J. Milk Sci. Biotechnol.
Vol. 33. No. 1, pp. 47~57(2015)

# Sodium Chloride가 치즈의 품질에 미치는 영향과 저염치즈 개발 기술: 총설

†천정환[1,2] · †김현숙[3] · †김동현[1] · †김홍석[1] · 송광영[1*] · 정동관[4] · 김수기[2] · †서건호[1]

[1]건국대학교 수의과대학 및 KU 식품안전연구소, [2]건국대학교 동물생명과학대학 동물자원학과
[3]건국대학교 수의과대학 수의생리학전공, [4]고신대학교 자연과학대학 식품영양학과

# The Effect of Sodium Chloride on the Quality of Cheese and Upcoming Technologies for Manufacturing Reduced-Sodium Cheeses: A Review

†Jung-Whan Chon[1,2], †Hyun-Sook Kim[3], †Dong-Hyeon Kim[1], †Hong-Seok Kim[1], Kwang-Young Song[1*], Dong-Gwan Jeong[4], Soo-Ki Kim[2] and †Kun-Ho Seo[1]

*[1]KU Center for Food Safety and College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea*
*[2]Dept. of Animal Science & Technology, College of Animal Bioscience & Technology, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea*
*[3]Dept. of Veterinary Physiology, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea*
*[4]Dept. of Food & Nutrition, College of Natural Science, Kosin University, Busan 606-701, Korea*

## Abstract

Sodium is an essential nutrient with very important functions, including regulation of the extracellular fluid volume and active transport of molecules across the cell membranes. Since high levels of dietary sodium are associated with a high prevalence of hypertension, prehypertension, and other adverse effects on health, many national and international health organizations (WHO, FAO, etc.) recommend that sodium intake should be significantly decreased. In developed nations, cheese products, from among many processed foods, can cause high salt intake. Hence, there is an urgent need to reduce the content of salt in cheese processing, using various substitutes of sodium chloride (NaCl). In general, salt (NaCl) has been used as a food preservative to limit and (or) kill the growth of foodborne pathogens and spoilage organisms by decreasing the water activity, and to improve texture and flavor. To maintain public health, the salt content in cheese should be decreased without influencing the physicochemical properties of cheese. Therefore, the objective of this review is to outline the upcoming technologies used to reduce the salt content in different types of cheese using various substitutes.

Keywords: cheese, NaCl, substituents of NaCl, physicochemical properties

## 서 론

염분 과다 섭취와 건강합병증(위암, 신장결석, 당뇨병)의 연관성을 제시하는 증거가 많이 있으며, 골다공증을 악화시키는 요칼슘 손실 또한 증가시키는 것으로 알려져 있다 (El-Bakery *et al*., 2001; El-Bakery, 2012). 하지만 염분 과다 섭취의 가장 큰 문제는 고혈압, 심장마비, 뇌졸증 등의

† These authors contributed equally to this study.
* Corresponding author: Kwang-Young Song, KU Center for Food Safety and College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea. Tel: +82-2-450-4121, Fax: +82-2-3436-4128, E-mail: drkysong@gmail.com

질병 위험 증가와 연관되어 있다는 것이다. 나트륨 섭취를 줄임으로써 혈압을 낮출 수 있다(Sultanpur *et al*., 2011). 일일 NaCl 최대 권장량은 2.4 g이지만, 선진국 국민들은 일일 NaCl 최대 권장량의 5~6배 정도를 섭취하고 있기에(WHO, 2010), NaCl 섭취를 줄일 것을 권하고 있다. 대부분의 식이성 나트륨은 서방국가에서 섭취하는 치즈를 포함한 가공식품 내에 함유되었다고 보고된 바가 있다(Salih *et al*., 2011). 치즈는 다용도로 사용할 수 있는 유제품이며, 풍성한 영양이 농축되어 있지만, 사람들은 높은 수치의 지방과 나트륨을 함유하고 있는 식품으로 또한 인식하고 있다(ref). 치즈의 제조 과정 중에 첨가되는 NaCl은 치즈에 함유된 나트륨의 주요 원천이다(El-Bakery, 2012). 본 총설 논문은 여러 치즈에 함유된 NaCl에 대한 검토하고, 더 나아가서 치즈 내 NaCl의 함유량 및 NaCl 함유량 감소 방법, NaCl의 역할 등을 다루었다. 또한 본 총설논문의 모든 자료들은 이미 발표된 다양한 문헌 등을 정리하여 서술하였다.

## 염(Salt)이 건강에 미치는 영향

사람은 고나트륨 식품을 섭취하면서 살아갈 수 있다. 1985년부터 1987년까지 진행된 혈압 및 전해질 배출에 관한 연구에 의하면 평균 요중 나트륨 배출량은 0.02 mmol/d (브라질에 거주하는 Yanomamo Indians)에서 242 mmol/d (중국 천진 지역 거주민)였다(Doyle and Glass, 2010). 이 결과는 일일 나트륨 섭취량의 범위(0.0046~5.6 g)와 일치한다. 유럽과 북미에 사는 사람들의 평균 일일 나트륨 섭취량은 2.3 g(100 mmol)~4.3 g(187 mmol)이었다. 1996년부터 1999년까지 진행되었던 연구결과를 비롯한 성인 및 어린이의 나트륨 섭취량에 대한 다양한 자료들이 최근에 재검토되었다(Brown *et al*., 2009).

식이성 나트륨의 약 98%는 장에서 흡수된다. 대부분의 나트륨은 주로 신장을 통해 체외로 배출되며, 그 외의 나트륨은 땀과 함께 체외로 배출된다. 건강한 성인의 나트륨 섭취량과 요중 나트륨 배출량은 비슷하다. 나트륨은 필수영양소로 나트륨의 양이온은 주로 세포외액량 및 혈장농도를 조절한다. 그 외에도 세포의 막전위에 영향을 주며, 분자의 능동수송에 관여한다. 칼륨 및 칼슘의 양이온은 나트륨과 상호작용하여 생리학적 작용에 영향을 준다(Adrogue and Maias, 2008).

교감신경계와 여러 종류의 호르몬은 건강한 사람이 다양한 수치의 식이성 염분에 적응하도록 하며, 나트륨 섭취량에 따라 땀과 소변으로 배출되는 나트륨의 수치를 조절하여 혈장의 나트륨 농도를 유지한다. 하지만 사람들이 나이를 먹어감에 따라 또는 만성질환에 걸림에 따라 신장기능이 저하되면서 전해질의 항상성 조절에 문제가 발생한다. 나트륨 배출 능률이 감소할수록, 혈장농도는 증가하며, 그 결과 고혈압을 발생시켜 심장혈관계에 스트레스를 준다. 고혈압은 관동맥성 심장병, 뇌졸증, 말기 신장질환 등의 질병의 위험성을 증가시킨다(He and MacGregor, 2007).

### 1. 고혈압

미국 성인의 약 2/3은 고혈압(untreated systolic blood pressure, SBP > 139 mm or diastolic blood pressure (DBP) > 89mm) 또는 전고혈압(SBP 120 to 138 mm, DBP 80 to 89 mm) 환자이다. 고혈압이 지속적으로 유지될 경우, 당뇨병, 심장병, 뇌졸증, 신장질환 등의 질병의 발생위험을 증가되므로, 고혈압을 억제하거나, 낮추는 방법은 건강을 향상시킨다(Dickinson and Havas, 2007). 연령, 체질량 지수, 활동수준, 식이성 나트륨 및 칼륨 등의 요소는 혈압에 영향을 주지만, 고혈압의 주요 원인은 식이성 나트륨이라고 보고되었다(Hollenberg, 2006).

