pISSN 1229-1153 *J. Fd Hyg. Safety*
Vol. 27, No. 3, pp. 301~305 (2012)

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

기후변화에 따른 떡류의 미생물학적 위해관리를 위한 권역별 모니터링

최송이 · 정세희 · 정명섭 · 박기환 · 정영길[1] · 조준일[2] · 이순호[2] · 황인균[2] · 박경진[3] · 오덕환[4] · 전향숙[5] · 하상도*
중앙대학교 식품공학부, [1]㈜참맛, [2]식품의약품안전청, [3]군산대학교, [4]강원대학교, [5]한국식품연구원

A Monitoring for the Management of Microbiological Hazard in Rice-cake by Climate Change

Song-Yi Choi, Se-Hee Jeong, Myung-Seop Jeong, Ki-Hwan Park, Young-Gil Jeong[1], Joon-Il Cho[2], Soon-Ho Lee[2], In-Gyun Hwang[2], Gyung-Jin Bahk[3], Deog-Hwan Oh[4], Hyang-Sook Chun[5], and Sang-Do Ha*
School of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Korea
[1]Harvest Charm-Foods Co., Ltd., Korea, [2]Korea Food & Drug Administration
[3]School of Food and Nutrient, Kunsan National University, Korea
[4]School of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Korea, [5]Korea Food Research Institute
(Received January 31, 2012/Revised March 9, 2012/Accepted August 22, 2012)

ABSTRACT - This study was conducted to investigate the microbiological contamination levels in rice cakes and rice flour due to climate change in three areas classified to their temperature and precipitation. We investigated the contamination levels of total aerobic bacteria, coliforms, *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* of rice flour and 3 rice cakes such as Garaetteok, Sirutteok and Gyeongdan. Contamination levels of total aerobic bacteria in rice flour were 4.9 log CFU/g. In a total of 70 rice flour, yeasts & molds and coliforms were detected in 42 and 52 samples at the levels of 43 CFU/g and 1.29 log CFU/g, respectively. *S. aureus* were detected in only 1 rice flour (1.66 log CFU/g) out of 70. In an investigation of contamination levels in rice cakes, the population of total aerobic bacteria were highest in Gyeongdan (5.18 log CFU/g) and coliforms were highest in Gareattock (2.93 log CFU/g). There was no detection of *E. coli* and *B. cereus* except for only 1 Gareattock (1.20 log CFU/g). There were no differences of contamination levels among the three areas. If constant monitoring of rice cakes and rice flour is conducted on the basis of this study, it is expected to be able to analyze the change of contamination levels in rice cakes and rice flour due to climate change.

Key words: climate change, microbiological contamination, rice cake, Garaetteok, Sirutteok

지난 100여 년간 한반도의 평균 기온은 전 지구 평균 상승 정도인 0.76℃ 보다 2배 정도 높은 1.5℃ 가량 상승했다[1]. 겨울은 짧아지고 여름은 길어졌으며, 한국 근해의 해수면도 매년 1~2 mm씩 상승한 것이 관측되었다[1]. 지난 수 백 년간 서서히 축적되어 오던 기후변화가 근래 심각한 문제로 대두되면서 국제적으로 기후변화에 대응하기 위한 국제간 기후변화 협의체(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)가 설립되었으며, 한반도 역시 기후변화에 대응하고 있다[2]. 20 세기 말 우리나라의 아열대 기후구는 제주도와 남해안 일부 지역에 국한되어 있지만, 2100년에는 아열대 기후가 북상하여 서울을 포함한 서해안(강화 제외)과 동해안, 남해안의 모든 지점이 아열대 기후구로 변화할 것이라고 예측되고 있다[3]. 이처럼 기온이 상승하는 아열대 기후구로의 변화는 수인성이나 식품매개 질환 증가에 영향을 미치며[4,5], 환경 변화로 인한 식중독 유발 미생물의 분포 및 발생양상에 변화를 초래하게 될 것이다. 지난 10년간 우리나라의 식중독 발생건수는 증가하는 경향을 보이고 있으며[6], 페루에서는 1977~1998년 엘니뇨 발생 기간 동안 이상기온에 의한 설사증세로 병원에 입원한 어린이의 수가 2배 가량 증가하였다[4]. 이러한 이유로 국내에서도 기후변화에 따른 식중독 문제의 대응방안을 위한 연구가 진행되고 있지만 아직은 미미한 수준이다.

