



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

碩士學位論文

저메탄사료 급여가 젖소의 생산능력 및  
우유 품질에 미치는 효과

Effect of low methane diet on dairy production and  
milk quality

濟州大學校 産業大學院

動物資源學科

梁 惠 淑

2024年 2月



# 저메탄사료 급여가 젓소의 생산능력 및 우유 품질에 미치는 효과

指導教授 柳 然 喆

梁 惠 淑

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

2024年 2月

梁惠淑의 理學 碩士學位論文을 認准함

審査委員長 이 왕 식

委 員 박 종 은

委 員 류 연 철

濟州大學校 産業大學院

2024年 2月



Effect of low methane diet on dairy production and  
milk quality

hyesook yang

(Supervised by professor YounChul, Ryu)

2024. 2.

A thesis submitted in partial fulfillment  
of the requirement for the degree of  
Master of Animal Science

This thesis has been examined and approved.  
Thesis Director, YounChul Ryu, Prof. of Dept.  
Animal Science

Department of Animal Science  
GRADUATE SCHOOL OF INDUSTRY  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

# 목 차

I. 서 론 .....	1
II. 연 구 사 .....	2
1. 온실가스 감축 및 탄소중립 .....	2
2. 저메탄사료를 통한 탄소중립 .....	7
3. 우유의 품질 .....	12
III. 재 료 및 방 법 .....	14
1. 농가선정 .....	14
2. 시험 사료 및 실험설계 .....	14
3. 생산성 관련 분석 .....	15
4. 통계분석 .....	16
IV. 결 과 및 고 찰 .....	17
1. 저메탄 사료 급여에 따른 우유 생산성 비교 .....	17
2. 월별 우유 품질변화 .....	21
3. 산차에 따른 우유 품질변화 .....	29
V. 요 약 .....	40
ABSTRACT .....	41
참고문헌 .....	42

## I. 서론

인류의 지속 가능한 발전을 위한 중요한 과제 중 하나는 기후변화를 늦추는 것이며, 이를 위해서는 온실가스 배출감소가 필수적이다. 특히 축산업에서는 메탄 배출의 주요 원인으로 지목되어 왔다. 이 중에서도 반추동물은 장내 발효 과정에서 메탄을 배출하는 것으로 알려져 있다. 따라서, 축산업에서 반추동물의 메탄생산량을 줄이고, 친환경적인 축산을 하는 방안으로 메탄저감 사료의 개발과 활용에 주목하고 있다.

최근 수행된 다수의 연구에 의하면, 해조류인 분홍빛 바다고리풀(*Asparagopsis taxiformis*)을 반추동물의 사료에 첨가함으로써 메탄 배출을 현저히 감소시킬 수 있다는 결과를 발표했다. 이러한 연구발표는 축산업에서의 온실가스 배출을 줄이는데 큰 의미를 가지며, 특히 젓소의 메탄가스 배출감소에 초점을 맞춘 연구가 활발히 진행되고 있다.

본 연구에서는 국내에서 생산된 메탄저감 사료를 급여한 젓소가 생산하는 우유의 품질에 대해서 메탄 급여 전·후를 비교하여 품질 및 생산성에 대해서 분석하였다. 우유의 품질은 유량, 유지율, 유단백질, 무지고형분, 체세포수 및 MUN(Milk Urea Nitrogen) 등 다양한 요인에 의해 결정된다. 이러한 요소들은 젓소의 사료, 환경, 건강 상태 등에 크게 영향을 받는다. 따라서, 메탄저감 사료의 사용이 우유의 품질에 부정적인 영향을 미치지 않는지를 확인하는 것은 중요한 연구 주제이다.

본 연구의 목적은 국내에서 생산된 메탄저감 사료를 급여한 젓소의 우유 생산에 미치는 영향을 과학적으로 평가하는 데 있으며, 이를 통해 지속 가능한 축산업 발전에 기여하고자 한다. 메탄 저감 사료가 젓소의 건강과 우유 품질에 미치는 영향을 분석하고, 농장 경제성에 어떠한 영향을 주었는지 확인하며, 이를 통해 2050 메탄중립 실천과 실질적인 국내 축산업의 새로운 방향을 제시하고 발전에 기여할 것으로 판단된다.

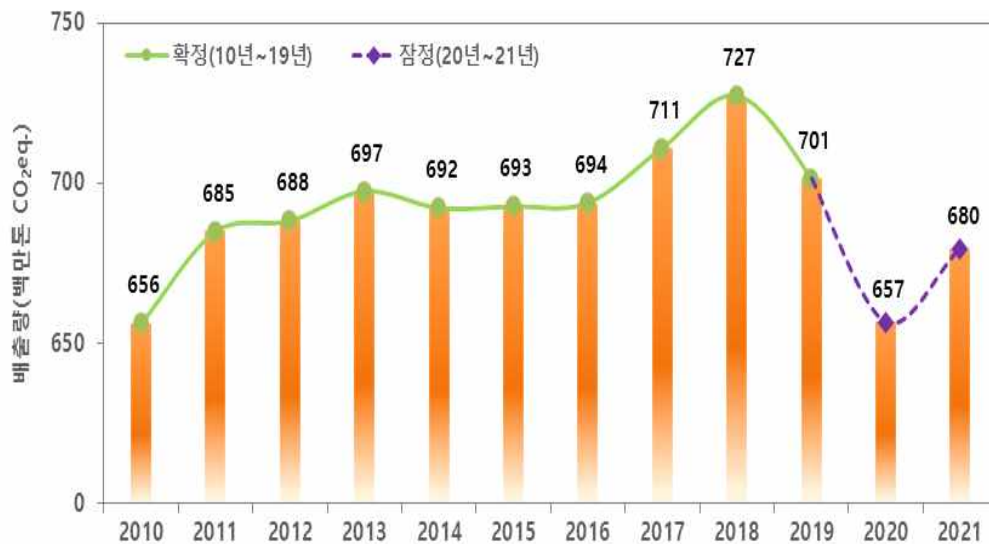
## II. 연구사

### 1. 온실가스 감축 및 탄소중립

#### 1.1 온실가스 발생현황

최근 연구들에서는 기술의 발전으로 대기 중 이산화탄소(co2) 배출 농도가 지난 100년간 급격하게 높아진 것으로 나타났다(George 등 2021). 인구의 증가는 에너지 수요를 높이며, 현재 대부분의 에너지는 온실가스를 배출하는 화석 연료의 연소로 충족되고 있다. 에너지 공급으로 인해 대기중에 이산화탄소(co2)와 메탄(ch4) 배출량이 증가하여 온실가스(Greenhouse gases, GHG)를 이루고, 대기에서 열을 가두어 지구 온난화와 온도 상승에 크기 기여 한다(Mustafe 등, 2020)

2020년 COVID-19 팬데믹으로 인한 전 세계 봉쇄 조치는 일시적으로 Co2배출량을 감소시켰다(Liu 등, 2020). 이러한 감소 현상은 역설적으로 현재 발생하고 있는 온실가스를 감축시킬 수 있을 것으로 확인된다.



(환경부, 2022)

그림 1. 온실가스 배출량

표 1. 산업분야별 온실가스 배출량

(단위 : 백만톤CO<sub>2</sub>eq)

구분	2014	2015	2016	2017	2018
전환	242.8	243.4	244.0	252.6	269.6
산업	266.3	259.4	253.4	259.8	260.5
건물	47.1	49.1	50.9	52.1	52.1
수송	88.7	94.2	98.8	98.3	98.1
폐기물	15.6	16.6	16.8	17.2	17.1
농축산	26.2	25.2	24.8	24.7	24.7
탈루 등	5.2	4.7	4.8	5.1	5.6
흡수원	-43.3	-44.4	-45.6	-41.5	-41.3
총배출량	691.9	692.5	693.5	709.7	727.6
순배출량	648.7	648.2	648.0	668.3	686.3

탄소중립위원회, 2021

2018년 기준으로 볼 때, 국제적으로 한국의 온실가스 총 배출량은 세계에서 11위를 차지하며, 이는 전 세계 배출량의 약 1.51%에 해당한다. 한국의 인구가 전 세계 인구의 0.7%를 차지하는 것과 비교해볼 때, 이는 인구 대비 온실가스 배출량이 2배 이상 높은 상태임을 나타낸다(탄소중립위원회, 2021)

## 1.2 탄소중립의 정의

탄소중립은 대기의 온실가스 농도를 안정화시키기 위해 순 배출량을 제로(0)로 유지하는 개념으로, 이는 넷 제로(Net-Zero)라고도 한다. 이러한 상태는 인간 활동으로 인한 온실가스 배출이 지구의 총 온실가스 흡수 능력과 동등한 수준에 도달했을 때 달성된다. 인간의 온실가스 배출을 감소시키는 것과 동시에 남은 배출량을 자연 흡수 방법 또는 기술적 해결책을 통해 제거하여 실질적인 배출량을 제로 상태로 한다(농림수산식품부, 2022). 온실가스의 종류에는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>), 메탄(CH<sub>4</sub>), 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF<sub>6</sub>)가 있으며, 배출량을 이산화탄소 환산량(CO<sub>2</sub>eq)로 환산하여 관리한다.



탄소 중립의 개념은 교토의정서(Kyoto Protocol)와 같은 국제 협약에서 시작되었으며, 2015년 프랑스 파리에서 개최된 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회에서 채택된 파리기후변화협약에서 더욱 강조되었다. 이 협약은 전 세계 모든 당사국이 온실가스 감축에 참여해야 한다는 최초의 국제 합의로, 2100년까지 지구 평균 온도 상승 폭을 산업화 이전 대비 2°C 이하로 제한하고, 가능하다면 1.5°C 이하로 제한하기 위한 노력을 권고했다. 전 세계는 2050년까지 탄소 중립을 달성하기 위해 노력하고 있으며, 많은 국가가 이를 법제화하거나 공식적으로 선언하고 있다.