몇몇 사람들은 "염분에 민감"한데, 이런 사람들이 저염분 식품을 섭취하면 혈압이 크게 내려가지만 반면, "염분에 저항성"이 있는 사람들은 염분의 영향을 받지 않는다. 염분 민감성은 고혈압, 당뇨병, 만성신장질환, 대사증후군 등의 질환을 앓고 있는 환자 및 40대 이상의 성인과 아프리카계 미국인에게서 주로 발견된다(Chen *et al*., 2009). 미국 질병관리본부에서는 약 70%의 미국 국민의 고혈압 위험성이 높다고 예측하고 있다(US CDC, 2009). 다양한 연구결과를 종합하면 염분 민감도는 성별에 따라 다르다(He *et al*., 2009). 이 연구에 의하면 남성과 여성이 똑 같은 양의 나트륨을 섭취하였을 경우, 남성에 비해 여성의 혈압 저하 정도가 높았다. 염분 민감도는 연령, 체질량 지수, 식습관 변화 등의 요소와 연관되어 있을 가능성이 있다(Hoffman *et al*, 2008).

나트륨이 혈압 및 순환계에 미치는 영향에 대한 기전은 아직까지 명확하게 밝혀지지 않았다. 염분 저항력이 있는 사람에 비해 염분에 민감한 사람은 요중 나트륨 배출량이 낮다고 제기된 바가 있다. 혈장농도, 심박출량, 혈압 저항 등의 증가는 높은 혈청나트륨 수치를 유발하며, 몇몇 사람들로부터 이와 같은 증상을 발견할 수 있다. 하지만 건강한 흑인 성인을 대상으로 진행된 연구는 염분에 민감한 사람과 저항성이 있는 사람이 비슷한 양의 염분을 섭취하였을 경우, 두 사람의 혈청나트륨 수치, 혈청농도, 심박출량이 비슷하게 증가하는 현상을 보였다. 그러나 염분에 민감한 사람들과는 달리 염분 저항성이 있는 사람들의 혈관은 확장했으며, 혈압은 크게 증가하지 않았다(Schmidlin *et al*., 2007).

여러 연구 결과들을 정리하면 염분 과다 섭취가 혈압 증

가와 연관이 있다고 설명한다. 공업화되지 않은 지역의 거주민 중 소수의 집단에서 나트륨 섭취량 및 혈압이 낮은 것을 발견했으며, 많은 집단을 분석한 결과, 자료를 통해 요중 나트륨 배출량이 혈압과 관련 있다는 것을 알게 되었다(ICRG, 1988). 4,600명의 성인들(미국, 영국, 일본, 중국)의 혈압, 식품회수기록, 요중 나트륨 수치를 연구한 결과를 통해 나트륨 등의 식품 요소는 혈압에 영향을 준다고 보고했다(Brown *et al*., 2009).

농촌화된 지역에 거주하는 사람들은 활동적이며, 과체중인 사람이 적고, 공업화된 지역에 거주한 사람들과의 유전적인 측면에서도 다르게 나타났다. 하지만 고립지역 주민들이 도시로 이주할 경우, 앉아서 생활하는 시간과 염분섭취량이 증가하며, 칼륨섭취량은 감소하고, 유전적 특성과는 상관없이 도시생활에 적응할수록 고혈압은 증가되는 경향을 보였다(He and MacGregor, 2007).

1960년대 말의 자료에 의하면 관동맥성 심장병으로 인해 사망한 핀란드인은 매우 많았다. 이에 핀란드에서는 심혈관계 질환을 감소시키려는 시도가 이루어졌으며, 건강을 증진시키기 위한 공익캠페인과 식품공업과 협력하여 저염분 식품 생산을 개발하기 시작했다. 그 결과, 1979년부터 2002년까지 핀란드 사람의 염분섭취량은 12~13.2 g/d에서 8.6~9.5 g/d로 감소했으며, 이 기간 동안 체질량 지수가 증가했음에도, 남성의 평균 SBP는 8 mm로 감소했다(Laatikainen *et al*., 2006). 한편, 일본, 중국, 포르투갈에서도 식이성 나트륨 섭취를 감소시킴으로써 국민의 혈압을 낮출 수 있었다(He and MacGregor, 2007, 2009).

식이성 나트륨 수치의 감소가 인체에 주는 영향에 대해 회의적인 사람들이 혈압수치가 정상인 사람과 비정상인 사람을 대상으로 식이성 나트륨 섭취의 증가 또는 감소가 혈압에 주는 영향을 실험하였는데, 체내의 나트륨 농도를 급격하게 상승시킨 사람과 짧은 시간 동안 (1주 이내) 체내의 나트륨 농도를 급격하게 저하시킨 사람은 서로 다른 반응을 나타내었다(Taubes, 1998). 최근에 보고된 무작위 교차연구에 의하면 저항성 고혈압 환자가 저나트륨(7일 동안 매일 50 mmol/d)/고나트륨(7일 동안 250 mmol/d) 식품을 섭취하였을 때, SBP(22.7 mm Hg)와 DBP(9.1 mm Hg)가 크게 감소했다(Pimenta *et al*., 2009).

최소 1달 동안 진행된 28개의 식사 개입 연구에 대한 메타분석은 식이성 나트륨 섭취를 줄일 경우, 혈압이 감소했다고 보고하였다. 염분섭취량을 6 g salt/d로 낮췄을 경우, 고혈압 환장의 SBC가 평균 7 mm Hg 감소했으며, 혈압수치가 정상인 사람의 혈압은 4 mm Hg Hg 감소했다(He and MacGregor, 2002). 무작위 이중맹검교차법을 사용하여 염분의 감소에 대해 분석한 결과는 나트륨 섭취를 줄일수록 백인, 흑인, 황인의 혈압은 감소하며, 영국인의 혈압은 약간 증가한다고 나타냈다(He *et al*., 2009).

칼륨 등의 식이성분은 혈압에 영향을 주는데, 풍부한 칼륨(원천: 과일, 채소, 저지방 유제품)을 제공하는 DASH(Dietary Approaches to Stop Hypertension) 식이요법은 혈압을 효율적으로 낮추어 준다(Adrogue and Madias, 2008). "전형적인 미국식" 식이요법(control)과 DASH 식이요법을 비교한 연구에 의하면 DASH 식이요법을 실천하는 사람들의 평균 SBP가 전형적인 미국식 식이요법을 하는 사람들보다 낮으며, 두 식이요법에 함유된 나트륨의 수치(전형적인 미국식 식이요법: −6.7 mm, DASH 식이요법: −3 mm)를 감소시켰을 경우에 SBP는 감소한다. 또한 DASH 식이요법을 실천하는 사람들이 식이성 나트륨 섭취를 감소할 경우, SBP가 더 크게 감소한다. 한편, "전형적인" 식이요법을 실천하는 고혈압 환자 및 아프리카계 미국인의 혈압 감소 수치가 다른 사람들에 비해 더 높았다(Sacks *et al*., 2001).

더 나아가서 여러 종의 동물을 대상으로 한 연구는 염분 과다섭취가 혈압을 증가시킨다고 보고하였다(He and MacGregor, 2007). 고칼륨 및 고/저나트륨을 함유한 식품을 침팬지가 섭취하였을 경우, 침팬지의 SBP와 DPB는 저나트륨 식품을 섭취한 침팬지보다 낮았다(Elliott *et al*., 2007). 동물을 대상으로 한 염분 섭취 및 고혈압의 연관성에 대한 장기 실험은 독특한 2가지 증상을 나타냈다. (1) 염분 섭취량이 증가할수록 혈압은 급상승하며, (2) 건강한 사람의 혈압 또한 시간이 지날수록 느린 속도로 증가한다. 몇몇 종을 대상으로 진행된 실험을 통해 장기간 동안 증가한 혈압 수치는 사람의 연령과 연관되어 있으며, 다시 낮출 수 없는 것으로 밝혀졌다(van Vliet and Montani, 2008).

