



유기농 우유와 일반 우유의 성분에 영향을 주는 다양한 요인 평가: 총설

†김홍석¹ · †천정환^{1,2} · †김현숙³ · †이수경¹ · †김동현¹ · 이주연⁴ · 임진혁¹ · 송광영^{1*} · 김영지¹ ·
강일병¹ · 정다나¹ · 박진형¹ · 장호석¹ · †서건호¹

¹건국대학교 수의과대학 식품안전건강연구소, ²미국식품의약품안전청 국립독성연구센터
³한양대학교 생활과학대학 식품영양학과, ⁴축산물안전관리인증원

Assessment of Various Factors Influencing the Composition of Cow's Milk Produced by Organic and Conventional Methods: A Review

†Hong-Seok Kim¹, †Jung-Whan Chon^{1,2}, †Hyunsook Kim³, †Soo-Kyung Lee¹, †Dong-Hyeon Kim¹,
Joo-Yeon Lee⁴, Jin-Hyuk Yim¹, Kwang-Young Song^{1*}, Young-Ji Kim¹, Il-Byung Kang¹,
Dana Jeong¹, Jin-Hyeong Park¹, Ho-Seok Jang¹ and †Kun-Ho Seo¹

¹Center for One Health, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

²National Center for Toxicological Research, US Food and Drug Administration, Jefferson, AR 72079, USA

³Dept. of Food & Nutrition, College of Human Ecology, Hanyang University, Seoul 04763, Korea

⁴Korea Livestock Products HACCP Accreditation Service, Daegu 41256, Korea

Abstract

Recently, there has been a rapid increase in the sale and purchase of an array of organic products. In particular, organic milk has grown in popularity. This growth could lead to expensive, premium retail prices for various organic cow's milk products. In fact, most consumers believe that (1) dairy farming to produce organic milk is beneficial for human health and (2) organic milk products are made without the use of various antibiotics, synthetic chemicals, genetic modification, extra hormones, and so on. Several factors, including breed, diet, and stage of lactation, are known to influence the composition of milk. Therefore, this review (1) presents a research outline to compare organic and conventional milk and (2) provides a summary of individual elements that affect the composition of milk.

Keywords: cow's milk composition, organic milk, conventional milk, diet, human health

서 론

우유(bovine)의 조성물은 개별 동물 또는 동물의 환경 등과 관련된 많은 요인들에 의해 영향을 받는다(Schwendel *et*

al., 2015). 사료, 개별동물의 유전능력, 비유단계, 사양관리, 계절뿐만 아니라, 그들 사이의 상호작용 같은 요소들은 우유 성분에 영향을 준다(Piccand *et al.*, 2013). 하지만 아직까지 이러한 요소들의 효과에 대한 정확한 이해는 되지 않았지만, 다양한 반응을 가지는 것으로 인식되고 있다(Stergiadis *et al.*, 2013). 따라서 하나의 특정 요소(예를 들어, 사료)가 우유의 조성에 미치는 효과를 연구할 때에는 다른 영향들은 반드시 배제되어야만 한다. 이들 요인들이 제거될 수 없다면 반드시

† These authors contributed equally to this study.

* Corresponding author: Kwang-Young Song, Center for One Health, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 05029, South Korea. Tel: +82-2-450-4121, Fax: +82-2-3436-4128, E-mail: drkysong@gmail.com

고려되어야 하고, 또한 그들의 효과도 고려되고 최소화 되어야 한다.

현재, 유기농 식품의 섭취가 인간의 건강에 의미 있는 영양학적인 이점을 초래한다는 증거는 확실하지 않다(Zalecka *et al.*, 2014). 유기농 우유와 일반 우유의 비교에서 알려진 연구는 많은 문제점을 가지고 있었다. 유기농 우유가 일반적인 방법으로 생산된 우유와의 차이를 판단할 수 있기 위해서는 농장시스템(유기농 또는 일반)을 특별하게 결정하는 요인을 제외하고, 우유 조성에 영향을 주는 모든 요인들은 동일하여야만 한다. 비교되는 시스템 요인보다는 우유 샘플 사이에서 변화가 있을 경우, 농장시스템 사이의 차이로부터 도출된 것인지, 아니면 다른 요인의 결과에 의한 것인지를 결정하기는 매우 어렵다(Schwendel *et al.*, 2015). 최근의 보고에 의하면 우유 및 유제품을 포함한 유기농 식품과 일반식품의 평가 연구에서 “정확한(true)” 비교가 부족하다고 언급하였다(Smith-Spangler *et al.*, 2012). 유기농 우유와 일반 우유를 비교한 많은 연구에서 실제적으로 결과에 영향을 주는 존재하는 요인에 대한 토론부분은 적절하지 못하였다. 왜냐하면 일반적으로 유기농 우유와 일반 우유 사이에서 보고된 차이에 기여할 수 있는 요인들(예를 들면, 식료, 품종, 동물 건강의 차이 등)은 고려되어지지 않았기 때문이다. 유기농 우유와 일반 우유의 비교에서 발표된 많은 연구는 유기농 소는 신선한 사료를 먹이고, 일반 소는 농후사료를 먹이는 차이를 이용한 사료를 사용하였다. 따라서, 제시된 결과는 소가 유기농으로 생산된 사료 또는 일반적으로 생산된 사료를 섭취하는 현상보다는 사료의 차이에 의한 효과가 대부분 관련되어 있다는 것이다. 반대로 유기농 우유와 일반 우유에 대한 구체적인 생산차이점(예를 들면, 유기농 소의 사료에 있어서 많은 양의 목초)을 확인 연구는 농장시스템(유기농 또는 일반)의 영향을 고려하

지는 못하였다(Palupi *et al.*, 2012). 또한 연구들을 서로 비교하는 것은 문제가 있는데, 왜냐하면 어떠한 변이의 수를 고려하는 것이 어렵기 때문이다. 샘플링 조건(예를 들어, 샘플링의 빈도, 샘플링의 시간, 개인적인 소 또는 bulk 우유 또는 다양한 농장에서 추출한 샘플), 지역간 농장시스템의 내재적인 차이, 그리고 심지어 국가간의 유기농과 일반 생산에 있어서 법규 차이 등이 존재한다(Schwendel *et al.*, 2015).

비록 원칙에 있어서는 비슷하지만, 각 나라마다 유기농 낙농 농장에 관한 규정은 세부사항에서 조금씩 차이가 있다(Schwendel *et al.*, 2015). 따라서, 유기농 규정의 이질성은 국가간의 유기농 우유 조성물의 변화에 기여할 수 있을 것이다. 유기농 우유 인증에 관련된 각 나라의 관련규정은 다음과 같다.

- 미국은 Organic Foods Production Act Provisions 2014(US Government Printing Office, 2014)
- 캐나다는 Organic Production Systems General Principles and Management Standards 2011(Canadian General Standards Board, 2011)
- 유럽연합은 Guidance Document on European Union Organic Standards 2010(Department for Environment Food and Rural Affairs, 2010)
- 일본은 Japanese Agricultural Standard for Organic Livestock Products, 2005(Ministry of Agriculture Forestry and Fisheries, 2012)
- 뉴질랜드는 AsureQuality Organic Standard for Primary Producers, 2013(AsureQuality, 2013)
- 호주는 National Standard for Organic and Bio-Dynamic Produce, 2013(Organic Industry Standards and Certification Committee, 2013)

Table 1. 유기농 우유와 일반 우유를 비교한 한국의 유기농식품 인증 규정 (NAQS, 2014).

	유기농 우유	일반 우유
자라는 곳	초지 1마리당 916 m ² (약 277평) 축사 17.3 m ² (약 5.2평, 공용면적 제외) 운동장 34.6 m ² (약 10.5평)	초지 사항 없음 축사 16.5 m ² (공용면적 포함) 운동장 조항 없음
토양	중금속 토양오염 우려 기준 미만	중금속 토양오염 기준 없음
환경	농약, 화학비료 사용 불가 약품사용 시 전담수의사 처방	사용기준 없음
먹는 사료	유기사료 (GMO 농작물 사용 불가)	일반사료
먹는 물	2급수 이상 물	용수 조건 없음
수정방법	가축의 선택, 번식방법 및 임신사항 중 수정란이식기법이나 번식호르몬 처리, 유전공학을 이용한 번식기법은 허용되지 아니한다(단, 번식장애 등의 질병이 발생한 경우 수의사의 처방에 따라 치료목적으로 동물용의약품인 호르몬의 사용을 허가한다).	관련규정 없음

- 한국은 Organic Processed Food Certification System 2014 (National Agricultural Products Quality Management Service, 2014)

한국에서 규정한 유기농 우유는 국립농산물품질관리원의 친환경인증관리에서 유기가공식품인증 규정에 의하면 Table 1과 같은 조건으로 구성되어 있다(NAQs, 2014).

이전의 연구에서 유기농 낙농제품과 일반 낙농제품 사이에 존재하는 조성의 차이에 관한 의견합의에 도달하지 못한 것은 위에서 문제점 등을 설명하였다. 따라서, 조사 연구의 비교는 동물의 생산과 우유 조성에 많은 영향을 줄 수 있는 다양한 요소들에 대한 관심을 가지고 수행되어야 하며, 향후 이런 것들이 현재까지 보고된 여러 가지 자료들을 정확하게 이해하는 데 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

본 총설 논문은 우유의 화학적 조성에 초점을 맞추고, 유기농 우유와 일반 우유에 있어서 양적·질적 존재에 관하여 분석되어지는 다양한 다른 우유 조성들을 정리하였다. 또한 개별 요소 및 그들의 상호 작용에 의해서 어떻게 다른 우유 성분들이 영향을 받는가를 보여주고, 그리고 유기농 우유와 일반 우유 사이에서 차이점으로 인정되는 것이 어떻게 결과적으로 다양한지를 소개하는데 목적을 두었다. 특히 기존의 연구를 평가하거나 또는 비교 실험을 설계할 때에 이들 요인들을 반드시 고려해야만 하는 필요성을 언급하면서 정리하였다. 또한 유기농과 일반생산 방법 내에서의 변화는 지금까지 유기농 우유 제품의 신뢰성을 시험하는 방법의 개발을 더디게 하는 차이를 발생하였다. 따라서 유기농 방법으로 생산된 제품을 과학적인 방법으로 식별할 수 있는 현재까지 연구가 진행되어진 몇 가지 실험 방법 등을 간략하게 정리하여 소개하였다. 본 총설 논문의 내용은 이미 발행된 다양한 문헌 및 자료 등을 정리하여 서술하였다.