전 세계적으로 기후변화 대응을 위해 국가별로 파리기후변화협정에 따른 온실가스 감축 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 정책과 법률을 제정하고 있다. 이러한 노력은 각 국가의 경제적, 사회적, 환경적 조건을 고려한 맞춤형 전략으로 나타나고 있다. 독일은 '기후보호계획2050'을 통해 2050년까지 온실가스를 1990년 대비 85% 감소시키는 목표를 세웠다. 대만은 '2025 에너지전환' 정책과 2050 넷-제로 전환을 추진하고 있으며, 러시아는 2030년까지 최대 70% 감축을 목표로 하고 있다. 미국은 바이든 행정부는 2030년까지 50~52%의 감축을 목표로 설정했다. 베트남은 2030년까지 자체 능력으로 9%, 국제적 지원으로 27%를 감축 목표로 설정하였으며, 스페인은 2050년까지 탄소 중립을 달성하기 위한 법(기후변화 및 에너지전환에 관한 법률)을 제정했다. 싱가포르의 '탄소 가격 제법(Carbon Pricing Act 2018)'을 통해 1t의 배출된 이산화탄소에 한화 약 4,500원의 탄소세를 부과하고 있으며, 아랍에미리트는 전력생산 시 발생하는 탄소배출량을 70% 감축하는 것을 목표로 하고 있다. 영국은 2050년까지 1990년 대비 최소 100% 탄소 감축을 목표로 하고 있으며, 인도네시아는 2030년까지 자체 능력으로 29%, 국제적 지원을 활용하여 41% 감축할 계획이다. 일본은 2030년까지 2013년 대비 46% 감축을 목표로 하고 있다. 중국은 2021년 기준 세계 최대 탄소 배출국이며, 2030년까지 2005년 대비 온실가스 배출량을 65%까지 감축하고, 2060년에는 탄소 중립을 달성할 계획이다. 캐나다는 2030년까지 2005년 대비 40~45% 감축을 목표로 하고 있으며, 태국과 프랑스도 각각 자체 목표를 설정하고 이를 달성하기 위해 노력하고 있다(세계법제정보센터 2022 ).

### 1.3 축산분야 온실가스 발생 현황

2000년부터 2018년까지 축산업에서의 메탄 배출량이 지속적으로 증가하였다. 이는 축산업의 확장과 가축 수의 증가로 인해 발생한 것이다. 장내 발효와 가축 분뇨 처리 부문에서의 메탄 배출량도 증가하는 추세를 보인다. 이는 소와 같은 반추동물의 장내 발효 과정과 가축분뇨 처리 방식이 메탄 배출의 주요 원인임을 시사한다.

표 2. 국내 분야별 온실가스 배출량

단위: 천 톤 CO<sub>2</sub>eq.

분야	2000년	2010년	2015년	2016년	2017년	2018년
에너지	411,797	566,120	600,697	602,661	615,657	632,375
연료연소	409,128	562,310	596,903	598,727	611,641	627,908
그 중 농업/축산업/임업	6,581	3,883	1,509	1,119	949	996
탈루	2,669	3,810	3,794	3,934	4,016	4,467
산업공정	50,868	52,951	54,282	53,232	55,929	56,974
농축산업	21,369	22,071	20,784	20,810	20,958	21,191
축산업	7,248	9,065	8,931	8,822	9,062	9,407
장내발효	3,377	4,262	4,339	4,318	4,400	4,471
가축분뇨처리	3,871	4,803	4,592	4,504	4,662	4,936
경종(벼재배, 농경지토양 등)	14,121	13,006	11,853	11,988	11,896	11,784
폐기물	18,831	15,181	16,552	16,832	17,205	17,092
총배출량(LULUCF 제외)	502,865	656,323	692,315	693,535	709,749	727,632

환경부, 온실가스종합정보센터 (2020).

축산분야의 국가 온실가스 배출량 선정을 위해서 과거에는 ‘기후변화에 대한 정부 간 협의체(IPCC 1996)’ 지침 기본 배출계수를 이용하였다. 장내 발효에 의한 메탄 배출량은 축종별 사육두수에 IPCC 1996 지침 기본 배출계수를 곱하여 산정하고, 가축 분뇨처리 중 발생하는 메탄은 축종별 사육두수 지침의 기본 배출계수를 곱하여 산정하였다. 즉, 사료가 메탄으로 전환되는 비율에 대해서 IPCC는 선진국은 0.6%, 개발 도상국은 1.5%로 적용하였다. 그러나 국내 산업을 반영한 배

출계수가 없어 IPCC가 제공하는 기본 배출계수를 적용해야 하기 때문에 정확한 배출량 산정에 한계가 발생하였다. 국립축산과학원에서는 연구사업을 통해 국가 승인 온실가스 배출계수를 공표하고 있다(표 3).

표3. 2018년~ 2022년 승인 국가 온실가스 배출계수 축산분야

	부 문	항목	배출계수		
			계수	계수 값	단위
2018	장 내 발 효	한우 수컷(거세우) 1세미만	CH4	43	kg CH <sub>4</sub> /head/ year
		한우 수컷(거세우)1세 이상	CH4	61	
		한우 암컷 1세 미만	CH4	45	
2020	장 내 발 효	젖소 암컷 2세이상	CH4	139	kg CH <sub>4</sub> /head/ year
		젖소 암컷 1~2세	CH4	83	
		젖소 암컷 1세 미만	CH4	33	
2022	장 내 발 효	돼지 2개월 미만		0.16	kg CH <sub>4</sub> /head/ year
		돼지 2~4개월		0.30	
		돼지 4~6개월		1.45	
		돼지(수컷) 6~8개월		2.70	
		돼지(암컷) 6~8개월		3.29	
		돼지(수컷) 8개월 이상		3.78	
		돼지(암컷) 8개월 이상		4.71	
	돼지 통합계수		0.98		
	가 축 분 뇨	한우 분뇨 연평균 질소 배출량	N <sub>2</sub> O배출량 보정계수	49.68	kg N/head/ye ar
		돼지 분뇨 연평균 질소 배출량	N <sub>2</sub> O출량 보정계수	10.97	kg N/head/ye ar

환경부, 온실가스 종합 정보센터 승인 국가 온실가스 배출 흡수 계수 고표  
2018-2022

#### 1.4 축산분야 탄소 중립 실천방안

한국은 2050년 탄소 중립을 선언하고, 이에 따라 관계 부처가 합동으로 '2050 국가 탄소 중립 시나리오' 및 '2030 NDC 상향 안'을 2021년 10월에 확정하고, 같은 해 11월 COP26에서 발표하였다. 이 계획에 따르면, 2030년까지의 국가 배출량은 2018년 대비 40% 감축을 목표로 하며, 농축수산 부문은 같은 기간 대비 27.1% 감축하여 18백만톤으로 설정되었다. 또한, 탄소 중립 달성을 위한 시나리오에 따라 농축수산 부문은 2050년까지 2018년 대비 37.7% 감축한 15.4백만 톤의 배출 목표를 설정하였다(농림축산식품부, 2021).

표 4. 온실가스 감축량

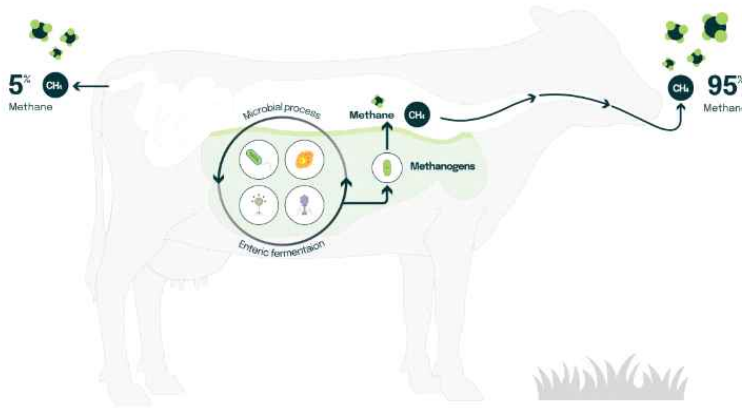
구분(백만톤)	국가전체	전환	산업	건물	수송	농축수산	폐기물	수소	탈루	흡수국외
'18 배출	727.6	269.6	260.5	52.1	98.1	<b>24.7</b>	17.1	-	5.6	△41.3
기존NDC ( '18대비)	536.1 (△26.3)	192.7 (△28.5)	243.8 (△6.4)	41.9 (△19.5)	70.6 (△28.1)	<b>19.4</b> (△21.6)	11.0 (△35.6)	-	5.2	△48.6
상향 ( '18대비)	436.6 (△40.0)	149.9 (△44.4)	222.6 (△14.5)	35.0 (△32.8)	61.0 (△37.8)	<b>18.0</b> (△27.1)	9.1 (△46.8)	7.6	5.2	△72.2

## 2. 저메탄사료를 통한 탄소중립

### 2.1 반추위 메탄 생성원리

소, 양, 사슴, 염소와 같은 반추동물의 위는 4개로 구성되어 있으며, 그 중 첫 번째이자 가장 큰 위를 반추위라고 한다. 반추위는 다양한 셀룰로스 및 헤미셀룰로스 소화효소를 합성할 수 있는 장내 미생물과 공생관계를 발전시켜왔다(knapp, 2014). 잘 적응된 미생물 공동체는 동물이 섭취한 사료를 더 작은 화합물로 분해하는 역할을 한다. 이 과정에서 미생물은 에너지를 생성하고, 동물에게 영양분과 에너지를 제공한다. 이러한 소화 과정에서 일부 생성된 물질은 반추동물에 사용

되지 않고 제거되어야 하는데, 반추위에 존재하는 메탄 생성 균에 의해서 제거된다. 메탄 생성 균은 이산화탄소, 수소, 포름산, 메탄올, 메틸아민과 같은 기질을 이용하여 이산화탄소와 메탄을 생성한다. 이렇게 생성된 메탄은 반추동물이 트립할 때 대기 중으로 방출된다(Hill 등 2016).