Oh 등[7]이 실시한 "기후변화에 따른 식중독 세균 영향분석"에서 전문가 설문조사를 통해 국내에서 기후변화에 크게 영향을 받을 것으로 예상되는 주요 식품으로 즉석섭취편의식품과 떡류가 선정되었다. 떡류의 소비는 꾸준히

*Correspondence to: Sang-Do Ha, School of Food Science and Technology, Chung-Ang University, Ansung 456-756, Korea
Tel: 82-31-670-4831, Fax: 82-31-675-4853
E-mail: sangdoha@cau.ac.kr

증가하고 있으며 쌀 가공식품인 떡류의 시장규모는 2008년 기준 1조 1천억 원으로 총 식품매출액의 약 2%를 차지하고 있다[8]. 쌀 소비촉진 정책의 일환으로 2010년 "쌀 소비촉진 가공기술 산업화 연구사업단"이 출범했으며, 쌀 가공식품 시장은 지속적으로 확대될 것이고, 쌀 가공식품 시장의 60% 이상을 차지하는 떡류 산업도 함께 성장하게 될 것이다.

그러나 떡은 소비자가 구입 후 별도의 조리과정 없이 섭취하며, 수분활성도가 약 0.96이상[9,10]으로 미생물이 증식하기에 적합한 환경을 갖고 있어 미생물학적 안전문제를 야기할 가능성이 높다. 실례로2010년 한국소비자원이 시중 유통 떡류의 안전성을 조사한 결과[11] 대장균과 *Bacillus cereus*가 검출되는 등 위생상태가 취약한 것으로 나타났다.

이에 본 연구에서는 소비가 증가할 것으로 예상되는 떡류의 미생물학적 문제를 확인하고자 전국을 3개 권역으로 나누어 위해 미생물 모니터링을 실시하였다.

재료 및 방법

샘플링 지역 설정

샘플링 지역 설정은 Park 등[12]의 연구에서 기상청이 60개 지점에서 25년간 관측한 기온과 강수특성을 분석하여 우리나라를 3개의 기후대로 나눈 결과를 토대로 진행하였다. 이 연구에서는 전국을 강원 영동지역을 포함한 1권역(연 평균 기온 11.7°C, 연 평균 강수량 1,286.6 mm), 경기와 충청지역을 포함한 2권역 (11.3°C, 1,263.4 mm), 그리고 영호남과 해안지역을 포함하는 3권역 (13°C, 1,346.9 mm)으로 분류하였다[12]. 본 연구에서는 각 권역별 두 개의 지역을 지정하여 1권역은 강릉・평창, 2 권역은 수원・대전, 3권역은 밀양・남원에서 시료를 구입하였다.

실험재료

본 연구에서는 떡류를 제조공정에 따라 원료 쌀을 찐 후 압출해서 만드는 흰떡류, 원료를 층으로 쌓은 후 찌는 전통떡류, 그리고 고물을 넣거나 묻히는 성형 떡류 등 세 가지로 분류하였다. 흰떡류에서는 가래떡, 전통떡류에서는 시루떡, 성형떡류에서는 경단을 모니터링 대상 떡으로 선정하였다. 각 떡은 종류별로 10개씩, 권역별로 회당 90개의 떡을 구입하였고, 2011년 6월부터 8월에 걸쳐 2회 실시하여 총 180개의 떡을 샘플링하였다. 떡은 생산 후 2시간 이내의 제품을 구입하여, 포장된 상태로 아이스박스에 넣어 6시간 이내로 실험실로 운반하였다. 운반한 시료는 멸균된 가위와 집게를 이용하여 무균적으로 채취하였다. 떡의 주 원료인 쌀가루는 전국에서 골고루 채취한 70점이 시료로 사용되었다.