우유 성분에 영향을 주는 요인들

우유의 조성을 변경할 수 있는 요소를 조사 시험을 수행할 때에는 우유 생산량과 조성에 영향을 주는 많고 다양한 요인들은 이상적으로 제어가 되어야 한다. 비록 이러한 요인들은 비교적 작게 보일 수도 있지만, 그들은 변화의 상당한 양을 차지할 수 있다. 1995년부터 2001년까지 Roche 등(2009)에 의해 진행된 연구는 날씨, 목초 품질, 목초 미네랄 농도의 결합된 영향이 젖소 생산에 있어서 변화의 22%까지 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 다른 연구에서 Roesch 등(2005)은 유기농 및 통합 농장시스템으로부터 소의 능력을 비교하였고, 우유생산량은 시스템과 관계없이 겨울동안 품종(특히 홀스타인), 집중적인 사료 섭취, 일상유두침지, 야외접근성 확

대 등과는 양의 상관관계를 있음을 밝혀냈다. 그들은 낮은 우유생산량(유기농과 통합 농장소에 있어서)은 각각의 동물과 농장 수준의 요인(품종, 영양, 관리와 유방 건강 등)에 의한 결과라고 결론을 내렸다. 30개의 소규모형태로 가족이 운영하는 낙농 농장을 조사한 Waiblinger 등(2002)에 의한 연구에서는 착유 동안 젖소와의 상호 작용으로 부정적인 태도를 가지게 하는 관리일 경우, 우유 생산량은 농장에서 낮았다. 농장과 개별 동물 수준에서 지방, 단백질, 유당 농도뿐만 아니라, 우유 생산량에 영향을 미치는 다양한 요인들은 Altitude, Breed, Fertilizer, Grazing allocation, Grazing high sugar grasses, Grazing pasture, Genotype, Heritability, Management attitude, Parity, Season, Somatic cell count(SCC), Stage of lactation, Sunlight hours, Teat dipping 등으로 알려져 있다(Schwendel *et al.*, 2015).

그러나 가장 영향력이 있다고 고려되는 요인들은 연구조건과 목적에 따라서 달라진다. 예를 들면, 모든 일 년 내내 분만 시스템을 가진 농장에서 수집된 bulk 우유 샘플일 경우에는 비유 단계는 무시될 수 있지만, 개별 동물의 우유 샘플을 얻거나 또는 블록 분만이 실시될 때에는 매우 중요하게 된다(Nantapo *et al.*, 2014). 중요한 영향 등은 설명되어지고 통제되기 때문에(예를 들어, 유사한 사료를 섭취하고 동일한 비유 단계에서 비슷한 유전적인 요인을 가지면서 단일 시행에서의 소들은 모두 한 품종일 때) 이전에 사소한 요인(예를 들면, 목초지 조성)이 더 중요해지고 있다.

우유 지방산 조성의 분석 및 변화는 낙농 연구의 핵심 분야인데, 왜냐하면 사료(diet)의 변화에 우유 지방산 프로필이 신속하게 반응을 하기 때문이다. 우유 지방산 조성에 영향력을 주는 다른 요인들은 품종, 에너지 상태, 비유단계, 유방 건강, 그리고 계절 등이다. 특히 사료(forage)가 충분할 때, 이러한 것들은 사료의 변화에 반영한다. 신선한 사료들의 화학적 및 식물학적 조성은 계절을 통해서 변화하며, 건초나 목초에 대한 보존은 사료의 영양 가치에 영향을 준다. 야외 방목에서 실내 사육까지 젖소들의 계절별 전환과 사료에 있어서 수반되는 변화는 우유 조성물에서 관찰되어진다(Kuczynska *et al.*, 2012). 우유지방 조성에서 품종과 계절의 효과 그리고 우유 지방산에서 다양한 사료에 의한 효과 등이 Schwendel 등(2015)에 의해서 체계적으로 정리되기도 하였다.

유기농 우유와 일반 우유의 미량 성분들

1. 요오드 및 셀레늄

유기농 및 일반 우유에서 요오드(I)와 셀레늄(Se) 내용은 광범위하게 연구되고 있는데, 이것은 동물과 인간의 건강에 필수성분이기 때문이다(Schwendel *et al.*, 2015). 우유에서 두 원소의 농도는 사료 섭취에 크게 의존하고, 낙농 젖소들은 결핍

을 방지하기 위해서 수 십 년 동안 요오드를 첨가하였다(Bath *et al.*, 2012). 요오드는 쉽게 사료를 통해서 흡수되어 우유로 도입된다. 목초지 방목 젖소보다는 농후사료를 먹인 소에서 생산된 우유에서 더 높은 요오드 값을 보였다(Gabryszak *et al.*, 2008). 겨울 실내에서 사육하는 국가에서는, 우유에서 요오드의 농도는 계절 및 사료의 변화에 많은 영향을 받지만, 여름에는 함량이 감소된다(Hang *et al.*, 2007). 영국에서 소매로 판매되는 우유에 관한 연구에서 요오드의 수준은 지역적인 편차가 존재하지만, 소매로 판매되는 일반 우유가 유기농 우유보다 무려 42% 높은 요오드를 함유하고 있다고 보고하였다(Bath *et al.*, 2012). 유사한 결과가 독일, 노르웨이, 스페인 등의 연구에서도 보고되었다(Schwendel *et al.*, 2015). 모든 연구들을 검토해 보면 요오드 농도는 유기농 우유에 낮았는데, 이것은 목초지 공급이 증가한 여름철에 특히 현저하게 나타났다(Schwendel *et al.*, 2015). 또한 유두 및 장비를 요오드 소독제의 사용하면 우유에서 요오드 수준에 영향을 줄 수 있으며, 이것은 일반 우유에 관찰된 요오드 농도의 다양한 변화에 관한 설명이 가능하게 한다(Schwendel *et al.*, 2015).

셀레늄은 필수 미네랄이며, 반추 동물은 사료로부터 섭취가 부족에 의해서 발생하는 결핍에 매우 민감하다(van Hulzen *et al.*, 2009). 이것은 사일리지 또는 TMR보다 목초를 많이 섭취한 동물에서 일반적이다(Gabryszak *et al.*, 2008). Pilarczyk 등(2011)은 토양의 셀레늄 수준이 낮은 지역에서 TMR로 섭취한 소들에서 얻은 우유에서 셀레늄 농도는 건초, 곡물 및 목초에 근거하여 사료를 섭취한 일반 소보다 유의적으로 낮았다고 보고하였다. 건초와 옥수수 사일리지를 많이 섭취한 유기농 젖소의 우유에서 셀레늄 함량은 목초를 쉽게 먹을 수 있는 일반소의 우유보다 유의적으로 높았다. Fall과 Emanuelson(2011)은 겨울 동안 스웨덴에서 유기농 및 일반 젖소의 우유에서 셀레늄 함량의 차이를 밝혀내지 못하였는데, 이것은 사료에 있어서 유사성 때문으로 설명하였다.

2. 칼슘과 마그네슘

우유의 칼슘(Ca)과 마그네슘(Mg)의 농도는 유전적인 영향이 많으며, 사료에 의해서는 조금 영향을 받는다(van Hulzen *et al.*, 2009). 우유의 칼슘은 카제인과 연관되어 있으며, 동물의 사료를 변경하는 동안에도 우유에서 상대적으로 일정하게 유지된다(Haug *et al.*, 2007). 높은 칼슘 및 마그네슘 그리고 P의 높은 농도는 카제인과 인지질의 농도가 높은 품종에서 찾을 수 있다(Hermansen *et al.*, 2005). 칼슘 및 마그네슘의 농도는 pH 변화에 의한 α_s 카제인의 증가된 분해로부터 수유 단계에 따라 증가한다(Schwendel *et al.*, 2015). Gabryszak 등(2008)에 의해서 논의되지는 않았지만, LI(low input) 일반소(비유 평균 117 day)와 비교하여 HI(high input) 일반소(비유

평균 162 D)와 LI 유기농 소(비유 평균 193 및 173 day)에서 비유단계가 우유의 칼슘과 마그네슘의 농도가 높아지는데 기여하는 것으로 사료된다. Cubon 등(2008)은 bulk 유기농 우유에서 높은 칼슘 농도를 보고하였지만, 유기농 우유와 일반 우유 사이에서 총 단백질 농도에 차이는 발견되지 않았다. 이 연구에 있어서 bulk 우유 샘플은 비슷한 크기와 품종(Slovak Prinzgau)으로 같은 지역에 위치하고 있는 하나의 유기농 무리와 하나의 일반 무리에서 몇 개월(5월부터 2월까지) 이상 아침과 저녁으로 우유 샘플링을 하였다. 칼슘 농도의 차이에 대한 설명은 없었지만, 하지만 최소 단백질 농도는 유기농 우유(8월) 및 일반 우유(5월)에서 차이가 있다고 보고하였다. 이것은 카제인 농도의 차이와 농장 사이의 비유단계에서 잠재적인 차이를 나타내는 것이다. 또한 Na 비료 또는 Na 보충제의 사용은 우유의 칼슘과 마그네슘 상태를 증가시킬 수 있지만 SCC는 감소한다(Phillips *et al.*, 2000).

3. 무기질

유기농 우유와 일반 우유의 미네랄 함량에 관한 많은 연구가 진행되었다. 개별 미네랄 별도로 고려되어야만 하는데, 왜냐하면 동물과 인간에 도움이 되기도 하지만 또는 오염물질로 고려되기도 하기 때문이다(Schwendel *et al.*, 2015). 우유의 미네랄 함량은 개별 소의 유전, 농장 관리 및 주변 환경 등의 요소에 의해서 영향을 받는다(van Hulzen *et al.*, 2009). 토양과 목장 미네랄 성분에 영향을 미치는 요인은 비료, 하수 슬러지의 처리, 토양 종류, 인접 광산 지역, 산업 활동, 또는 자동차 배출을 포함한다(Mut *et al.*, 2009; Smith *et al.*, 2009; Schwendel *et al.*, 2015).

4. 중금속

우유에 있어서 중금속의 농도는 많은 나라에서 연구가 되었는데, 이 연구의 초점은 인간의 건강에 직접적으로 연관되기 때문이다(Qin *et al.*, 2009; Schwendel *et al.*, 2015). 환경과 사료는 우유에서 금속 농도에 영향을 미치는 주요 요인이며, 품종이 다르면 다르게 영향을 받고, 요소들 사이의 관련성도 관찰되었다(Pilarczyk *et al.*, 2013) Anacker(2007)는 유기농 및 일반 우유 사이에서 차이는 관찰되지 않았지만, As, Cd, Cu, Hg의 농도는 나이에 의해서 유의하게 변화하였다. 농장 시스템에 있어서 중금속에 대한 주요 원인(예들 들면, As, Cd, Hg, Pb)들은 비료이다. Anacker(2007)에 의한 보고에 의하면, 비료 사용과 목초 성장 속도의 차이는 해마다 중금속 농도가 변화하는 것으로 설명할 수 있다. Ghidini 등(2005)의 관찰에 의하면, 이탈리아에서 유기농과 일반적인 방법으로 생산된 우유와 고기를 비교해본 결과, 일반적으로 카드뮴과 납의 농도는 매우 낮고 어떠한 차이도 없었다. Zagorska와 Ciprovica

(2005)는 라트비아의 여러 지역들의 유기농 우유와 일반 우유를 분석하여 카드뮴, 구리, 철 및 아연 농도에 대한 비교 결과를 보고하였다. Hanus 등(2008)은 체코에서 유기농 농장과 일반 농장 비교연구에 있어서 일반 우유에서 높은 Cu 함량을 보고하였다. 비슷하게 Rey-Crespo 등(2013)은 유기농 농장 우유와 비교하여 일반 우유에서 Cu, Se, Zn의 높은 농도가 관찰되었다고 보고하였는데, 이것은 농후사료에 이들 필요 성분들이 많은 양이 첨가되었다고 설명하였다.

