한국식생활문화학회지 34(6): 761-770, 2019
J. Korean Soc. Food Cult. 34(6): 761-770, 2019
본 논문의 저작권은 한국식생활문화학회에 있음.
Copyright © The Korean Society of Food Culture

ISSN 1225-7060(Print)
ISSN 2288-7148(Online)
https://doi.org/10.7318/KJFC/2019.34.6.761

염도계 및 Mohr법으로 측정된 HMR 제품의 나트륨 함량과 제품 영양표시 상의 나트륨 함량 비교

김순미 · 박희옥*
가천대학교 식품영양학과

Comparison of Sodium Contents in Nutrition Facts and Sodium Contents of HMR products by Salinity Meter and Mohr Method

Soon Mi Kim, Hee Ok Pak*
Department of Food and Nutrition, Gachon University

Abstract

Two experiments were conducted to determine how much sodium in food could be detected using a salinity meter. First, the salinity of mixed solutions of 0 to 6% sugar, 0 to 5% oil, and 0 to 6.4% MSG in a 1% NaCl solution was measured using a salinity meter and a Mohr titration method, and the results were compared with the calculated sodium expectations. As a result, the sodium contents of the sugar solutions and MSG solutions measured using a salinity meter were lower than the expected concentrations at 2% or more and 0.8% or more, respectively ($p<0.05$). The salinity of the 18 HMR products was measured in the same way, and the results were then compared with the sodium contents of the nutrition facts. The average sodium content of all products measured using the salinity meter and Mohr method was 1.12 times and 1.06 times the sodium content of the nutrition facts, respectively. On the other hand, the differences between the products were significant. The correlation coefficients between the nutrition facts and salinity meter, the nutrition facts and the Mohr method, and the salinity meter and Mohr method were 0.885, 0.920, and 0.950, respectively ($p<0.01$).

Key Words: Sodium contents, salinity meter, Mohr method, HMR, nutrition facts

I. 서 론

나트륨의 주요 공급원인 소금은 음식에 짠맛을 부여하는 기본적인 조미료이며, 모든 음식은 짠맛에 섞여 음식 고유의 맛을 내게 되므로 짠맛의 정도는 음식의 맛을 결정짓는 주된 요소가 된다(Han 1999). 나트륨은 인체 체중의 약 20%를 차지하는 세포외액에 가장 풍부한 양이온으로, 혈청 내 정상 농도가 136~145 mEq/L 정도로 체내에 다량 존재한다. 나트륨의 실제적인 하루 최소 필요량은 알려져 있지 않으나 하루 200 mg 정도로 낮을 것으로 추정되며(Mahan et al. 2012), 한국인 영양소 섭취기준에서는 하루 나트륨의 충분 섭취량을 성인(19~49세) 기준 1.5 g으로 하고 있다(Ministry of Health and Welfare & The Korean Nutrition Society 2015). Murphy et al.(1981)은 원자량이 다른 양이온(Li, Na, K, Rb, Cs)과 음이온(Cl, Br, I)으로 구성된 15종의 할라이드(halide) 염에 대한 짠맛을 분석한 결과 양이온의 원자량은 짠맛의 인지에 일관된 영향을 미치지 않았으나 음이온은 원자량이 가벼울 경우 더 짠맛을 내는 염을 형성한다는 결과를 발표하였다. 실제 음식에서 짠맛을 느끼게 하는 것은 소금 속의 나트륨이 아닌 염소를 동반한 중성염의 맛이므로 우리는 음식의 맛을 위해 생리적으로 필요 이상의 나트륨을 섭취하게 되는 것이다.

대규모 연구를 통해 소금 섭취와 고혈압 유병율과의 관계를 발표한 INTERSALT 연구(Stamler 1991) 이후 나트륨 과잉 섭취가 심뇌혈관계 질환 외에도 위암(Tsugane 2005), 호흡기 질환(Burney 1987; Mickleborough 2005), 뼈 건강(Ito et al. 1999; Carbone et al. 2003)과도 관련이 있다는 결과들이 지속적으로 발표됨에 따라 우리나라를 비롯한 많은 선진국들은 자국민의 건강을 위해 나트륨 섭취 저감화를 위한 정책적 노력을 하고 있다(Jung 2016). 우리나라의 나트륨 저감화 정책은 제3차 국민건강증진종합계획(Health Plan 2020)에 제시된 후 제1차 국민영양관리기본계획(2012~2016)

*Corresponding author: Hee Ok Pak, Department of Food and Nutrition, Gachon University, 1342 Seongnamdaero, Sujung-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, Korea Tel: +82-31-750-5975 Fax: +82-31-750-5974 E-mail: hopark@gachon.ac.kr

을 통해 본격적으로 사업을 진행하고 있으며, 국가 수준에서 뿐만 아니라 지역사회 범위로도 활발하게 확산되었다(Lim et al. 2017). 이러한 노력의 결과로 우리나라는 2005년 5356.6 mg 이었던 하루 나트륨 섭취량이 2013년 3862.1 mg으로 크게 감소하였으나(Ministry of Health and Welfare, KCDCP 2015) 그 이후 2015년까지 별다른 변화를 보이고 있지 않으며, 아직도 세계보건기구(WHO)와 한국인 영양섭취기준(kDRIs)에서 정한 권고량인 2000 mg을 훨씬 상회하는 수준을 유지하고 있다.

나트륨 저감화 사업의 일환으로 나트륨에 대한 지식과 태도 등을 포함하는 다양한 프로그램들을 진행하고 있는데 특히 나트륨 섭취 감소를 위한 환경을 마련하기 위해 가정, 직장, 어린이집 및 음식점 등에 염도계를 보급하고 사용을 독려하는 프로그램들이 진행되고 있다(Lim et al. 2017). 실제로 짠맛에 대한 선호도는 단순히 염화나트륨 수용액의 농도에 따른 차이라기보다는 개인의 나트륨 섭취 식습관과 밀접한 관련성을 갖고 있으며(Shim et al. 2016), 개인별 나트륨 섭취 행동에 영향을 주는 요소는 복합적이므로 염도가 다른 콩나물국 국물 등을 이용하여 짠맛에 대한 역치를 조사하는 것만으로 나트륨 섭취량을 예측하기는 쉽지 않다(Kim 2017). 따라서 염도계처럼 사용하기 쉬우면서도 수치적 측정이 가능한 도구를 활용함으로써 개인 스스로 객관적인 짠맛 기호를 인지하도록 하는 교육은 국민의 나트륨 섭취 감소에 실질적인 도움이 될 수 있을 것이다.

