

젖소 목장의 유두침지소독 방법에 따른 집합유와 시판 우유 내 요오드 농도

정지혁 · 김단일* · 김두¹

강원대학교 수의과대학 및 동물의학종합연구소, *서울대학교 수의과대학

Iodine Concentrations in Commercial Milks and Bulk Tank Milks of Dairy Farms Performed Different Teat Dipping Methods

Jihyeok Jeong, Danil Kim* and Doo Kim¹

College of Veterinary Medicine & Institute of Veterinary Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

*College of Veterinary Medicine, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

(Received: May 24, 2016 / Accepted: August 16, 2016)

Abstract : To determine the concentrations of commercial milks and the effect of different teat dipping methods on iodine concentrations of bulk tank milk, iodine concentration was analyzed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The 59 bulk tank milk samples were collected. The 8 brands of commercial whole milk and 5 brands of commercial organic milk were purchased. The iodine concentrations of bulk tank milks of 59 dairy farms were in the range from 42.7 to 562.5 µg/L. The iodine levels of 4 different teat dipping methods with pre-dipping, post-dipping, pre & post-dipping, and non-dipping were 138.9 ± 41.1, 200.6 ± 106.9, 205.1 ± 93.2, and 110.9 ± 70.4 µg/L, respectively. No significant difference ($P > 0.05$) was observed among 4 different teat dipping methods. Iodine concentrations of commercial whole milks were in the range from 149.1 to 210.4 (178.8 ± 22.0) µg/L, and iodine concentrations of commercial organic milks were in the range from 85.0 to 356.9 (214.2 ± 123.3) µg/L. Iodine concentrations of commercial milk in Korea are relatively low comparing with those of other countries.

Key words : iodine concentration, bulk tank milk, teat dipping, whole milk, ICP-MS.

서 론

요오드는 갑상선 호르몬의 주요 구성 성분으로 물과 음식물 섭취를 통해 적정량을 공급하여야 한다(12). 체내 요오드의 결핍과 과잉, 두 경우 모두 질병을 초래할 수 있으며 요오드 결핍은 갑상선기능저하증과 갑상선종의 발생과 관련이 있다(4). 또한 초기 임신기에 산모로부터 태아에게 요오드 공급이 결핍되면 언어성 지능, 읽기의 정확성과 이해도의 저하가 발생할 수 있다(2). 체내 요오드 과잉의 경우 갑상선암 중 유두상 갑상선암의 발병율이 높아지는데(11), 특히 요오드 섭취가 많은 우리나라에서는 갑상선암 발병율이 눈에 띄게 증가되고 있어 1999년 6.3%에서 2010년 52.7%로 가파른 상승을 보였다(13).

사람의 경우, 국가나 지역, 음식문화에 따라 하루 요오드 섭취량에 차이가 크다. 미국, 유럽의 산업화된 국가에서는 우유와 유제품, 계란 등의 낙농제품과 시리얼, 요오드화 염(iodized salt), 제빵 체분이 요오드의 주된 공급원이다(22).

2008년 국민건강영양조사에 의하면 우리나라 국민의 요오드 공급원은 해조류가 66%, 우유와 유제품이 11%, 생선이

9%로, 해조류와 어패류가 요오드의 주 공급원이다(14). 우리나라 국민의 요오드 평균 섭취량은 296 ± 1049 µg/d로 조사되었고 개인 간의 변이가 매우 컸으며, 90백분위수는 765 µg/d, 95백분위수는 1,600 µg/d, 97.5백분위수는 3,040 µg/d를 섭취하는 것으로 조사되었다(16). 요오드 상위섭취자 10%는 권장섭취량의 5~20배의 요오드를 섭취하는 고 요오드 섭취군이었으며 요오드 섭취분포에서 비대칭적인 분포를 나타내었다(16).

유제품이 우리나라 국민의 요오드 공급원의 11%를 차지하는 상황에서 요오드 섭취에 유제품의 영향도 배제할 수 없다. 시판우유 내 요오드 농도는 국가별로 스위스 690 µg/L, 미국 440 µg/L, 덴마크 167~268 µg/L, 노르웨이 150 µg/L 순으로 조사되었으며(9,12,21,23), 우리나라에서 시판되는 우유는 외국제품의 중간 수준(210~235 µg/L)으로 보고되었다(18).