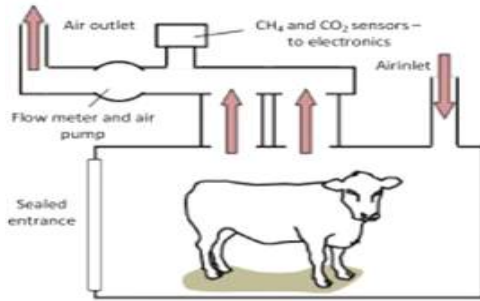
New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre

그림 2. 반추동물 메탄가스 생성원리

## 2.2 반추동물 장내 발효 메탄 측정방법

반추동물의 장내 발효 과정에서 발생하는 메탄 배출량을 줄이기 위한 연구를 수행하기 위해서는, 먼저 메탄 배출량의 정확한 측정이 필요하다. 아래 그림은 다양한 메탄 측정방법을 나타냈다.

- Respiration and Accumulation Chambers: 일반적으로 높은 비용이 들며, 매우 정확하고 제어된 환경에서 개별 동물에 대한 정보를 제공한다. 하지만 자유롭게 다니는 동물과 결과가 다를 수 있으며, 동물 적응 기간이 필요하다.

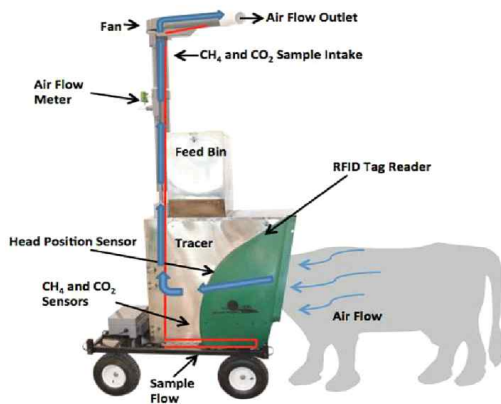


Hill 등 2016

New Zealand Agricultural Greenhouse Gas  
Research Centre

그림3. Respiration and Accumulation Chambers

- Hood /Headbox Systems: 중간에서 높은 비용이 들며, 휴대 가능하고 실내 자유 스탈이나 목초지에서 사용하기 적합합니다. 그러나 후방 발효에서 배출되는 메탄을 측정하지 않으며, 동물 적응 기간이 필요합니다.

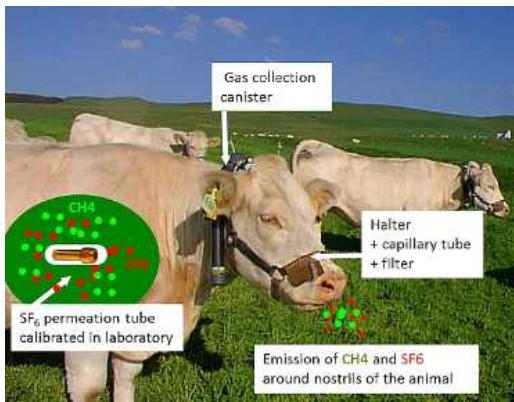


Hristov 등 2015

New Zealand Agricultural Greenhouse Gas  
Research Centre

그림 4. Hood and Headbox Systems

- Tracers: 비용이 적당하며, 정확도가 높고 다른 가스에 의한 간섭이 적다. 그러나 일정 시간 동안 표본을 채취하여 배출량을 계산하며 매일 수집 통의 교체 필요하다. 일부 연구에서는 챔버와 비슷한 유사하다고 보고되었으나, 10% 이상 차이를 보인 연구도 있다(Tedeschi 등, 2022; Storm 등 2012).



Sulphur hexafluoride (SF6) tracer technique New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre

그림 5. Tracers: SF6

- In Vitro Techniques: 실험실에서 수행이 가능하고 비용이 저렴하며, 다양한 유용 물질을 이용하여 메탄 생성량을 측정할 수 있다. 하지만, 실제 동물실험과는 다른 결과가 나타날 수 있어 표준화가 어려울 수 있다.
- Open-Path Laser: 휴대용으로 비용이 저렴하며, 우사 내 사육환경에서 사료 급여 시 데이터를 생성한다. 그러나 대상물이 움직이면 측정이 매우 불안정할 수 있다.

### 2.3 메탄저감 소재 및 연구현황

최근 연구에 따르면, 홍조류인 분홍빛 바다고리풀(*Asparagopsis taxiformis*)이 반추동물의 메탄 배출을 감소시키는 데 효과적인 것으로 알려졌다. 이 해조류는 사료에 첨가될 때 반추동물의 장내 메탄 생성을 감소시키는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 축산 부문에서 온실가스 배출을 감소시키는 데 중요한 연구 초점이 되고 있다.

분홍빛 바다고리풀(*Asparagopsis taxiformis* 및 *armata*)와 브로모포름(*bromoform*)을 함유한 오일 기반 제형은 반추동물의 장내 메탄 배출량을 줄이는데 효과가 있다. 하루에 15kg의 건물을 소비하고 체중이 약 470kg인 소에게 분

홍빛 바다 고리 풀을 하루에 30~75g, 즉 일일 식단의 0.2%에서 0.5%를 비율로 첨가하면 메탄 배출을 크게 감소시키는 효과를 나타냈다(Eason과 Fennessy 2023).

Roque 등은 분홍빛 바다 고리 풀 in vitor 조건에서 99%까지 메탄저감 효과를 보였으며, 거세우에게 적용할 경우 80%까지 메탄 배출을 감소시켰다. 반추동물이 탄수화물이 포함된 사료를 섭취하면 발효 및 분해되어 최종산물인 휘발성 지방산이 생성되며, 미생물이 다시 휘발성 지방산을 이용하여 대사를 진행한다. 분홍빛 바다고리풀을 반추 동물에게 급여할 경우 최대 5%까지 휘발성 지방산 생성을 변화시키지 않고 사용가능한 것으로 확인되었다(Roque 등 2019).

Keberab 등(2022)은 사료 첨가제인 3-NOP(3-nirtooxypropanol)의 사용과 관련하여, 13개 논문(14개 실험)을 메타분석 하여 메탄생산량에 미치는 영향에 대해서 분석하였다. 캐슈너트 껍질 액(Cashew nut shell liquid; CNSL)을 이용하여 in vitro 상태에서 CNSL농도를 0, 50, 100 및 200 $\mu$ g/ml로 적용하여 약 56.9%의 메탄 저감 효과를 나타냈지만, 가열된 CNSL에서는 차이가 나타나지 않았다.

표 5. 반추동물의 메탄저감을 위해 연구된 첨가제

반추동물	base feed	급여기간	첨가량	메탄생산량
브랑거스(거세)	고곡물사료	90	0.05 %	-9.0%
			0.10 %	-38.0%
			0.20 %	-98.0%
앵거스(거세)	배합사료	147	0.25 %	-50.6%
			0.50 %	-74.9%
홀스타인-프리 지안	풀과 옥수수 사일리지	22	76g/~0.24%	사료섭취량 분석
			133g/~0.44%	
			333g/~1.34%	
홀스타인-프리 지안	겨자초 및 곡물혼합	27	0.56%	-44%
			0.64 %	-39%
홀스타인	NRC 포물라	28	0.25 %	-
			0.50%	-29%
홀스타인	혼합 배합사료	14	0.50%	-26.4%
			1.00%	-67.2%
메리노(양)	고섬유 펠렛	72	0.50%	-6%
			1.00%	-19%
			2.00%	-25%
			3.00%	-29%

Camer-pesci 등 (2023)



### 3. 우유의 품질

#### 3.1 우유의 품질에 영향을 주는 요인

- 사료와 음수: 우유의 품질은 젖소가 먹는 사료, 음수의 품질이나 위생 상태에 따라 쉽게 영향을 줄 수가 있다. 나쁜 품질의 사료와 음수는 젖소에 소화기 질병을 유발할 수 있고, 이에 따른 스트레스 및 체온 상승으로 인해 우유의 품질을 떨어뜨릴 수 있다
- 축사 주위 환경: 축사 환경은 젖소와 젖소의 유방에 직접적으로 영향을 미친다. 축사 바닥 관리가 제대로 되지 않으면 퇴비가 너무 많이 쌓여 있게 되어 젖꼭지를 통해 세균 감염을 발생할 수 있으며, 나쁜 바닥 환경으로 발굽에도 영향을 미치게 되면 젖소가 불편한 발굽으로 인해 장시간 앉아 있게 되고, 이때, 젖꼭지를 통한 세균 감염이 생길 수 있다. 또한, 축사의 온습도 및 환기가 제대로 이루어져야 한다.
- 착유 과정: 착유 과정에서 착유 전 유두 세척 과정에서 유두를 완전히 건조시킨 후에 착유를 진행해야 하고, 유두 세척에 사용하는 타월은 두당 1개로 사용해야 한다. 착유하는 과정에서도 과도한 착유 시간이나, 착유기의 이상 또한 우유 품질에 영향을 미칠 수 있다. 착유 후에는 반드시 침지식 유두 소독 및 스프레이식 유두 소독이 반드시 필요하다(노, 1999).
- 체세포수: 위의 여러가인 요인으로 유방염(Mastitis)이 발생하게 되면 우유 내에 체세포가 상승하게 되고 우유의 품질이 떨어지게 된다. 유방염은 세균, 곰팡이 등의 병원 미생물들이 젖꼭지를 통하여 유방내에 침입하여 증식함으로써 유선조직을 파괴하고 염증반응을 일으키는 질병이다. 강(1997)은 체세포수의 증가는 주로 백혈구와 일부 유선분지조직(상피세포)에서 유래한 세포들로, 상피세포는 염증에 상관없이 정상적으로 탈락과 재생을 반복하지만, 백혈구는 질병(주로 유방염)발생으로 인해 수가 증가하여 체세포수 증가에 영향을 미친다(노, 1999).

- 계절에 따른 사양관리: 일반적으로 젖소라고 말하는 소의 품종은 홀스타인이며, 홀스타인은 추운 지방에서 개량된 종으로 더위에는 약한편이다. 우리나라 처럼 여름에 고온 다습한 환경에서는 더위 스트레스로 인해 우유 품질에 큰 영향을 미치게 된다. 더위 스트레스가 발병하면 사료 섭취량 감소, 기호성 감소로 인해 영양소 부족을 일으켜 유량이 감소하고 유성분 변화가 발생하며, 발정행위가 낮보다는 비교적 온도가 떨어지는 저녁이나 새벽에 나타나기 때문에 발정행위의 관찰이 어렵게 된다. 직장온도가 상승하게 됨에 따라 수태율 저하와 유산등이 일어나 번식문제에도 엄청난 영향을 미치게 된다(주, 1998).