현재 나트륨 측정을 위해 상용화된 제품들의 측정 원리는 크게 4가지로 요약된다. 우선 전기 전도도를 이용한 염도 측정법으로 수용액 상태에서의 염도 측정 방식은 이 방법을 가장 많이 사용하고 있다. 이는 소금의 주성분인 나트륨은 전기를 잘 통하는 성질을 갖고 있으므로 나트륨 농도가 높을수록 전기저항은 약해진다는 원리를 이용하는 것이다. 또한 기초 식품분석에 주로 사용되는 Mohr법은 용액 내 염소가 질산은($AgNO_3$)과 반응하여 염화은(AgCl)을 생성하는 원리를 이용하여 염소의 양을 측정한 다음 소금(NaCl)에서의 염소비율을 이용해 환산함으로써 전체 염분을 측정하는 원리이다. 이밖에 염분의 양에 따라 빛의 굴절 정도가 변화하는 원리를 사용한 굴절염도계와 염분 함량에 따라 밀도가 달라지는 원리를 사용하는 제품들이 있다(Belcher et al. 1957; Yook et al. 2006; Kim et al. 2007). 그러나 상용화된 나트륨 측정 장치들은 각각의 단점들을 갖고 있으므로 식품회사들은 나트륨의 정확한 정량을 위하여 식품공전에 명시된 방법인 ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometer)를 이용한다. 이는 유도결합플라즈마 분광분석기 또는 유도결합 플라즈마 원자분광기(ICP-AES)라고도 부르며, 아르곤 유도결합 플라즈마를 이용하여 분무된 액체 시료에서 원자를 탈용매화, 원자화 및 들뜸 현상을 일으킨 후 광학 검출을 이용하여 표적 원소의 특정 파장에서 방출된 빛의 세기를 측정하는 장비로써 ppb 단위부터 퍼센트 단위까지의 넓은 범위의 정량 분석이 가능한 장비이다(Koreatech). 즉 이 장비는 식품 내 나트륨 함량을 가장 정확하게 정량할 수 있는 방법이기는 하지만 분석비용이 비쌀 뿐만 아니라 일반인들이 쉽게 접근할 수 있는 방법이 될 수 없다.

따라서 본 연구에서는 ICP-OES 방법으로 나트륨을 정량하여 영양표시를 하는 HMR 제품의 염도를 염도계와 Mohr법으로 측정한 후 환산한 나트륨 함량을 제품 영양정보 상의 나트륨 함량과 비교해 봄으로써 염도계 측정 결과가 실제 나트륨 함량을 어느 정도 반영하고 있는지를 살펴보고자 하였다. 이와 함께 조리에 자주 사용되는 양념인 설탕, 기름과 나트륨을 함유하고 있는 MSG가 염도계와 Mohr법으로 측정하는 나트륨 함량에 어떠한 영향을 미치는 지도 분석하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 실험재료

조리에 사용하는 양념류가 나트륨 농도 측정에 어떠한 영향을 주는지를 알아보고자 실험에 사용한 재료는 NaCl (Sodium chloride, Daejung), 설탕(Saccharose, Daejung), 기름(해표식용유, 사조대림)과 MSG (Monosodium glutamate; Sodium L(+)-glutamate monohydrate, Daejung)이다. 소금 용액에 기름을 분산하기 위하여 전분(감자전분, 초록마을)을 사용하였다. 나트륨 함량 측정을 위한 실험에 사용한 HMR (Home meal replacement) 제품은 밥 3종, 면 10종, 국과 찌개 5종으로 총 18종이었으며 각 제품의 종류와 특성 및 제품에 표시된 영양정보를 <Table 1>에 제시하였다. 소금 농도를 측정하기 위한 Mohr 적정법에 사용한 시약은 0.1 N-Silver nitrate standard (Dajung)와 Potassium chromate (Duksan) 이었다.

2. 실험기구

HMR 제품의 염도를 측정하기 위한 시료를 제조하기 위해 사용된 기구는 주서믹서기(Philips HR1727), 원심분리기(Hettich Universal 320R), 교반기(Hot & stirrer HSD180, 미성과학기기), 증류수기(Water purification system, Aquapuri 5 series, Young In Scientific) 등이었다. 염도계는 전기 전도도 측정방식의 블루투스 나트륨케어 DMT-20N(대윤계기산업)을 사용하였으며, 염도의 측정 범위는 0.00~5.00%이다.

3. 실험방법

1) 양념류가 소금 용액의 나트륨 정량에 미치는 영향

설탕, 기름 및 MSG가 혼합된 소금 용액에서 나트륨 측정의 정확도를 살펴보기 위하여 설탕 0~6%, 기름 0~5%, MSG는 0~6.4%로 만들되 각 용액에는 1%의 NaCl이 함유되도록 하였으며, 이 혼합 용액의 나트륨 농도를 측정하였다. 기름은 수용액에 녹지 않으므로 1%의 호화된 전분 용액에

<Table 1> Characteristics of the prepared Home Meal Replacements products

Categories	Food Items	One Serving Size (g)		Total Na (mg)	Energy (Cal.)	Carb. (g)	Sugar (g)	Fat (g)	Pro. (g)	Description
		Pre-cooking	Post-cooking							
Rices	*Jeyugdeopbap* A (제육덮밥 A)	280	281	790	530	71	8	14	40	A bowl of rice topped with pork
	Jeyugdeopbap B (제육덮밥 B)	250	251	950	375	72	12	5	10	A bowl of rice topped with pork
	Saeu-bokkeumbap (새우볶음밥)	210	215	870	365	55	3	13	7	Fried rice with shrimp
Noodles	*Jajangmyeon* A (짜장면 A)	330	441	1620	585	106	10	11	17	Black bean sauce noodles/Wet
	Jajangmyeon B (짜장면 B)	380	436	1330	499	77	12	3.5	14	Black bean sauce noodles/Wet
	Jjambbong (짬뽕)	326	618	2340	464	74	4	12	15	Chinese style noodles with vegetable and seafood/Wet
	Zanchi-guksu A (잔치국수 A)	101	663	2289	329	68	7	1.4	11	Korean style noodles/Dried
	Zanchi-guksu B (잔치국수 B)	89	468	1240	320	70	7	1.1	8	Korean style noodles/Dried
	Mul-naengmyeon A (물냉면 A)	454	673	1520	457	102	16	1.8	13	Korean style cold noodles/Wet
	Mul-naengmyeon B (물냉면 B)	445	558	2120	430	95	18	1.8	10	Korean style cold noodles/Wet
	Ssal-guksu (쌀국수)	158.5	551	1670	350	70	6	5	7	Vietnamese style rice noodles/Wet
	Udong A (우동 A)	233	445	1659	367	72	9	3.9	11	Japanese style noodles/Wet
	Udong B (우동 B)	233	505	1570	340	72	10	2.9	9	Japanese style noodles/Wet
Soups	*Doenjang jjigae* A (된장찌개 A)	460	465	2000	270	26	10	10	19	Doenjang stew with beef brisket
	Doenjang jjigae B (된장찌개 B)	400	402	2360	250	20	7	14	15	Doenjang stew with beef brisket
	Kimchi jjigae A (김치찌개 A)	460	471	2850	265	19	8	13	18	Kimchi stew with pork
	Kimchi jjigae B (김치찌개 B)	300	322	1060	130	16	3	2.7	11	Kimchi stew with pork
	Haejang-guk (해장국)	700	578[1)]	2570	450	15	0	23	46	Soup for hangover with pork bone

[1)]Weight reduction due to bone removal

1% NaCl과 해당 중량의 기름을 넣어 혼합한 시료를 준비하였다.

2) HMR 제품시료

HMR 제품 시료는 밥류, 면류 그리고 찌개 및 탕류로 구분하여 제조하였으며, 제품에 표시된 1인 분량과 포장지에 표시된 방법대로 조리한 후의 1인 분량을 <Table 1>에 표시하였다.