5. 비타민과 항산화

우유는 수용성 및 지용성 비타민을 포함하고, 유기농 우유와 일반 우유 사이에서 이들 필수 영양소의 차이의 농도에 관한 많은 연구가 진행되었다. 여러 연구들은 β -카로틴의 전구체인 비타민 A와 비타민 E의 형태인 α -토코페롤에 집중되었다(Schwendel *et al.*, 2015). 산화 방지제는 우유 처리공정에서 관심이 있는 분야이고, 이것은 우유에서 자발적으로 생기는 산화 향미를 방지할 수 있기 때문이다. 일반적으로 유기농 우유와 연관된 PUFA의 높은 양과 산화의 높은 위험 결과는 유기농 우유에서 존재하는 항산화의 더 많은 양을 갖도록 할 수 있다. 우유에서 α -토코페롤과 β -카로틴의 함량은 사료의 내용에 따라 달라진다(Mogensen *et al.*, 2012). 비타민(α -토코페롤과 β -카로틴)의 최고 농도는 신선한 사료에서 찾아 볼 수 있다. 시들고, ensiling 및 저장 중에 발생하는 비타민의 손실은 다른 작물(예를 들어 호밀 잔디, 클로버, 옥수수)에 다르게 영향을 미친다(Kalac, 2011; Blank *et al.*, 2013). 보존 또는 건조 사료 및 곡물들은 신선한 사료에 비교하여 α -토코페롤과 β -카로틴의 낮은 공급원으로 간주되고 있다. 그러나, 많은 농후사료(일반)를 섭취한 우유보다 신선한 사료가 풍부한 사료(유기농)는 β -카로틴과 α -토코페롤의 포함이 보다 많이 함유된 유기농 우유에서의 결과는 일관성은 없지만, 왜냐하면 농후사료에는 비타민이 첨가되기 때문이다(Schwendel *et al.*, 2015). Butler 등(2008)은 HI일반 농장의 우유와 비교하여 유기농 농장과 LI 일반 농장의 bulk 우유 샘플에서 더 많은 양의 α -토코페롤과 β -카로틴을 보고하였다. 유기농 우유에 있어서 α -토코페롤과 β -카로틴의 높은 농도는 Bergamo 등(2003)과 Slots 등(2008)에 의해서 보고되었다. Slots 등(2008)은 2가지 우유 종류에 있어서 α -토코페롤 농도의 전반적인 차이는 각각의 입체 이성질체에 비해서는 유의적이지 않았다($p < 0.023$). 자연 입체 이성질체 RRR α -토코페롤은 유기농 우유에서 유의적으로 높았으며, 반면 α -토코페롤의 합성 2R 이성질체는 일반 우유에서 유의하게 높았다($p < 0.001$). 유사한 결과가 Butler 등(2008)에 의해서 설명되었다. HI 일반 우유보다 LI 유기농 우유와 LI 일반 우유에서 상당히 많은 양의 RRR α -토코페롤이 보고되었으며, 3가지의 종류의 우유에 관찰되었던 합성

2R입체 이성질체에 대한 유의적인 차이는 없었다. 합성 항산화제는 유기농 우유에 존재할 수 있고, 일반 우유는 농후사료의 강화에 의해서 발생하는 α -토코페롤 유사한 높은 농도를 가질 수 있다. 카로티노이드(β -카로틴 포함)의 양에서 유의적인 차이를 보였는데, LI 일반에서 가장 높은 농도와 HI 일반 우유에서 가장 낮은 농도를 각각 보였다. LI 유기농과 LI 일반 우유 사이에서 항산화 농도의 차이는 신선한 사료 섭취량의 차이와 관련이 있다(Butler *et al.*, 2008). 유기농 우유와 일반 우유에서 α -토코페롤과 β -카로틴 함량의 차이가 없다는 것은 Elli 등(2007)에 의해서 발견되었고, 반면 비타민 A는 일반 우유에서 높게 나타났다. 농후사료의 섭취는 우유에서 비타민 A, α -토코페롤 및 β -카로틴 농도와는 양의 상관관계를 보였고, 개별 농장은 샘플링되는 월과 우유생산량 그리고 부가적인 영향 요인에 영향을 준다고 하였다. 비슷하게, 겨울 동안 유기농 및 일반 젖소를 비교한 결과, β -카로틴과 α -토코페롤에 대한 유기농 우유 및 일반 우유 사이에서 유의적인 차이가 없음이 Fall과 Emanuelson(2011)에 의해 발견되었다. 유기농 소를 위한 신선한 목초지의 부족이 결국에는 무리들 사이에서 유사한 사료를 섭취하기에 이러한 결과가 도출되었다고 설명을 할 수 있다. Zagorska와 Ciprovica(2008)는 우유에 있어서 수용성 비타민 티아민과 리보플라빈(B₁ 및 B₂)의 농도를 보고하였다. 라트비아에서 5개의 유기농 농장과 일반농장에서 수거된 샘플을 분석하였는데, 유기농 우유샘플에서 두 비타민들이 유의적으로 낮은 농도가 관찰되었다. 두 비타민은 곡물에서 발견되고, 일반 우유에서 증가된 함량은 일반농소의 사료에서 곡류의 섭취가 높음으로 설명될 수 있다(Golda *et al.*, 2004). 모든 연구는 농장시스템(유기농 또는 일반)보다는 사료 성분이 우유에서 비타민의 농도에 영향을 주는 것으로 보고되었다.

6. 호르몬

우유 및 유제품에 자연적으로 에스트로겐을 함유하며, 인간의 건강에 있어서 가능한 효과가 연구의 관심이 되고 있다(Schwendel *et al.*, 2015). 우유에서 에스트론(E1)과 에스트라디올(α E2 및 β E2)의 농도 동물의 임신 단계와 양의 상관관계이다. 유기농 우유와 일반 우유 사이에서 에스트로겐 농도는 유의차가 없는 것으로 관찰되었다(Pape-Zambito *et al.*, 2010). 유기농 우유에 있어서 에스트라디올의 농도(β E2)는 일반 우유에 비하여 지방의 증가와 함께 더 큰 비율로 증가한다. 비록 이러한 차이는 유의적일지라도, 이들은 생물학적으로 중요한 것으로 간주되지는 않는다(Schwendel *et al.*, 2015). 상표에 표시된 것보다 유기농 우유에서 높은 지방 비율은 보고된 차이의 이유가 될 수가 있다. Vicini 등(2008)은 3주 동안 미국 내 48개 주에서 수집된 유기농 및 일반 소매 우유에서 에스트라

디올과 프로게스테론 농도를 분석하였다. 그들은 유기농 우유에서 두 호르몬의 높은 수준을 보고하였고, 이들 차이는 유기농 소들이 낮은 사료 섭취에 의한 것으로 설명되어지며, 유기농 및 일반 소들 사이에서 평균 임신 상태에서도 차이를 보였다.

유기농 우유와 일반 우유의 주요 성분들

1. 우유 단백질 함량

우유에서 단백질 농도와 조성은 영양 및 관리에서 변화에 크게 영향을 받지 않지만, 그러나 개별적인 소의 유전, 비유단계, 품종은 우유에서 단백질의 농도에 유의적으로 영향을 준다(Maurice-Van Eijndhoven *et al.*, 2011). 일반 우유에서 단백질의 증가된 양은 Bilik과 Lopuzanska-Rusek(2010) 및 Kuczynska 등(2012)에 의해서 관찰되었으며, 또한 Hanus 등(2008b)과 Sundberg 등(2010)에 의해서 진행된 시험에서도 관찰되었다. Müller와 Sauerwein(2010)은 높은 단백질 함량을 포함하는 일반 우유의 경향을 보고하였다. 반대로, Vicini 등(2008)은 일반 우유(3.14% 단백질)와 재조합 bST-free 우유(3.15% 단백질)를 비교함으로써 유기농 우유에서 상당히 증가된 단백질 함량(3.22% 단백질함량)을 보고하였다. 또한 Anacker(2007)는 유기농 우유와 일반 우유에 있어서 2년 이상 2곳의 일반 농장과 1곳의 유기농 농장에서 매달 기록을 하였는데, 일반 우유(3.20%)보다 유기농 우유(3.39%)에서 높은 단백질 농도가 관찰하였다. 우유 단백질의 농도는 ME 그리고 보다 적게 MP 섭취와 양의 상관관계가 있다. 식이 전분 및 CP의 상호작용은 우유 단백질 수율 및 농도에 영향을 미친다(Cabrita *et al.*, 2007). 따라서, 전분기반 농후사료의 보충은 유선에서 단백질 합성의 비율을 증가시킬 수 있다(Rius *et al.*, 2010). 유기농업 규정은 보충제의 사용을 제한한다. 따라서, 낮은 단백질 농도는 유기농 농장에서 생산된 우유에서 예상되어진다. 우유에서 높은 단백질 농도는 비슷한 사료에서 미국 Holstein 소와 비교하여 뉴질랜드에서는 우점종인 Friesian의 무리에서 기대할 수 있다. 목초 또는 곡물 그리고 비료 이용비율은 또한 우유 단백질 농도에 영향을 미칠 수 있다. Moorby 등(2009)은 red clover 사일리지가 ryegrass 사일리지로 대체되었을 때 우유 단백질 농도의 감소를 관찰하였다. 반면, Vanhatalo 등(2006)은 보리보다는 귀리를 섭취하였을 때 우유 단백질 농도의 감소를 보고하였다. 많은 양의 N 비료가 이용될 때 우유 단백질의 낮은 농도가 보고되었다. 따라서, 초원 재배의 강화의 차이는 우유의 단백질 농도에 영향을 줄 수 있다(Schwendel *et al.*, 2015).

