

건고추 생산단계 중 고추의 곰팡이 발생

김소수¹ · 백슬기¹ · 황인준¹ · 김세리¹ · 정규석² · 노은정¹ · 장자영¹ · 김점순¹ · 이데레사^{1*}

¹국립농업과학원 유해생물팀,
²경기도 농업기술원 소득자원연구소

Fungal Occurrence in Fresh and Dried Red Pepper

Sosoo Kim¹, Seul Gi Baek¹, Injun Hwang¹, Se-Ri Kim¹, Gysuck Jung², Eunjung Roh¹, Ja Yeong Jang¹,
Jeomsoon Kim¹, Theresa Lee^{1*}

¹Microbial Safety Team, National Institute of Agricultural Sciences, Wanju, Korea
²Gyeonggi-do Agricultural Research & Extension Services, Yeoncheon, Korea

(Received October 23, 2019/Revised November 11, 2019/Accepted November 19, 2019)

ABSTRACT - Fungal occurrence during production of dried red pepper was investigated using red pepper samples collected at harvest, before and after washing, and before, during or after drying. Fungal incidence was evaluated by counting the number of fungal colonies grown after incubating random pepper cuts on potato dextrose agar plates. Washing with ground water had no significant effect on reduction of fungal contamination. Fungal increase was observed in some samples, and the insides of washer and containers were contaminated with fungi. Drying caused significant fungal increase regardless of drying method although the fungal incidence after machine drying was lower than that after greenhouse drying. Fungal increase was observed in the samples being dried in a greenhouse and some mycotoxigenic species were also detected. Therefore, the most important control point for fungal contamination during dried pepper production appears to be the drying process, especially in a greenhouse.

Key words : Drying, Fungi, Red pepper, Washing

고추는 우리나라 농업생산액의 2%를 차지하는 주요 작목이며 고춧가루의 원료이다¹⁾. 고춧가루는 김치와 고추장 등 우리나라에서 소비되는 주요 식품의 주원료 중 하나로서 건고추의 단순 분쇄를 통해 생산되며 우리나라에서 가장 소비량이 많은 향신료이다²⁾. 그러나 고춧가루는 우리나라뿐 아니라 세계적으로 곰팡이독소의 오염이 높은 식품이기도 하다^{3,4)}. 최근 CODEX에서는 고추를 포함한 다소비, 다무역 향신료를 대상으로 곰팡이독소 중 오염빈도가 높은 아플라톡신과 오크라톡신 A의 최대허용기준을 설정하기 위한 작업을 시작하였다⁵⁾. 다소비 식재료인 고춧가루의 안전성을 높이기 위해서는 원재료인 건고추의 안전성이 필수이며 이를 확보하기 위해서는 원재료부터 최종 완제품에 이르는 가공 공정 중 곰팡이 또는 곰팡이독소의 오염지점을 우선 구명해야 한다. 고춧가루 제조공정

의 위생관리를 위한 공정 별 미생물의 오염실태는 국내외에서 세균 위주의 연구가 다수 보고되었다^{4,6,7)}. 그러나 고춧가루의 원재료인 건고추와 건고추의 원재료인 홍고추의 미생물 오염실태는 간헐적인 조사와⁸⁻¹²⁾ 곰팡이독소의 오염수준¹³⁻¹⁷⁾만 보고되었을 뿐 건고추의 생산단계 별 곰팡이의 오염실태는 보고된 바가 없다. 따라서 이 연구에서는 고춧가루의 원재료인 홍고추를 대상으로 수확 후 부터 건고추까지 건고추의 생산단계별 곰팡이 오염실태를 조사하여 건고추 생산 중 곰팡이 오염 관리점을 찾고자 하였다.

Materials and Methods

시료 수집

이 연구에 사용한 시료는 충남의 건고추 생산농가에서 생산된 시설재배 유기농 고추와 노지 관행재배 고추로서 2017년과 2018년에 수집하였다. 시료는 수확 후 고추(포장 수확), 세척 후 고추-지하수 사용 농산물세척기(Hansung SMC-1000, Gimje, Korea) 세척, 비가림하우스

*Correspondence to: Theresa Lee, Microbial Safety Team, National Institute of Agricultural Sciences, 166 Nongsaeongmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju 55365, Korea
Tel: 82-63-238-3401; Fax: 82-63-238-3840
E-mail: tetsy11@korea.kr

내 건조 중(4일째) 고추, 비가림하우스에서 건조된 고추 및 건조기계(Sin-3000, Sinil, Daegu, Korea) 건조 고추를 포함한다.