### 2. 심혈관 질환 (CVD)

고혈압은 신진대사장애(예: 비만, 인슐린 저항, 혈중 지질 증가)를 일으켜 CVD의 위험성을 증가시키는 요소로 알려져 있다. 24시간 동안 배출된 700명 이상의 사람들의 요중 나트륨 수치를 분석한 결과는 높은 수치의 나트륨 배출량과 고혈압 및 비만 사이에 연관성을 보였다(Hoffmann *et al*., 2008). 체내 나트륨 수치가 높을 경우, 혈액이 흐를 때 전단응력이 발생되어 동맥 내피에 위치한 평활근 이완 기능이 손상되며, 이와 같은 손상은 심혈관계 질환의 위험성을 증가시킨다. 150 mmol 또는 3.46 g 나트륨/d가 함유된 식품을 섭취한 사람의 동맥 확장능력과 비교하였을 때, 50 mmol 또는 1.15 g 나트륨/d가 함유된 식품을 섭취한 비만인 사람의 동맥 확장능력은 향상되었지만, 이러한 생리적 변화는 혈압과 관련은 없었다(Dickinson *et al*., 2009).

심혈관계 질환은 오랜 시간 동안 진행되며, 여러 가지 요

소(예: 식이성 변수, 생활방식)의 영향을 받기 때문에, 나트륨 섭취 및 심혈관계 질환과 사망률 사이의 상관관계를 설명하는 것은 어렵다. 여러 논문들이 제시한 역학적 증거는 나트륨 섭취와 CVD 사이의 정적인 상관관계를 나타내지 않으며(Alderman, 2006; Walker *et al*., 2007), 이를 설명하는 연구 결과들이 최근에 발표되었다.

- 2,275명의 전고혈압 성인환자를 대상으로 18개월 동안 진행된 연구에 의하면 요중 나트륨/칼륨 비율을 통해 심혈관계 질환에 걸리는지에 대한 여부를 알 수 있었다(Cook *et al*., 2009).
- 387명의 CVD 환자의 요중 나트륨, 칼륨, 나트륨/칼륨 비율은 뇌졸증, 심근 경색과 연관성은 없었다(Geleijnse *et al*., 2007).
- 최근 여러 자료를 분석하여 식이성 나트륨 수치와 CVD 사이에 역관계를 밝혀냈지만, 이 결과는 통계적으로 무의미하였다(Cohen *et al*., 2008).
- 식이성 나트륨 섭취 감소에 대한 상담을 받은 중재집단의 심혈관 질환 발생률이 25% 낮다는 것을 나타냈다. 이 연구에 참여한 참여자들의 연령은 30~54살이었으며, 모두 전고혈압 환자였다(Cook *et al*., 2007).
- 관동맥성 심장병 및 뇌졸증의 발병률과 DASH 식이요법의 섭취 사이의 연관성에 대해 연구하였는데, 연구에 참여한 간호사들의 식이요법이 24시간 동안 7번 평가되었다. DASH 식이요법과 유사한 식습관을 가진 간호사들은 뇌졸증 또는 관동맥성 심장병에 걸릴 확률이 낮았다(Fung *et al*., 2008). 이는 DASH 식이요법에 함유된 저염분, 고칼륨 등의 요소가 이와 같은 질병을 예방하는 효과가 있는 것을 사료된다.

### 3. 뼈 질환

건강한 사람은 섭취된 식이성 칼슘의 약 27%를 흡수한다. 하지만 내장이 섭취하는 칼슘 수치는 혈청 칼슘 농도, 비타민 D 및 다른 영양소의 존재 유무에 따라 다르다. 신진대사와 세포간 물질(예: 칼슘, 나트륨) 수송은 관련되어 있으며, 고염분 식이요법은 칼슘 보존과 골밀도에 영향을 준다. 여러 연구 자료에 의하면 고염분 섭취와 요중 칼슘 손실 사이에 상관성이 있다(Lin *et al*., 2003; Frings-Meuthen *et al*., 2008). 예를 들어, 11.2 g salt/d를 함유한 식품을 섭취한 폐경기 여성의 요중 칼슘 배출량은 3.9 g salt/d를 섭취한 여성의 요중 칼슘 배출량보다 높았다(Teucher *et al*., 2008). 연령, 성별, 폐경 여부, 식품에 함유된 여러 가지 요소들이 칼슘뇨증에 기여하는 것으로 알려져 있다.

증가한 요중 칼륨 수치가 항상 직접적으로 골밀도 또는 골교체에 영향을 주는 것은 아니다. 칼슘뇨증 환자는 권장 칼슘량(50세 이상의 여성의 경우, 1,200 mg/d)을 섭취하여 질병을 완화시킬 수 있다. 칼슘뇨증을 앓고 있는 사람들의 일일 칼슘 섭취량이 600 mg/d 이하일 경우, 소화해서 흡수하는 칼슘보다 더 많은 칼슘이 소변으로 배출되기 때문에 질병을 치료할 수 없다. 폐경기 후의 여성을 대상으로 한 최근 연구는 나트륨을 섭취함에도 저칼슘 식이요법(518 mg/d)을 실천하는 여성의 뼈 칼슘균형은 음성이라고 보고했다. 적당한 수치의 칼슘 식이요법(1,284 g/d)을 하는 여성의 뼈 칼슘균형은 양성이었다(Teucher *et al*., 2008).

여러 식이성 성분들은 나트륨 및 칼슘대사에 영향을 준다. 전통적인 미국 식이요법보다 약 3배의 칼슘, 마그네슘, 칼륨을 함유하고 있는 DASH 식이요법은 성인의 골교체를 감소시킨다(Lin *et al*., 2003). 과일과 채소는 풍부한 칼슘을 함유하고 있을 뿐만 아니라, 대사과정 중에 염기성 이온 (예: 탄산수소염)을 생성하는 구염산염과 같은 물질 또한 함유하고 있다(Sebastian *et al*., 2002). 염분 섭취에 관한 연구는 염화나트륨과는 달리 탄산수소나트륨은 요중 칼슘수치를 증가시키지 않는 것을 보여줬다(Schoppen *et al*., 2008).

여러 종류의 식품 내에서 형성되는 순산을 비교한 결과, 전형적인 미국식 식이요법은 경미한 증상의 대사성산증(평균 +48 mEq/d)을 유발하는 반면, 농경 이전 사람들이 섭취하는 음식들은 염기성 식품(평균 −88 mEq/d)이었다(Sebastian *et al*., 2002). 현대인들이 가장 많이 섭취하는 음식 중 하나인 곡물은 체내에서 대사작용을 거친 후에 acidosis를 생산한다(Frassetto *et al*., 2007). 임상실험 결과, 염화나트륨의 섭취가 증가할수록 가벼운 대사성산증이 발생하는 것으로 드러났다. 증상이 경미한 대사성산증은 과일 또는 채소의 섭취가 부족하거나, 염화나트륨이 과다 함유된 식품을 섭취로 인한 가벼운 증상의 대사성산증은 골흡수 및 칼슘 배출량을 증가시킨다(Morris *et al*., 2006).

### 4. 기타 질병들

몇몇 연구는 고나트륨 섭취가 위암, 신장결석, 천식 등의 질병과 연관되어 있을 가능성을 제기하였다(Doyle and Glass, 2010). 비록 이 주장에 대한 증거 자료는 부족하지만, 나트륨 과다섭취는 특정 질병의 증상을 악화시킨다고 보고된 바가 있다(He and MacGregor, 2009). 예를 들어, 요중 칼슘 수치가 증가하면, 수산칼슘 결석 형성이 증가한다는 것이다(Obligado and Goldfarb, 2008).