2. 우유 유당 함량

유당은 우유의 주요 탄수화물로서 우유의 삼투압을 유지

하며, 우유 volume과는 양의 상관관계를 가진다(Shahbazkia *et al.*, 2010). 유당 합성과 규제의 메커니즘과 생물학은 지속적인 연구의 주제이다(Schwendel *et al.*, 2015). 유당합성효소를 구성을 하는 2가지 단백질(α -lactalbumin과 β 1,4-galactosyltransferase)의 농도는 우유 단백질, 지방, 유당 농도, 비유단계와 양의 상관관계를 가진다(Bleck *et al.*, 2009). 식이 전분 및 CP의 상호작용은 유당 농도 및 수율에 영향을 줄 수 있다(Rius *et al.*, 2010). 그럼에도 불구하고, 사료 변화에 따른 유산 농도의 변화는 덜 일반적이고 극단적인 상황에서만 발생한다. 모유에 대한 연구에서 유당 농도와 산모의 영양 사이에서는 어떠한 관계도 보이지 않았다(Schwendel *et al.*, 2015). Lemosquet 등(2009)은 포도당의 십이지장 주입 후 젖소에 있어서 우유 유당 수율과 외관의 몸 전체의 포도당 비율 사이에는 어떠한 관계도 찾을 수 없었다. 비슷하게, 사료에 있어서 MP의 수준은 우유 유당 함량에는 아무런 영향을 미치지 않는다(Wang *et al.*, 2007). 비유기간과 SCC는 우유에서 유당 함량에 영향을 주지만, 반면 Holstein, Jersey, Brown Swiss, 그리고 Ayrshire 품종 사이에서 유당의 농도 차이는 전혀 발견되지 않았다(Schwendel *et al.*, 2015). 유기농 우유와 일반 우유 사이에서 유당의 함량의 차이가 없다는 많은 연구보고가 있었다(Schwendel *et al.*, 2015). 그러나, Kuczynska 등(2012)은 실내 사료로 전환한 소들에서 2종류의 우유 사이 유당 농도 차이를 관찰하였다. 이 변화에 대한 원인은 제안되지 않았다. Zagorska와 Ciprovica(2008)는 시스템간의 유당 농도의 변화를 보고하였고, 사료에서 차이가 원인이라고 제안하였다.

3. 유지방 함량

유기농 우유와 일반 우유에 있어서 지방 함량을 조사한 연구논문의 결과는 양면성이 있다. Zagorska와 Ciprovica(2008)는 유기농 우유에서 지방함량이 높음을 발견하였지만, 반면에 Sundberg 등(2012)과 Kuczynska 등(2012)에 의해 수행된 시험에서는 일반 우유에서 높은 지방함량이 관찰되었다. 미국에서 2006년 10월과 11월 동안에 수집된 소매로 판매되는 우유 샘플에서는 지방함량의 차이는 2가지 우유 종류에서는 보이지 않았다(Vicini *et al.*, 2008). 이 결과는 액상 유제품의 지방함량에 대한 연방 정부의 기준에 의한 것으로도 생각해 볼 수 있다. Müller와 Sauerwein(2010)은 2002년부터 2004년까지 35가지의 유기농 농장과 33개의 일반농장의 bulk 우유 샘플을 조사하였고, 2가지 농장시스템 사이에서는 유지방의 함량은 비슷하다고 보고하였다. 보고된 차이의 원인은 다양해질 수 있는데, 잠재적인 원인을 언급한 논문은 단지 몇 개에 불과하다. 일반 농장에 비해 유기농 농장의 우유에서 높은 지방함량은 유기농 가축에 있어서 홀스타인이 아닌 품종을 선택함으로써 발생할 수 있으며, 결과적으로 뉴저지와 다른 품종

의 많은 숫자를 보인다(Palladino *et al.*, 2010). 전분에 근거한 농축사료의 증가는 우유지방함량의 감소와 연관이 있다. 전분에 근거한 농축사료의 더 많은 양은 유기농 소와 비교하여 일반 농장의 짚소의 사료와 통상적으로 연관이 있다. 왜냐하면 유기농업규정은 농축사료의 사용을 제한하기 때문이다(Rosati and Aumaitre, 2004). 또한, 일반농장의 우유에서 유지방 비율의 증가는 아마도 지방 보충제가 충분하게 함유된 사료를 나타낼 수 있다(Lock *et al.*, 2013). 주로 low-input 유기농 소들의 겨울기간과 초기 비유기간 동안에 자주 발견되는 음의 에너지 균형은 또한 우유의 지방 비율에 영향을 준다(Gross *et al.*, 2011). 또한, 높은 출산비율 평균(Craninx *et al.*, 2008), 유전의 변화(Soyeurt *et al.*, 2007), 그리고 유전자형(Coleman *et al.*, 2010)은 유지방 비율에 모두 반영될 수 있다. 실험 시험의 불충분한 설명 중 하나의 결과는 이들 연구의 결론을 조심스럽게 해석할 필요가 있다는 것이다(Schwendel *et al.*, 2015).

4. 유지방-개별 지방산

인간 건강에 있어서 우유 지방의 효과는 일반적으로 양부로서 설명될 수 없고, 각각의 지방산의 생물학적 기능은 개별적으로 고려되어야 한다(Arnold and Jahreis, 2011). 그러나, 현재 많은 연구는 인간의 건강을 위해 더 바람직한 것으로 간주되는 지방산 프로필을 만들기 위해서 우유 지방산 조성을 변화하기 위한 노력이 초점을 맞추고 있다. 두 가지 일반적인 방법으로 우유 지방산 조성에 영향을 줄 수 있는데, 첫째는 사료의 변화를 통해서이고, 두 번째는 더 많이 선호하는 우유 지방산 프로필을 가진 소를 유전적으로 선택하는 것이다(Bilal *et al.*, 2012). 예를 들면, N-3 FA에 N-6의 낮은 비율은 인간의 건강에 도움이 된다. 일반적으로, 서구 식단에 있어서는 N-6 FA의 양이 너무 높기에 심혈관 질환, 암, 염증과 자가 면역 질환 등과 같은 부정적인 결과를 초래할 수 있다(Simopoulos, 2003). N-3 지방산 대 N-6 지방산의 섭취 비율에 관한 현재 권고는 1:1 또는 2:1이지만, 그러나 심지어 4:1 비율의 천식 환자에서 긍정적인 효과를 가지고, 이전에 심근경색을 가진 환자의 사망률을 감소시키는 것으로 밝혀졌다(Simopoulos, 2010). 우유에서 N-6:N-3의 비율은 본질적으로 α -리놀렌산(ALA) 대 리놀레산(LA)의 농도를 설명하며, 마치 이것은 가장 풍부한 N-6 및 N-3 지방산을 대표한다. 곡물(예를 들면 보리, 옥수수, 귀리, 대두)은 LA의 함량이 높지만, 반면 사료에는 ALA 함량이 풍부하다(Khiaosa-Ard *et al.*, 2010). 따라서 낮은 N-6: N-3의 비율은 사료에 기반한 섭취라는 것을 나타낸다.

우유 지방에 있어서 개별 지방산의 농도는 소의 품종, 비유단계, 유전요소, 사료 등에 의해서 영향을 받는다(Nantapo

et al., 2014; Schwendel *et al.*, 2015). 사료는 농축사료를 급여하거나, 목초를 섭취하는 것과 특히 관련이 많다. 게다가, 목초 기반 시스템에서 우유 지방산 조성은 이용 가능한 사료의 양과 질에 영향을 주는 계절 변동에 적용을 받는다. 목초 사료에 대한 구체적인 특성 등은 널리 연구되고 있다. 예를 들면, Adler 등(2013)은 장기 그리고 단기 초원 관리를 비교하였다. 단기 유기농 농장과 비교해 보면 장기 유기농 농장의 목초 조성은 콩과 식물(Fabaceae)의 낮은 비율과 다른 쌍떡잎식물과의 높은 비율을 보여주었다. 두 곳의 유기농 시스템으로부터 우유에 있어서 지방산 조성의 차이는 C12:0에 대한 C9:0의 비율에서 발견되었으며, 목초 조성의 차이에 의해서 설명되어졌다. 비슷하게, Baars 등(2012)은 목초 또는 지맥의 건초를 먹은 소들로부터 우유 샘플에서 C11:0에 대한 C4:0 지방산의 유의적인 차이를 관찰하였다. 이것은 사료의 작은 차이가 어떻게 유지방 성분에 영향을 미치는 가를 보여주는 좋은 예이다. 다른 품종 사이에서 우유 지방산 조성의 변화는 여러 연구자들에 의해서 보고되었다. Maurice-Van Eijndhoven 등(2011)은 네덜란드에서 4가지 소 품종(Dutch Friesian, Meuse-Rhine-Yssel, Groningen White Headed, Jersey)을 비교하였으며, 단기 및 중쇄 지방산(SMCFAs), vaccenic 산(VA) 그리고 CLA(C18 : 2 cis-9, trans-11)의 농도뿐만 아니라, 총 지방 비율의 유의적인 차이를 발견하였다. 우유의 지방 농도 및 조성에 대한 품종 간의 유사 변화는 Ramalho 등(2012)과 Carroll 등(2006)에 의해서도 관찰되었다. Soyeurt 등(2007)은 7,700가지 우유샘플에서 얻은 자료와 Holstein-Friesian과 Jersey 등 대표적인 7가지 소 품종이 포함된 25마리에서 얻은 자료를 분석하였다. 우유 생산량, 우유 단백질, 지방 비율에 대한 유전력은 각각 18, 28, 32%라고 보고하였다. 게다가, 유지방 조성에 있어서 나타난 20%의 변동성은 특히 우유에서 가장 풍부한 지방산에서 유전에 의해서 발생된다. 다른 품종에서 유지방 성분의 비교 연구도 많이 진행되었다(Schwendel *et al.*, 2015). 대부분의 일반 낙농 농장의 경우, 우유 조성물에 있어서 품종의 효과는 무시할 수 있는 것으로 간주되는데, 왜냐하면 Holstein이 낙농업에 가장 많이 이용되는 품종이기 때문이다(Nauta *et al.*, 2009). 그러나 다른 특수한 농장 시스템에 따라서 혈통과 유전적인 장점은 우유 성분과 능력에 영향을 준다. 유기농 낙농가가 홀스타인이 아닌 혼합 품종을 선호하기에 따라서 일반화는 적절하지 않다(Honorato *et al.*, 2014).

우유에 있어서 개개의 지방산은 서로 다른 근원에서 유래된다. 예를 들면, 사료, 반추위 및 유선 등이다. 지방산의 기원에 대한 더 많은 이해는 다른 우유 샘플 사이에서 관찰된 변화를 설명하는데 도움을 줄 수 있을 것이다. C4부터 C16까지 사슬 길이를 가진 짝수 쇠(chain) 포화지방산(SFA)은 초산과 낙산으로부터 유선에서 *de novo*를 생성한다(Lindmark Mansson,

2008). 홀수 및 분지쇄 지방산(OBCFA)은 반추위 박테리아에 의해 합성되고, 사료에 의해서 간접적으로 영향을 받는다. 반면, 긴 사슬 지방산(C16:0 포함)과 불포화 지방산(PUFA)은 사료로부터 직접 영향을 받는다. 불포화지방산의 많은 비율은 반추위에서 biohydrogenation되는데, ALA의 최대 99%를 부분적으로 또는 완전히 수소화한다(Leiber *et al.*, 2005). 반대로, 지방산의 많은 비율은 $\Delta 9$ -불포화효소에 의해서 유선에서 불포화된다(Vlaeminck *et al.*, 2006). 장쇄 PUFA인 EPA와 DHA는 유선에서 ALA로부터 내생적 변환이 되지만, 전환율은 낮다(Tu *et al.*, 2010). 우유에서 지방산의 작은 양은 동물의 지방 조직으로부터 유래될 수 있다. 이것은 동물이 음의 에너지 균형에 있을 때 주로 발생하며, 우유에서 oleic acid (C18:1 cis-9)의 증가된 농도가 관찰되어질 수 있다(Loften *et al.*, 2014).