① 밥류

포장지에 표기된 방법에 따라 제조하되 수분이 거의 없는 컵밥은 총 중량과 같은 양의 물을 넣고 믹서기 2번으로 3분 분쇄하고 다시 동량의 물을 한 번 더 추가하고 2분을 더 분쇄하였으며, 수분이 있는 것은 총 중량의 물을 한 번만 넣고 2 번으로 3분간 분쇄하였다. 이 분쇄액 중 10 g을 취하여 증류수로 50 mL를 만든 다음 2,400×g (20°C)에서 20분간 원심분리한 상층액을 나트륨 함량을 측정하는 시료로 사용하였다.

② 면류

포장지에 표기된 방법에 따라 제조한 후 국물이 없는 짜장면은 물기를 제거한 다음 면과 소스 무게를 합하여 무게

를 측정하고 이 무게와 같은 무게의 물을 첨가하여 믹서기 2번으로 3분 분쇄한 후 다시 동량의 물을 한 번 더 추가하고 2분을 더 분쇄하였고, 국물이 있는 국수는 총 중량을 측정하고 이 무게와 같은 무게의 물을 한 번만 넣고 2번으로 3분간 분쇄하였다. 이 분쇄액 중 10 g을 취하여 증류수로 50 mL를 만든 다음 2,400×g (20°C)에서 20분간 원심분리 하여 상층액을 나트륨 함량을 측정하는 시료로 사용하였다.

③ 찌개 및 탕류

뼈 해장국의 경우에는 뼈를 분리하고 남은 총중량에 같은 양의 물을 첨가하였으며, 뼈 해장국을 제외한 HMR 제품은 총 중량과 동량의 물을 첨가하여 상기의 방법으로 시료를 제조하였다.

모든 시료의 나트륨 함량은 질산은을 이용한 적정법인 Mohr법과 염도계를 이용하여 소금농도를 측정하였으며, 이를 나트륨으로 환산하여 표시하였다. 양념류가 음식의 나트륨 함량에 미치는 영향을 보기 위해서는 각각 3번 반복 측정한 평균값으로 표시하였으며, HMR 제품의 나트륨 함량은 3회에 걸쳐 각각 3번 반복 측정 후 최고치와 최저치를 제외한 결과치의 평균값으로 표시하였다.

4. 통계분석

본 실험의 결과는 IBM SPSS Statistics 25.0 Program (IBM SPSS INC, Armonk, NY, USA)을 이용하여 분석하였다. 염도 측정 방법 및 농도에 따라 설탕, 기름, MSG가 나트륨 함량 측정에 미치는 영향을 비교하기 위해서는 각각 일원배치분산분석(One-way ANOVA) 후 Duncan's multiple test로 사후 검정하였으며, HMR 제품의 나트륨 함량과 염도계 또는 Mohr법 결과를 각각 비교하기 위해서 일표본 T 검정(One-sample t-test)을, 서로 다른 방법으로 측정된 나트륨 함량 간의 상관관계 및 영양정보 상의 영양소 함량과 나트륨 함량 사이의 상관관계를 살펴보기 위해서는 Pearson 상관관계 분석을 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 양념류가 소금 용액의 나트륨 정량에 미치는 영향

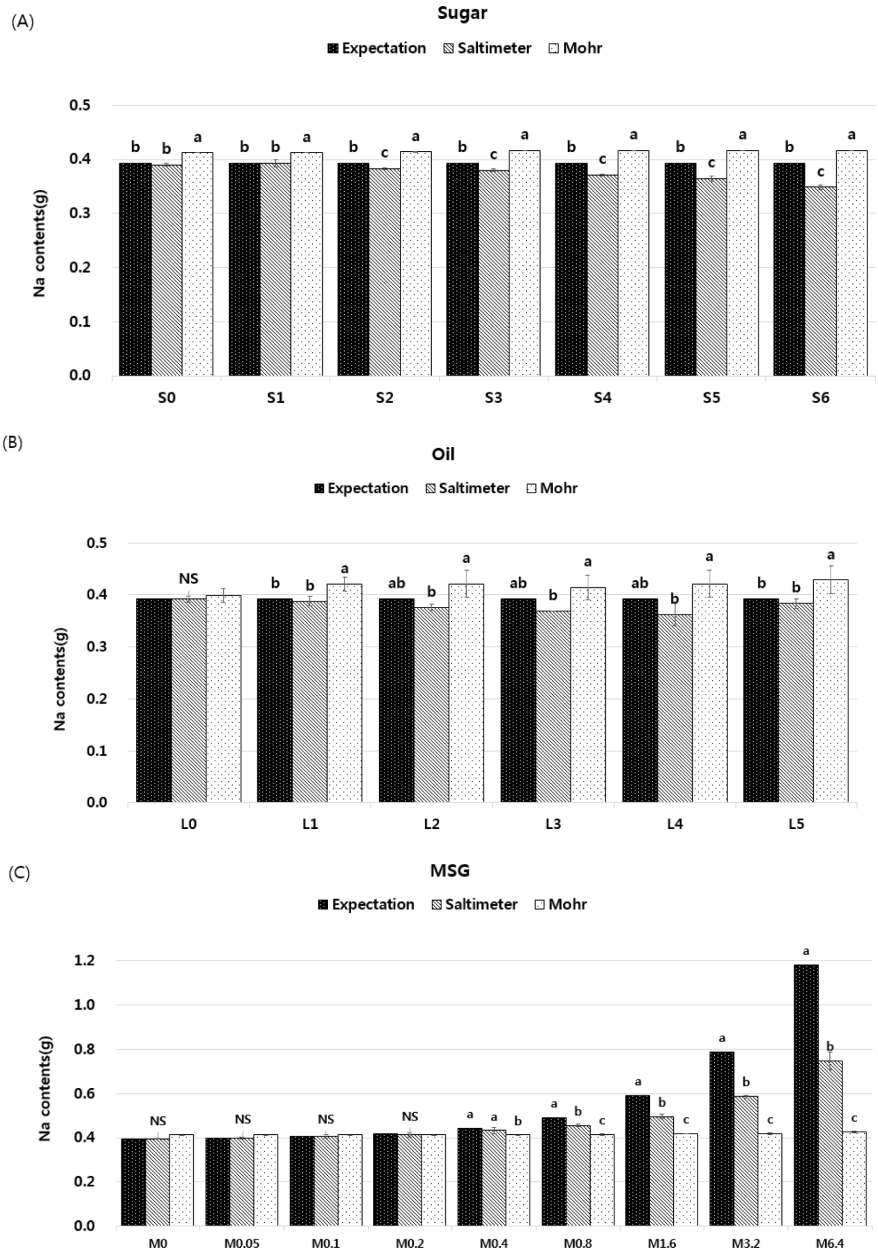
음식은 영양성분과 함량이 각각 다른 다양한 식재료를 이용하며, 맛을 내기 위하여 조미료를 비롯한 다양한 양념류를 사용한다. 그리고 이러한 재료들을 이용하여 조리하는 과정에 식품 성분들은 많은 물리화학적 변화를 겪게 된다. 본 연구는 HMR 제품 내 나트륨을 정량하기에 앞서 조리 중 자주 사용하게 되는 양념인 설탕과 기름 그리고 그 자체 약 12.3%의 나트륨을 함유하고 있는 MSG ($C_5H_8NNaO_4 \cdot H_2O$, 분자량이 187.13)가 나트륨 정량에 어떠한 영향을 미치는 지를 조사하였으며, 이 결과를 <Figure 1>에 제시하였다.