고추의 곰팡이 발생 분석

고추 시료의 곰팡이 발생조사를 위해 고추 과육을 약 5×5 mm²의 크기로 자른 후 무작위로 파편 105개를 감자한천배지(potato dextrose agar, PDA) 15개 플레이트에 치상하고 25°C에서 5일간 배양한 후 자라나는 총 곰팡이 균총 수를 계수하였다. 모든 고추시료의 곰팡이 발생 빈도는 건조단계의 경우 생물고추와 건조고추 간 약 5배의 중량의 차이가 발생하고 건조중인 고추의 중량은 환산할 기준이 없기 때문에 배지 플레이트 1개(치상 고추 파편 7개)에 발생한 평균 균총 수(CFU, colony forming unit)로 표시하였다.

곰팡이 속(genus)은 균총의 형태와 색, 포자의 형태를 기반으로 동정하였다. 종 동정이 필요한 경우 PDA에서 5일간 배양한 균사체로부터 곰팡이 DNA를 추출하였고¹⁰⁾ ITS4/ITS5 프라이머¹⁸⁾를 사용하여 ITS (internal transcribed spacer) 유전자를 증폭(95°C:10분 변성-[95°C:15초-52°C:30초-72°C:65초]×30사이클-72°C:7분 반응)시킨 후 염기서열 분석하여 종 판별에 사용하였다.

세척수, 세척기, 건조장 내 곰팡이 발생 분석

용수시료는 1 mL을 PDA에 직접 도말하여 위의 조건과 동일하게 배양한 후 총 곰팡이 균총 수를 계수하였다. 용기, 세척기, 바닥 표면의 오염수준은 피펫스왑플러스 키트(3M Pipette Swab Plus, Korea)를 사용하여 측정하였다. 실내 공기는 감자한천배지 플레이트의 뚜껑을 열고 공기에 30분간 노출시킨 후 위와 동일하게 배양하여 조사하였다. 모든 실험은 3반복으로 수행하였다.

통계분석

실험결과의 처리 간 차이는 R 패키지 프로그램(version 3.6.0)을 이용하여 Duncan's new multiple range test를 실시하였으며 P<0.05 수준에서 유의성을 검증하였다. 시료 간 처리 효과의 비교는 t-검정: 쌍체 비교 분석을 수행하였다.

Results and Discussion

세척 단계 고추의 곰팡이 발생

수확한 고추시료에 발생한 평균 곰팡이 수는 2.4-10.5 CFU/플레이트(평균 5.9)로 나타났다(Fig. 1). 수확고추를 세척기를 이용하여 지하수로 1회 세척하였을때 고추 시료의 평균 곰팡이 수는 5.0 CFU로 세척 전에 비해 평균 13.6% 감소하였으나 유의적인 차이는 없었다(P>0.05). 이는 총 5점 중 3점은 세척 전 보다 곰팡이 수가 감소한

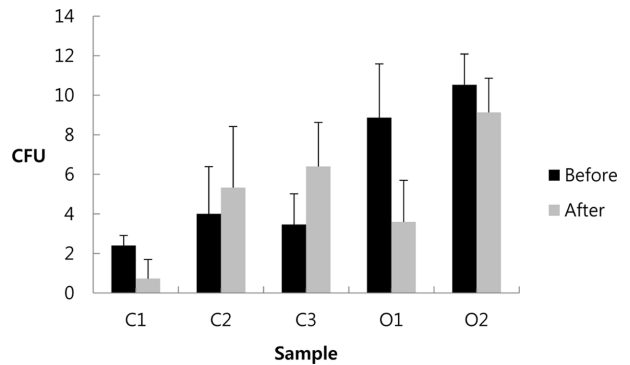


Fig. 1. Fungal incidence in the red pepper samples before and after wash. Fungal incidence was presented as the mean number of total fungal colonies (CFU/plate)±standard deviation. The samples starting with C were conventionally cultivated in a field and those starting with O were cultivated organically in a greenhouse.