5. 우유생산량

연간 9,000 kg 이상의 액체우유를 생산하는 소들로 구성된 고도로 전문화되고, 초원을 기반으로 된 유기농 농장임에도 불구하고, 유기적으로 자란 소들의 우유 생산량은 평균적으로 일반적인 소들보다 낮다(Muller-Lindenlauf *et al.*, 2010). 이러한 차이는 매우 중요한데, 일반적인 가축의 우유 생산량 기록 기준에 유기농으로 자란 가축은 평균 85%(72~91%) 정도 도달한다(Stiglbauer *et al.*, 2013). 유기농 관리 하에 생산감소는 낮은 에너지 섭취 때문으로 유추될 수 있는데, 이것은 유기농 시스템으로부터 적은 농후사료 섭취 또는 사료에 있어서 낮은 에너지 함량을 통해서이다(Garmo *et al.*, 2010; Schwendel *et al.*, 2015). 이것은 6년 동안 거의 동일한 사료를 유기농 소와 일반 소에 급여한 Gruber 등(2001)의 연구가 좋은 예가 될 수 있다. 그들은 각 소들의 매년 우유 생산량은 모든 소들에서 동일함을 보였지만, 유기농 소들에서 방목되어진 면적당 우유 생산량은 낮았다. 이것은 유기농 목초지로부터 낮은 DM 생산량 때문이며, 따라서 헥타르 단위 면적당 방목율이 낮다. 따라서, 조성과 ME 함량이 비슷한 사료는 우유 생산에 동일한 효과를 가지며, 유기농 또는 일반 농장시스템과는 연관이 없었다(Schwendel *et al.*, 2015).

위에서 언급된 우유의 주요 구성요소들을 요약하면 다음과 같다. 우유 생산량과 지방, 단백질, 유당함량의 농도의 보고된 결과는 만약 유기농과 일반의 관점에서 단독으로 간주한다고 할지라도 결론에 이르지 못하는 것들이다(Schwendel *et al.*, 2015). 유지방과 단백질 농도에 영향을 미치는 요인들은 화학적 조성에 있어서 유기농 우유와 일반 우유간에 차이가 있다는 결론을 도출하기 전에 반드시 고려되어야 한다(Schwendel *et al.*, 2015). 개별 시험은 소의 품종과 사료 등의 기본적인 정보를 보고하는 것이 요구되어지고, 또한 보고된 결과에 대

한 원인이 되는 추가적인 내용(예를 들어 나이, SCC, 비유단계, 비료사용)도 함께 제공되어야 한다. 불행하게도, 심지어 사료와 품종에 우유 조성물에 영향을 주는 것으로 알려져 있을지라도, 많은 저자들은 실험에 사용된 사료 또는 품종에 관해서 어떠한 정보도 제공하지 못하였다(Schwendel *et al.*, 2015). Sundberg 등(2010)은 시스템 및 품종 사이의 상호작용은 유의적이며, 유지방과 단백질의 생산량을 포함하고 모든 우유 생산물 특성에 영향을 준다. 반면, Cabrita 등(2007)은 식이 전분과 CP 사이의 중요한 상호작용은 우유, 단백질, 유당 수율 그리고 단백질과 유당의 농도에 영향을 준다는 것을 관찰하였다. 따라서 이들 요인을 알 수 없는 경우에는 유기농 우유와 일반 우유 사이에서 우유 주요성분들의 차이에 대한 결론을 도출하는 것은 어렵다.

유기농 우유와 일반 우유의 다른 측면

1. 향미와 맛

유기농 우유는 안전하고 환경 친화적인 이미지와 연관이 있을 뿐만 아니라, 일반 우유보다 더 많은 향미를 가지고 있는 것과 관련이 있다(Liu *et al.*, 2013). 농후사료와 목초를 섭취한 소로부터 얻은 우유에서 향미의 차이가 연구되었지만, 소비자들의 수용면에서는 어떠한 차이도 보이지 않았다고 보고되었다(Schwendel *et al.*, 2015). 비슷하게, 유기농 및 일반 우유를 비교하였을 때 맛에 있어서는 명백한 차이가 설립되지 않았다. 우유의 소비 온도(7°C와 15°C)는 특정 맛의 정도에 영향을 주는데, 이는 높은 온도를 가진 향미 화합물의 휘발성이 증가하기 때문으로 설명할 수 있다(Croissant *et al.*, 2007). Cmen 등(2010)은 봄에 유기농 우유의 낮은 지방 함량은 향미의 손실과 연관이 되며, 반면에 Coggins 등(2008)은 우유의 종류(유기농과 일반) 또는 지방함량이 다른 일반 요구르트를 구분할 수 없다고 보고하였다. Gallina Toschi 등(2012)은 요구르트가 유기농 및 일반 우유로 만들어진 것을 소비자들은 냄새와 맛을 구별하지 못하였지만, 하지만 유기농으로 분류했을 때 가장 좋아 일반 요구르트가 더 높은 평가를 받았다.

2. 유방 건강 및 체세포수

착유 위생과 소 청결과 같은 관리문제는 유방 감염의 발생에 영향을 주며, 이것은 우유 생산량과 조성에도 영향을 준다(Ellis *et al.*, 2007). 우유 단백질과 지방 수율 그리고 비율은 높은 체세포수(Somatic cell count, SCC)와 반대의 연관성이 있다(Guo *et al.*, 2010). 따라서, 유기농 및 일반 우유에 있어서 조성의 차이의 결론은 유방의 건강상태를 고려한 후 언급되어야 한다. 유기농 및 배양 우유에 있어서 SCC는 발표되어

진 연구의 영역에서 비교되었으며, 대부분의 보고는 우유 유형 사이에는 어떠한 차이가 없는 것으로 보고되었다(Mullen *et al.*, 2013; Schwendel *et al.*, 2015). Sundberg 등(2009)은 스웨덴에서 1998년부터 2005년까지 471마리 유기농 가축과 14,000마리 일반 가축의 기록을 분석하였으며, 주어진 생산 수준에서는 SCC의 차이를 발견하지 못하였다. 또한 유기농 우유에 있어서 낮은 SCC를 보고하였다. Roesch 등(2007)은 31일 산후 유기농 우유에 있어서 높은 중간 SCC이며, 그리고 102일 산후에 있어서 유기농 및 일반 소들에서 비슷한 SCC라고 발견하였다. 비슷하게, 준 임상형과 임상형 유방염의 경우는 유기농 및 일반 소 사이에서는 차이가 없었다. Vaarst와 Benniksgaard(2001)는 덴마크에서 27마리의 유기농 소와 57마리의 일반 소에서의 유방염 치료 빈도를 분석하였다. 농장 시스템(유기농 또는 일반)은 관리요소(예를 들면, 정기적인 유두 침지)에 비해서 유방 건강에 덜 영향을 미치는 것으로 나타났다. Valle 등(2007)은 유기농 및 일반 소들의 실제 동물 건강의 차이보다는 건강처리의 차이(예를 들어, 수의사 치료 요구)가 유방염 통계에 영향을 미칠 수 있다고 하였다. 유기농 농장에서 임상형 유방염의 낮은 발생을 제외하고, 농장 형태사이에 있어서 동물 건강은 어떠한 차이도 없었다. 이는 유기농의 낮은 우유 생산에 부분적으로 기인할 것으로 생각된다. Richet 등(2013)은 시스템(유기농 또는 일반)보다는 농장밀도가 수의사 방문의 빈도에 영향을 준다는 것에 주목하였다. Ahlman 등(2011)은 1998년부터 2003년까지 402마리의 유기농 소와 5,335마리의 일반소 무리의 연구에서 일반소와 비교하여 유기농 소의 불량한 유두 건강에 의한 높은 도태 수준을 보고하였다. Valle 등(2007)과 비슷하게, Ahlman 등(2011)은 도태이유는 단지 유방 건강상태에만 의지하는 것은 아니고, 개별 농가의 우선순위와 허용수준에 근거한 것이다. 불량한 유방 건강을 허용하지 않는 유기농 농민이던 아니던간에 일반화시키는 것은 불가능하다. 왜냐하면 윤리적 고려사항이 다르고, 유기농 소를 항생제로 치료하는 사용법규가 나라마다 다르기 때문이다(Mullen *et al.*, 2013; Schwendel *et al.*, 2015).

유기농 우유와 일반 우유를 구분할 수 있는 다양한 연구 방법 및 현황

성장하는 소매 시장에서 유기농 우유에 대한 프리미엄 가격의 요구에 부분적으로 대응하기 위해서, 많은 연구자들은 일반 우유로부터 유기농 우유를 식별하거나 구별할 수 있는 요인들을 조사하였다. 유기농 우유와 일반 우유에서 확연하게 차이를 보이는 농도와 관련해서 여러 가지 분자 마커들이 고려되었다. 예상되는 농도의 차이는 아마도 유기농 소와 일

반소에 있어서 사료에서 많은 차이가 나는 것으로 연관되어졌다. 현재까지 유기농 및 일반 사료가 비슷하면(예를 들면, LI 유기농 및 LI 일반농장), 모든 제안되는 마커로는 구분할 수 없었다(Schwendel *et al.*, 2015). Chlorophyll로부터 분리되어 phytol로부터 변환되는 phytanic acid는 짚소의 사료에 있어서 청예사료(green fodder)의 양을 지표로 사용되어질 수 있다(Vetter and Schroder, 2010; Schroder *et al.*, 2011). 따라서, phytanic acid는 유기농 우유를 식별하는 데 사용될 수 있지만, 청예사료를 제한되게 섭취한 일반 소의 우유와 주로 사료를 섭취한 유기농 소의 우유를 비교할 수 있는 제한점은 있다. 마커 분자로서 동일한 제한인 ALA에서도 발견되었다(Molkentin, 2009). 일반적으로 유기농 우유는 많은 양의 ALA를 포함하는데, 이것은 사료에서 더 많은 양의 신선한 목초에 의해서 발생한다. 하지만 Flowers 등(2008)은 5% linseed유를 첨가하면 일반 우유에서 ALA의 양이 두 배로 증가하였으며, 따라서 유기농 우유에서 관찰된 값과 일치하였다. Molkentin(2008)에 의해 기술된 방법은 우유에서 탄소 안정 동위 원소 비율($\delta^{13}C$)을 결정한다.