## 식품에 있어서 Sodium의 기능

### 1. 맛 향상

짠맛은 인간이 지각하는 기본적인 맛 중의 하나다. 신생

아는 단맛, 신맛, 쓴맛에는 확실하게 반응하나, 짠맛에는 반응하지 않는다. 생후 4~6개월의 기간 동안 염분에 대한 신생아의 반응은 적극적으로 증가한다. 저체중은 아동기에 염분에 적극적으로 반응하는 것과 상관관계가 있으며, 이후 생애에서는 고혈압과 상관관계를 가진다(Beauchamp and Mennella, 2009).

나트륨 화합물, 예컨대 염화나트륨, 글루탐산소다는 음식 가운데 일부 다른 성분들의 맛을 향진시킨다. 염분은 치즈의 맛에 영향을 끼치며, 저지방제품에 더 많은 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 또한 염분은 쓴맛을 억제시킨다. 인구의 25%가 미각 불능자(보통 수준의 쓴맛을 내는 화합물에 무감각한 사람들)이며, 또 다른 25%는 미각이 뛰어난 사람(쓴맛을 내는 화합물에 아주 민감한 사람들)이다. 따라서 음식에 넣는 염분의 양을 크게 줄일 경우, 소비자의 1/4은 음식이 입에 맞지 않다고 할 것이며, 다른 1/4의 소비자는 맛의 변화를 전혀 알아채지 못할 것이다(Doyle and Glass, 2010).

천연치즈에 함유된 염화나트륨의 수치 범위는 제품에 따라 0.7~6%이다. 염분은 미생물 성장에 영향을 주며, 치즈의 숙성과정에 특징적으로 중요한 맛 합성물 또는 쓴 합성물을 생산하는 지방질 분해효소와 단백질 부내효소의 활동에 심대한 영향을 미친다(Guinee and O'Kennedy, 2007). 치즈 또는 시큼한 맛이 나는 반죽을 생산하는 starter culture의 성장과 물질대사활동은 염화나트륨의 함량수치에 따라 촉진되거나 위축된다(Johnson *et al*., 2009). 식품 내에서의 기능을 제외하고도 이 미생물들은 중요한 아로마 향과 맛을 내는 화합물을 합성한다(Man, 2007).

### 2. 조직 개선

염화나트륨은 식품 내에 존재하는 주요 요소들과 상호작용하여 식품의 질감을 변형시킨다(Xiong, 2007). 예를 들면, 염분은 단백질 수화작용을 도와주며, 단백질과 지방의 결합을 더욱더 강하게 한다. 단백질 용해도와 치즈의 수분 함유량 또한 염분의 영향을 받는다(Pedro and Nunes, 2007). 결과적으로 염분은 식품의 유변학, 질감, 조리 시 발생하는 변화 등에 영향을 준다. 낮은 수치의 NaCl(5~6%, w/w, 수분 내 염분)은 천연치즈에 함유된 카세인(casein) 또는 파라카세인(para-casein)의 가용화를 증가시킨다(Johnson *et al*., 2009). 유화제 염류(구연산나트륨, 오르토인산염, 폴리인산)는 파라카세인의 수화작용 및 지방의 유화를 돕고, 안정성 등을 확보하기 위한 목적으로 살균된 가공치즈에 첨가된다. 유화제 염류의 구성과 내용물은 식품에 따라 다르며, 일반적으로 약 1.5% 수치의 유화제 염류가 식품에 첨가된다(Doyle and Glass, 2010).

### 3. 저장성 증대

미생물은 식품부패를 일으키는 주요 원인이다. 염분(염화나트륨)과 건조는 고기, 생선, 채소, 계란, 올리브 및 말린 자두 등 과일의 수분 활성도(water activity, aw)를 감소시키는 목적으로 수 천 년 동안 사용되어 왔으며, 수분은 식품에 존재하는 미생물의 성장을 촉진시키는 핵심적인 요소이다(Christian, 2000; Desmond, 2007; Pedro and Nunes, 2007). 신선한 식품, 가공치즈, 저염분 베이컨, 상하기 쉬운 식품의 수분활성도는 매우 높으며, 병원균의 성장을 방해하는 다른 요소들이 존재하지 않는 이상, 이 식품 내에서 발견되는 대부분의 박테리아와 부패 미생물들은 성장할 수 있다. 염분은 *C. botulinum*의 성장을 억제시키기 위해 육류 및 생선류에 첨가된다(Doyle and Glass, 2010). 상온 보관 가능한 소스, 가공육, 치즈 등의 식품은 염분을 사용하여 안정성을 확보한다. 염화나트륨 이외에도 다른 종류의 염분, 설탕, 단백질, 습윤제 등의 물질이 수분활동도를 감소시킨다. 수분활성도가 낮은 식품으로는 경질치즈, 햄, 베이컨(0.9~0.95), 잼, 소금에 절인 생선(0.75~0.8), 말린 과일(0.6~0.75) 등이 있다.

미생물은 염 환경에 적응할 수 있으며, 또한 미생물들은 칼륨, 아미노산, 설탕 등의 물질을 체내에 축적하여, 나트륨이 세포 내로 들어오는 것을 막고, 수분이 밖으로 빠져나가는 것을 방지한다. 또한 나트륨 유출 증가, 세포 형태 및 막 지방산 변형, 특정 스트레스 단백질 생산 등의 생리적 변화를 통해 염분에 대한 저항성을 가지게 된다(Doyle and Glass, 2010).

식품에 첨가된 염분은 병원균의 성장을 완전히 억제하지는 못하나, 미생물의 성장을 방해하며, 방부제, 냉동(4℃ 이하), 열처리 등의 방법과 함께 사용될 경우, 미생물의 성장 및 독소 생성을 방지할 수 있다(Doyle and Glass, 2010). 이와 같은 방법으로 미생물의 성장을 억제하는 방법을 허들 기술(hurdle technology)이라고 하며, 이 기술은 식품의 안정성을 확보하며, 유통기한을 연장시킬 수 있다. 나트륨을 함유하고 있는 화합물은 식품 방부제로도 사용된다. 예를 들어, 디소듐포스페이트(disodium phosphate)는 상온에서 보관하는 살균된 가공치즈의 안정성을 확보를 위한 목적으로 사용되는 아주 중요한 물질이며, 질산나트륨(sodium nitrate)은 절인 고기 내 존재하는 *C. botulinum*의 성장 및 독소 생산을 방지하는 목적으로 사용되기도 한다.

## 치즈의 염(Salt)과 Na 함량

치즈는 종류에 따라 함유하고 있는 NaCl 양이 다르다(Guinee and Fox, 2004). 산 또는 레닛 응고(rennet-coagulation) 우유로 제조한 자연치즈의 경우, 치즈 100 g 당 약 0.7~4 g의

NaCl이 함유되어 있다. 동질상품을 생산하기 위해 자연치즈 또는 고온에서 유화염과 혼합시킨 카제인으로 제조된 가공치즈는 치즈 100 g 당 약 1~2 g의 NaCl이 함유되어 있다. NaCl 함유량이 가장 높은 치즈는 이집트와 터키에서 주로 섭취하는 염지치즈(pickled cheese)(예: Domiati, Sikam cheese, natural hard cheese)로 이 치즈 내에는 100 g 당 7 g의 소금이 함유되어 있다(Elsanhoty *et al*., 2009).