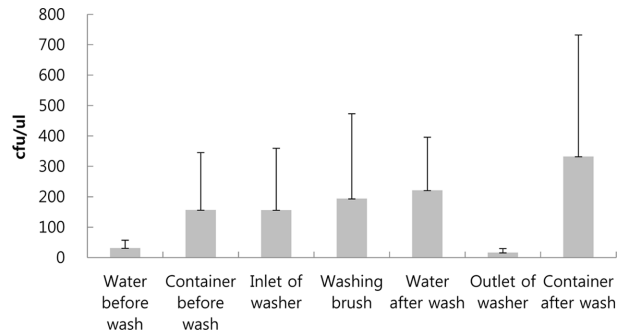


Fig. 2. Fungal incidence in the water, container and washer used in pepper washing. Fungal incidence was measured by swabbing the surface of the sample using a kit or directly spread the water sample on the potato dextrose agar plates. The data was presented as the mean±standard deviation of the samples.

반면 나머지 2점은 곰팡이 발생이 증가하였기 때문이다. 세척효과가 예상보다 크지않은 이유는 세척수 또는 세척기 내부의 오염, 또는 세척 후 더딘 습기 제거 등으로 추정된다. 이에 따라 세척 전, 후 단계를 보다 세분하여 세척 전 후 오염증가의 원인을 구명하고자 하였다. 두 곳의 농가에서 세척에 사용한 세척수의 원수(지하수), 세척 전 후 용수와 세척 전 후 고추 용기, 세척기 투입구, 세척기 내부, 세척솔의 곰팡이 오염수준을 조사하였다(총 4반복). 그 결과, 고추의 세척에 사용하는 용수와 용기의 곰팡이 오염수준은 세척 전 용수보다 용기에서 높게 나타났다(Fig. 2). 오염수준은 두 농가 간 상이하였으며 오염이 심한 농가의 용기 중 가장 곰팡이 오염이 높은 부위는 세척 후 고추를 담은 용기(615 CFU/μL)였고 세척기 투입구(390 CFU /μL), 세척전 용기(290 CFU/μL), 세척기 통솔(202 CFU/μL 세척기 나오는 곳(23 CFU/μL)의 순으로 오염이 높았다. 반면 오염이 적은 농가는 세척기 투입구 21 CFU/

μL, 세척기 통솔 14 CFU/μL, 세척기 나오는 곳 1 CFU/μL으로 곰팡이 오염이 매우 낮았다. 용수는 두 곳 모두 세척 전 곰팡이가 비검출 또는 22 CFU/μL 검출되었으나 세척 후 용수에서는 433 CFU/μL과 293 CFU/μL 으로 각각 증가하였다. 이 결과는 용수보다는 세척기 내부와 세척 전후에 사용하는 고추 운반 용기가 곰팡이에 오염되었음을 보여주며, 따라서 세척과정에서 곰팡이 오염을 저감하기 위해서는 세척기 내부와 고추 운반 용기를 청결하게 관리해야 함을 시사한다.

건조 단계 고추의 곰팡이 발생

세척한 고추는 열풍 건조(건조 기계 사용) 또는 태양 건조(비가림하우스 내 건조 포함) 등을 거쳐 건조된다. 이중 태양 건조는 일반 농가에서 소규모로 건조하는 경우 많이 사용하는 방법이며 상업적으로 건조추를 생산하는 농가에서는 건조기 또는 비가림하우스 내 건조법을 주로 사용한다. 이 연구에서 기계 건조와 비가림하우스 내 건조 결과를 비교한 결과, 건조 방법에 관계없이 평균 곰팡이 수가 건조 후에 유의하게 증가하였다(Fig. 3A). 그러나 기계 건조한 고추의 평균 곰팡이 수(6.1 CFU)는 비가림하우스 건조한 고추(9.1) 보다 유의하게 낮았다($P<0.05$). 기계 건조의 경우 55-60°C의 온도에서 3일간 건조하는 동안 곰팡이가 대부분 사멸할 것으로 예상하였으나 조사 시료 5점 모두 곰팡이가 여전히 발생하였고 2점(C1, O1)의 경우 오히려 증가하였다(Fig. 3B). 이는 기계 건조 조건에서 곰팡이 포자가 완전히 사멸되지 않았기 때문인 것으로 추정되며 기계 건조가 완료된 후에도 위생관리가 필요하다는 것을 시사한다.