<Figure 1A>는 1% NaCl를 함유하면서 설탕 0% (S0), 1% (S1), 2% (S2), 3% (S3), 4% (S4), 5% (S5), 6% (S6)를 함유한 용액을 염도계와 Mohr법으로 측정 후 나트륨 양을 환산하고, 분자량을 통해 계산된 나트륨 함량 기대치와 비교한 것이다. 염도계로 측정된 값은 1% 설탕 용액까지는 기대치와 차이를 보이지 않았으나 2% 부터는 농도 의존적으로 기대치보다 낮은 결과를 나타내었다($p<0.05$). 반면, Mohr법에 의한 측정 결과는 전체적으로 기대치보다 유의적으로 높았으나($p<0.05$), 설탕 농도에 따른 별다른 변화를 나타내지 않았고, 3% 이상의 설탕 농도에서 나트륨 환산치가 약간 증가하는 경향을 나타내었다.

<Figure 1B>는 1% NaCl를 함유하면서 1%의 호화 전분용액을 이용하여 분산시킨 식용유 0% (L0), 1% (L1), 2% (L2), 3% (L3), 4% (L4), 5% (L5)를 함유한 용액을 염도계와 Mohr법으로 측정 후 나트륨 양을 환산하여 나트륨 기대치와 비교한 것이다. 이 결과 역시 설탕 용액과 같은 경향을 보여 염도계 측정치는 기대치보다 낮게, Mohr법 측정치는 기대치 보다 높게 측정되었다. 그러나 기름 농도 증가에 따른 나트륨 함량의 변화는 일관적인 경향을 나타내지 않았다.

<Figure 1C>는 1% NaCl를 함유하면서 MSG를 0% (M0), 0.05% (M0.05), 0.1% (M0.1), 0.2% (M0.2), 0.4% (M0.4), 0.8% (M0.8), 1.6% (M1.6), 3.2% (M3.2), 6.4% (M6.4) 함유한 용액을 각각 첨가하여 염도계와 Mohr법으로 측정 후 나트륨 양을 환산하여 기대치와 비교한 것이다. MSG는 위의 설탕, 기름과 달리 자체 성분 내 나트륨을 함유하고 있으므로 기대치는 1% NaCl의 나트륨 함량(39.3%)에 해당 농도의 MSG에 함유된 나트륨 함량(12.3%)을 더한 수치를 제시하였다. 그 결과 MSG가 0.2%가 될 때까지는 염도계와 Mohr법 측정치가 기대치와 같았다. 그러나 염도계 측정치는 MSG 0.8% 이상에서 농도 의존적으로 기대치에 비해 낮은 결과($p=0.000$)를 보여준 반면, Mohr법 결과는 MSG 농도가 6.4%까지 증가함에도 나트륨 함량은 거의 증가하지 않았다.

이러한 결과를 종합해 보면 Mohr법으로 측정된 나트륨 함량은 1% NaCl 용액뿐만 아니라 여기에 설탕, 기름, MSG 등이 혼합된 경우 모두 염도계로 측정된 나트륨 함량에 비해 약간 높게 측정되는 경향을 볼 수 있었으나 염도계의 경우는 1% NaCl을 함유한 설탕, 기름, MSG 용액에서 설탕, 기름, MSG의 농도가 낮은 경우 기대치와 매우 유사한 결과를 보여주었다. 그러나 혼합된 설탕, 기름, MSG 용액의 경우 농도가 높아짐에 따라 염도계와 Mohr법 결과는 차이를 나타내었다. 설탕은 이온화되지 않는 물질이므로 전기 전도도에 영향을 미치지 않는다. 그럼에도 불구하고 2% 이상의 설탕 혼합액에서 농도 의존적으로 염도가 낮게 측정된 것은 설탕이 나트륨의 전기 전도도를 방해할 수 있다는 것을 시사한다<Figure 1A>. 기름의 경우 역시 비슷한 경향을 나타내었으나 <Figure 1B>, 결과의 편차가 크게 나타나 농도에 따른 유의적인 차이를 보기는 어려웠다. 이는 NaCl 용액에 기름을 분산시키기 위하여 1% 호화 전분용액을 사용하였지



<Figure 1> Effect of seasonings on sodium determination in 1% NaCl solution.

(A) Saccharose 0% (S0); Saccharose 1% (S1); Saccharose 2% (S2); Saccharose 3% (S3); Saccharose 4% (S4); Saccharose 5% (S5); Saccharose 6% (S6), (B) Oil 0% (L0); Oil 1% (L1); Oil 2% (L2); Oil 3% (L3); Oil 4% (L4); Oil 5% (L5), (C) MSG 0% (M0); MSG 0.05% (M0.05); MSG 0.1% (M0.1); MSG 0.2% (M0.2); MSG 0.4% (M0.4); MSG 0.8% (M0.8); MSG 1.6% (M1.6); MSG 3.2% (M3.2); MSG 6.4% (M6.4). Results are means±SD of three determinations. $^{a-c}$Means above a figure by different superscripts are significantly different at α=0.05 by Duncan's multiple range test.

만 분산 상태가 고르지 않았기 때문으로 판단된다.

설탕, 기름과 달리 분자 자체에 나트륨을 함유하고 있는 MSG 결과에서는 두 방법에 의해 측정된 나트륨 함량에서 뚜렷한 차이를 볼 수 있었다. 두 방법 모두 MSG 농도 0.2%이하에서는 기대치와 차이를 나타내지 않았다. 그러나 MSG 0.8% 이상에서의 염도계 측정 결과는 MSG가 증가함에 따라 나트륨 함량이 농도 의존적으로 증가하였으나, MSG의 나트륨 함량을 모두 반영하지 못하여 MSG가 0.8, 1.6, 3.2, 6.4%로 증가할수록 기대치에 비해 93.9, 84.7, 74.7, 63.6%로 점점 감소하였다. 이는 MSG 만을 단독으로 측정해 본 예비 실험에서도 관찰된 현상으로 염도계로 측정된 MSG 용액에서 측정된 나트륨 함량과 1% NaCl을 함유한 MSG 용액에서 나트륨 함량을 더한 수치는 이론상의 기대치에 비해 MSG의 농도가 증가할수록 98.8%에서 63.9%까지 농도 의존적으로 감소하였다(data not shown). 본 실험에서 사용한 전기 전도도를 이용한 염도계는 수용액 중에 함유된 염

분의 양에 따라 달라지는 전기 전도도를 측정하는 계기(Yook 2006)로써, 본 실험에 사용한 염도계의 나트륨 측정범위는 0.0~2000.0 mg 임에도 불구하고 용액 속에 함유된 나트륨의 일정 부분만을 측정할 수 있었으며, 이는 MSG의 농도가 증가할수록 용액 중에서 측정되는 나트륨 함량이 점차 낮아지기 때문이라는 것을 알 수 있었다(Anfalt & Jagner 1969). 반면 Mohr법 측정 결과는 MSG에 함유된 나트륨을 거의 반영하지 못하였는데 이는 Mohr법 측정 원리가 용액 중에 염소의 양을 측정한 후 이를 소금 함량으로 환산하는 것이므로(Kim et al. 2007) 매우 당연한 결과라 할 수 있다.