이 방법은 사실 옥수수(일반 소에게 농후사료로 일반적으로 사용됨)가 C₄ 식물(다른 일반적인 사료 식물과 비교)이라는 것에 근거한다는 것이다. 이는 대기 중 CO₂를 고정화시키는 다른 생합성 경로를 사용한다(Schwendel *et al.*, 2015). 이것은 식물에서 ¹³C 동위 원소의 강한 축적이 일어나기에, 이것은 우유에서 검출될 수 있다. 따라서 이 방법은 동물의 사료에 있어서 옥수수의 양의 결정을 가능하게 한다. 따라서 이 방법의 한계는 유기농 및 일반 사료 사이에서 옥수수 농도에 있어서 차이에 대한 필요성에 연관이 있고, 유기농 또는 일반 방법으로 생산된 옥수수 여부는 알 수는 없다. 대체체학을 이용하여 유기농 및 일반 우유의 특성은 Boudonck 등(2009)에 의해서 연구되었다. 확인된 14가지 대사산물 가운데 Hippurate, proline, ribose 5-phosphate, 그리고 carnitine은 유기농 및 일반 우유의 모든 샘플에서 유의적인 차이를 보였다. 이러한 차이가 사료에 의한 것인지, 아니면 동물의 대사경로에 의한 것인지는 확립이 되어져야 한다. Hippuric acid는 마커 분자로 간주되지만, 부적합한 것으로 밝혀졌다. 왜냐하면 이것의 농도는 생산 시스템보다는 급이 양생법(feeding regimen)에 의존하기 때문이다(Carpio *et al.*, 2010). Capuano 등(2014)은 Fourier 변환 적외선 분광법을 이용하여 목초 이용가능성에 따라서 짚소의 우유 샘플 사이에서 구분의 타당성을 검사하였다. 그러나, 다른 연구에서와 같이 유기농 또는 일반 샘플로서 분류하는 것은 더 신중하게 고려되어야 하며, 따라서 일반결론을 도출하기가 어렵다(Schwendel *et al.*, 2015). 문헌에 기술된 방법은 현재의 모든 사료 사이에 유의한 차이에 의존하고 있는데, 이것은 어떤 마커 분자의 양에 있어서 측정가능한 변화

또는 우유에 있어서 동위 원소 비율의 특이적인 변화의 결과이다. 이와 같이, 이러한 방법은 집중적인 유기농 및 광범위한 일반 농장 시스템을 또한 구별할 수 없다(Schwendel *et al.*, 2015). 따라서 향후 여기에 관련해서 추가적이고 집중적인 연구가 절실히 요구되어지고 있다.

결론

수많은 요인들이 우유 구성물에 영향을 주지만, 그들의 상호 작용에 관한 지식은 제한적이다. 유기농 및 일반 우유 비교하는 많은 연구가 있었지만, 일반적으로 유기농 및 일반 우유 사이 차이에 있어서 연구결론을 받아들이는 것이 매우 제한적이었다. 이 제한은 2가지 이유에서 발생되는데, 첫째, 이유는 시험구 내 뿐만 아니라, 시험구 사이에서의 비교부족이다. 일반적으로, 대부분의 연구들은 유기농 및 일반 우유 사이에서 유효한 비교를 할 수 있을 만큼 충분한 변수를 제거하지 못하였다. 우유 샘플을 비교하는 목적으로 보고될 때는 사료 조성 및 소의 품종은 고려되어야 하는 최소한의 요인들이다. 두 번째 이유는 유기농 우유 생산에 있어서 현행 규정은 통상적으로 일반 우유 생산으로부터 완전히 별개로 분리를 허용하지 않는다는 것이다. 다시 말하면, 유기농 시스템에 영향을 줄 수 있는 요인들이 전체적인 조합에 들어가면 더 이상 “유기효과”는 없을 것이다. 만약 동물 유전, 건강, 품종, 사료, 관리, 또는 환경이 다른 경우, 우유의 구성물들은 이러한 것의 영향 하에서 생산될 수 있기 때문이다.

요약

유기농 우유에 관한 소비자들의 인식은 일반 우유와 다르다는 생각을 가지고 있다. 이러한 차이가 유기농 우유가 소매 판매 시에 높은 가격으로 판매되는 것을 정당화하게 된다. 유기농을 위한 낙농장은 환경, 동물, 사람에게 더 친화적이며, 유기농 우유제품은 항생제 첨가 호르몬, 합성 화학 물질 및 유전적 변형을 사용하지 않고 제조되며, 그리고 되는 것을 인간의 건강에 대한 잠재적인 많은 이점을 줄 수 있을 것으로 인식을 하고 있다. 유기농 및 일반적인 방법으로 생산된 우유에서 차이가 존재하는지에 관한 조사제어연구는 대부분 모호하였는데, 이것은 우유 구성물에 영향을 미칠 수 있는 연구 문제와 다양한 요인들의 복잡성에 기인한 것이기 때문이다. 농장방법과 그들이 효과는 유기농법과 일반농법 사이에서도 다를 뿐만 아니라, 국가, 지역, 연도, 계절에 따라 다르다는 것이 주요 문제이다. 우유 구성물을 좌우하는 요인들은 (예를 들면, 사료, 품종, 수유의 단계) 개별적으로 연구되어왔다. 반면, 여러 요인들 간의 상호 작용은 대부분 무시되어왔다. 농

장시스템(유기농 또는 일반)이 아닌 다른 요인들을 고려하지 않은 연구는 유기농 우유와 일반 우유 사이에서 시스템관련 차이를 결정하는 것이 불가능한 우유성분에 있어서 보고된 차이를 유발할 수도 있고, 또는 기여할 수도 있다. 유기농 우유와 일반 우유가 비교될 때 우유의 지방산 조성이 중점적으로 연구되는데, 이것은 우유지방산 profile은 빠르게 반응하고, 사료의 변화에 매우 민감하기 때문이다. 따라서, 농장시스템(유기농 또는 일반)보다는 농장방법(과잉급여와 낮은 급여)의 효과는 우유 지방산 프로파일을 결정하며, 유사한 결과는 낮은 급여 유기농과 일반 우유에서 보여졌다. 일반적인 방법으로 생산된 우유와 유기농 우유를 구분하고, 제품을 검증할 수 있는 분석방법을 개발하는데 혼란을 야기한다. 연구들 사이에 있어서 실험의 복잡성과 일관성에 있어서 차이와 여러 가지 영향 요인들 사이에서의 상호작용에 대한 연구부족은 자료분석을 어렵게 하고, 또한 명백한 결론을 도출하는 것이 쉽지 않게 된다. 본 총설논문은 우유 구성물에 영향을 주는 것으로 알려진 개별적인 요소들을 자세하게 정리하고, 또한 유기농 우유와 일반 우유를 비교한 연구 등을 소개하였다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단(No. 2015R1A2A2A01005017) 및 2014년도 축산물안전관리인증원의 지원을 받아 수행된 연구임.

Disclaimer: The views expressed herein do not necessarily reflect those of the US Food and Drug Administration or the US Department of Health and Human Services.

참고문헌

1. Adler, S. A., Jensen, S. K., Govasmark, E. and Steinshamm, H. 2013. Effect of short-term versus long-term grassland management and seasonal variation in organic and conventional dairy farming on the composition of bulk tank milk. *J. Dairy Sci.* 96:5793-5810.
2. Ahlman, T., Berglund, B., Rydhmer, L. and Strandberg, E. 2011. Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. *J. Dairy Sci.* 94:1568-1575.
3. Anacker, G. 2007. Differences between composition of organic milk and conventional milk. *Lebensmitt. Milchwirtsch.* 128:17-25.

4. Arnold, C. and Jahreis, G. 2011. Milk fat and health. *ErnahrungsUmschau* 58:177-181.
5. AsureQuality. 2013. AsureQuality organic standard for primary producers - Version 5. Page 129. AsureQuality Ltd., New Zealand.
6. Baars, T., Wohlers, J., Kusche, D. and Jahreis, G. 2012. Experimental improvement of cow milk fatty acid composition in organic winter diets. *J. Sci. Food Agric.* 92:2883-2890.
7. Bath, S. C., Button, S. and Rayman, M. P. 2012. Iodine concentration of organic and conventional milk: Implications for iodine intake. *Br. J. Nutr.* 107:935-940.
8. Bergamo, P., Fedele, E., Iannibelli, L. and Marzillo, G. 2003. Fat-soluble vitamin contents and fatty acid composition in organic and conventional Italian dairy products. *Food Chem.* 82:625-631.
9. Bilal, G., Cue, R. I., Mustafa, A. F. and Hayes, J. F. 2012. Short communication: Estimates of heritabilities and genetic correlations among milk fatty acid unsaturation indices in Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.* 95:7367-7371.
10. Bilik, K. and Lopuszanska-Rusek, M. 2010. Effect of organic and conventional feeding of Red-and-White cows on productivity and milk composition. *Ann. Anim. Sci.* 10:441-458.
11. Blank, B., Schaub, D., Paulsen, H. M. and Rahmann, G. 2013. Comparison of performance and feeding parameters in organic and conventional dairy farms in Germany. *Landbauforschung Volkenrode* 63:21-27. (In German)
12. Bleck, G. T., Wheeler, M. B., Hansen, L. B., Chester-Jones, H. and Miller, D. J. 2009. Lactose synthase components in milk: Concentrations of α -lactalbumin and β 1,4-galactosyl-transferase in milk of cows from several breeds at various stages of lactation. *Reprod. Domest. Anim.* 44:241-247.
13. Boudonck, K. J., Mitchell, M. W., Wulff, J. and Ryals, J. A. 2009. Characterization of the biochemical variability of bovine milk using metabolomics. *Metabolomics* 5:375-386.
14. Butler, G., Nielsen, J. H., Slots, T., Seal, C., Eyre, M. D., Sanderson, R. and Leifert, C. 2008. Fatty acid and fat-soluble antioxidant concentrations in milk from high- and low-input conventional and organic systems: Seasonal variation. *J. Sci. Food Agric.* 88:1431-1441.
15. Cabrita, A. R. J., Bessa, R. J. B., Alves, S. P., Dewhurst, R. J. and Fonseca, A. J. M. 2007. Effects of dietary protein and starch on intake, milk production, and milk fatty acid profiles of dairy cows fed corn silage-based diets. *J. Dairy Sci.* 90:1429-1439.
16. Canadian General Standards Board. 2011. Organic Production Systems General Principles and Management Standards. Page 39. Standards Council of Canada.
17. Capuano, E., Rademaker, J., van den Bijgaart, H. and van Ruth, S. M. 2014. Verification of fresh grass feeding, pasture grazing and organic farming by FTIR spectroscopy analysis of bovine milk. *Food Res. Int.* 60:59-65.
18. Carpio, A., Rodríguez-Estévez, V., Sánchez-Rodríguez, M., Arce, L. and Valcárcel, M. 2010. Differentiation of organic goat's milk based on its hippuric acid content as determined by capillary electrophoresis. *Electrophoresis* 31:2211-2217.
19. Carroll, S. M., DePeters, E. J., Taylor, S. J., Rosenberg, M., Perez-Monti, H. and Capps, V. A. 2006. Milk composition of Holstein, Jersey, and Brown Swiss cows in response to increasing levels of dietary fat. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131:451-473.
20. Cmen, M., Yldrm, N., Dkc, A., Kaplan, O. and Yldrm, N. C. 2010. Seasonal variations of biochemical taste parameters in milks from conventional and environment-friendly organic farming. *Bulg. J. Agric. Sci.* 16:728-732.
21. Coggins, P. C., Schilling, M. W., Kumari, S. and Gerrard, P. D. 2008. Development of a sensory lexicon for conventional milk yogurt in the United States. *J. Sens. Stud.* 23:671-687.
22. Coleman, J., Pierce, K. M., Berry, D. P., Brennan, A. and Horan, B. 2010. Increasing milk solids production across lactation through genetic selection and intensive pasture-based feed system. *J. Dairy Sci.* 93:4302-4317.
23. Craninx, M., Steen, A., Van Laar, H., Van Nespen, T., Martin-Tereso, J., De Baets, B. and Fievez, V. 2008. Effect of lactation stage on the odd- and branched-chain milk fatty acids of dairy cattle under grazing and indoor conditions. *J. Dairy Sci.* 91:2662-2677.
24. Croissant, A. E., Washburn, S. P., Dean, L. L. and Drake, M. A. 2007. Chemical properties and consumer perception of fluid milk from conventional and pasture-based production systems. *J. Dairy Sci.* 90:4942-4953.
25. Cubon, J., Foltys, V., Hašpík, P., Kaňániová, M., Ubrežiová, I., Kráľmar, S. and Vavrišinová, K. 2008. The raw milk quality from organic and conventional agriculture. *Acta Univ. Agric. Silv. Mendel. Brun.* 56:25-30.
26. Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2010. Guidance Document on European Union Organic Standards.