### Ⅲ. 재료 및 방법

#### 1. 농가 선정

본 연구는 제주특별자치도 제주시에 위치한 젓소 사육 농가에서 진행되었으며, 본 농가는 총 사육두수 100두 중, 착유 우는 50~55두가량이며, 1일 우유 생산량은 약 1,500kg(연간 약 54t)으로, 개방식 우사에 TMR을 급여하며 헤링본 착유 시스템을 이용하고 있다.

#### 2. 시험 사료 및 실험설계

시험 사료는 현재 판매되고 있는 A사의 착유용 메탄저감 사료를 이용하였으며, 사료 급여는 1두당 9.8kg 비율로 TMR 배합하여 아침, 저녁으로 2차례 급여하였다. 시험 사료의 영양성분은 표 6, 해당 농가의 TMR 배합비는 표 7에 나타내었다. 실험구는 2021년부터 2023년까지 연도별, 2021년부터 2023년까지의 월별과 산차별로 구분하였다.

표 6. 사료 영양 성분

저메탄 사료		일반 사료	
사료의 형태: 펠렛, 크럼블		사료의 형태: 펠렛, 크럼블	
사료의 종류: 배합사료/양축용 - 젓소		사료의 종류: 배합사료/양축용 - 젓소	
사료의 명칭: 고능력우		사료의 명칭: 고능력우	
사료의 용도: 산유량 40kg 이상		사료의 용도: 산유량 40kg 이상	
성분명	성분량 (%)	성분명	성분량 (%)
조단백질	20.0	조단백질	18.24
조지방	3.5 이상	조지방	4.53
조회분	10.0 이하	조회분	6.01
조섬유소	15.0 이하	조섬유소	6.24
칼슘	1.0 이상	ADF	11.23
인	1.2 이하	NDF	23.54
TDN	75.0	수분	11.22
메탄저감 첨가제 1*			

메탄저감 첨가제 2*	
메탄저감 첨가제 3*	
* 회사 보안의 이유로 공개하지 않음	

표 7. TMR 배합비

항목	급여량	
	kg/두	
메탄저감사료	9.80	60
알파콘	2.00	588
밀크젠 탑	0.30	120
면실	2.50	18
비트펠프	2.30	150
라이그라스(수분35%)	6.67	138
알팔파	2.50	400
연맥	3.17	150
물	1.50	190
생균제(이스트)	0.10	90
석회석	0.05	6
소금	0.04	3
중조	0.20	2.4
합계	31.12	12
		1,867

### 3. 생산성 관련 분석

젓소의 생산성 관련 통계분석은 농협 젓소개량사업소에서 월 1회 실시하는 실험 농가의 검정기록을 이용하였으며, 분석 기간은 2021월부터 2023년 10월까지의 모든 검정기록을 이용하였다.

우유 검정기록 항목에 대한 설명은 아래 표와 같다.

표. 8 우유 검정 기록 항목

항목	내용
비유량 (milk yield)	유량은 1회의 착유에서 얻을 수 있는 우유의 양 총 유량은 1회의 비유기간 중에 얻어진 우유의 총량
유단백질 (milk proteins)	유단백질은 우유에 함유된 단백질로 우유 내 함량은 약 3%이고 카제인(Casein)과 유청단백질(whey)로 나뉨.
유지방 (Milk fat content)	유지방은 우유의 지질량으로, 국내 원유의 평균 유지방율은 3.8임

비유지속성 (persistence of lactation)	비유일수의 진행과 함께 비유량이 감소하지 않고 지속되는 성질로 분만 후 유량이 최고유량에 달한 후 감소하는 정도를 지수로 나타낸 것
무지고형분 (solids not-fat:SNF)	우유에서 수분을 제거하면 12% 정도의 고형분이 남게 되고, 그중에서 지방성분(유지방, 지용성비타민)을 제외한 8.0~8.6%의 성분을 무지고형분이라고 함
MUN (우유 내 요소질소)	우유중으로 배출된 요소의 양을 측정하는 것으로 젖소의 단백질 공급의 과부족 상태를 체크 함
체세포 수 (somatic cell count)	젖소가 유방염에 감염되면 우유 내에 각종 백혈구와 상피세포가 증가하며, 이를 체세포라고 함 젖소가 스트레스나 질병이 없고 착유가 잘 된다면 체세포수가 적고, 유방염에 걸리거나 상태가 나쁜 젖소라면 체세포수가 높게 측정됨 건강한 젖소에서만 체세포수가 적은 고품질의 원유를 얻을 수 있어, 체세포수 등급은 젖소의 건강 상태를 가늠하는 지표가 됨
공태일수	비유기간이 끝난 후 다음 분만까지의 일수
최종수정횟수	임신에 성공하기까지 필요한 수정 횟수
분만 후 첫 수정일까지의 일수	분만 후 첫 수정 성공까지 걸린 일수
건유 전 유량	건유기 직전의 유량
305일 유량	비유기간, 착유횟수, 연령 등을 통계적으로 보정하여 젖소의 유전적 능력을 정확히 알 수 있도록 함 비유기간이 305일 미만일 경우 기대량으로 계산하여 표기하며, 305일 이상일 경우 실유량을 표기함
성년형 유량	성년 환산 유량, 72개월(6세)을 기준으로 보정한 유량으로 305일 기대 유량과 성년형 유량은 분만 후 75일 경과한 후 계산되어 표시함

#### 4. 통계분석

본 연구 결과의 통계분석은 SAS(Statistics Analysis System, USA) program(2001)을 이용하여 처리하였다. 연도, 월, 산차를 요인 설정하여 분산분석을 실시하였으며, Duncan(1955)의 다중검정으로 요인 간의 유의성( $p < 0.05$ )을 비교 분석 하였다.

#### IV. 결과 및 고찰

아래표는 연도별에 사용된 우유 검정데이터의 검정월령, 산차, 누적착유일수이다. 연도별 검정월령, 누적착유일수는 유의적으로 차이가 발생하지 않았으며, 산차는 유의적 차이를 보였으나. 평균 2.3산차로 확인되었다. 이를 통해 생산성 및 우유품질에 이러한 요인들은 영향을 미치지 않는 기준으로 설정하여 분석되었다.

표 9. 연도별 검정월령, 산차 및 누적착유일수 분석결과

	2021	2022	2023	sig <sup>1)</sup>
검정 월령	49.5±16.8 <sup>a</sup>	50.7±19.4 <sup>a</sup>	51.2±18.9 <sup>a</sup>	ns
산차	2.2±1.1 <sup>b</sup>	2.3±1.3 <sup>ab</sup>	2.4±1.3 <sup>a</sup>	*
누적 착유일수	185.7±119.8 <sup>a</sup>	169.3±109.7 <sup>b</sup>	184.6±121.9 <sup>a</sup>	ns

Mean±SD

<sup>1)</sup>Level of significance: NS, not significant; \*P < 0.05

<sup>a-b</sup>values with different superscripts in the same row differ significantly

표 9에는 저메탄 사료 급여 전후의 생산성 관련 항목을 연도별로 분석하였다. 결과에 따르면, 몇몇 생산성 지표에 유의적으로 긍정적인 영향을 준 것으로 확인되었다. 공태 일수는 2021년 대비 2023년에 감소하였으며, 공태기간이 감축되었음을 확인하였다. 최종수정횟수와 분만 후 첫 수정일까지의 일수도 연도별로 감소하는 경향을 보여, 임신 성공률 향상 및 분만 후 회복 기간 단축에 저메탄 사료가 긍정적인 영향을 준 것으로 확인된다.

비유지속성에서는 전 산차 비유속성이 2021년 가장 높았으나, 현재 산차 비유지속성에서는 2023년이 가장 높게 나타났다. 이는, 현재 비유기의 생산성에 긍정적

인 영향을 주는 것으로 판단된다. 그러나 비유 최고 도달일수 및 비유 후기 최고 유량에서는 연도별 큰 차이가 확인되지 않았다.

비유 초기MUM은 연도별로 감소하는 것으로 나타났다. 2023년 최고유량 체세포 수가 크게 증가한 것으로 확인되었으며, 저메탄 사료 교체로 인한 스트레스가 발생했는지, 어떤 요인이 체세포 수에 영향을 미쳤는지에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

표 10. 저메탄 사료가 우유의 생산성에 미치는 영향

	2021	2022	2023	sig <sup>1)</sup>
공태일수	176.1±115.9 <sup>a</sup>	156.5±107.5 <sup>b</sup>	142.8±100.3 <sup>b</sup>	***
최종수정횟수	2.7±1.91 <sup>a</sup>	2.5±1.9 <sup>ab</sup>	2.3±1.7 <sup>b</sup>	**
분만후 첫 수정일까지 일수	83.0±30.7 <sup>a</sup>	79.0±26.5 <sup>b</sup>	76.4±22.1 <sup>b</sup>	**
전 산차 비유지속성(%)	72.4±14.4 <sup>a</sup>	68.0±21.6 <sup>b</sup>	67.7±17.2 <sup>b</sup>	**
현재 산차 비유지속성(%)	67.6±22.1 <sup>b</sup>	66.4±18.1 <sup>b</sup>	76.0±20.6 <sup>a</sup>	***
비유 최고 도달일수	77.2±49.7 <sup>a</sup>	72.3±48.4 <sup>a</sup>	72.8±57.6 <sup>a</sup>	ns
비유 후기 최고유량( kg)	40.9±7.8 <sup>a</sup>	39.6±8.4 <sup>b</sup>	40.2±8.2 <sup>ab</sup>	*
비유 초기 평균 유지율(%)	3.5±0.7 <sup>a</sup>	3.3±0.6 <sup>c</sup>	3.4±0.5 <sup>b</sup>	***
비유 초기 평균 단백율(%)	3.0±0.2	3.0±0.2	3.0±0.2	ns
비유 초기 평균 MUN(mg/dL)	15.3±3.9 <sup>a</sup>	14.8±3.1 <sup>b</sup>	14.0±2.0 <sup>c</sup>	***
최고 유량 체세포(천/ml)	89.5±164.1 <sup>b</sup>	83.6±124.6 <sup>b</sup>	137.5±376.4 <sup>a</sup>	**
전 산차 건유전 유량(kg)	22.7±6.7 <sup>a</sup>	20.7±5.9 <sup>b</sup>	20.8±6.0 <sup>b</sup>	***

Mean±SD

<sup>1)</sup>Level of significance: NS, not significant; \*P < 0.05;\*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001.