실험방법

70점의 쌀가루와 180점의 떡류에 대해 총호기성균, 진균, coliform, *Escherichia coli*와 식중독 세균인 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*를 식품공전의 일반시험법[13] 에 준하여 분석하였으며, 각 시료를 3반복 실험하였다. 검체에 0.1% Peptone water (Oxoid, UK)를 가하여 균질화한 후, 10배씩 계열 희석하여 각 단계 희석액을 균수 측정에 사용하였다. 총호기성균수는 희석액 1 mL를 접종한 페트리디쉬에 Plate Count Agar (PCA, Difco, USA)를 분주하여 37°C에서 24~48시간 배양 후 colony를 계수하였다. 진균수 측정을 위해 희석액 1 mL 를 접종한 페트리디쉬에 Potato Dextrose Agar (PDA, Difco, USA)를 분주하여 25°C에서 5~7일간 배양한 후 계수하였다. Coliform과 *E. coli* 균수 측정을 위해 희석액 1 mL를 Petrifilm *E. coli* count (PEC, 3M Microbiology Product, USA)에 접종 후, 37°C에서 24~48시간 배양하여 기포를 형성한 집락 중 붉은색은 coliform, 푸른색은 *E. coli*로 계수하였다. *B. cereus* 균수는 Mannitol Egg Yolk Polymyxin Agar (MYP, Difco, USA)에 희석액을 0.2 mL씩 5장에 도말하여 30°C에서 24시간 배양 후 집락주변에 lecithinase를 생성하는 혼탁한 환이 있는 분홍색 집락을 계수하였다. *S. aureus*는 Baird-Parker Agar (Difco, USA) 3장에 0.3 mL, 0.4 mL, 0.3 mL씩 도말하여 37°C에서 48시간 배양한 후 투명한 띠로 둘러싸인 광택의 검정색 집락을 계수하여 균수를 측정하였다. *Cl. perfringens* 균수 측정을 위해 1 mL의 희석액에 Tryptose-Sulfite-Cycloserine Agar (TSC, Oxoid, UK)를 분주하여 37°C에서 24시간 동안 혐기배양한 후, 검은색 집락을 계수하였다. 각 식중독세균의 확인시험은 API kit (BioMerieux, France)를 이용하여 생화학 검사를 실시하였다.

결과 및 고찰

쌀가루의 미생물 오염도

떡의 주 원료인 쌀가루에서 미생물의 오염도를 알아보기 위해 전국에서 채취한 70개의 쌀가루에서 미생물 오염도를 측정해 Table 1에 나타내었다. 쌀가루에서 평균 4.9 log CFU/g의 총호기성균이 검출되었으며, 진균류는 70개 시료 중 42개 시료에서 평균 43 CFU/g 검출되었고, coliform은 52개 시료에서 평균 1.29 log CFU/g 검출되었다. 식중독세균은 1개의 쌀가루시료에서만 1.66 log CFU/g의 *S. aureus*가 검출되었다. Kim 등[14]의 연구결과에서는 쌀에서 평균 4.3 log CFU/g의 총호기성균이 검출되었고 coliform은 27개 쌀 중 14개에서 평균 3.2 log CFU/g로 본 실험보다는 다소 높은 오염도를 보고했다. 본 실험결과와 유사하게 Lee 등[15]의 연구에서도 쌀에서 총호기성균은 3~4 log CFU/g의 오염

Table 1. Microbiological contamination levels of rice flour

	Total aerobic bacteria (log CFU/g)	Yeast & Molds (CFU/g)	Coliforms (log CFU/g)	*E. coli*	*B. cereus*	*S. aureus* (log CFU/g)	*Cl. perfringens*
Rice flour	70/70 (4.90) [a] [< 1.58-7.92] [b]	42/70 (43.69) [< 1.00-675.00]	52/70 (1.29) [< 1.00-3.00]	ND [c]	ND	1/70 (1.66)	ND

[a]Positive no./ total (average)
[b][< Minimum-Maximum]
[c] ND(Not detected) : < 10 CFU/g