낙농산업에서 위생적인 우유를 생산하기 위해서 유두침지소독 및 기구 소독에 요오드제가 널리 쓰이고 있는 실정이며 이러한 요오드제의 사용은 우유 내 요오드 농도에 영향을 미칠 수 있으며 또한 요오드계 소독제뿐만 아니라 사료와 사료 첨가제, 미네랄 블록, 식수 등에 함유되어 있는 요오드가 우유 내 요오드 농도에 영향을 미칠 수 있을 것이다(25).

유두침지에 사용되는 요오드 농도와 유두침지방법에 따라 우유 내 요오드 농도에 차이가 있을 수 있다(1,5,20,24). 현

¹Corresponding author.
E-mail : kimdoo@kangwon.ac.kr

재 우리나라에서는 유두침지 소독방법으로 착유 전 침지, 착유 후 침지, 착유 전·후 침지 방법이 목장의 상황에 따라 실시되고 있으며 요오드 소독제는 전 침지의 경우 0.1% iodophor, 후 침지의 경우 0.5% iodophor가 권장되고 있지만 목장에 따라 다양한 농도로 소독을 실시하고 있다. 본 연구에서는 요오드제를 활용하여 유두침지를 실시하는 목장들의 유두침지방법에 따른 집합유의 요오드 농도의 차이를 조사하였고 시중에 판매되고 있는 일반 시유와 유기농 우유의 요오드 농도를 조사하였다.

재료 및 방법

시료 채취

집합유 내의 요오드 농도를 측정하기 위하여, 2015년 6월부터 7월까지 경기도 파주, 화성, 가평, 이천 지역의 96개 목장을 방문하여 유두침지소독과 관련된 설문조사를 실시하였다. 설문조사 결과를 토대로 요오드제를 사용하여 유두침지 소독을 실시하는 목장 39 곳을 선별하였으며 대조군으로 유두침지소독을 실시하지 않는 5개의 목장(무침지)도 선정하여 집합유 시료를 채취하였다. 집합유 시료는 각각의 젖소 목장에 있는 bulk tank에서 균질하게 교반시켜 위생적인 방법으로 polypropylene 50 ml tube에 40 ml씩 채취하였다. 요오드제를 사용하는 목장 중, 착유 전 유두침지소독(전침지)을 실시하는 목장은 4곳, 착유 후 유두침지소독(후침지)을 실시하는 목장은 32곳, 착유 전후로 유두침지소독(전후침지)을 실시하는 목장은 3곳으로 후침지를 실시하는 목장이 가장 많았다(Table 1). 유두침지를 실시하지 않는 5개의 목장은 착유 전에 물세척 후 수건으로 물기만 닦아내었다.

시판 중인 시유 중의 요오드 농도를 측정하기 위하여, 2015년 8월에 서울과 강원지역 슈퍼마켓에서 일반 시유 8종을 구입하였고 유기농 우유 5종은 서울의 백화점에서 구입하였다. 시료들은 ICP-MS로 측정하기 전 polypropylene tube에 분주한 후 -20°C에서 냉동 보존하였다.

시료 분석

유즙 중의 요오드 농도는 alkali extraction과정을 거친 후 inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)을 통해 측정하였다(10). 즉, 냉동보관된 우유 샘플들은 분석을 위하여 해동하여 vortexing 과정을 거쳐 균질화하였다. 각 샘플은 15 mL polypropylene tube에 100 µl씩 분주한 후, 2% tetramethylammonium hydroxide (TMAH) 용액 10 mL를 첨가하였으며 internal standard로서 tellurium을 최종 농도가 5 µg/L (ppb) 되도록 첨가하였다. 튜브의 뚜껑을 밀폐시킨 후 90°C로 가열한 dry oven에서 2시간 동안 열처리 후 원심분리(15,000 × g, 3분)한 후 상층액으로 분석하였다. Potassium iodate 표준용액을 최종 농도가 0, 2, 4, 6, 8, 10 µg/L (ppb) 되게 2% TMAH용액에 첨가 후 열처리하여 검량곡선을 작성하였으며 표준용액 검량식을 사용하여 우유내 요오드함량을 계산하였다.