<sup>a-c</sup>values with different superscripts in the same row differ significantly

아래 표는 2021년~2023년 저메탄 사료 급여 전·후에 따른 우유의 생산성 및 품질변화를 분석하였다. 유량의 경우 급여 전후에 따른 유의적 차이는 발생하지 않았다. 2021년의 유지율은 3.8±0.9로 나타났으며, 2022년에는 3.5±0.7로 감소한 후, 2023년에 3.7±0.7로 다시 증가하는 경향을 보였다. 연도별 변화는 통계적으로 유의적인 차이를 보였다. 하지만, 저메탄사료 급여 전·후로 구분하여 분석하면, 급여 전인 2021년과 2022년에 가장 높은값과 가장 낮은 값을 보였다. 평균적으로 3.65로 계산될 수 있으며 저메탄 사료가 우유의 유지율에 영향을 미치지 않았다 무지고형분율은 연도에 따라 점차 감소하는 것으로 확인되었다. 연도별 저메탄사료 급여에 따른 체세포수, 305일 유량, 305일 유단백, 성년형 유량에는 변화가 없었다. 305일 유지량은 연도에 따라 차이가 발생했으나, 저메탄사료를 급여에 따른 변화라고는 볼 수가 없다.

표 11. 저메탄 사료 급여에 따른 우유 생산성 및 품질변화

	2021	2022	2023	sig <sup>1)</sup>
유량(kg)	30.8±9.6 <sup>a</sup>	30.0±8.6 <sup>a</sup>	30.9±8.7 <sup>a</sup>	ns
유지율(%)	3.8±0.9 <sup>a</sup>	3.5±0.7 <sup>b</sup>	3.7±0.7 <sup>a</sup>	***
유단백질(%)	3.4±0.4 <sup>a</sup>	3.3±0.3 <sup>b</sup>	3.3±0.4 <sup>b</sup>	***
무지고형분율(%)	8.9±0.5 <sup>a</sup>	8.8±0.4 <sup>b</sup>	8.7±0.4 <sup>c</sup>	***
체세포수(천/ml)	134.6±382.5 <sup>a</sup>	110.6±179.7 <sup>a</sup>	113.1±238.6 <sup>a</sup>	ns
MUN(mg/dL)	17.6±5.1 <sup>a</sup>	17.5±3.4 <sup>a</sup>	14.6±2.2 <sup>b</sup>	***
305일유량(kg)	9736.0±1691.3 <sup>a</sup>	9840.4±1836.4 <sup>a</sup>	9738.3±1590.5 <sup>a</sup>	ns
305일유지량(%)	345.9±58.6 <sup>a</sup>	330.2±59.4 <sup>b</sup>	343.7±60.0 <sup>a</sup>	***



305일 유단백 (%)	315.0±45.9 <sup>a</sup>	316.8±55.5 <sup>a</sup>	307.4±45.7 <sup>b</sup>	*
305일 무지고 형분량(%)	849.1±136.1 <sup>a</sup>	851.5±154.2 <sup>a</sup>	838.6±132.6 <sup>a</sup>	ns
성년형 유량(%)	10084.0±1662.2 <sup>a</sup>	10214.6±1849.0 <sup>a</sup>	10094.1±1485.4 <sup>a</sup>	ns
성년 형 유지량(%)	363.7±62.5 <sup>a</sup>	347.2±64.6 <sup>b</sup>	360.7±59.4 <sup>a</sup>	***
성년형 유단백량(%)	332.7±46.1 <sup>a</sup>	333.9±56.2 <sup>a</sup>	324.1±42.0 <sup>b</sup>	**
성년형 무지고형분량 (%)	902.4±139.7 <sup>a</sup>	902.6±156.9 <sup>a</sup>	888.3±122.3 <sup>a</sup>	ns

Mean±SD

<sup>1)</sup>Level of significance: NS, not significant; \*P < 0.05;\*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001.

<sup>a-b</sup>values with different superscripts in the same row differ significantly

표 12. 분석 농가의 월별 우유 품질변화(유량, 유지율, 유단백질)

	유량	유지율	유단백질
1월	29.2±9.3 <sup>cde</sup>	3.9±0.8 <sup>a</sup>	3.4±0.4 <sup>abc</sup>
2월	31.3±9.3 <sup>abc</sup>	3.8±0.8 <sup>a</sup>	3.3±0.4 <sup>bcd</sup>
3월	31.7±8.6 <sup>ab</sup>	3.8±0.8 <sup>a</sup>	3.3±0.4 <sup>cde</sup>
4월	32.2±8.5 <sup>a</sup>	3.6±0.8 <sup>b</sup>	3.3±0.4 <sup>de</sup>
5월	32.1±8.9 <sup>a</sup>	3.5±0.8 <sup>b</sup>	3.3±0.4 <sup>de</sup>
6월	30.7±8.7 <sup>abcd</sup>	3.5±0.8 <sup>b</sup>	3.3±0.4 <sup>de</sup>
7월	29.5±8.7 <sup>bcde</sup>	3.6±0.7 <sup>b</sup>	3.2±0.4 <sup>e</sup>
8월	30.1±8.9 <sup>abcde</sup>	3.4±0.8 <sup>b</sup>	3.3±0.4 <sup>de</sup>
9월	30.9±9.2 <sup>abcd</sup>	3.5±0.7 <sup>b</sup>	3.3±0.4 <sup>cde</sup>
10월	28.7±8.8 <sup>de</sup>	4.0±0.8 <sup>a</sup>	3.4±0.4 <sup>ab</sup>
11월	28.1±9.4 <sup>e</sup>	4.0±0.7 <sup>a</sup>	3.5±0.4 <sup>a</sup>
12월	28.7±8.9 <sup>de</sup>	4.0±0.8 <sup>a</sup>	3.5±0.4 <sup>a</sup>
sig <sup>1)</sup>	***	***	***

Mean±SD

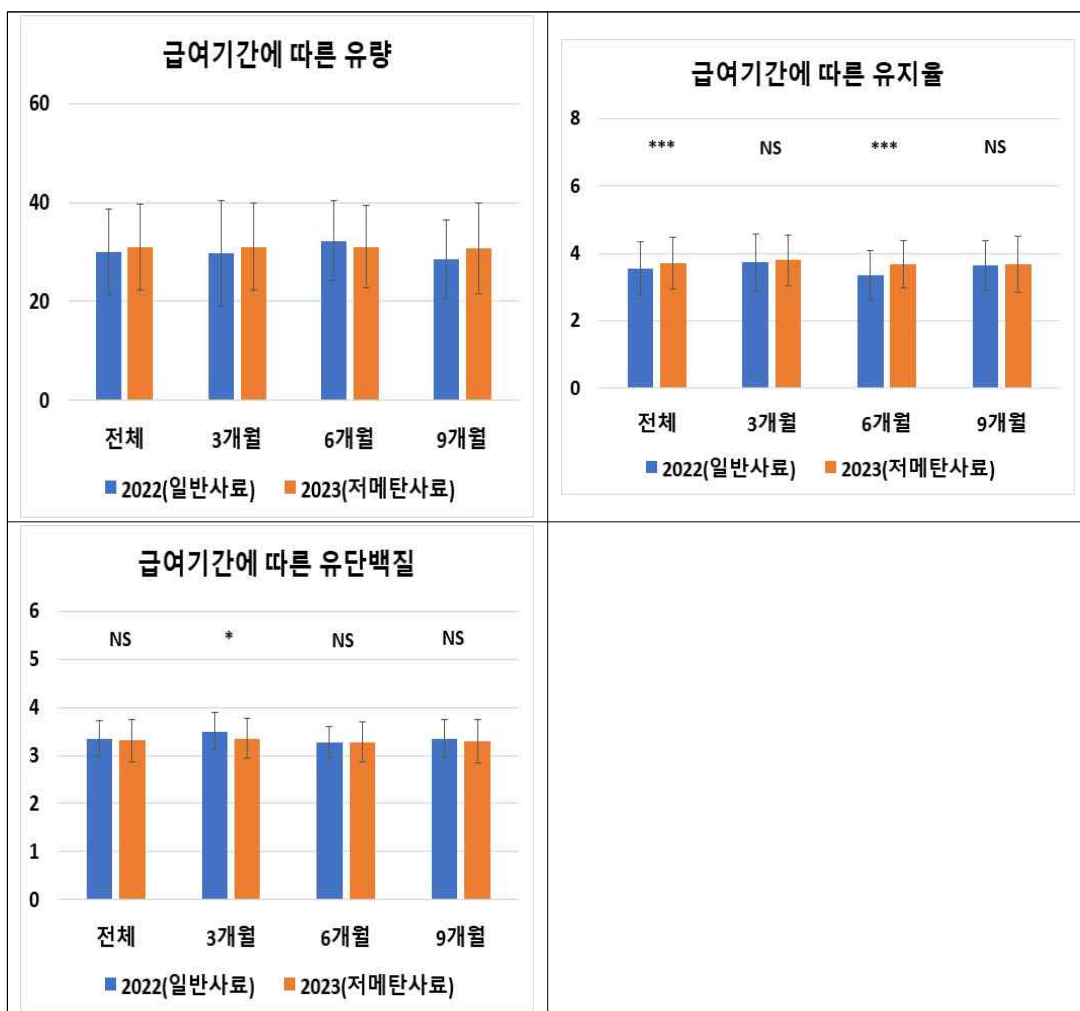
<sup>1)</sup>Level of significance: \*\*\*P < 0.001.