- Page 31. Welsh Assembly Government; Department of Agriculture and Rural Development; The Scottish Government.
27. Ellis, K. A., Monteiro, A., Innocent, G. T., Grove-White, D., Cripps, P., Graham McLean, W., Howard, C. V. and Mihm, M. 2007. Investigation of the vitamins A and E and β -carotene content in milk from UK organic and conventional dairy farms. *J. Dairy Res.* 74:484-491.
 28. Ellis, K. A., Innocent, G. T., Mihm, M., Cripps, P., McLean, W. G., Howard, C. V. and Grove-White, D. 2007. Dairy cow cleanliness and milk quality on organic and conventional farms in the UK. *J. Dairy Res.* 74:302-310.
 29. Fall, N. and Emanuelson, U. 2011. Fatty acid content, vitamins and selenium in bulk tank milk from organic and conventional Swedish dairy herds during the indoor season. *J. Dairy Res.* 78:287-292.
 30. Flowers, G., Ibrahim, S. A. and AbuGhazaleh, A. A. 2008. Milk fatty acid composition of grazing dairy cows when supplemented with linseed oil. *J. Dairy Sci.* 91:722-730.
 31. Gabryszuk, M., Słoniewski, K. and Sakowski, T. 2008. Macro- and microelements in milk and hair of cows from conventional vs. organic farms. *Anim. Sci. Pap. Rep.* 26:199-209.
 32. GallinaToschi, T., Bendini, A., Barbieri, S., Valli, E., Cezanne, M. L., Buchecker, K. and Canavari, M. 2012. Organic and conventional nonflavored yogurts from the Italian market: Study on sensory profiles and consumer acceptability. *J. Sci. Food Agric.* 92:2788-2795.
 33. Garmo, R. T., Waage, S., Sviland, S., Henriksen, B. I. F., Østerås, O. and Reksen, O. 2010. Reproductive performance, udder health, and antibiotic resistance in mastitis bacteria isolated from Norwegian Red cows in conventional and organic farming. *Acta Vet. Scand.* 52:11.
 34. Ghidini, S., Zanardi, E., Battaglia, A., Varisco, G., Ferretti, E., Campanini, G. and Chizzolini, R. 2005. Comparison of contaminant and residue levels in organic and conventional milk and meat products from Northern Italy. *Food Addit. Contam.* 22:9-14.
 35. Golda, A., Szyanirowski, P., Ostrowska, K., Kozik, A. and RapałaKozik, M. 2004. Thiamine binding and metabolism in germinating seeds of selected cereals and legumes. *Plant Physiol. Biochem.* 42:187-195.
 36. Gross, J., Van Dorland, H. A., Bruckmaier, R. M. and Schwarz, F. J. 2011. Milk fatty acid profile related to energy balance in dairy cows. *J. Dairy Res.* 78:479-488.
 37. Gruber, L., Steinwender, R., Guggenberger, T., Häusler, J. and Schauer, A. 2001. Comparison of organic and conventional farming on a grassland farm. Second Communication: Feed intake, milk yield, health and fertility parameters. *Bodenkultur* 52:55-70.
 38. Guo, J. Z., Liu, X. L., Xu, A. J. and Xia, Z. 2010. Relationship of somatic cell count with milk yield and composition in Chinese Holstein population. *Agric. Sci. China* 9:1492-1496.
 39. Hanus, O., Brychtova, J., Gencurova, V., Pesl, J., Hulova, I., Vyletelova, M., Jedelska, R. and Kopecky, J. 2008. Effect of conversion from conventional to organic dairy farm on milk quality and health of dairy cows. *Folia Vet.* 52:140-148.
 40. Hanus, O., Vorlicek, Z., Sojkova, K., Rozsypal, R., Vyletelova, M., Roubal, P., Gencurova, V., Pozdisek, J. and Landova, H. 2008. A comparison of selected milk indicators in organic herds with conventional herd as reference. *Folia Vet.* 52:155-159.
 41. Haug, A., Hostmark, A. T. and Harstad, O. M. 2007. Bovine milk inhuman nutrition—A review. *Lipids Health Disease* 6:25.
 42. Hermansen, J. E., Badsberg, J. H., Kristensen, T. and Gundersen, V. 2005. Major and trace elements in organically or conventionally produced milk. *J. Dairy Res.* 72:362-368.
 43. Honorato, L. A., Machado Filho, L. C. P., Barbosa Silveira, I. D. and Hötzel, M. J. 2014. Strategies used by dairy family farmers in the south of Brazil to comply with organic regulations. *J. Dairy Sci.* 97:1319-1327.
 44. Kalac, P. 2011. The effects of silage feeding on some sensory and health attributes of cow's milk: A review. *Food Chem.* 125:307-317.
 45. Khiaosa-Ard, R., Klevenhusen, F., Soliva, C. R., Kreuzer, M. and Leiber, F. 2010. Transfer of linoleic and linolenic acid from feed to milk in cows fed isoenergetic diets differing in proportion and origin of concentrates and roughages. *J. Dairy Res.* 77:331-336.
 46. Kuczynska, B., Puppel, K., Gołobiewski, M., Metera, E., Sakowski, T. and Słoniewski, K. 2012. Differences in whey protein content between cow's milk collected in late pasture and early indoor feeding season from conventional and organic farms in Poland. *J. Sci. Food Agric.* 92:2899-2904.
 47. Leiber, F., Kreuzer, M., Nigg, D., Wettstein, H. R. and Scheeder, M. R. L. 2005. A study on the causes for the elevated n-3 fatty acids in cows' milk of alpine origin. *Lipids* 40:191-202.
 48. Lemosquet, S., Delamaire, E., Lapierre, H., Blum, J. W.

- and Peyraud, J. L. 2009. Effects of glucose, propionic acid, and nonessential amino acids on glucose metabolism and milk yield in Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:3244-3257.
49. Lindmark Månsson, H. 2008. Fatty acids in bovine milk fat. *Food Nutr. Res.* 52:10.
50. Liu, Z., Kanter, C. A., Messer, K. D. and Kaiser, H. M. 2013. Identifying significant characteristics of organic milk consumers: ACART analysis of an artefactual field experiment. *Appl. Econ.* 45:3110-3121.
51. Lock, A. L., Preseault, C. L., Rico, J. E., DeLand, K. E. and Allen, M. S. 2013. Feeding a C16:0-enriched fat supplement increased the yield of milk fat and improved conversion of feed to milk. *J. Dairy Sci.* 96:6650-6659.
52. Loften, J. R., Linn, J. G., Drackley, J. K., Jenkins, T. C., Soderholm, C. G. and Kertz, A. F. 2014. Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97:4661-4674.
53. Maurice-Van Eijndhoven, M. H. T., Hiemstra, S. J. and Calus, M. P. L. 2011. Short communication: Milk fat composition of 4 cattle breeds in the Netherlands. *J. Dairy Sci.* 94:1021-1025.
54. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. 2012. Japanese Agricultural Standard for Organic Livestock Products. Notification No. 1608 of the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of October 27, 2005. Partial Revision 2012: 17.
55. Mogensen, L., Kristensen, T., Søegaard, K., Jensen, S. K. and Sehested, J. 2012. Alfa-tocopherol and beta-carotene in roughages and milk in organic dairy herds. *Livest. Sci.* 145:44-54.
56. Molkentin, J. 2008. Laboratory authentication of organic milk. *Deutsche Milchwirtschaft* 59:873-874.
57. Molkentin, J. 2009. Authentication of organic milk using ^{13}C and the alpha-linolenic acid content of milk fat. *J. Agric. Food Chem.* 57:785-790.
58. Moorby, J. M., Lee, M. R. F., Davies, D. R., Kim, E. J., Nute, G. R., Ellis, N. M. and Scollan, N. D. 2009. Assessment of dietary ratios of red clover and grass silages on milk production and milk quality in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92:1148-1160.
59. Mullen, K. A. E., Sparks, L. G., Lyman, R. L., Washburn, S. P. and Anderson, K. L. 2013. Comparisons of milk quality on North Carolina organic and conventional dairies. *J. Dairy Sci.* 96:6753-6762.
60. Müller, U. and Sauerwein, H. 2010. A comparison of somatic cell count between organic and conventional dairy cow herds in West Germany stressing dry period related changes. *Livest. Sci.* 127:30-37.
61. Muller-Lindenlauf, M., Deittert, C. and Kopke, U. 2010. Assessment of environmental effects, animal welfare and milk quality among organic dairy farms. *Livest. Sci.* 128: 140-148.
62. Mut, H., Ayan, I., Acar, Z., Basaran, U., Töngel, Ö. and Asci, O. 2009. Relationship between soil structure and botanical composition of the flat pastures in coastal region of Samsun province. *Asian J. Chem.* 21:971-978.
63. Nantapo, C. T. W., Muchenje, V. and Hugo, A. 2014. Atherogenicity index and health-related fatty acids in different stages of lactation from Friesian, Jersey and Friesian× Jersey cross cow milk under a pasture-based dairy system. *Food Chem.* 146:127-133.
64. National Agricultural Products Quality Management Service (NAQS). 2014. Organic Processed Food Certification System. Accessed January 3, 2016. http://www.naqs.go.kr/eng/contents/Agrifood/Agrifood/B_01.naqs
65. Nauta, W. J., Baars, T., Saatkamp, H., Weenink, D. and Roep, D. 2009. Farming strategies in organic dairy farming: Effects on breeding goal and choice of breed. An explorative study. *Livest. Sci.* 121:187-199.
66. Organic Industry Standards and Certification Committee. 2013. National Standard for Organic and Bio-Dynamic Produce—Edition 3.5. Page 74. Department of Agriculture, Australia.
67. Palladino, R. A., Buckley, F., Prendiville, R., Murphy, J. J., Callan, J. and Kenny, D. A. 2010. A comparison between Holstein-Friesian and Jersey dairy cows and their F_1 hybrid on milk fatty acid composition under grazing conditions. *J. Dairy Sci.* 93:2176-2184.
68. Palupi, E., Jayanegara, A., Ploeger, A. and Kahl, J. 2012. Comparison of nutritional quality between conventional and organic dairy products: A meta-analysis. *J. Sci. Food Agric.* 92:2774-2781.
69. Pape-Zambito, D. A., Roberts, R. F. and Kensing, R. S. 2010. Estrone and 17 beta-estradiol concentrations in pasteurized-homogenized milk and commercial dairy products. *J. Dairy Sci.* 93:2533-2540.
70. Phillips, C. J. C., Chiy, P. C., Arney, D. R. and Kärt, O.