### 1. 치즈에 있어서 염(Salt)의 역할

제조과정에 NaCl이 첨가되는 유제품 중에서 치즈가 가장 많은 주목을 받고 있다. 치즈 내에서NaCl의 주요 역할은 방부제로 수분 활동도 감소를 통해 해로운 미생물의 성장을 막으며, NaCl의 염화 이온은 미생물 포자의 성장을 억제한다(Abdalla and El-Zubeir, 2006). NaCl은 주로 젖산균의 성장을 억제할 뿐만 아니라, 해로운 미생물, 식품매개 병원균, 부패 미생물 등의 성장 또한 억제하기 위해 첨가된다. 그 외에도 NaCl은 화학조미료 역할을 하여, 치즈의 풍미를 더한다. 많은 소비자들이 나트륨으로 인한 치즈 특유의 짠맛을 치즈의 기본적인 맛으로 여기고, 이 맛을 높이 평가하고 있다. 마지막으로 NaCl은 치즈에 함유된 주요 요소와 상호작용함으로써 기능적 특성에 영향을 미친다(Floury *et al*., 2009). NaCl은 단백질 수화, 치즈 메트릭스에 함유된 카세인의 수분 유지 효과 및 점도의 변형(안정성 및 질감 특성에 영향을 줌)에 영향을 준다.

### 2. 치즈에 있어서 소금 함량을 줄이는 다양한 방법

치즈 내 소금 함유량은 NaCl의 수치를 감소시키거나, NaCl을 KCl로 대체시킴으로써 줄일 수 있다. 그러나 이와 같은 방법은 맛, 미생물의 안정성, 최종 생산품의 기능적 특성에 안 좋은 영향을 준다는 문제점이 있다. 자연치즈에 함유된 NaCl의 수치가 감소될 경우, 단백질분해, 수분활성도, 산성도, 쓴맛 등이 증가하며, 치즈의 경도는 감소한다. 또한 치즈 특성의 맛을 변화시키는(예: 신맛) 불규칙적인 발효가 일어날 가능성이 있다(El-Bakery *et al*., 2011; El-Bakery, 2012).

NaCl의 수치를 감소하기 위한 목적으로 연구된 체더치즈에 대한 분석 결과는 치즈에 함유된 NaCl을 감소시킬 경우, 불쾌한 맛과 쓴맛이 발생하는 것을 나타냈다. NaCl 함유량이 0.5~3%인 치즈의 NaCl 수치가 1.5% 이하일 경우, 해로운 박테리아의 성장이 증가하였으며, 과도한 단백질분해가 일어나 쓴맛이 발생했다(Rutikowsks *et al*., 2008). NaCl 함유량이 높은 치즈는 맛이 자극적이며, 불쾌한 맛이 나지 않기 때문에 많은 사람들이 좋아한다. 저지방 체더치즈에 함유된 1.2% 수치의 NaCl은 쓴맛을 발생시키기 때문에, Banks 등(1993)은 치즈의 풍미를 더하기 위해서 NaCl의 함유량을 1.8%로 증가시킬 필요가 있다고 보고했다. 치즈의 품질에 안 좋은 영향을 주지 않고, 이와 같은 방법들을 사용하여 치즈에 함유된 NaCl을 감소하는 것은 어려운 일이다.

높은 수치의 NaCl을 함유한 염지치즈의 경우, NaCl 함유량을 낮추면 원치 않는 맛이 발생한다. 예를 들어, 동터키에서 양과 소 우유로 제조되는 전통치즈인 허비치즈 (Herby cheese) 100 g에 함유된 6 g의 NaCl을 4 g으로 감소시켰을 때, 젖산균의 수가 증가와 함께 치즈의 산성도가 증가했다(Tarakei *et al*., 2004). 또한 치즈의 외관, 색깔, 질감적인 면에서 소비자의 만족도가 감소했다. 반면, 가공치즈는 제조과정 중에 NaCl 첨가양을 줄였음에도 성공적으로 생산할 수 있었다(El-Bakery *et al*., 2011). 가공치즈 100 g에 함유된 NaCl의 양을 0 g으로 만들었을 때, 미생물의 안정성을 제외한 모든 치즈의 특성은 영향 받지 않았다.

치즈에 함유된 NaCl을 감소하는 방법으로 NaCl을 다른 소금으로 대체하는 방법이 연구되어왔다. 일반적으로 KCl의 양이온은 NaCl의 양이온과 유사하기 때문에, 여러 음식에 함유된 NaCl을 대체할 수 있는 소금으로 간주되어왔다(Kaur *et al*., 2011). KCl로 나트륨의 수치를 감소시키는 방법은 영양적인 면에서 유익하다. 칼륨은 혈압을 감소시키는 것으로 알려져 있으며, 따라서 심혈관계 질환의 위험을 낮춘다(Doyle and Glass, 2010). NaCl과 KCl로 제조된 혼합물은 치즈의 성질에 많은 영향을 주지 않고, 체더치즈, 라스치즈(Ras cheese), Kefalograviera, 할루미치즈(Halloumi cheese) 등 여러 치즈 제조과정에 사용되어왔다(Guinee and Sutherland, 2011). 하지만 KCl은 쓴맛을 낼 가능성이 있기 때문에, NaCl 대신 사용할 수 있는 KCl의 양은 한정되어 있다. 숙성되지 않은 연질 하얀 치즈와 같은 부드러운 맛 치즈는 잔존하는 NaCl이 쓴맛을 억제하기 때문에 약 50% 이하의 NaCl을 KCl로 대체할 수 있다(Breslin and Beauchamp, 1997). 이 결과는 NaCl을 KCl로 대체함으로써 원치 않는 맛을 발생시키지 않으며, 치즈의 짠맛을 유지할 수 있다는 인식을 가져다 주었다. 하지만 부드러운 맛 치즈 이외의 치즈에 함유된 NaCl의 50%를 KCl로 대체하였을 경우, 원치 않는 맛이 발생했다. 체더치즈의 경우, 치즈에 함유된 NaCl 중 50%를 KCl로 대체한 치즈의 질감은 거칠어졌으며, NaCl 중 25%를 KCl 대체한 치즈는 토론자들로부터 좋은 평을 받았다(Fitzgerald and Buckley, 1985).

가공치즈의 경우, NaCl을 KCl로 대체한 사례가 여러 연구를 통해 보고되어 왔으며, 대부분의 가공치즈는 기능적 및 미생물적 특성이 큰 영향을 받지 않았다(Guinee and Sutherland, 2011). 최근에는 KCl만 사용하여 질감, 유동학 및 미세구조 특성 등의 기능적 특성에 악영향을 주지 않고, 체더치즈를 성공적으로 생산할 수 있었다(El-Bakery *et al*., 2011). 하지

만 냉동저장 시 미생물의 안정성은 크게 감소했다.

다시 정리하면, 다른 염분(KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$)으로 NaCl을 대체하는 방법은 식품 내의 염분 함유량을 줄이는 가장 효율적인 방법으로 여겨지고 있다. 많은 연구자들이 다른 염분으로 대체한 식품의 특성이 NaCl만 함유한 식품의 특성과 큰 차이가 없다고 보고하였다(Kilcast and den Ridder, 2007). KCl은 식품의 특성에 영향을 주지 않으면서, 그 속에 함유된 NaCl을 50%까지 대체할 수 있다(Kilcast and den Ridder, 2007). 역학적인 실험을 통해 칼륨 과다 섭취가 고혈압 환자에게 악영향을 주지 않는 것을 밝혀졌다(Geleijnse *et al*., 2007). 하지만 KCl은 식품 내에서 쓴맛을 유발하는 단점이 있다. 향후 이런 부분에 대한 개선조치에 관한 연구가 요구되어진다.

### 3. 영국와 미국에서의 치즈 염분에 관한 최근 연구동향

실례로 영국에서 치즈와 염분 함량과 소비 패턴을 연구한 결과를 살펴보면 다음과 같다.