도를 보였으며 *Cl. perfringens*는 모든 시료에서 검출되지 않았다고 보고했다. 본 연구에서는 *B. cereus*가 검출되지 않았지만 Kim 등[14]의 연구에서는 27개의 쌀 시료 중 5건에서 1 log CFU/g 미만으로 검출되었고, Lee 등[15]의 연구에서도 6개의 쌀 제품 중 2개에서 1~2 log CFU/g 수준으로 검출된 사례가 있다. 또한 Park 등[16]의 연구에서는 32개의 시료 중 4건에서 *S. aureus*가 검출된 바 있다. 이러한 연구를 종합해 본 결과, 떡류에는 3~4 log CFU/g 수준으로 총호기성균이 검출되는 것으로 볼 수 있으며, 쌀에서는 식중독세균인 *B. cereus*와 *S. aureus*가 오염되어 있을 가능성이 높고, *Cl. perfringensd*의 오염가능성은 낮은 것으로 판단된다.

떡류의 미생물 오염도

각 떡의 미생물 오염도 측정 결과를 Table 2에 나타내었다. 총호기성균은 시루떡에서 3.48 log CFU/g로 가장 낮게 검출되었으며, 가래떡에서는 4.13 log CFU/g, 경단에서는 5.18 log CFU/g로 경단에서 가장 높은 수준의 일반세균이 검출되었다. 이는 경단에 첨가되는 고물이 가열공정을 거치지 않고 사용되는 특성상 고물의 제균이 과정이 이루어지지 않아 총호기성균이 높게 검출된 것으로 생각된다. 진균은 세 가지 떡 모두에서 비슷한 수준으로 검출되었다. Coliform의 경우 시루떡과 경단보다 가래떡에서 높은 수준으로 검출되었다. 이는 시루떡의 공정 특성상 압출 후 냉각수로 식히는 과정이 포함되어 주기적으로 냉각수를 교체해 주지 않을 경우, 물에서 오염 될 가능성이 클 것으로 예상된다. 모든 떡에서 *E. coli*는 검출되지 않았으며, 가래떡 1개에서 *B. cereus*가 1.2 log CFU/g 검출된 것을 제외하고는 모든 떡에서 다른 식중독균은 검출되지 않았다. 그러나 한국소비자원의 "시중유통 떡류 안전성 실태조사 결과"[11]에서는 2007년부터 2010년까지 떡에서 부패·변질로 인한 식중독이 50건 이상 발생했다고 발표한 바 있다. 이는 소비자들이 떡류를 구매 후 유통・보관하는 과정에서 교차오염 또는 미생물의 증식으로 인한 발병으로 예상된다. 본 실험에서는 검체를 제조 직후 저온 보관하여 바로 균수를 측정했기 때문에 일반세균이나 식중독세균의 검출률이 낮은 것으로 사료되나 실제 판매과정에서는 온도와 시간이 경과하므로 증식된 균수로 판매될 것이다. 떡에서의 미생물학적 위해를 관리하기 위해서는 원료와 제조 공정뿐만 아니라 유통단계에서의 온도와 시간 등 미생물 위해요소에 대한 관리가 필요하며, 소비자가 떡을 구매 후 보관 및 섭취 하는 요령에 대한 관리가 필요하다고 사료된다.

시중 판매중인 떡류의 미생물 오염도를 국내 기후대에 따라 분류한 각 3개 권역별로 살펴 보았을 때, 총호기성균 및 식중독세균수는 권역별로 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3). 이는 우리나라의 기후가 아직까지는 지역별로 큰 차이를 보이지 않기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 Kwon등[3] 은 트레와다의 기후구 분류 기준에 의해 우리나라의 기후구 변화를 예측해 보았을 때 남해안일대에서부터 아열대기후구가 점차 북상하여 2050년에는 동해안 일대의 대부분의 지역이 아열대기후구로 변화할 것으로 예측하였다. 이처럼 기후변화는 단기간 내에 일어나는 것이 아니기 때문에 1년간 2회의 모니터링, 그리고 제한된 샘플 수로는 기후변화의 영향으로 인한 미생물 오염수준의 변화 영향을 결론지을 수 없을 것이다. 그러므로 동일 지역에 대한 장기간의 연속성 있는 모니터링 연구가 필요하며, 본 연구 결과는 향후 "기후변화로 인한 떡류에서 미생물 오염도 변화추이 분석"을 위한 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