위의 실험에서 나타난 결과를 고찰하기 위하여 문헌을 탐색하였으나 아쉽게도 관련 문헌을 찾을 수가 없었다. 단, 음식에 사용되는 MSG의 농도는 0.1~0.8%로 알려져 있으며(Beyreuther et al. 2007), Chung et al.(2019)은 소고기뭇국 제조 시 0.35%의 소금 농도에 0.16%의 MSG를 첨가한 경우 기호도가 가장 높았고, MSG를 그 이상 사용할 경우 역겨운 맛과 쓴맛이 강해졌다고 한 보고로부터 일반적으로 조리 시 첨가하는 MSG의 농도 범위에서는 염도계 및 Mohr법으로 환산하는 나트륨 함량이 기대치와 유사한, 신뢰할 수 있는 결과를 보여줄 수 있을 것으로 판단된다.

2. HMR 제품 영양정보 상의 나트륨 함량과 나트륨 정량 결과 비교

본 연구에서 염도를 측정한 HMR 제품은 밥류 3종, 면류 10종 및 찌개 및 탕류 5종으로 총 18종이며, 각 제품의 1인 분량 및 제품 설명서에 기재된 방법대로 조리한 후의 무게와 제품 표시에 기재된 영양정보는 <Table 1>과 같다. 조리한 후의 무게를 기준으로 밥류의 1인 분량은 215~281 g 사이였으며, 면류는 436~673 g, 찌개 및 탕류는 322~578 g이었다. 영양정보 상의 밥류의 나트륨 함량은 평균 0.87±0.08 g이었으며, 면류와 찌개 및 탕류는 각각 1.74±0.38 g과 2.17±0.69 g으로 찌개 및 탕류, 면류, 밥류의 순으로 많았다. 이는 국민건강영양조사 결과를 분석한 논문(Song et al. 2013)에서 국민의 염분 섭취에 기여하는 대표 음식은 김치 다음으로 면류, 국탕류, 찌개류의 순이라고 한 결과와는 차이가 있으나 이는 섭취 빈도의 차이 및 본 연구에 사용된 제품의 수

<Table 2> Sodium contents in nutrition facts and measured by salinity meter and Mohr method of HMR products

Categories	Food Items	Nutrition Facts (a)	Saltinity meter (b)	Mohr mehtod (c)	Ratio	
					b/a	c/a
Rices	*Jeyugdeopbap* A (제육덮밥 A)	0.79	0.71±0.09^{NS}	0.73±0.05^{NS}	0.90	0.92
	Jeyugdeopbap B (제육덮밥 B)	0.95	1.11±0.03*	1.03±0.05^{NS}	1.17	1.08
	Saeu-bokkeumbap (새우볶음밥)	0.87	0.60±0.02**	0.42±0.02***	0.69	0.48
	Subtotal	0.87±0.08	0.72±0.27^{NS}	0.81±0.24^{NS}	0.83	0.93
Noodles	*Jajangmyeon* A (짜장면 A)	1.62	1.65±0.07^{NS}	1.55±0.01**	1.02	0.96
	Jajangmyeon B (짜장면 B)	1.33	1.63±0.09*	1.67±0.04**	1.23	1.26
	Jjambbong (짬뽕)	2.34	2.54±0.06*	2.25±0.15^{NS}	1.09	0.96
	Zanchi-guksu A (잔치국수 A)	2.29	2.59±0.05**	2.20±0.05^{NS}	1.13	0.96
	Zanchi-guksu B (잔치국수 B)	1.24	1.78±0.03***	1.50±0.07*	1.44	1.21
	Mul-naengmyeon A (물냉면 A)	1.52	2.07±0.18*	1.77±0.15^{NS}	1.36	1.16
	Mul-naengmyeon B (물냉면 B)	2.12	2.12±0.22^{NS}	2.01±0.18^{NS}	1.00	0.95
	Ssal-guksu (쌀국수)	1.67	1.98±0.04**	1.66±0.05^{NS}	1.19	0.99
	Udong A (우동 A)	1.66	2.29±0.10**	2.10±0.06**	1.38	1.27
	Udong B (우동 B)	1.57	2.18±0.12*	2.01±0.05**	1.39	1.28
	Subtotal	1.74±0.38	1.87±0.28*	2.08±0.34***	1.07	1.20
Soups	*Doenjang jjigae* A (된장찌개 A)	2.00	2.23±0.15^{NS}	2.33±0.01***	1.12	1.17
	Doenjang jjigae B (된장찌개 B)	2.36	2.48±0.11^{NS}	2.44±0.11^{NS}	1.05	1.03
	Kimchi jjigae A (김치찌개 A)	2.85	2.66±0.06*	3.07±0.04**	0.93	1.08
	Kimchi jjigae B (김치찌개 B)	1.06	1.59±0.04***	1.60±0.03***	1.50	1.51
	Haejang-guk (해장국)	2.57	2.31±0.10*	2.51±0.00***	0.90	0.98
	Subtotal	2.17±0.69	2.39±0.49^{NS}	2.25±0.39^{NS}	1.10	1.06
	Total	1.71±0.62	1.92±0.61*	1.82±0.64^{NS}	1.12	1.06

NS; not significant, *p<0.05,**p<0.01, ***p<0.001

Means±SD of the results excluding the highest and lowest value after three repeated measurements, three times each. The significance between the salinity meter and Mohr method results and expected values was analyzed by one-sample t-test, respectively.

<Table 3> Correlation analysis between the measured sodium contents and sodium contents of nutrition facts in HMR products

	Na in nutrition facts	Na by salinity meter	Na by Mohr method
Na in nutrition facts	-		
Na by salinity meter	0.885**	-	
Na by Mohr method	0.920**	0.950**	-

**p<0.01

가 적기 때문이라 볼 수 있다. 면류에서는 짬뽕(2.34 g)과 잔치국수 A (2.29 g)의 나트륨 함량이 가장 많았으며, 찌개 및 탕류의 경우 1인 분량 당 나트륨 함량이 2 g을 상회하였으나 김치찌개 B의 나트륨 함량은 김치찌개 A의 약 37% 수준으로 제조 회사가 다른 두 제품 간 큰 차이를 보였다. 전체적으로 조리 후 무게와 나트륨 함량 사이는 r=0.651 (p<0.01)의 상관관계를 보였다(data not shown).