비가림하우스에서 건조한 모든 시료에서는 건조 후 곰팡이 발생이 증가하였다. 비가림하우스 건조의 경우 7-10 일 동안 건조하므로 건조 4일째 건조 중 시료를 조사하였는데 그 결과, 5점 중 4점의 시료에서 곰팡이 수가 건조 전에 비해 증가 하였지만 유의차는 없었다(Fig. 3C). 최종 건조 시료의 경우 6점 중 5점에서 건조 중 시료보다 곰팡

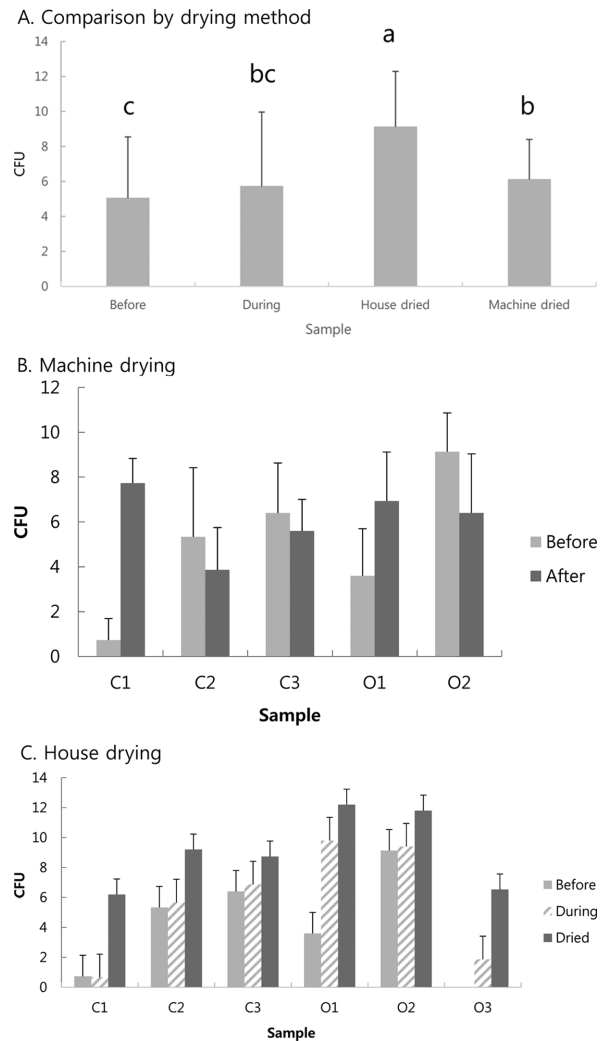


Fig. 3. Fungal incidence in the red pepper samples before, during and after drying. A, comparison by drying method; B, machine drying; C, greenhouse drying. The ‘during’ samples were taken at 4th day from the greenhouse. Fungal incidence was presented as the mean number of total fungal colonies (CFU/plate)±standard deviation. Means with the same letter (panel A) are not significantly different. The samples starting with C were conventionally cultivated in a field and those starting with O were cultivated organically in a greenhouse.

Table 1. Number of *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. occurred in red pepper samples during drying process.

Sample ¹⁾	Before drying		During drying (greenhouse)		Greenhouse dried		Machine dried	
	Asp ²⁾	Pen ²⁾	Asp	Pen	Asp	Pen	Asp	Pen
C1	0	0	1	3	2	0	1(1)	7
C2	0	0	13(7)	27	10(5)	18	9(1)	3
C3	0	6	0	0	9	10	8	0
O1	0	5	18(6)	53	29(12)	59	32(3)	5
O2	0	4	0	0	28(5)	10	9	0
O3	nt ³⁾	nt	0	4	0	2	1(1)	3

¹⁾ The samples starting with C were conventionally grown in a field, while those starting with O were organically grown in a greenhouse.

²⁾ Asp, *Aspergillus* spp.; Pen, *Penicillium* spp.; The number in parenthesis is the sum of *Aspergillus flavus* and *A. ochraceus*.

³⁾ nt, not tested

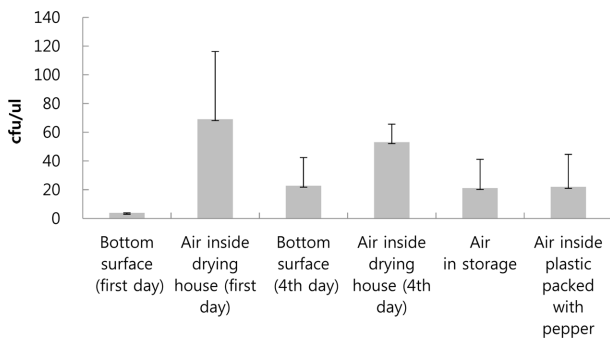


Fig. 4. Fungal incidence inside a greenhouse for drying. Fungal incidence was measured by swabbing the surface using a kit or exposing the potato dextrose agar plates in the air. The data was presented as the mean±standard deviation of the samples.