<sup>a-e</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly

표12는 실험농가의 최근 3년간 월별 유량, 유지율, 유단백질을 나타내었다. 유량은 계절적 요인에 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 봄에 가장 높은 유량을 보이며, 겨울에 가장 낮은 유량이 나타나는 것으로 알려졌다(김과 김, 2017). 본 분석에서도 유량은 계절적 요인에 의해 변화가 발생된 것으로 판단된다. 유량은 겨울철에 감소하였으며 봄에 증가하는 것으로 확인되었다. 유지율은 대체로 산유량과 음의 상관관계를 갖는다(Ahn 등, 2005). 유량이 감소하는 겨울철에 유지율 함량이 높아졌으며, 여름철에 가장 낮은 값을 보였다. 유단백 비율은 봄과 여름에 3.3%를 보였으며 겨울에 3.5%로 가장 높은 값을 보였다.

위 결과를 바탕으로 저메탄 사료 급여에 따른 유량 변화를 아래 표로 나타냈다.

저메탄사료를 급여한 2023년에 3개월, 6개월 급여한 개체에서는 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 9개월째에는 저메탄 사료를 급여한 유량이 더 많이 생산되는 것으로 확인되었다. 하지만 전체적인 평균을 살펴보면 유의적 차이는 발생하지 않았다. 이는 저메탄 사료가 유량에 영향을 주지 않은 것으로 확인된다. 또한 급여기간에 따른 유지율을 살펴보면 전체적으로 저메탄 사료를 급여한 2023년이 일반사료를 급여한 2022년보다 높은 유지율을 보였다. 유단백질 함량은 3개월 급여기간에 차이를 보였으나, 전체적으로 유의적 차이를 보이지 않았다.



Levels of significance: NS, not significant; \*P < 0.05; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001.

그림 6. 저메탄 사료 급여 기간에 따른 우유 품질 변화

표 13. 분석 농가의 월별 우유 품질변화(무지고형분율, 체세포수, MUN)

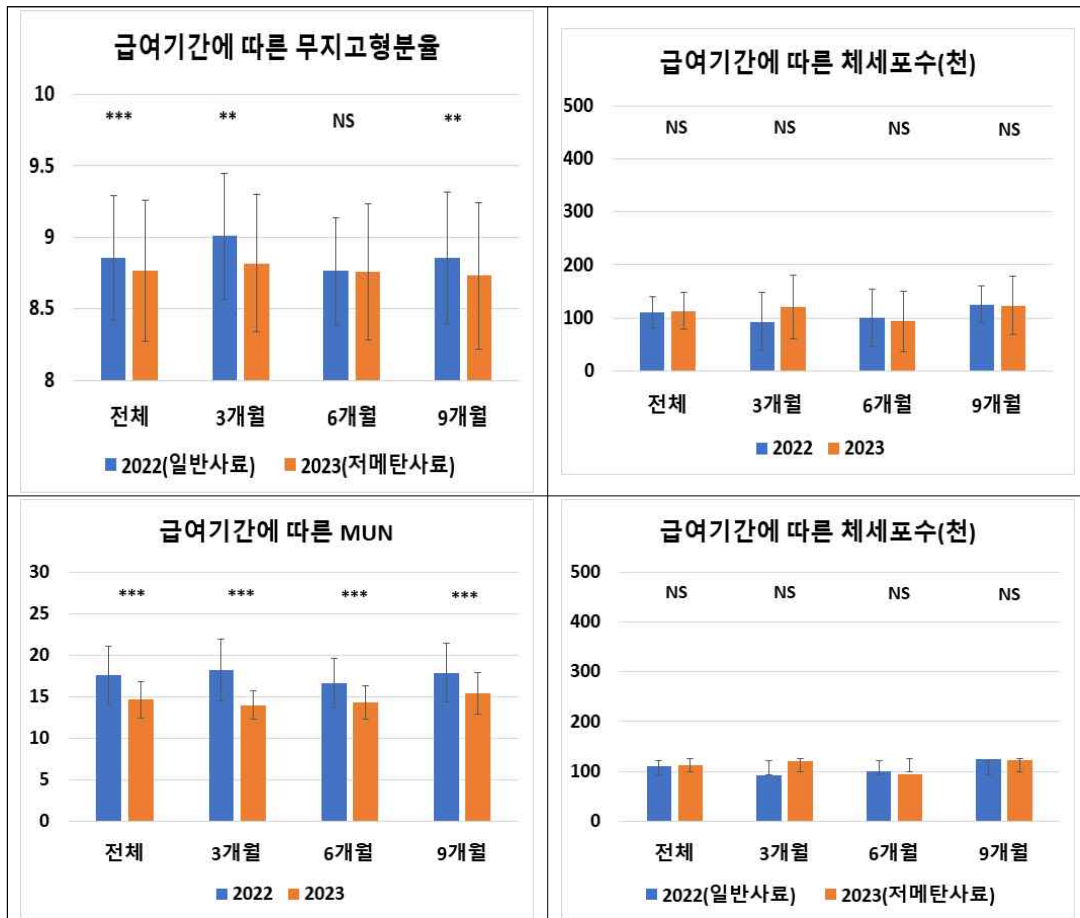
	무지고형분율	체세포수(천)	MUN
1월	8.9±0.4 <sup>abc</sup>	148.8±438.4 <sup>a</sup>	17.4±5.2 <sup>b</sup>
2월	8.8±0.4 <sup>abcde</sup>	121.9±226.5 <sup>a</sup>	17.4±4.6 <sup>b</sup>
3월	8.8±0.4 <sup>bcde</sup>	118.6±255.6 <sup>a</sup>	16.2±3.8 <sup>cd</sup>
4월	8.8±0.4 <sup>cde</sup>	99.8±202.9 <sup>a</sup>	16.5±4.0 <sup>c</sup>
5월	8.7±0.4 <sup>def</sup>	117.5±405.0 <sup>a</sup>	14.6±3.2 <sup>f</sup>
6월	8.7±0.4 <sup>def</sup>	102.7±149.8 <sup>a</sup>	15.8±3.1 <sup>cde</sup>
7월	8.6±0.4 <sup>f</sup>	110.5±193.7 <sup>a</sup>	17.5±3.7 <sup>b</sup>
8월	8.7±0.4 <sup>ef</sup>	99.2±163.6 <sup>a</sup>	15.0±3.5 <sup>ef</sup>
9월	8.9±0.4 <sup>abcd</sup>	142.9±354.9 <sup>a</sup>	17.6±3.3 <sup>b</sup>
10월	8.9±0.5 <sup>ab</sup>	131.0±229.0 <sup>a</sup>	16.4±3.5 <sup>c</sup>
11월	9.0±0.4 <sup>a</sup>	158.4±315.9 <sup>a</sup>	18.7±3.8 <sup>a</sup>
12월	8.9±0.4 <sup>ab</sup>	146.2±291.2 <sup>a</sup>	15.3±2.9 <sup>def</sup>
sig <sup>1)</sup>	***	ns	***

Mean±SD

<sup>1)</sup>Level of significance: NS, not significant; \*\*\*P < 0.001.

<sup>a-f</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly

위 표는 실험 농가의 최근 3년간 우유 품질변화를 평균한 값을 나타낸 표이다. 무지고형분율은 우유에 있는 고형분의 비율을 나타낸다. 이 수치 높을수록 우유의 영양소 함량이 높다고 할 수 있다. 월별로 살펴보면 7월에 가장 낮은 8.6%를 보였으며, 11월에 9.0으로 가장 높은 수치를 보였다. 하지만 우유의 무지형 고형분율의 일반적인 범위는 약 8~9%이다. MUN은 계절에 따른 사료의 질, 사육환경의 변화 또는 소의 생리적 상태 등의 변화에 영향을 받는다. MUN값은 월별로 다소 변동이 있으며, 가장 낮은 5월에 14.6 보였으며, 가장 높은 값은 11월에 18.7로 나타났다.



Levels of significance: NS, not significant; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001.

그림 7. 저메탄 사료 급여 기간에 따른 우유 품질 변화(무지고형분율, 체세포수, MUN)

저메탄 사료 급여기간에 따른 무지고형분율, 체세포수, MUN을 그래프로 그림 7에 나타냈다. 무지고형분율은 저메탄 사료 급여 여부에 따라 유의적 차이를 보였으나, 모두 정상범위의 8~9% 비율로 나타났다. 체세포수는 기간과 저메탄 사료 급여 여부와 관계없이 모두 유의적 차이가 나타나지 않았다. 급여기간에 따른 MUN은 전체적으로 저메탄 사료를 급여한 2023년이 2022년보다 낮게 측정되었으며, 단백질 효율과 관련된 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

표 14. 분석 농가의 월별 우유 품질변화(305일 유량, 유지량, 유단백율, 무지고형분량)

	305일 유량(kg)	305일 유지량(kg)	305일 유단백(kg)	305일 무지고형분량(kg)
1월	9727.7±1735.352 <sup>a</sup>	337.8±62.9 <sup>abc</sup>	312.4±50.5 <sup>a</sup>	845.5±146.2 <sup>a</sup>
2월	9687.3±1737.520 <sup>a</sup>	341.0±60.6 <sup>ab</sup>	311.1±51.2 <sup>a</sup>	841.0±144.7 <sup>a</sup>
3월	9512.5±1541.170 <sup>a</sup>	350.3±61.2 <sup>a</sup>	306.4±45.1 <sup>a</sup>	826.5±129.7 <sup>a</sup>
4월	9811.1±1799.281 <sup>a</sup>	349.9±60.0 <sup>a</sup>	316.3±53.5 <sup>a</sup>	851.6±150.6 <sup>a</sup>
5월	9874.3±1753.061 <sup>a</sup>	348.9±60.6 <sup>a</sup>	318.8±51.0 <sup>a</sup>	859.0±145.0 <sup>a</sup>
6월	9805.2±1706.590 <sup>a</sup>	344.1±60.7 <sup>ab</sup>	315.5±49.3 <sup>a</sup>	850.9±140.6 <sup>a</sup>
7월	9837.8±1772.700 <sup>a</sup>	341.7±60.5 <sup>ab</sup>	315.4±50.7 <sup>a</sup>	851.1±146.6 <sup>a</sup>
8월	9773.8±1713.193 <sup>a</sup>	335.5±56.4 <sup>abc</sup>	310.2±49.1 <sup>a</sup>	840.9±142.2 <sup>a</sup>
9월	9784.7±1568.063 <sup>a</sup>	328.7±57.2 <sup>bc</sup>	309.6±44.9 <sup>a</sup>	842.2±127.6 <sup>a</sup>
10월	9768.9±1662.675 <sup>a</sup>	327.1±55.0 <sup>bc</sup>	309.1±45.4 <sup>a</sup>	842.5±133.0 <sup>a</sup>
11월	9591.2±1723.446 <sup>a</sup>	321.2±55.2 <sup>c</sup>	305.5±44.6 <sup>a</sup>	829.5±136.3 <sup>a</sup>
12월	9600.3±1811.952 <sup>a</sup>	332.2±60.3 <sup>abc</sup>	309.3±50.2 <sup>a</sup>	835.4±149.8 <sup>a</sup>
sig <sup>1)</sup>	ns	***	ns	ns