일반적으로 치즈의 염분 함량은 높았으며, 염분 함량은 치즈마다 달랐다. 대부분의 유명한 브랜드 치즈가 슈퍼마켓 자체 브랜드 치즈에 비해 염분 수치가 더 높았다. 전반적으로 염분 목표 감소치를 가지고 있는 394개의 치즈 중 84.5%가 이미 2012년 염분 목표 감소치를 달성하였다. 유명한 브랜드 체더 치즈 및 체더형(Cheddar-styled) 치즈의 73%가 염분 목표 감소치에 도달하였고, 반면에 슈퍼마켓 자체 브랜드 Cheddar cheese 및 Cheddar-style cheese의 90%가 염분 목표 감소치를 달성하였다(Hashem *et al*., 2014). 영국에서 판매되는 치즈의 염분 함유량이 높다는 연구 결과는 미국, 호주, 프랑스, 벨기에, 캐나다, 뉴질랜드, 남아프리카 공화국 및 브라질에서도 관찰되어 치즈의 높은 염분 함유량이 전세계적인 문제라는 것을 보여주고 있는 것이다(Hashem *et al*., 2014).

염분은 맛, 조직감, 구조, (고객의) 포용성, 보관수명, 및 안정성과 관련해 중요한 첨가물이라고 주장되었지만, 저염 치즈 개발은 왕성하게 진행되고 있다(Hashem *et al*., 2014). Cheddar cheese가 영국인의 식단에 중요하지만, 이 치즈의 염분 함량 감소에 대한 연구 단지 Cheddar cheese의 염분을 줄이거나, 염화칼륨, 염화마그네슘, 염화칼슘 등 염분 (염화나트륨)과 같은 기능을 갖는 다른 화합 첨가물을 포함하는 수준에 머물고 있는 것이 현실이다(Hashem *et al*., 2014). 치즈제조의 기술적인 문제와는 상관없이 염분 수치가 낮은 슈퍼마켓 자체 브랜드 치즈가 생산되고 있으며, 식품 기업들은 국민의 건강보다는 맛, 가격 등을 고려해서 식품 성분을 결정하는 것이 현실이다. 따라서 식품의 염분이 감소되었음에도 소비자의 선호도가 변하지 않도록 더 많은 연구가 진행되어야 할 것이다(Hashem *et al*., 2014).

미국인들은 일반적으로 염화나트륨은 중요한 영양소이며, 식용 가능한 관능적 특성 및 구조를 가지고 있는 안전한 식품으로 인식하고 있다. 하지만 미국인들의 식품섭취 결과에 의하면 대부분의 사람들이 적정량 이상의 나트륨을 섭취하고 있다. 예를 들면, 미국의 남자들 중 95% 이상의 남자들과, 여자들 중 75% 이상의 여자들이 권장량 이상의 나트륨을 섭취한다(Doyle and Glass, 2010). 염분섭취를 감소하면, 심혈관계 질병과 고혈압을 낮추는 좋은 방법이 될 수 있을 것이며, 또한 다른 식이요법과 생활방식(운동, 고칼륨을 함유한 과일 또는 채소 섭취, 포화지방 섭취 감소)을 동시에 병행함으로써 건강을 유지하는 방법이 될 수 있다. 북미와 유럽 국가에서, 가공된 식품이나 식당에서 판매하는 음식들은 나트륨 섭취의 70%에 기인한다. 따라서 현재 식품기업들에서는 식품에 함유된 나트륨을 감소시키는 동시에 안정성, 식용성, 경제성을 모두 고려한 식품을 생산하는데 많은 연구를 진행하고 있다(Prudy and Armstrong, 2007). 현실적으로 특히 염분에 민감한 사람들은 조리시 염분의 양을 조절할 수 있지만, 식당음식이나 가공된 식품을 많이 먹는 사람들의 경우에는 나트륨 섭취량을 줄이는 것은 쉽지 않다(Palar and Sturm, 2009).

## 결 론

식품의 품질에 영향을 주지 않으면서 치즈에 함유된 NaCl의 수치를 감소시키는 방법에는 여러 가지 문제가 존재한다. 자연치즈에 함유된 NaCl의 양을 감소시키는 방법보다 가공치즈에 함유된 NaCl의 양을 감소시키는 방법이 더 많이 진행되었으므로, 앞으로의 연구는 자연치즈에 함유된 NaCl 감축에 초점을 맞춰야 할 것이다. 또한 미생물의 특성에 영향을 주지 않으며, 가공치즈 내 NaCl의 양을 감소하는 방법에 대해서도 더 깊이 조사하는 것 또한 앞으로의 연구에 있어 도움이 될 것이다. 영양적인 측면에서 가공치즈 제조 시 사용되는 다른 소금(주로 sodium emulsifying salts)의 수치를 낮추는 연구에 대한 관심도 높아질 수 있다.

각 나라마다 염분 목표 감소치가 요구되는 식품이 다를 수 있지만, 염분 목표 감소치를 세움으로써 공평한 경쟁 분위기를 조성하자는 개념은 보편적이다. 치즈와 같은 제품은 국제적으로 많이 판매되고 있다. 따라서 각 치즈의 유형이 함유한 염분 함량을 조사하여, 염분 감소 목표치를 세우는 것이 식품에 함유된 염분 수치 감소에 도움을 줄 수 있다는 것을 사료된다.

또한 저염분 식품 생산 시 발생하는 안정성 문제 이외에도 경제적 문제도 반드시 고려되어야 한다. 현재 염화나트

륨의 가격은 저렴하기 때문에, 다른 물질을 대체로 사용할 경우, 생산비용이 증가하게 된다. 나트륨 함유량이 감소된 식품을 생산하기 위해서는 제품의 재구성을 필요로 하며, 소비자 실험 및 신제품 생산 실험에 사용되는 비용 또한 필요하지만, 최근 몇몇 분석에 따르면 식품에 함유된 염분의 수치를 낮춤으로써 경제적 이익이 더 많이 따른다고 하였다.

## 요 약

세계보건기구(World Health Organization)는 식료품에 함유된 NaCl을 낮출 것을 권하고 있으며, 식품 내 NaCl 수치 감소시키는 것은 중요한 연구분야가 되었다. 염화나트륨(sodium chloride, NaCl)의 과다 섭취는 고혈압, 골다공증, 뇌졸증, 신장결석, 심혈관계 질환 등의 다양한 질병과 직접 또는 간접적으로 많은 연관되어 있다. 산업국가에서는 치즈 등의 가공식품을 통해 많은 양의 소금을 섭취하고 있기 때문에, 치즈 내 NaCl의 함유량 감소에 대한 연구가 진행 중에 있다. 따라서 최근에 치즈 내 NaCl의 함유량을 감축하기 위한 많은 방법들이 이용되고 있다. NaCl은 치즈 내에서 방부제 역할을 하며, 식품의 풍미를 높이고, 치즈의 주요 기능적 특성을 담당하기 때문에, 치즈의 품질에 영향을 주지 않으면서 치즈에 함유된 NaCl을 감소하는 것은 쉽지 않다. 대체방법을 사용하지 않고, 치즈에 함유된 NaCl을 감축시키는 연구가 진행되어 왔지만, NaCl 감소 시에 발생하는 식품의 관능적 특성, 유동학 및 안정성 문제들이 보고되고 있다. 지금까지의 연구 결과에 의하면 식품 내 NaCl을 감소시키는 방법으로는 NaCl 대체(NaCl substitution)라고 불리는 방법이 있으며, 이 방법은 NaCl을 부분적으로 다른 염분(염화칼륨, 염화마그네슘, 염화칼슘)으로 대체함으로써 식품에 함유된 NaCl 수치를 감소시킨다. 실례로 자연치즈에 함유된 NaCl을 KCl로 대체하였을 때 치즈의 특성, 특히 맛에 변화와 안정선에 문제가 야기되었다. 반면, 가공치즈에 함유된 NaCl을 KCl로 대체하였을 때, 치즈의 특성이 큰 영향을 받지 않았기 때문에, 이 방법을 사용하여 치즈에 함유된 NaCl의 수치를 감소시킬 수 있는 가능성이 높다는 것을 나타냈다. 이와 같은 결과는 자연치즈 내의 NaCl 함량을 감축하기 위해서는 치즈에 함유된 NaCl의 역할, NaCl과 건강문제, NaCl 감소 방법, 다른 염분(특히 염화칼륨으로 NaCl 대체하는 방법)을 사용하는 방법 등에 관한 더 많은 향후 연구가 많이 필요하며, 적극적으로 진행되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 농림수산식품기술기획평가원 생명산업기술개발사업(112137-3)에 의해 이루어졌습니다.

