferative activity of peppers depending on cultivation. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **39**, 731-736 (2010).
7. Kim, C.H., Ryu, S.H., Lee, M.J., Baek, J.W., Hwang, H.C., Moon, G.S., Characteristics of Red Pepper (Capsicum Annuum L.) Powder Using N_2-Circulated Low Temperature Drying Method, *Korean J. Food Sci. Technol*., **36**, 25-31 (2004).
8. Byun, M.W., Yook, H.S., Kwon, J.H., Kim, J.O., Improvement of hygienic quality and long-term storage of dried red pepper by gamma irradiation, *Korean J. Food Sci. Technol*., **28**, 482-489 (1996).
9. Ministry of Food and Drug Safety, (2022, March 10). collection of red pepper powder detected in excess of ochratoxin A, http://www.nifds.go.kr/brd/m_21/view.do?seq=7791
10. Jegal, S., Kim, J.H., Joo, G.S., Jung, S.J., Na, H.J., Jo, N.G., Lee, J.M., Kim, Y.H., Survey of Aflatoxin B_1 and Ochratoxin A on Commercial Dried Red Pepper and Red Pepper Powder, *J. Food Hyg. Saf.*, **28**, 267-271 (2013).
11. Kim, S.S., Baek, S.G., Hwang, I.J., Kim, S.R., Jung, G.S., Roh, E.J., Jang J.Y., KIM, J.S., Lee, T.R.S., Fungal occurrence in fresh and dried red pepper, *J. Food Hyg. Saf.*, **34**, 571-575 (2019).
12. Park, J.W., Natural Occurrence and the Fate of Major Mycotoxins in Korean Foods. PhD, Korea University, Seoul, Korea (2002).
13. Kwak, Y.S., Shin, H.J., Choo, J.J., Effects of water activity on microbial growth in herb extract, *J. Food Hyg. Saf*., **13**, 77-82 (1998).
14. Jeong, M.S., Ahn, J.J., Akram, K., Kim, G.R., Im, J.G., Kwon, J.H., Microbiological and physicochemical quality characterization of commercial red pepper powders, *J. Food Hyg. Saf.,* **28**, 1-6 (2013).
15. Kim, Y.S., Monitoring of aflatoxin B_1 and ochratoxin A and mold count on the dried red pepper produced in Korea and China purchasing in the market, MA thesis, Chosun University, Gwangju, Korea (2008).
16. Aydin, A., Erkan, M.E., Başkaya, R., Ciftcioglu, G., Determination of aflatoxin B_1 levels in powdered red pepper. *Food control*, **18**, 1015-1018 (2007).
17. Özkan, A., Bindak, R., Erkmen, O., Aflatoxin B1 and aflatoxins in ground red chilli pepper after drying. *Food Addit. Contam.: B Surveill.* **8**, 227-233 (2015).
18. Nam, B.R., Kim, K.Y., Ryu, H.J., Nam, M.J., Shim, W.B.,

Yoon, Y.H., Kim, J.H., Lee, J.W., Byun, M.W., Chung, D.H., Influence of gamma-irradiation on the growth of Aspergillus spp. on feeds for ensuring feed safety, *Korean J. Food Sci. Technol*., **42**, 317-322 (2010).
19. Kim, J.Y., Effect of zygomycetes isolated from meju on Aspergillus mycotoxin production. MA thesis, Kookmin University, Seoul, Korea (2016).
20. Lee, Y.N., Effect of Culture Conditions on Mycotoxin Production and Inhibition of Mycotoxin by Coculture, MA thesis, Seoul University, Seoul, Korea (2016).
21. Groopman, J.D., Donahue, P.R., Zhu, J.Q., Chen, J.S., Wogan, G.N., Aflatoxin metabolism in humans: detection of metabolites and nucleic acid adducts in urine by affinity chromatography, *Proc. Nati. Acad. Sci.*, **82**, 6492-6496 (1985).
22. Yang, Y. S., Lee, H. H., Kim, A. G., Ryu, K. Y., Choi, S. Y., Seo, D. R., Seo, K. W., Cho, B. S. Survey of mycotoxin contamination in grains and grain products. *J. Food Hyg. Saf.*, **34**, 205-211 (2019).
23. Kim, S.Y., Noh, B.S., Oh, D.K., Occurrence of Mold Growth due to Moisture Migration in a Composite Chocolate Product, Korean *J. Food Sci. Technol.*, **29**, 1033-1037 (1997).
24. Jung, J.J., Choi, E.J., Lee, Y.J., Kang, S.T., Effects of infrared pasteurization on quality of red pepper powder, Korean *J. Food Sci. Technol.,* **43**, 156-160 (2011).
25. Lee, Y.K., Quality characteristics of gochujang and kimchi using spicy flavor graded pepper powder, PhD, Yongin University, Yongin, Korea (2014).
26. Hwang, S.Y., An, Y.H., Shin, G.M., A study on the quality of commercial red pepper powder, *Korean J. Food Nutr.*, **14**, 424-428 (2001).
27. Kim, K.I., Kim, H.T., Kyung, K.S., Jin, C.W., Jeong, C.H., Ahn, M.S., Sim, S.W., Yun, S.S, Kim, Y.J., Lee, K.G., Lee, K.D., Lee, W.J., Lim, J.B., Monitoring of pesticide residues in peppers from farmgate and pepper powder from wholesale market in Chungbuk area and their risk assessment, *Korean J. Pestic. sci.*, **10**, 15-21 (2006).
28. Jo, S.A., Kim, E.H., Kim, K.S., Kim, J.H., Park, S.G., Change of the concentration of pesticide residues in pepper powder by storage temperature and storage period, *Korean J. Pestic. sci.,* **13**, 127-132 (2009).
29. Shin, J.H., Yun, B.D., Kim, H.J., Kim, S.J., Chung, D.Y., Soil environment and soil-borne plant pathogen causing root rot disease of ginseng. *Korean J. Soil Sci. Fert*., **45**, 370-376 (2012).
30. Yoo, Y.S., Changes in Microbial growth of dried foods by storage temperature and relative humidity, MA thesis, Yeungnam Univeristy, Gyeongsan, Korea (2018).
31. Shin, M.S., Hong, S.B., Maintenance of filamentous fungi in Korean Agricultural Culture Collection (KACC), *Kor. J. Mycol*., **42**, 97-103 (2014).