이 수가 증가하였으며 이는 건조 전과 건조 중에 비해 유의하게 증가한 결과이다. 비가림하우스 건조의 경우 기계 건조보다 건조 기간이 길고, 출입구와 측면이 열려있어 토양 입자 등에 의해 오염될 수 있으며, 야간에는 온도가 낮아지는 등 주변의 환경에 따라 크게 영향을 받을 수 있는 구조이기 때문에 건조 기간 중 곰팡이 발생 또는 증식이 가능한 것으로 추정된다. 특히 일부 시료에서는 곰팡이독소 생성이 가능한 *Aspergillus flavus*, *A. westerdijkiae*와 *A. ochraceus* 균주 및 *Penicillium* 속 균이 건조과정 중 검출되거나 증가하였다(Table 1). 건조고추에 독소 생성균이 존재할 경우 고춧가루 가공공정을 통해 곰팡이가 사멸되더라도 이미 생성된 독소가 건조고추와 고춧가루에 잔존할 수 있다. 이와 같이 건조 중에 곰팡이 발생이 증가하는 원인을 찾기 위해 건조 시작 시점과 건조 4일째 건조장의 바닥 표면과 공기를 채취하여 곰팡이 발생을 조사하였다. 그 결과 건조장 바닥은 건조 4일째 곰팡이가 증가한 반면 공기는 첫날보다 감소하였다(Fig. 4). 그리고 곰팡이의 발생 총량이 건조고추와 세척용기에 비해 낮았으며 건조고추를 보관하는 비닐백의 내부 공기는 건조장 공기 보다 더 낮게 나타나 건조를 시작한 이후 고추의 곰팡이 발생은 주변의 환경보다는 고추에 존재하는 곰팡이로부터 유래한 것으로 추정된다. 건조 후 곰팡이 발생량을 기준으로 두 건조법을 비교하면 기계 건조가 비가림하우스 건조보다 곰팡이 감소에 효과적임을 알 수 있다.

이상의 결과는 고추의 수확 후 건조고추 생산 단계 중 건조 단계가 곰팡이 증식이 일어날 수 있는 주요 관리점임을 시사한다. 지하수 1회를 이용한 세척은 곰팡이 수 감소에 효과적이지 않았으며 세척기와 운반용기 위생관리가 필요한 것으로 보인다. 반면 건조단계, 특히 비가림하우스 건조의 경우 기계건조보다 곰팡이 수 증가 폭이 컸으므로 곰팡이 오염 관리가 집중적으로 필요한 중요한 단계라고 볼 수 있다. 그러나 기계건조에서도 곰팡이 수가 증가하

였으므로 건조고추의 곰팡이 오염저감을 위해서는 건조방법에 관계없이 건조 관리에 신경을 써야할 것으로 생각된다. 또한 건조고추는 고춧가루로 제조되기 전까지 수개월간 장기 저장하는 경우가 많으므로 고춧가루 제조 전 원료 건조고추의 안전성을 확인한 후 사용한다면 고춧가루의 안전성 향상에 도움이 될 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호: PJ012676)의 지원에 의해 이루어진 것임.

국문요약

수확, 세척 전후, 건조 전후와 건조 중의 고추 시료를 사용하여 건조고추의 생산 단계 중 곰팡이발생을 조사하였다. 곰팡이 발생량은 무작위 고추 과편을 감자한천배지에 치상하여 배양한 후 자라는 균총수를 계수하였다. 고추 세척기를 이용한 1회 세척은 곰팡이 수 감소에 효과적이지 않았고 세척기 내부와 고추 운반용기에서 곰팡이 오염이 관찰되었다. 건조 고추의 곰팡이 수는 건조 방법에 관계없이 건조 전에 비해 유의하게 증가하였으며 기계 건조 고추가 비가림하우스 건조 고추보다 유의하게 낮았다. 비가림하우스 건조 중 고추의 곰팡이 수가 증가하였고 독성 곰팡이 종도 검출되었다. 따라서 건조고추 생산 단계 중 가장 중요한 곰팡이 관리점은 건조 단계이며 그 중 비가림하우스 건조로 볼 수 있다.