통계 분석

통계분석은 SAS 9.4 (SAS Institute Inc, USA)를 이용하

Table 1. Iodine concentrations of bulk tank milk according to 4 different teat dipping methods

Group	No. of farms	Concentration (µg/L)
Pre-dipping	4	138.9 ± 41.4
Post-dipping	32	200.6 ± 106.9
Pre & Post dipping	3	205.1 ± 93.2
None	5	110.9 ± 70.4

Table 2. Iodine concentrations of commercial whole milk

Brand	Concentration (µg/L)
A	149.1
B	178.2
C	167.6
D	152.5
E	188.9
F	203.1
G	210.4
H	180.9
Mean ± SD	178.8 ± 22.0

Table 3. Iodine concentrations of commercial organic milk

Brand	Concentration (µg/L)
I	186.0
J	328.4
K	356.9
L	114.7
M	85.0
Mean ± SD	214.2 ± 123.3

여 수행하였고, 유두침지소독 방법에 따라 분류한 유두침지군 간의 집합유 내 요오드 농도의 유의차 검사는 Kruskal-Wallis Test로 실시하였으며, 유의 수준은 p < 0.05로 하였다.

결 과

유두침지를 실시하는 목장들의 유두침지방법에 따른 집합유와 시판 우유 내의 요오드 농도를 측정하기 위해 ICP-MS로 검사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

유두침지방법에 따른 집합유 내 요오드 농도의 평균값은 Table 1과 같다. 전침지를 실시하는 목장(n=4)의 집합유 내 요오드 농도의 평균은 138.9 ± 41.4 µg/L, 후침지를 실시하는 목장(n=32)의 집합유 내 요오드 농도의 평균은 200.6 ± 106.9 µg/L, 전후침지를 실시하는 목장(n=3)의 집합유 내 요오드 농도의 평균은 205.1 ± 93.2 µg/L, 침지소독을 하지 않는 목장(n=5)의 집합유 내 요오드 농도 평균은 110.9 ± 70.4 µg/L였다. 집합유 요오드 농도의 최고값은 전후침지소독을 실시하는 군이었으며 최소값은 무침지군이었지만, 집합유의 요오드 농도는 요오드제제를 사용하는 유두침지소독 방법에 따른 군간에 유의차가 없었다(P > 0.05).

일반 시유 8종과 유기농 우유 5종의 요오드 농도와 평균

값은 Table 2와 Table 3과 같았다. 일반 시유의 요오드 농도의 평균값은 $178.8 \pm 22.0 \mu\text{g/L}$ 이었으며 최고값은 G 제품으로 $210.4 \mu\text{g/L}$ 이었고 최소값은 A 제품으로 $149.1 \mu\text{g/L}$ 이었다(Table 2). 유기농 우유의 요오드 농도의 평균값은 $214.2 \pm 123.3 \mu\text{g/L}$ 으로 최고값은 K 제품으로 $356.9 \mu\text{g/L}$ 이었고 최소값은 M 제품으로 $85.0 \mu\text{g/L}$ 이었다(Table 3).

고 찰

식품 및 생체 시료 중에 함유된 요오드는 colorimetry, neutron activation analysis, selective electrode, X-ray fluorescence, polarography, high performance liquid chromatography, gas chromatography, ICP-MS 등으로 분석할 수 있다(17). 이들 방법 중 ICP-MS 방법은 복잡한 전처리 과정을 거치지 않고 시료를 분석할 수 있을 뿐만 아니라 검출한계가 다른 방법에 비해 한 자리수 이상 낮기 때문에 생체시료나 식품 중에 미량으로 함유되어 있는 요오드 분석에 가장 효과적인 방법으로 알려져 있기 때문에 본 연구에서는 요오드 농도 측정에 ICP-MS 기법을 사용하였다(17).

비유 중인 젖소의 경우 정상적인 갑상선 기능을 위해 하루 9~12 mg의 요오드 섭취가 필요하며, 이 때에 우유 내 요오드 농도는 30~300 $\mu\text{g/L}$ 에 이르게 된다(19). 유두침지에 사용되는 요오드제 소독제의 농도와 소독방법에 따라 집합유의 요오드 농도에 차이가 날 수 있으며, Castro 등은 대조군으로 전침지를 실시하지 않은 군(Control), 0.5% 요오드제로 전침지를 실시하고 소독제를 완전히 제거한 군(Complete), 1% 후침지용 요오드제로 전침지를 실시하고 소독제를 완전히 제거한 군(Post), 1% 후침지용 요오드제로 전침지를 실시하고 불완전하게 제거시킨 군(Incomplete)에서의 요오드 농도는 Incomplete, Post, Complete, Control 순으로 높았지만 우유 내 요오드 농도에 유의한 차이는 인정되지 않는다고 보고하였다(6). 본 연구에서 4가지 방법으로 유두침지소독을 실시한 결과, 집합유 내 요오드 농도는 전후침지, 후침지, 전침지, 무침지 순으로 낮았지만 유두침지방법에 따른 집합유 내 요오드 농도 사이에 유의차는 나타나지 않았다. 하지만 이전 연구와 마찬가지로 유두침지소독법이 추가될 때마다 우유 내 요오드 농도가 높아지는 경향성을 보였다. 또한 개별 목장의 집합유 내 요오드 농도는 크게 차이(42.7~463.5 $\mu\text{g/L}$)가 있었다. 이 같은 개별 목장의 집합유 내 요오드 농도의 큰 차이는 각 목장의 음용수와 사료 내 요오드 함량 차이 및 요오드제제의 국소치료 등의 차이에 따른 것으로 추정된다. 착유전 유두침지소독 시 소독제를 제거하기 위해서 종이 타월 및 수건을 사용한다. 이때 종이 타월 및 수건의 재사용은 요오드의 잔류에 영향을 미칠 수 있다. 설문조사에 따르면 96 곳의 목장 중 젖소 한 마리 당 한 장의 종이타월 또는 수건을 쓰는 곳은 8곳에 지나지 않았다