이들 제품의 영양정보 상의 나트륨 함량과 염도계와 Mohr법으로 염도를 측정한 후 환산한 나트륨 함량을 <Table 2>에 나타내었다. <Table 2>에는 각 제품의 염도계 측정을 통한 나트륨 환산치(b)를 영양정보 상의 나트륨 함량(a)으로 나눈 비율인 'b/a'와 각 제품의 염도를 Mohr법으로 적정하여 계산한 나트륨 환산치(c)를 영양정보 상의 나트륨 함량(a)으로 나눈 비율인 'c/a'를 제시하였다. 이 결과를 살펴보면 'b/a' 및 'c/a' 비율 각각의 전체 평균은 1.12와 1.06으로 영양정보와 매우 유사한 결과를 보여준 반면 각각의 제품에 따른 차이는 큰 편으로 'b/a'는 0.69~1.50, 'c/a'는 0.48~1.51의 넓은 차이를 나타내었다. 그러나 새우볶음밥, 잔치국수 B와 김치찌개 B를 제외하면 'b/a'는 0.90~1.44, 'c/a'는 0.92~1.28의 범위를 나타내었다. 또한 'b/a'와 'c/a' 비율은 두 가지 방법 모두 1보다 높거나 낮은 경우가 많았다. 즉, 이 비율은 동일한 종류의 음식인 짜장면 A와 B, 잔치국수 A와 B, 김치찌개 A와 B의 차이가 크게 나타나 염도 측정법에 따른 차이보다는 제품에 따른 차이가 더 크게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과가 영양정보 상의 영양소 성분(탄수화물, 당, 단백질, 지방, 나트륨 등)에 기인하는 것인지를 살펴보았으나 이들 간의 유의적인 상관관계는 나타나지 않았다(data not shown).

영양정보 상의 나트륨 함량과 염도계 및 Mohr법으로 측정한 나트륨 함량 간의 상관관계를 살펴 본 결과를 <Table 3>에 제시하였다. 염도계 결과와 Mohr법 사이의 상관계수가 가장 높아 0.950을 나타냈으며, 영양정보와 염도계 결과와의 상관계수는 0.885, 영양정보와 Mohr법 사이의 상관계수는 0.920로 모두 유의적으로 매우 높은 상관관계(p<0.01)를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

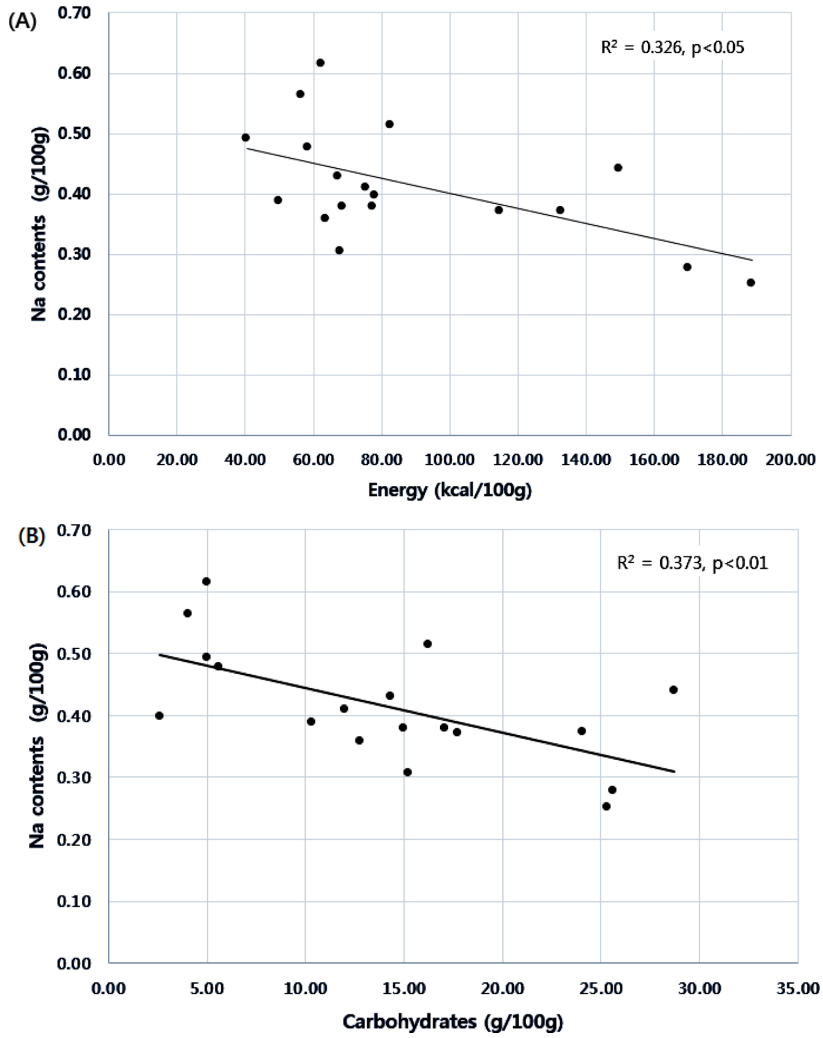
3. 나트륨 함량과 영양정보 상의 에너지 및 영양소 함량과의 상관관계

본 연구에서는 <Figure 1>과 같이 NaCl 용액에 첨가된 설탕 및 기름이 나트륨 함량 측정에 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 영양정보 상의 나트륨 함량과 염도계 및 Mohr법으로 환산한 나트륨 함량 그리고 영양정보 상의 에너지, 탄수화물, 당, 지방 및 단백질 함량과의 상관관계를 분석해 보았다. 이를 위하여 <Table 1>에 표시한 각 제품의 조리 후 무게 100 g을 기준으로 에너지 및 각 영양소의 무게를 계산한 후 분석한 결과는 <Figure 2>와 같다. 그 결과 영양정보 상의 나트륨 함량은 에너지를 비롯하여 탄수화물, 당, 지방 및 단백질 함량과 유의적인 상관관계를 보이지 않았으나(data not shown), 염도계로 측정된 나트륨 함량과 에너지 및 탄수화물 함량 사이의 상관계수는 각각 –0.571 (p<0.05), –0.611 (p<0.01)로 부의 상관관계를 나타내었다 <Figure 2>. 이와 마찬가지로 Mohr법에 의한 결과 역시 나트륨 함량과 에너지 그리고 나트륨과 탄수화물 함량 사이의 상관계수는 각각 –0.507 (p<0.05), –0.656 (p<0.01)로 부의 상관관계를 나타내어<Figure 3>, 제품의 100 g 당 에너지 및 탄수화물 함량이 증가할수록 나트륨 함량은 유의적으로 낮게 측정됨을 알 수 있었다. 그러나 제품의 당과 지방 함량은 <Figure 1>의 결과와 달리 Mohr법은 물론이고 염도계로 측정한 나트륨 함량에도 영향을 미치지 않았다.

용액에 함유된 염소를 적정함으로써 NaCl 함량을 환산하고 이로부터 나트륨 함량을 계산하는 Mohr법은 식품 자체에 NaCl 외의 형태로 염소 성분을 함유할 경우 또는 <Figure 1C>의 MSG의 경우처럼 염소와 결합하지 않은 나트륨 성분을 함유하는 경우는 정확한 나트륨 정량이 어려우며, 시료의 전처리 방식에 의해서도 결과가 달라질 수 있다 (Atago). 또한 전기 전도도 방식의 염도계 역시 <Figure 1A>와 <Figure 1B>에서 본 바와 같아 전기 전도도에 영향을 미칠 수 있는 설탕, 기름과 같은 물질의 농도가 높아지는 경우 나트륨의 정확한 정량이 어려울 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 나트륨 측정 방법에 따른 나트륨 함량의 차이를 보기 위해 설탕, 기름, MSG 등 기본적인 양념류만을 선택했으며, 이들 양념류가 복합적으로 함유된 상태 그리고 이들을 냉장, 냉동 또는 가열했을 때의 나트륨 측정 결과의 변화 등을 살펴보지는 않았다. 음식은 주재료와 부재료, 조미를 위해 첨가하는 양념류 등이 각각 다르며 이들 식재료를 구성하는 성분 사이의 화학반응과 함께 조리 과정을 통해 여러 성분의 변화를 겪게 되므로 측정되는 나트륨 함량에도 변화가 있을 수 있다.