References

- Kim, S.H., World trends in dried red pepper industry. *World Agr.* **166**, 73-92 (2014)(In Korean).
- Ministry of Food and Drug Safety, (2019, October 24). Production of food manufacturing and processing establishments. Retrieved from http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=145&tblId=TX_14503_A062.
- Aydin, A., Erkan, M.E., Baskaya, R., Ciftcioglu, G., Determination of aflatoxin B1 levels in powdered red pepper. *Food Control*, **18**, 1015-1018 (2007).
- Ozkan, A., Bindak, R., Erkmen, O., Aflatoxin B1 and aflatoxins in ground red chilli pepper after drying. *Food Additiv. Contam. Part B*, **8**, 227-233 (2015).
- Codex Committee on Food Additives and Contaminants, (2019, May 15). Report. Retrieved from <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/meetings/detail/en/?meeting=CCCF&session=13>.
- Jung, J.J., Choi, E.J., Lee, Y., Kang, S.T., Effects of infrared pasteurization on quality of red pepper powder. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **43**, 156-160 (2011).

7. Woo, H.I., Kim, J.B., Choi, J.H., Kim, E.H., Kim, D.S., Park, K.S., Kim, E.J., Eun, J.B., Om, A.S., Evaluation of the level of microbial contamination in the manufacturing and processing company of red pepper powder. *J. Food Hyg. Saf.*, **27**, 427-431 (2012).
8. Hung, N.B., Yun, B., Kim, W.I., Jung, G., Lee, T., Roh, E., Kim, H.J., Lee, S., Kim, S.R., Analysis of the microbial contamination levels in dried red pepper during production. *Kor. J. Food Preserv.*, **25**, 279-287 (2018).
9. Jeong, A.R., Jo, M.J., Koo, M.S., Oh, S.W., Ku, K.H., Park, J.B., Kim, H.J., Microbiological contamination of fresh-red pepper and packaged-red pepper powder in South Korea. *J. Food Sci. Nutr.*, **15**, 233-238 (2010).
10. Ham, H., Kim, S., Kim, M.H., Lee, S., Hong, S.K., Ryu, J.G., Lee, T., Mycobiota of ground red pepper and their aflatoxigenic potential. *J. Microbiol.*, **54**, 832-837 (2016).
11. Sagoo, S.K., Little, C.L., Greenwood, M., Mithani, V., Grant, K.A., McLauchlin, J., Pinna, E., Threlfall, E.J., Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs from production and retail premises in the United Kingdom. *Food Microbiol.*, **26**, 39-43 (2009).
12. Jeong, B.R., Seo, S.M., Jeon, H.J., Roh, E.J., Kim, S. R., Lee, T., Ryu, J.G., Ryu, K.Y., Jung, K.S., Evaluation on microbial contamination in red pepper and red pepper cultivated soil in Korea. *J. Food Hyg. Saf.*, **33**, 347-353 (2018).
13. Fazekas, B., Tar, A., Kovacs, M., Aflatoxin and ochratoxin A content of spices in Hungary. *Food Additiv. Contam.*, **22**, 856-863 (2005).
14. 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 B1 and ochratoxin A on commercial dried red pepper and red pepper powder. *J. Food Hyg. Saf.*, **28**, 267-271 (2013).
15. Kang, K.J., Kim, H.J., Lee, Y.G., Jung, K.H., Han, S.B., Park, S.H., Oh, H.Y., Administration of mycotoxins in food in Korea. *J. Food Hyg. Saf.*, **25**, 281-288 (2010).
16. Kim, D., Jang, H., Kim, Y., Ahn, J., Survey for contamination and study for reduction of ochratoxin A and aflatoxin in red pepper. *J. Food Hyg. Saf.*, **24**, 299-306 (2009).
17. Lee, W., Sa, J.H., Lee, H.H., Shin, I.C., Shim, H.Y., Bae, C.M., Kim, N.S., You, M.J., Han, K.S., Safety assessment of aflatoxins, ochratoxin A and fumonisins in Gangwon province foodstuffs. *Rep. Inst. Health & Environ.*, **24**, 25-38 (2013).
18. White, T.J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J., 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In, Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., White, T.J (Eds), PCR protocols: a guide to methods and applications. Academic Press, San Diego, pp. 315-322.