본 연구에서 우리나라 시유의 요오드 농도는 149.1~210.4 $\mu\text{g/L}$ 으로 조사되었으며, 노르웨이(150 $\mu\text{g/L}$), 덴마크(167 $\mu\text{g/L}$), 미국(440 $\mu\text{g/L}$), 스위스(660 $\mu\text{g/L}$)의 시유 중 요오드 농도와 비교하였을 때 낮은 수준에 속하였다(9,12,21,23). 우리나라 19세 이상 성인의 요오드 권장섭취량은 150 $\mu\text{g/d}$ 이고 상한섭취량은 2,400 $\mu\text{g/d}$ 으로 국민의 일일 우유 권장 섭취량

(400 ml)으로 계산할 때 시유를 통한 요오드 섭취량은 일일 59.6~84.2 $\mu\text{g/d}$ 으로 추산된다(15).

또한 우리나라 유기농 시유의 요오드 농도는 85~356.9 $\mu\text{g/L}$ 으로 조사되어, 노르웨이(17.0~365.0 $\mu\text{g/L}$), 스페인(2.5~318.0 $\mu\text{g/L}$), 영국(152.2 $\mu\text{g/L}$)의 요오드 농도와 비교했을 때 비슷한 수준에 속하였다(3,7,8). 시유와 마찬가지로 국민의 일일 우유 권장 섭취량(400 ml)로 계산할 때 유기농 우유를 통한 요오드 섭취량은 일일 34~142.8 $\mu\text{g/d}$ 으로 추산된다.

사람에서 고농도의 요오드 섭취는 유두상 갑상선암세포 내 BRAF 유전자의 돌연변이에 영향을 끼친다(11). 이 돌연변이는 유두상 갑상선암의 45%에서 확인되고 유두상 갑상선암 유래 악성 갑상선암의 25%에서 나타난다. 또한 방사성 요오드 치료 불응성 갑상선암과 FDG-PET 양성 갑상선암의 39%에서 BRAF 돌연변이가 나타났다(11). 따라서 요오드 섭취 과잉에 의한 갑상선 질병을 막기 위해 식품으로 섭취하는 요오드량을 적절히 조절할 필요가 있다.

결 론

요오드제 유두침지를 실시하는 목장들의 유두침지방법에 따른 집합유 요오드 농도의 차이와 시판 중인 우유 내의 요오드 농도를 측정하기 위해, ICP-MS로 유즙 중의 요오드 농도를 측정하였다. 집합유 중 요오드 농도는 전후침지군, 후침지군, 전침지군, 무침지군 순으로 높았지만 군간에 유의차가 없었다. 우리나라 시유의 요오드 농도는 외국의 우유보다 다소 낮은 편이었다.

감사의 글

본 연구는 "2015년도 강원대학교 대학회계 학술연구조성비로 수행되었음(관리번호-520150270)".

참고문헌

1. Azizoglu RO, Lyman R, Anderson KL. Bovine Staphylococcus aureus: Dose response to iodine and chlorhexidine and effect of iodine challenge on antibiotic susceptibility. J Dairy Sci 2013; 96: 993-999.
2. Bath SC, Rayman MP, Steer CD, Golding J, Emmett P. Effect of inadequate iodine status in UK pregnant women on cognitive outcomes in their children: Results from the Avon longitudinal study of parents and children (ALSPAC). Lancet 2013; 382: 331-337.
3. Bath SC, Button S, Rayman MP. Iodine concentration of organic and conventional milk: Implications for iodine intake. Br J Nutr 2012; 107: 935-940.
4. Benkhedda K, Robichaud A, Turcotte S, Beraldin FJ, Cockell KA. Determination of total iodine in food samples using inductively coupled plasma-mass spectrometry. J AOAC International 2009; 92: 1720-1727.
5. Boddie RL, Owens WE, Foret CJ, Janowicz P. Efficacy of a 0.1% iodine teat dip against Staphylococcus aureus and Streptococcus agalactiae during experimental challenge. J Dairy Sci 2004; 87: 3089-3091.
6. Castro SIB, Berthiaume R, Robichaud A, Lacasse P. Effects of iodine intake and teat-dipping practices on milk iodine con-