그럼에도 불구하고 일부를 제외한 HMR 제품의 나트륨 함량이 측정 원리가 다른 염도계와 Mohr법 그리고 영양정보 상의 결과와 높은 상관관계를 나타냈다는 것은 의미 있는 결과이며, 실생활에서 가장 간편하게 사용할 수 있는 염도계 결과만으로도 비교적 정확한 나트륨 정량이 가능함을 알 수 있었다.

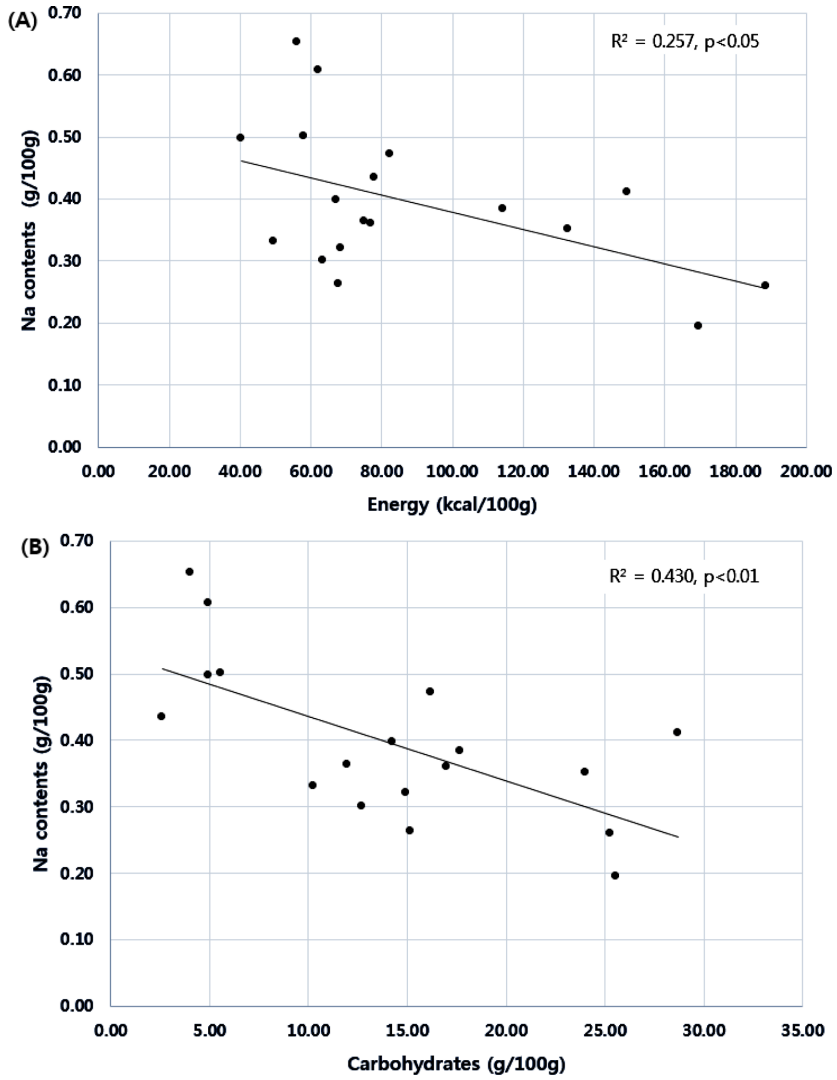


<Figure 2> Correlation between energy and carbohydrate contents in Nutrition facts and sodium contents as measured by a salinity meter. (A) Correlation between energy and sodium content. (B) Correlation between carbohydrate and sodium content.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 음식의 염도 측정을 위해 사용하고 있는 염도계가 식품 속에 함유된 나트륨 함유량을 어느 정도 반영하고 있는 지를 살펴보기 위한 것으로 다음 2가지의 실험을 실시하였다. 우선 음식 조리에 흔히 사용되는 설탕과 기름이 염도 측정에 어떠한 영향을 미치는지 그리고 MSG에 함유된 나트륨이 염도계를 통해 어느 정도 측정이 되는 지를 살펴보기 위해 1% NaCl을 함유한 용액에 0~6%의 설탕, 0~5%의 기름 및 0~6.4%의 MSG를 첨가한 용액을 각각 준비한 후 염도계로 측정한 다음 이 결과를 원자량으로 계산된 나트륨의 기대치 및 식품 분석 시 소금 또는 나트륨 정량에 사용되는 방법인 Mohr법에 의해 측정된 결과와 비교하였다. 그 결과 염도계로 측정한 설탕 용액은 2% 용액 이상에서 농도 의존적으로 기대치보다 낮은 결과($p<0.05$)를 나타내어 설탕 농도가 높아짐에 따라 염도계의 나트륨 전기 전도도가 더 큰 부(negative)의 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 반면, Mohr법은 전체적으로 염도계 및 기대치보다 높은 수치를 나타내었으나 설탕 농도 증가에 따른 별다른 변화를 나타내지 않았다. 1% NaCl을 함유한 기름(1% 호화전분에 분산된 형태의) 용액의 경우 Mohr법 결과가 염도계 및 기대치 보다 높았으나 농도에 따른 의미 있는 영향은 나타내지 않았다. 분자량의 약 12.3%에 해당하는 나트륨을 함유하고 있는 MSG는 농도가 0.2%가 될 때까지는 기대치와 염도계 및 Mohr법 결과가 일치하였으나 0.8% 이상에서의 염도계 측정치는 기대치에 비해 농도 의존적으로 낮은 결과($p=0.000$)를 나타내었다. 그러나 MSG는 일정량 이상을 사용할 경우 오히려 음식의 맛을 저해하게 되므로 일반적인 사용범위에서는 염도계를 통한 나트륨 측정 결과에 영향을 미치지는 않을 것으로 사료된다.

두 번째 실험은 다양한 식재료와 다양한 양념류를 사용하여 조리된 식품 속에 함유된 나트륨 함량을 염도계 및 Mohr법으로 어느 정도 검출해 낼 수 있는 있는지를 알아보기 위하여 ICP-OES 방법에 의한 나트륨 정량치를 제품 영양표시



<Figure 3> Correlation between energy and carbohydrate contents in Nutrition facts and sodium contents as titrated by Mohr method. (A) Correlation between energy and sodium content. (B) Correlation between carbohydrate and sodium content.