2000. Effects of sodium fertilizers and supplements on milk production and mammary gland health. *J. Dairy Res.* 67:1-12.
71. Piccand, V., Cutullic, E., Meier, S., Schori, F., Kunz, P. L., Roche, J. R. and Thomet, P. 2013. Production and reproduction of Fleckvieh, Brown Swiss, and 2 strains of Holstein-Friesian cows in a pasture based, seasonal-calving dairy system. *J. Dairy Sci.* 96:5352-5363.
72. Pilarczyk, B., Pilarczyk, R., Tomza-Marciniak, A., Kowieska, A., Wojcik, J., Sablik, P., Tylkowska, A. and Hendzel, D. 2011. Selenium concentrations in the serum and milk of cows from organic and conventional farms in West Pomerania. *Tierarztl. Umsch.* 64:327-331.
73. Pilarczyk, R., Wójcik, J., Czerniak, P., Sablik, P., Pilarczyk, B. and Tomza-Marciniak, A. 2013. Concentrations of toxic heavy metals and trace elements in raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from organic farm. *Environ. Monit. Assess.* 185:8383-8392.
74. Qin, L. Q., Wang, X. P., Li, W., Tong, X. and Tong, W. J. 2009. The minerals and heavy metals in cow's milk from China and Japan. *J. Health Sci.* 55:300-305.
75. Ramalho, H. M., Campos, S. D., Casal, S., Alves, R. and Oliveira, M. B. P. 2012. Lipid fraction quality of milk produced by Minhota (Portuguese Autochthonous breed) compared to Holstein Friesian cow's. *J. Sci. Food Agric.* 92:2994-3001.
76. Rey-Crespo, F., Miranda, M. and López-Alonso, M. 2013. Essential trace and toxic element concentrations in organic and conventional milk in NW Spain. *Food Chem. Toxicol.* 55:513-518.
77. Richert, R. M., Cicconi, K. M., Gamroth, M. J., Schukken, Y. H., EStiglbauer, K. and Ruegg, P. L. 2013. Management factors associated with veterinary usage by organic and conventional dairy farms. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 242: 1732-1743.
78. Rius, A. G., Appuhamy, J. A. D. R. N., Cyriac, J., Kirovski, D., Becvar, O., Escobar, J., McGilliard, M. L., Bequette, B. J., Akers, R. M. and Hanigan, M. D. 2010. Regulation of protein synthesis in mammary glands of lactating dairy cows by starch and amino acids. *J. Dairy Sci.* 93:3114-3127.
79. Roche, J. R., Turner, L. R., Lee, J. M., Edmeades, D. C., Donaghy, D. J., Macdonald, K. A., Penno, J. W. and Berry, D. P. 2009. Weather, herbage quality and milk production in pastoral systems. 4. Effects on dairy cattle production. *Anim. Prod. Sci.* 49:222-232.
80. Roesch, M., Doherr, M. G. and Blum, J. W. 2005. Performance of dairy cows on Swiss farms with organic and integrated production. *J. Dairy Sci.* 88:2462-2475.
81. Roesch, M., Doherr, M. G., Schären, W., Schällibaum, M. and Blum, J. W. 2007. Subclinical mastitis in dairy cows in Swiss organic and conventional production systems. *J. Dairy Res.* 74:86-92.
82. Rosati, A., and Aumaitre, A. 2004. Organic dairy farming in Europe. *Livest. Prod. Sci.* 90:41-51.
83. Schröder, M., Yousefi, F. and Vetter, W. 2011. Investigating the day to-day variations of potential marker fatty acids for organic milk in milk from conventionally and organically raised cows. *Eur. Food Res. Technol.* 232:167-174.
84. Schwendel, B. H., Wester, T. J., Morel, P. C. H., Tavendale, M. H., Deadman, C., Shadbolt, N. M. and Otter, D. E. 2015. Organic and conventionally produced milk-An evaluation of factors influencing milk composition. *J. Dairy Sci.* 98:721-746.
85. Shahbazkia, H. R., Aminlari, M., Tavasoli, A., Mohamadnia, A. R. and Cravador, A. 2010. Associations among milk production traits and glycosylated haemoglobin in dairy cattle; Importance of lactose synthesis potential. *Vet. Res. Commun.* 34:1-9.
86. Simopoulos, A. P. 2003. Importance of the ratio of ω -6/ ω -3 essential fatty acids: Evolutionary aspects. *World Rev. Nutr. Diet.* 92:1-22.
87. Simopoulos, A. P. 2010. The ω -6/ ω -3 fatty acid ratio: Health implications. *Ol. Corps Gras Lipides* 17:267-275.
88. Slots, T., Sorensen, J. and Nielsen, J. H. 2008. Tocopherol, carotenoids and fatty acid composition in organic and conventional milk. *Milchwissenschaft* 63:352-355.
89. Smith, K. M., Abrahams, P. W., Dagleish, M. P. and Steigmajer, J. 2009. The intake of lead and associated metals by sheep grazing mining-contaminated floodplain pastures in mid-Wales, UK: I. Soil ingestion, soil-metal partitioning and potential availability to pasture herbage and livestock. *Sci. Total Environ.* 407:3731-3739.
90. Smith-Spangler, C., Brandeau, M. L., Hunter, G. E., Clay Bavinger, J., Pearson, M., Eschbach, P. J., Sundaram, V., Liu, H., Schirmer, P., Stave, C., Olkin, I. and Bravata, D. M. 2012. Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives? A systematic review. *Ann. Intern. Med.* 157:348-366.

91. Soyeurt, H., Gillon, A., Vanderick, S., Mayeres, P., Bertozzi, C. and Gengler, N. 2007. Estimation of heritability and genetic correlations for the major fatty acids in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 90:4435-4442.
92. Stergiadis, S., Seal, C. J., Leifert, C., Eyre, M. D., Larsen, M. K. and Butler, G. 2013. Variation in nutritionally relevant components in retail Jersey and Guernsey whole milk. *Food Chem.* 139:540-548.
93. Stiglbauer, K. E., Cicconi-Hogan, K. M., Richert, R., Schukken, Y. H., Ruegg, P. L. and Gamroth, M. 2013. Assessment of herd management on organic and conventional dairy farms in the United States. *J. Dairy Sci.* 96:1290-1300.
94. Sundberg, T., Berglund, B., Rydhmer, L. and Strandberg, E. 2009. Fertility, somatic cell count and milk production in Swedish organic and conventional dairy herds. *Livest. Sci.* 126:176-182.
95. Sundberg, T., Rydhmer, L., Fikse, W. F., Berglund, B. and Strandberg, E. 2010. Genotype by environment interaction of Swedish dairy cows in organic and conventional production systems. *Acta Agric. Scand. A Anim. Sci.* 60:65-73.
96. Toledo, P., Andrén, A. and Björck, L. 2002. Composition of raw milk from sustainable production systems. *Int. Dairy J.* 12:75-80.
97. Tu, W. C., Cook-Johnson, R. J., James, M. J., Mühlhäusler, B. S. and Gibson, R. A. 2010. Ω -3 long chain fatty acid synthesis is regulated more by substrate levels than gene expression. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids* 83: 61-68.
98. US Government Printing Office. 2014. Electronic Code of Federal Regulations: Regulations of the Department of Agriculture: Subchapter M-Organic Foods Production Act Provisions. Vol. 2014.
99. Vaarst, M. and Bennedsgaard, T. W. 2001. Reduced medication inorganic farming with emphasis on organic dairy production. *Acta Vet. Scand. Suppl.* 95:51-57.
100. Valle, P. S., Lien, G., Flaten, O., Koesling, M. and Ebbesvik, M. 2007. Herd health and health management in organic versus conventional dairy herds in Norway. *Livest. Sci.* 112:123-132.
101. Van Hulzen, K. J. E., Sprong, R. C., van der Meer, R. and van Arendonk, J. A. M. 2009. Genetic and nongenetic variation in concentration of selenium, calcium, potassium, zinc, magnesium, and phosphorus in milk of Dutch Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 92:5754-5759.
102. Vanhatalo, A., Gäddnäs, T. and Heikkilä, T. 2006. Microbial protein synthesis, digestion and lactation responses of cows to grass or grass-red clover silage diet supplemented with barley or oats. *Agric. Food Sci.* 15:252-267.
103. Vetter, W. and Schröder, M. 2010. Concentrations of phytanic acid and pristanic acid are higher in organic than in conventional dairy products from the German market. *Food Chem.* 119:746-752.
104. Vicini, J., Etherton, T., Kris-Etherton, P., Ballam, J., Denham, S., Staub, R., Goldstein, D., Cady, R., McGrath, M. and Lucy, M. 2008. Survey of retail milk composition as affected by label claims regarding farm-management practices. *J. Am. Diet. Assoc.* 108:1198-1203.
105. Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A. R. J., Fonseca, A. J. M. and Dewhurst, R. J. 2006. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131:389-417.
106. Waiblinger, S., Menke, C. and Coleman, G. 2002. The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stock people and subsequent behaviour and production of dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 79: 195-219.
107. Wang, C., Liu, J. X., Yuan, Z. P., Wu, Y. M., Zhai, S. W. and Ye, H. W. 2007. Effect of level of metabolizable protein on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90:2960-2965.
108. Zagorska, J. and Ciprova, I. 2005. The comparison of chemical pollution between organic and conventional milk. Pages 196-198 in *Int. Sci. Conf. Proc., Univ of Agric., Latvia*.
109. Zagorska, J. and Ciprova, I. 2008. The chemical composition of organic and conventional milk in Latvia. *Proc. 3rd Baltic Conference on Food Science and Technology. (FOODBALT-2008)*. Latvia University of Agriculture Faculty of Food Technology. 10-14.
110. Zalecka, A., Bügel, S., Paoletti, F., Kahl, J., Bonanno, A., Dostalova, A. and Rahmann, G. 2014. The influence of organic production on food quality—Research findings, gaps and future challenges. *J. Sci. Food Agric.* 94:2600-2604.

Received 4 January, 2016
Revised 31 January, 2016
Accepted 1 February, 2016