- centrations in dairy cows. *J Dairy Sci* 2012; 95: 213-220.
7. Rey-Crespo F, Miranda M, Lopez-Alonso M. Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain. *Food Chem Toxicol* 2013; 55: 513-518.
 8. Dahl L, Opsahl JA, Meltzer HM, Julshamn K. Iodine concentration in Norwegian milk and dairy products. *Br J Nutr* 2003; 90: 679-685.
 9. Dahl L, Johansson L, Julshamn K, Meltzer HM. The iodine content of Norwegian foods and diets. *Public Health Nutr* 2003; 7: 569-576.
 10. Fecher PA, Goldmann I, Nagengast A. Determination of iodine in food samples by inductively coupled plasma mass spectrometry after alkaline extraction. *J Anal Atomic Spectr* 1998; 13: 977-982.
 11. Guan H, Ji M, Bao R, Yu H, Wang Y, Hou P, Zhang Y, Shan Z, Teng W, Xing M. Association of high iodine intake with the T1779A BRAF mutation in papillary thyroid cancer. *J Clin Endocrinol Metab* 2009; 94: 1612-1617.
 12. Haldimann M, Alt A, Blanc A, Blondeau K. Iodine content of food groups. *J Food Comp Anal* 2005; 18: 461-471.
 13. Jung KW, Won YJ, Kong HJ, Oh CM, Seo HG, Lee JS. Cancer statistics in Korea: Incidence, mortality, survival and prevalence in 2010. *Cancer Res Treat* 2013; 45: 1-14.
 14. Kim JY, Moon SJ, Kim KR, Sohn CY, Oh JJ. Dietary iodine intake and urinary iodine excretion in normal Korean adults. *Yonsei Med J* 1998; 39: 355-362.
 15. Korean Nutrition Society. Dietary reference intakes for Koreans, 1st revision, Seoul. 2010: 1-9.
 16. Lee HS, Min HS. Iodine intake and tolerable upper intake level of iodine for Koreans. *Korean J Nutr* 2011; 44: 82-91.
 17. Lee W, Park KS, Kim ST, Kim YM. A study on determination of iodine in serum, fresh milk, and feed additive by inductively coupled plasma-mass spectrometry. *Anal Sci Tech* 1999; 12: 528-533.
 18. Moon SJ, Kim JY, Ghung YJ, Chung YS. The determination of iodine in human milk and cow milk by iodide specific ion electrode and neutron activation analysis. *Korean J Nutr* 1998; 31: 213-219.
 19. National Institute of Animal Science. Korean feeding standard for dairy cattle. Suwon: RDA. 2012: 129-132.
 20. Oliver SP, King SH, Torre PM, Shull EP, Dowlen HH, Lewis MJ, Sordillo LM. Prevention of bovine mastitis by a post-milking teat disinfectant containing chlorous acid and chlorine dioxide in a soluble polymer gel. *J Dairy Sci* 1989; 72: 3091-3097.
 21. Pearce EN, Pino S, He X, Bazrafshan HR, Lee SL, Braverman LE. Sources of dietary iodine: Bread, cows' milk, and infant formula in the Boston area. *J Clin Endocrinol Metab* 2003; 89: 3421-3424.
 22. Pennington JA. A review of iodine toxicity reports. *J Am Diet Assoc* 1990; 90: 1571-1581.
 23. Rasmussen LB, Larsen EH, Ovesen L. Iodine content in drinking water and other beverages in Denmark. *Eur J Clin Nutr* 2000; 54: 57-60.
 24. Schmidt AL, Oliver SP, Fydenkevez ME. Evaluation of experimental teat dip containing sodium chlorite and lactic acid by excised teat assay. *J Dairy Sci* 1984; 67: 3075-3080.
 25. Sterrett AE, Bewley JM. Characterization of management practices used on Kentucky dairy farms with low somatic cell counts. *Prof Anim Sci* 2013; 29: 359-366.