에 활용하고 있는 HMR 제품 18종(밥류 3종, 면류 10종 및 찌개와 탕류 5종)을 선정하였으며, 이들 제품의 나트륨 함량을 염도계와 Mohr법으로 측정하여 영양표시 상의 나트륨 함량과 비교하였다. 전체 제품의 염도계를 통한 나트륨 측정치(b)를 영양정보 상의 나트륨 함량(a)으로 나눈 b/a와 Mohr법 환산치 결과(c)를 영양정보 상의 나트륨 함량(a)으로 나눈 'c/a'는 평균 1.12와 1.06으로 영양정보와 매우 유사한 결과를 보여주었다. 그러나 각 제품별 차이는 큰 편이었으며, 같은 종류의 음식(예를 들어 김치찌개 A와 B) 사이의 차이도 큰 편이었다. 영양정보와 염도계 결과 간, 영양정보와 Mohr법 결과 간, 그리고 염도계와 Mohr법 결과 간 상관계수는 각각 0.885, 0.920 및 0.950으로 모두 유의적으로 높은 상관관계($p<0.01$)가 있음을 보여주었다.

현재 우리나라는 국민의 나트륨 섭취 저감화를 위해서 국가 및 지자체 단위의 다양한 사업을 실시하고 있다. 그러나 개개인 나트륨 섭취의 실질적 감소를 위해서는 나트륨 과잉 섭취가 건강의 위해 요인이라는 인식과 함께 스스로가 얼마나 짠맛을 선호하는지에 대한 객관적인 인지가 선행되어야 한다. 염도계는 개인이 스스로의 짠맛 기호 및 나트륨 섭취량을 객관적으로 인지하기 위해 손쉽게 사용할 수 있는 도구이다. 본 연구는 염도계로 염도를 측정하여 환산한 나트륨 함량이 실측치를 얼마나 반영할 수 있는 지를 살펴보기 위하여 ICP-OES 방식으로 측정되는 HMR 제품의 나트륨 영양표시 함량과 식품분석 실험에서 사용하는 방법인 질산은적정법인 Mohr법 결과치를 비교하였으며, 그 결과 염도계 측정 방식으로도 개인의 짠맛 기호 수준뿐만 아니라 나트륨 섭취량을 간접적으로 측정해 볼 수 있음을 알 수 있었다. 다만, 본 연구는 Mohr법과의 비교를 위하여 혼합, 여과, 원심분리 및 희석 등 시료의 전처리를 동일하게 해야 했으므로 염도계를 사용하는 본래의 취지인 간편성을 유지할 수 없었다는 점이 연구의 제한점이라 할 수 있다.

감사의 글

연구 진행 및 실험을 도와 준 가천대학교 식품영양학과 정현아, 고연주 학생에게 감사드립니다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

Anfalt T, Jagner, D. 1969. Computer calculation of the interference of ammonium salts in Mohr's method for the determination of chloride. Talanta 16(4):555-557

Belcher R, Macdonald A.M.G., Parry, E. 1957. Analytica chimica acta:an international journal devoted to all branches of analytical chemistry v.16, Elservier, Netherlands, pp.524-529

Beyreuther K, Biesalski HK, Fernstrom JD, Grimm P, Hammes WP, Heinemann U, Kempski O, Stehle P, Sternhart H, Walker R. 2007. Consensus meeting: monosodium glutamate-an update. Eur. J. Clin. Nutr., 61:304-313

Burney PA. 1987. A diet rich in sodium may potentiate asthma: Epidemiologic evidence for a new hypothesis. Chest., 91(6):143S-148S

Carbone LD, Bush AJ, Barrow KD, Kang A. 2003. The relationship of sodium intake to calcium and sodium excretion and bone mineral density of the hip in postmenopausal African-American and Caucasian women. J. Bone. Miner. Metab., 21:415-420

Chung Y, Kang M, Kim D, Kang J, Ha JH, Lee Y. 2019. Effects of monosodium glutamate (MSG) on sensory attributes and acceptability of beef and radish soup (Korean soegogi-muguk). J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr., 48(5):567-574

Han JS. 1999. Effect of salt on cooking. J. East Asian Soc. Dietary Life, 9(3):391-401

Itoh R, Suyama Y, Oguma Y, Yokota F. 1999. Dietary sodium, independent determinant for urinary deoxypyridinoline in elderly women. A cross-sectional study on the effect of dietary factors on deoxypyridinoline excretion in 24-h urine specimens for 763 free-living healthy Japanese. Eur. J. Clin. Nutr., 53(11): 886-890

Jung J. 2016. Policy trends of sodium reduction. Food Sci. and Industry, 49(2):2-7

Kim MS. 2017. A study on the sodium and sugar intake reduction according to the appropriate mixed solution of the salt and sweetness. Food Service Industry and Management, 13(1):33-56

Kim S, Yoon Y, Babajanyan A, Kim J, Lee K. 2007. Concentration of Sodium Chloride Solutions Sensing by Using a Near-Field Microwave Microprobe. J. Kor. Soc. Nondestructive Testing, 27(1):23-30

Lim AH, Hwang JY, Kim K. 2017. Evaluation of the sodium intake reduction plan for a local government and evidence-based reestablishment of objectives: Case of the Seoul Metropolitan Government. J. Nutr. Health, 50(6): 664-678

Mahan LK, Escott-Stump S, Raymond JL. 2012. Krause's Food and the nutrition care process. 13 Ed. Elservier Saunders, Missouri, USA, pp.178-183

Mickleborough TD. 2005. Dietary salt, airway inflammation, and diffusion capacity in exercise-induced asthma. Med. Sci. Sports Exerc., 37:904-914

Ministry of Health and Welfare, Korea Centers for Disease Control and Prevention. Korea Health Statistics 2015; Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES VI-3)

Ministry of Health and Welfare, The Korean Nutrition Society. 2015. Dietary Reference Intake for Koreans 2015

Murphy C, Cardello AV, Brand JG. 1981. Tastes of fifteen halide salts following water and NaCl: Anion and cation effects. Physiol. & Behavior, 26(6):1083-1095

Shim E, Yang YJ, Yang YK. 2016. Relationship between thresholds and self-assessed preference for saltiness and sodium intake in young women. J. Nutr. Health, 49(2):88-98

Song DY, Park JE, Shim JE, Lee JE. 2013. Trends in the major dish groups and food groups contributing to sodium intake in the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 1998-2010. Kor. J. Nutr., 46(1):72-85

Stamler R. 1991. Implications of the intersalt study. Hypertension, 17(suppl 1):I16-20

Tsugane S. 2005. Salt, salted food intake, and risk of gastric cancer: epidemiologic evidence. Cancer Sci., 96(1):1-6

Yook KJ, Lee ST, Kim JY, Kim JW. 2006. A study of salinity analyzer. Kor. Soc. Marine Engineering, 11:53S-55S

Atago. Salt meter data book relation to Mohr's method. Available from: https://www.atago.net/en/databook-salt_relationship-mole.php, [accessed 2019. 10. 25]

Koreatech. Inductively coupled plasma-Optical emission spectrometer. Available from: http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=00811022&logNo=220897604117&parentCategoryNo=&categoryNo=1&viewDate=&isShowPopularPosts=true&from=search), [accessed 2019. 11. 4]

Received November 21, 2019; revised December 10, 2019; accepted December 13, 2019