## 참고문헌

1. Abdalla, W. M. and El-Zubeir, I. E. M. 2006. Microbial hazards associated with fermented milk (Roub and Mish) processing in Sudan. Int. J. Dairy Sci. 1:21-26.
2. Adrogue, H. J. and Madias, N. E. 2008. Sodium and potassium in the pathogenesis of hypertension. N. Engl. J. Med. 356:1966-1978.
3. Alderman, M. H. 2006. Evidence relating dietary sodium to cardiovascular disease. J. Am. Coll. Nutr. 25:256S-261S.
4. Banks, J. M., Hunter, E. A. and Muir, D. D. 1993. Sensory properties of low fat Cheddar cheese: Effect of salt content and adjunct culture. J. Soc. Dairy Technol. 46:119-123.
5. Beauchamp, G. K. and Mennella, J. A. 2009. Early flavor learning and its impact on later feeding behavior. J. Pediatr. Gastroenterol. Nutr. 48:S25-30.
6. Breslin, P. A. and Beauchamp, G. K. 1997. Salt enhances flavour by suppressing bitterness. Nature 387:563-563.
7. Brown, I. J., Tzoulaki, I., Candeias, V. and Elliott, P. 2009. Salt intakes around the world: Implications for public health. Int. J. Epidemiol. 38:791-813.
8. Buck, V. E. and Barringer, S. A. 2007. Factors dominating adhesion of NaCl onto potato chips. J. Food Sci. 72:E435-441.
9. Chen, J., Gu, D. F., Huang, J. F., Rao, D. C., Jaquish, C. E., Hixson, J. E., Chen, C. S., Chen, J. C., Lu, F. H., Hu, D. S., Rice, T., Kelly, T. N., Hamm, L. L., Whelton, P. K. and He, J. 2009. Metabolic syndrome and salt sensitivity of blood pressure in non-diabetic people in China: A dietary intervention study. Lancet 373:829-835.
10. Christian, J. H. B. 2000. Drying and reduction of water activity. In: Lund, B. M., Baird-Parker, T. C., Gould, G. W. editors. The microbiological safety and quality of food. Gaithersburg, Md.: Aspen Publishers. pp. 146-174.
11. Cohen, H. W., Hailpern, S. M. and Alderman, M. H. 2008. Sodium intake and mortality follow-up in the third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). J. Gen. Intern. Med. 23:1297-1302.
12. Cook, N. R., Cutler, J. A., Obarzanek, E., Buring, J. E.,

Rexrode, K. M., Kumanyika, S. M., Appel, L. J. and Whelton, P. K. 2007. Long-term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular disease outcomes: Observational follow-up of the trials of hypertension prevention. Brit. Med. J. 334:885-892.

13. Cook, N. R., Obarzanek, E., Cutler, J. A., Buring, J. E., Rexrode, K. M., Kumanyika, S. K., Appel, L. J. and Whelton, P. K. 2009. Joint effects of sodium and potassium intake on subsequent cardiovascular disease. The trials of hypertension prevention follow-up study. Arch. Intern. Med. 169:32-40.
14. Desmond, E. 2007. Reducing salt in meat and poultry products. In: Kilcast, D., Angus, F., editors. Reducing salt in foods. Boca Raton, Fla.: CRC Press. pp. 233-255.
15. Dickinson, K. M., Keogh, J. B. and Clifton, P. 2009. Effects of a low-salt diet on flow-mediated dilation in humans. Am. J. Clin. Nutr. 89:485-490.
16. Doyle, M. E. and Glass, K. A. 2010. Sodium reduction and its effect on food safety, food quality and human health. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 9:44-56.
17. El-Bakry, M. 2012. Salt in cheese: A review. Current Research in Dairy Science 4(1):1-5.
18. El-Bakry, M., Duggan, E., O'Riordan, E. D. and O'Sullivan, M. 2011. Effect of cation, sodium or potassium, on casein hydration and fat emulsification during imitation cheese manufacture and post-manufacture functionality. LWT Food Sci. Technol. 44:2012-2018.
19. El-Bakry, M., Beninati, F., Duggan, E., O'Riordan, E. D. and O'Sullivan, M. 2011. Reducing salt in imitation cheese: Effects on manufacture and functional properties. Food Res. Int. 44:589-596.
20. Elliott, P., Walker, L., Little, M. P., Blair-West, J. R., Shade, R. E., Lee, R., Rouquet, P., Leroy, E., Jeunemaitre, X., Ardaillou, R., Paillard, F., Meneton, P. and Denton, D. A. 2007. Change in salt intake affects blood pressure of chimpanzees-implications for human populations. Circulation 116:1563-1568.
21. Elsanhoty, R. M., Mahrous, H. and Ghanaimy, A. 2009. Chemical, microbial counts and evaluation of biogenic amines during the ripening of egyptian soft domiati cheese made from raw and pasteurized buffaloes milk. Int. J. Dairy Sci. 4:80-90.
22. Fitzgerald, E. and Buckley, J. 1985. Effect of total and partial substitution of sodium chloride on the quality of Cheddar cheese. J. Dairy Sci. 68:3127-3134.
23. Floury, J., Camier, B., Rousseau, F., Lopez, C., Tissier, J. P. and Famelart, M. H. 2009. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. LWT Food Sci. Technol. 42:1611-1620.
24. Frassetto, L. A., Morris, R. C. and Sebastian, A. 2007. Dietary sodium chloride intake independently predicts the degree of hyperchloremic metabolic acidosis in healthy humans consuming a net acid-producing diet. Am. J. Physiol-Renal Physiol. 293:F521-525.
25. Frings-Meuthen, P., Baecker, N. and Heer, M. 2008. Low-grade metabolic acidosis may be the cause of sodium chloride-induced exaggerated bone resorption. J. Bone Miner. Res. 23:517-524.
26. Fung, T. T., Chiuve, S. E., McCullough, M. L., Rexrode, K. M., Logroscino, G. and Hu, F. B. 2008. Adherence to a DASH-style diet and risk of coronary heart disease and stroke in women. Arch. Intern. Med. 168:713-720.
27. Geleijnse, J. M., Witteman, J. C., Stijnen, T., Kloos, M. W., Hofman, A. and Grobbee, D. E. 2007. Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: the Rotterdam Study. Eur. J. Epidemiol. 22(11):763-770.
28. Guinee, T. P. and O'Kennedy, B. T. 2007. Reducing salt in cheese and dairy spreads. In: Kilcast D, Angus F, editors. Reducing salt in foods. Boca Raton, Fla.: CRC Press. pp. 316-357.
29. Guinee, T. P. and Sutherland, B. J. 2011. Salting of cheese. 2nd Edn., Academic Press, London, UK. pp. 595-606.
30. Guinee, T. P. and Fox, P. F. 2004. Salt in cheese: Physical, chemical and biological aspects. In: Cheese-chemistry, physics and microbiology, Fox, P. F. (Ed.). Academic Press, Amsterdam, Netherlands. pp. 207-259.
31. Hashem, K. M., He, F. J., Jenner, K. H. and MacGregor, G. A. 2014. Cross-sectional survey of salt content in cheese: A major contributor to salt intake in the UK. BMJ Open 4:1-7.
32. He, F. J. and MacGregor, G. A. 2002. Effect of modest salt reduction on blood pressure: A metaanalysis of randomized trials. Implications for public health. J. Human Hypertens. 16:761-770.
33. He, F. J. and MacGregor, G. A. 2007. Dietary salt, high

blood pressure and other harmful effects on health. In: Kilcast D, Angus F, editors. Reducing salt in foods. Boca Raton, Fla.: CRC Press. pp. 18-54.