Table 2. Microbiological contamination levels of three kinds of rice cakes

Microorganisms \ Kinds of rice cake	Ga-re-dduk	Si-ru-dduk	Kyung-dan
Total aerobic bacteria (log CFU/g)	60/60 (4.13) [a] [< 1.27-7.16] [b]	60/60 (3.48) [< 1.29-6.21]	60/60 (5.18) [< 1.69-7.20]
Yeast & Molds (CFU/g)	16/60 (5.34) [< 1.00-24.00]	10/60 (2.75) [< 1.00-9.00]	15/60 (4.00) [< 1.00-13.50]
Coliforms (log CFU/g)	37/60 (2.93) [< 0.54-5.49]	13/60 (1.50) [< 0.18-5.47]	19/60 (1.25) [< 0.40-3.28]
E. coli	ND [c]	ND	ND
B. cereus (log CFU/g)	1/30 (1.20)	ND	ND
S. aureus	ND	ND	ND
Cl. perfringens	ND	ND	ND

[a]Positive no./ total (average)
[b][< Minimum-Maximum]
[c]ND(Not detected) : < 10 CFU/g

Table 3. Microbiological contamination levels of three kinds of rice cakes sold in each area

Microorganisms \ Kinds of rice cake		Total aerobic bacteria (log CFU/g)	Yeast & Molds (CFU/g)	Coliforms (log CFU/g)	*E. coli*	*B. cereus* (log CFU/g)	*S. aureus*	*C. perfringens*
Area 1	Ga-re-dduk	60/60 (4.44) [a] [< 1.74-7.16] [b]	6/20 (3.17) [< 1.00-5.50]	12/20 (3.54) [< 0.74-5.49]	ND [c]	ND	ND	ND
	Si-ru-dduk	60/60 (3.61) [< 1.40-5.80]	2/20 (6.50) [< 4.00-9.00]	4/20 (1.89) [< 0.54-3.91]	ND	ND	ND	ND
	Kyung-dan	60/60 (5.89) [< 4.30-7.20]	2/20 (3.25) [< 3.00-3.50]	5/20 (0.93) [< 0.40-1.42]	ND	ND	ND	ND
Area 2	Ga-re-dduk	60/60 (3.88) [< 1.30-6.93]	7/20 (5.43) [< 1.50-24.00]	13/20 (2.81) [< 0.54-4.95]	ND	ND	ND	ND
	Si-ru-dduk	60/60 (3.31) [< 1.64-6.21]	3/20 (1.67) [< 1.00-2.00]	2/20 (1.12) [< 0.18-2.06]	ND	ND	ND	ND
	Kyung-dan	60/60 (4.20) [< 1.69-6.47]	4/20 (3.00) [< 1.00-7.00]	3/20 (1.40) [< 0.40-3.15]	ND	ND	ND	ND
Area 3	Ga-re-dduk	60/60 (4.11) [< 1.27-5.90]	3/20 (9.50) [< 5.00-17.00]	12/30 (2.45) [< 1.75-4.31]	ND	1/30 (1.20)	ND	ND
	Si-ru-dduk	60/60 (3.51) [< 1.29-5.38]	5/20 (1.90) [< 1.00-4.50]	7/20 (1.39) [< 0.18-5.47]	ND	ND	ND	ND
	Kyung-dan	60/60 (5.41) [< 3.74-6.36]	9/20 (4.61) [< 1.00-13.50]	11/20 (1.36) [< 0.40-3.28]	ND	ND	ND	ND

[a]Positive no./ total (average)
[b][< Minimum-Maximum]
[c]ND(Not detected) : < 10 CFU/g

감사의 글

본 연구는 2011년도 식품의약품안전청 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(10162기후식995)에 의해 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