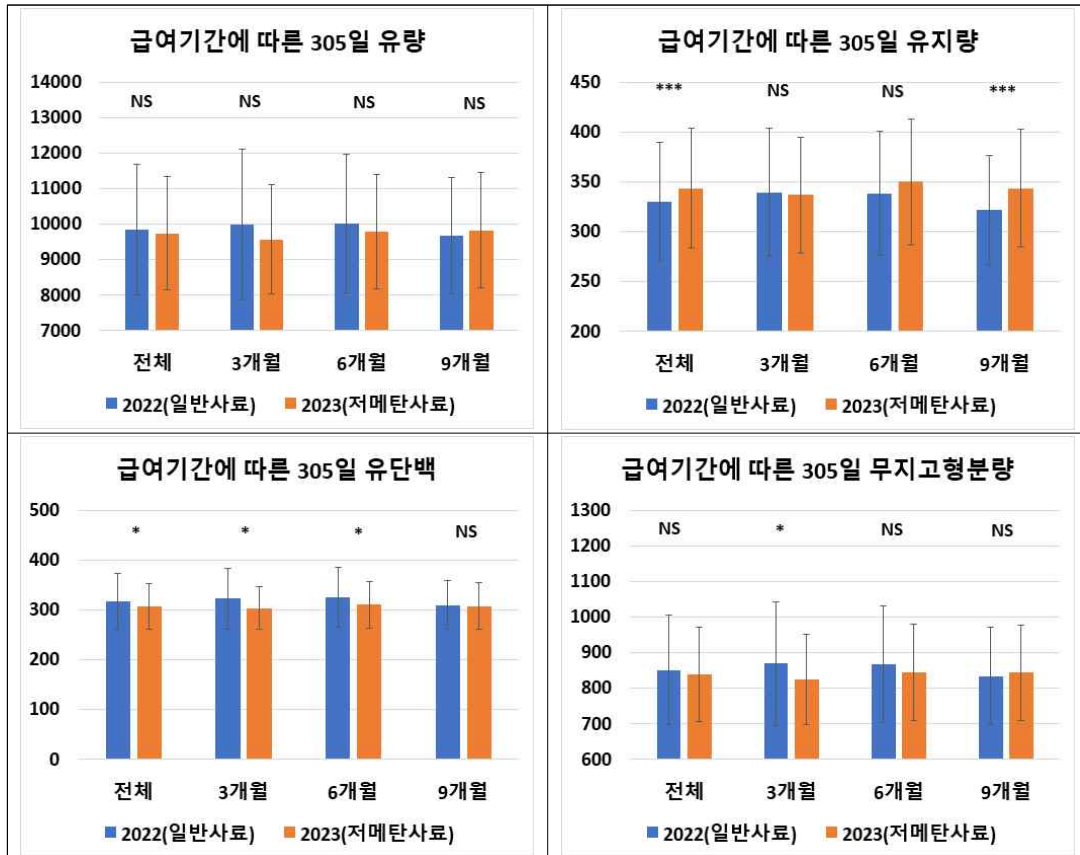
Mean±SD

<sup>1)</sup>Level of significance: NS, not significant; \*\*\*P < 0.001.

<sup>a-c</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly

305일 유량, 유지량, 유단백량, 무지고형분량을 분석하여 표 14에 나타냈다. 305일 유량, 유단백량, 무지고형분량은 통계적으로 차이가 나타나지 않았다. 305일 유지량은 3~5월에 평균적으로 높은 유지량을 보였다. 6~8월에 다소 감소하는 경향을 보인다. 이는 높은 온도와 습도로 인해 식욕이 감소되고 스트레스를 증가시켜 섭취량이 감소하거나 생리적 변화를 일으키기 때문이다. 9~11월에는 더 감소하는 경향을 보였다. 이는 여름철 스트레스 후 회복기간이나 사료의 변화로 인한 감소일 수 있다. 12월~2월에 유지량이 다시 증가한다. 겨울철에는 체온을 유지

하는데 에너지가 증가하여 사료양을 10~20% 증가시켜 급여하기 때문에 유지량이 증가할 수 있다.



Levels of significance: NS, not significant; \*P < 0.05; \*\*\*P < 0.001.

그림 7. 저메탄 사료 급여 기간에 따른 우유 품질 변화(305일 유량, 유지량, 유단백, 무지고형분량)

표. 14를 바탕으로 저메탄 사료 급여 기간에 따른 우유 품질 변화를 측정하여 그림 7에 나타냈다. 급여기간에 따른 유량의 변화는 확인되지 않았다. 유지량은 3개월 6개월에는 차이가 없었으나, 9개월에 차이가 발생했다. 전체적으로 305일 유지량은 저메탄 사료를 급여한 2023년이 2022년보다 높은 결과를 보였다. 유단백량은 이와 반대로 일반사료를 급여한 2022년도에 높은 유단백량을 보였다.

표 15. 분석 농가의 월별 우유 품질변화(305일 유량, 유지량, 유단백율, 무지고형분량)

	성년형 유량	성년형 유지량	성년형 유단백량	성년형 무지고형분량
1월	10173.7±1741.1 <sup>a</sup>	357.6±66.2 <sup>abcd</sup>	330.9±50.9 <sup>a</sup>	902.3±148.6 <sup>a</sup>
2월	10173.2±1716.8 <sup>a</sup>	361.7±63.7 <sup>abc</sup>	330.5±51.2 <sup>a</sup>	899.6±145.2 <sup>a</sup>
3월	9973.2±1505.9 <sup>a</sup>	371.1±61.2 <sup>a</sup>	325.7±43.3 <sup>a</sup>	883.7±125.4 <sup>a</sup>
4월	10220.1±1746.3 <sup>a</sup>	368.3±62.9 <sup>ab</sup>	334.0±52.1 <sup>a</sup>	904.2±147.5 <sup>a</sup>
5월	10230.5±1713.6 <sup>a</sup>	365.6±63.2 <sup>ab</sup>	335.9±50.2 <sup>a</sup>	909.6±144.2 <sup>a</sup>
6월	10132.2±1663.2 <sup>a</sup>	360.5±64.7 <sup>abc</sup>	332.0±48.6 <sup>a</sup>	900.1±139.6 <sup>a</sup>
7월	10121.0±1718.3 <sup>a</sup>	356.9±63.5 <sup>abcd</sup>	330.8±49.3 <sup>a</sup>	897.3±144.3 <sup>a</sup>
8월	10046.5±1657.9 <sup>a</sup>	350.5±58.8 <sup>abcd</sup>	325.6±47.8 <sup>a</sup>	887.1±140.5 <sup>a</sup>
9월	10077.8±1504.6 <sup>a</sup>	344.0±58.7 <sup>cd</sup>	325.5±43.5 <sup>a</sup>	889.8±124.2 <sup>a</sup>
10월	10106.2±1629.2 <sup>a</sup>	343.9±56.5 <sup>cd</sup>	326.2±44.6 <sup>a</sup>	894.3±131.7 <sup>a</sup>
11월	9959.4±1720.8 <sup>a</sup>	338.8±58.4 <sup>d</sup>	322.8±44.7 <sup>a</sup>	882.5±138.6 <sup>a</sup>
12월	10033.7±1799.5 <sup>a</sup>	351.5±62.8 <sup>abcd</sup>	327.1±49.2 <sup>a</sup>	889.9±149.0 <sup>a</sup>
sig <sup>1)</sup>	ns	***	ns	ns

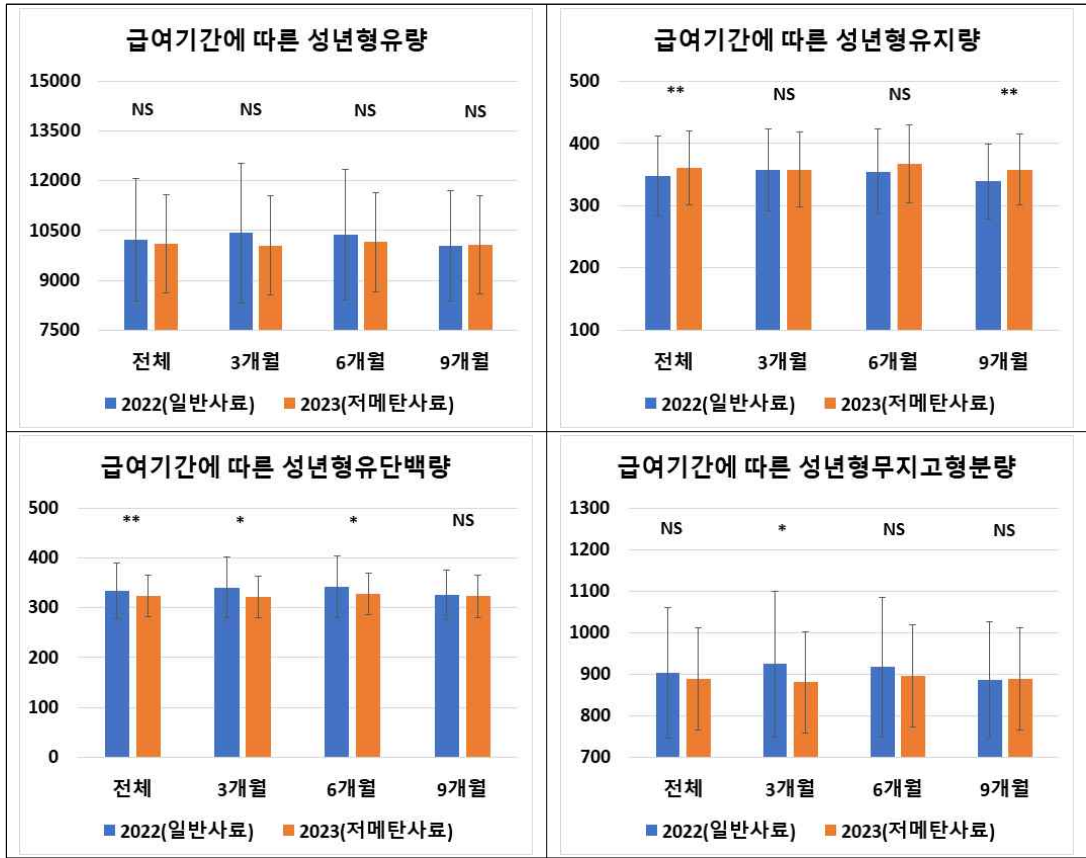
Mean±SD

<sup>1)</sup>Level of significance: NS, not significant; \*\*\*P < 0.001.