34. He, F. J. and MacGregor, G. A. 2009. A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. J. Human Hyperten. 23:363-384.
35. He, F. J., Marciniak, M., Visagie, E., Markandu, N. D., Anand, V., Dalton, R. N. and MacGregor, G. A. 2009a. Effect of modest salt reduction on blood pressure, urinary albumin, and pulse wave velocity in white, black, and Asian mild hypertensives. Hypertension 54:482-488.
36. He, J., Gu, D. F., Chen, J., Jaquish, C. E., Rao, D. C., Hixson, J. E., Chen, J. C., Duan, X. F., Huang, J. F., Chen, C. S., Kelly, T. N., Bazzano, L. A. and Whelton, P. K. 2009b. Gender difference in blood pressure responses to dietary sodium intervention in the Gensalt study. J. Hyperten. 27:48-54.
37. Hoffmann, I. S., Alfieri, A. B. and Cubeddu, L. X. 2008. Salt-resistant and salt-sensitive phenotypes determine the sensitivity of blood pressure to weight loss in overweight/obese patients. J. Clin. Hyperten. 10:355-361.
38. Hollenberg, N. K. 2006. The influence of dietary sodium on blood pressure. J. Am. Coll. Nutr. 25:240S-246S.
39. Intersalt Cooperative Research Group (ICRG). 1988. Intersalt: an international study of electrolyte excretion and blood pressure. Brit. Med. J. 297:319-328.
40. Johnson, M. E., Kapoor, R., McMahon, D. J., McCoy, D. R. and Narasimmon, R. G. 2009. Reduction of sodium and fat levels in natural and processed cheeses: scientific and technological aspects. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 8:252-268.
41. Kaur, A., Bala, R., Singh, B. and Rehal, J. 2011. Effect of replacement of sodium chloride with mineral salts on rheological characteristics of wheat flour. Am. J. Food Technol. 6:674-684.
42. Kilcast, D. and den Ridder, C. 2007. Sensory issues in reducing salt in food products. In: Kilcast, D., Angus, F. editors. Reducing salt in foods. Boca Raton, Fla.: CRC Press. pp. 201-220.
43. Laatikainen, T., Pietinen, P., Valsta, L., Sundvall, J., Reinivuo, H. and Tuomilehto, J. 2006. Sodium in the finnish diet: 20-year trends in urinary sodium excretion among the adult population. Eur. J. Clin. Nutr. 60:965-970.
44. Lin, P. H., Ginty, F., Appel, L. J., Aickin, M., Bohannon, A., Garnero, P., Barclay, D. and Svetkey, L. P. 2003. The DASH diet and sodium reduction improve markers of bone turnover and calcium metabolism in adults. J. Nutr. 133:3130-3136.
45. Man, C. M. D. 2007. Technological functions of salt in food products. In: Kilcast, D., Angus, F. editors. Reducing salt in foods. Boca Raton, Fla.: CRC Press. pp. 157-173.
46. Morris, R. C., Schmidlin, O., Frassetto, L. A. and Sebastian, A. 2006. Relationship and interaction between sodium and potassium. J. Am. Coll. Nutr. 25:262S-270S.
47. Obligado, S. H. and Goldfarb, D. S. 2008. The association of nephrolithiasis with hypertension and obesity: A review. Am. J. Hyperten. 21:257-264.
48. Palar, K. and Sturm, R. 2009. Potential societal savings from reduced sodium consumption in the U.S. adult population. Am. J. Health Promot. 24(1):49-57.
49. Pedro, S. and Nunes, M. L. 2007. Reducing salt in seafood products. In: Kilcast, D., Angus, F. editors. Reducing salt in foods. Boca Raton, Fla.: CRC Press. pp. 256-282.
50. Pimenta, E., Gaddam, K. K., Oparil, S., Aban, I., Husain, S., Dell'Italia, L. J. and Calhoun, D. A. 2009. Effects of dietary sodium reduction on blood pressure in subjects with resistant hypertension: results from a randomized trial. Hypertension 54:475-481.
51. Purdy, J. and Armstrong, G. 2007. Dietary salt and the consumer. In: Kilcast, D., Angus, F. editors. Reducing salt in foods. Boca Raton, Fla.: CRC Press. pp. 99-123.
52. Rutikowska, A., Kilcawley, K. N., Doolan, I., Alonso-Gomez, M., Beresford, T. P. and Wilkinson, M. G. 2008. Influence of sodium chloride on the quality of Cheddar cheese. Proceedings of the 5th IDF Symposium on Cheese Ripening, March 9-13, 2008, Berne, Switzerland.
53. Sacks, F. M., Svetkey, L. P., Vollmer, W. M., Appel, L. J., Bray, G. A., Harsha, D., Obarzanek, E., Conlin, P. R., Miller, E. R. 3rd, Simons-Morton, D. G., Karanja, N. and Lin, P. H. 2001. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet. DASH-Sodium Collaborative Research Group. N. Engl. J. Med. 344:3-10.
54. Schmidlin, O., Forman, A., Sebastian, A. and Morris, R. C. 2007. What initiates the pressor effect of salt in salt-sensitive humans? Observations in normotensive blacks. Hypertension 49:1032-1039.

55. Schoppen, S., Perez-Granados, A. M., Carbajal, A., Sarri´a, B., Navas-Carretero, S. and Vaquero, M. P. ´2008. Sodium-bicarbonated mineral water decreases aldosterone levels without affecting urinary excretion of bone minerals. Int. J. Food Sci. Nutr. 59:347-355.
56. Sebastian, A., Frassetto, L. A., Sellmeyer, D. E., Merriam, R. L. and Morris, R. C. 2002. Estimation of the net acid load of the diet of ancestral preagricultural *Homo sapiens* and their hominid ancestors. Am. J. Clin. Nutr. 76:1308-1316.
57. Sultanpur, C. M., Kumar, S. V. and Deepa, K. 2011. Vaccines for hypertension disorder: Beneficial or detrimental. Singapore J. Sci. Res. 1:13-22.
58. Tarakci, Z., Sagun, E., Sancak, H. and Durmaz, H. 2004. The effect of salt concentration on some characteristics in herby cheese. Pak. J. Nutr. 3:232-236.
59. Taubes, G. 1998. The (political) science of salt. Science 281:898-907.
60. Teucher, B., Dainty, J. R., Spinks, C. A., Majsak-Newman, G., Berry, D. J., Hoogewerff, J. A., Foxall, R. J., Jakobsen, J., Cashman, K. D., Flynn, A. and Fairweather-Tait, S. J. 2008. Sodium and bone health: the impact of moderately high and low salt intakes on calcium metabolism in postmenopausal women. J. Bone. Miner. Res. 23:1477-1485.
61. United States Centers for Disease Control and Prevention (US CDC). 2009. Application of lower sodium intake recommendations to adults－United States, 1999-2006. Morbid Mortal Weekly Rep. 58:281-283.
62. van Vliet, B. N. and Montani, J. P. 2008. The time course of salt-induced hypertension, and why it matters. Int. J. Obes. 32(Suppl 6):S35-47.
63. Walker, J., MacKenzie, A. D. and Dunning, J. 2007. Does reducing your salt intake make you live longer? Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg. 6:793-798.
64. World Health Organization (WHO). 2010. Creating an enabling environment for population-based salt reduction strategies. Report of a Joint Technical Meeting Held By WHO and the Food Standards Agency, UK.
65. Xiong, Y. L. 2007. Meat binding: Emulsions and batters. Savoy, Ill.: American Meat Science Assn.

(Received 15 March 2015 / Accepted 24 March 2015)