요 약

본 연구는 기후변화에 따른 떡류에서의 미생물 안전성 평가를 위해 전국을 온도와 강수량에 따라 3개의 권역으로 나누어 떡류와 떡의 주원료인 쌀가루의 미생물학적 오염도 모니터링을 실시하였다. 떡의 재조공정에 따라 흰떡, 전통떡, 성형떡 3가지로 분류하였고, 가래떡, 시루떡, 경단을 대표 떡으로 샘플링하였다. 쌀가루에서의 총호기성균은 평균 4.9 log CFU/g, 진균은 70개의 시료 중 42개에서 검출되었으며(평균 43 CFU/g), coliform은 52개 시료에서 평균 1.29 log CFU/g 수준으로 검출되었다. 식중독균은 1개의 시료에서만 1.66 log CFU/g의 *S. aureus*가 검출되었다. 떡류에서의 미생물 오염도는 고물을 묻히는 경단에서 총성호기성균이 가장 높았고, coliform은 냉각수에서 식히는 가래떡에서 가장 높은 오염도를 나타냈다. 진균은 세 가지 떡 모두 비슷한 수준으로 검출되었다. 현재까지는 권역별로 떡류의 미생물 오염도의 유의적인 차이가 나타나진 않았으나, 향후 본 연구결과를 토대로 지속적인 떡류에서의 미생물 모니터링 연구가 이루어진다면 기후변화로 인한 오염도 변화추이를 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 기상청: 기후변화 현황 및 대책 수립, 기후변화정보센터 (www.climate.go.kr) (2008).
2. Korea Food and Drug Administration: Analysis of effect climate change on the occurrence of food poisoning and establishment of management system (2009).
3. Kwon, Y.A., Kwon, W.T., Boo, K.O. and Choi, Y.E.: Future projections on subtropical climate regions over South Korea using SRES A1B data, *J. Korean Geogr. Soc.,* **42**, 355-367 (2007).
4. Checkley, W., Epstein, L., Gilman, R., Figueroa, D., Cama, R., Patz, J. and Black, R.: Effects of EI Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children*, Lancet*, **355**, 442-450 (2000).
5. UK Department of Health: Health effects of climate change in the UK "Food poisoning and climate change" (2001).
6. 김정선, 식중독의 체계적 관리시스템 구축, 식품의약품안전청연구보고서 (2007).
7. 오덕환: 기후변화대응 식품안전관리 2-1세부 기후변화에 따른 식중독 세균 영향분석, 식품의약품안전청연구보고서 (2010).
8. Kim, M.R.: The status of Korea's rice industry and the rice processing industry, *Food Ind. Nutr.*, **16**, 22-26 (2011).
9. Koh, B.K: Development of the method to extend shelf life of

Backsulgie with enzyme treatment, *Korean J. Soc. Food Sci*., **15**, 533-538 (1999).
10. Oh, M.H., Shin, H.C., Park, J.D., Lee, H.Y., Kim, K.S. and Kum, J.S.: Effect of added trehalose and enzyme on the qualities of Backsulgie, *J. Korea Soc. Food Sci. Nutr.,* **39**, 992-998 (2010).
11. 한국소비자원: 시중유통 떡류 안전성 실태조사 결과보고서 (2010).
12. Park, C.Y., Choi, Y.E., Moon, J.Y., and Yun, W.T.: Classification of climate zones in South Korea considering both air temperature and rainfall, *J. Korean Geogr. Soc.,* **44**, 1-16 (2009).
13. 식품의약품안전청: 식품공전 (2011).
14. Kim, S.H., Kim J.S., Choi, J.P., and Park, J.H.: Prevalence and frequency of food-borne pathogens on unprocessed agricultural and marine products, *Korean J. Food Sci. Technol*., **38**, 594-598 (2006).
15. Ministry for Food, Agriculture, Forestry, and Fisheries: Processing technology for high-quality rice flour by microbial decontamination (2005).
16. Korea Food and Drug Administration: Control and attenuation of harmful microorganisms on fresh produce (2001).