<sup>a-d</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly

표 15, 분석결과 유지량은 3월과 4월에 가장 높은 값을 보이며, 9월 10월로 접어들면서 점점 감소하는 것으로 나타났다. 11월 이후 다시 증가하는 것으로 확인되었다.





Levels of significance: NS, not significant; \*P < 0.05; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001.

그림 8. 저메탄 사료 급여 기간에 따른 우유 품질 변화(성년형유지방, 유지량, 유단백량, 무지고형분량)

그림 8에는 저메탄 사료 급여기간에 따른 성년형 유지방, 유지량, 유단백량, 무지고형분량을 그래프로 나타내었다. 성년형유지방은 통계적으로 유의적 차이가 나타나지 않았다. 성년형 유지량은 전체적으로 저메탄 사료를 급여한 2023년이 일반 사료를 급여한 2022년보다 높게 측정되었으며, 유단백량은 반대로 저메탄 사료를 급여한 2023년이 낮게 측정되었다.

표 16. 분석농가의 산차별 우유 생산성 변화(비유초기 유지율, 단백질, MUN, 최고유량체세포수, 전산차건유전유량)

	비유초기 평균 유지율	비유초기 평균 단백질	비유초기 평균 MUN	최고유량 체세포	전 산차 건유 전 유량
1산차	3.6±0.6 <sup>a</sup>	3.0±0.2 <sup>b</sup>	15.4±2.7 <sup>a</sup>	93.4±302.6 <sup>bc</sup>	-
2산차	3.4±0.6 <sup>b</sup>	3.1±0.3 <sup>b</sup>	15.3±3.1 <sup>a</sup>	68.7±107.2 <sup>c</sup>	22.4±6.6 <sup>b</sup>
3산차	3.4±0.7 <sup>bc</sup>	2.9±0.2 <sup>c</sup>	13.8±3.3 <sup>bc</sup>	127.9±208.2 <sup>abc</sup>	20.8±6.0 <sup>b</sup>
4산차	3.0±0.5 <sup>d</sup>	2.9±0.2 <sup>c</sup>	13.1±1.7 <sup>c</sup>	165.8±376.4 <sup>a</sup>	18.5±5.4 <sup>c</sup>
5산차	3.4±0.5 <sup>b</sup>	3.1±0.3 <sup>b</sup>	14.4±3.3 <sup>b</sup>	144.1±264.3 <sup>ab</sup>	21.1±5.3 <sup>b</sup>
6산차	3.2±0.8 <sup>c</sup>	3.2±0.3 <sup>a</sup>	11.2±3.2 <sup>d</sup>	87.2±208.2 <sup>bc</sup>	27.5±2.1 <sup>a</sup>
sig <sup>1)</sup>	***	***	***	***	***

<sup>a-d</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly (p<0.001)  
Mean±SD

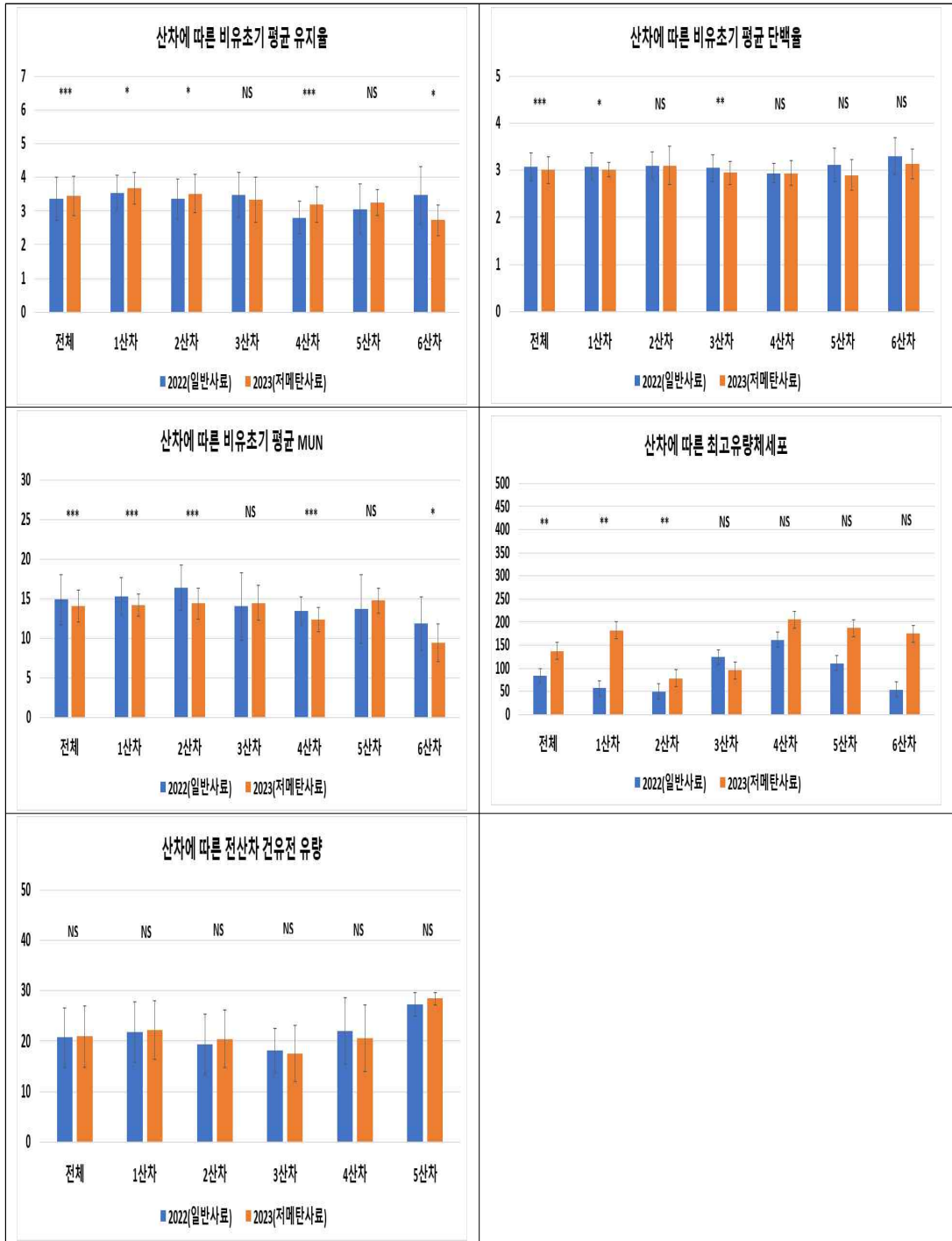
<sup>1)</sup>Level of significance

표 16~20은 실험 농장에서 최근 3년 동안의 우유 생산성과 품질변화를 산차별로 분류하여 정리한 표이다. 이 자료는 실험 농장의 최신 성적 경향을 파악하고, 저메탄 사료 급여 전후의 변화를 분석하기 위해 작성되었다. 이를 통해 일반적인 생산 및 품질 현황을 파악하고, 저메탄 사료 급여가 농장의 성적에 미치는 영향을 평가하여, 전반적인 경향성을 비교 분석하고자 하였다.

비유초기 평균 유지율을 살펴보면, 산차에 따라 유의적인 차이를 보였다. 1산차에서 가장 높은 유지율을 보였으며, 4산차에서 가장 낮은 값을 보였다. 비유초기 평균 단백질은 6산차에서 가장 높은 단백질을 보였으며, 3산차와 4산차에서는 상대적으로 낮은 단백질을 보였다. 비유초기 평균 MUN에서는 1산차와 2산차에서 가장 높은 값을 나타냈으며, 6산차에서 가장 낮은 수치를 보였다. 체세포수는 2산차가 가장 낮은 값을 보였으며, 6산차, 1산차 순으로 증가하였다. 4산차에서 가

장높은 체세포 수를 보였다. 전산차건유전유량은 6산차에 가장 높은 값을 보였으며, 4산차에서 상대적으로 낮은 수치가 나타났다.

아래 그림은 저메탄 사료 급여 전·후 생산성 항목 중에서 비유초기 유지율, 단백질, MUN, 최고유량체세포수, 전산차건유전유량을 나타내었다. 산차에 따른 비유초기 평균 유지율은 저메탄 사료를 급여한 2023년이 전체 평균이 유의적으로 높은 값을 보였다. 1산차에서 2022년 과 2023년 모두 가장 높은 값을 보였다. 이는 표15에서 보여준 3년간 평균값과 일치하였으며, Schtuz 등(1990)의 연구에서 1산차에 가장 높은 유지율을 보이는 결과와 일치하였다. 비유 초기에 측정된 평균 단백질 함량은, 저메탄 사료를 급여하지 않은 2022년에 상대적으로 높게 나타났습니다. 우유의 지방 함량과 단백질 함량은 서로 반비례 관계(부의 관계)를 가지며(Silvestre 등 2009), 이에 따라 2023년에 저메탄 사료를 급여함으로써 지방 함량이 증가하고 단백질 함량이 상대적으로 감소하는 경향이 관찰되었습니다. 특히, 3산차와 4산차에서 가장 낮은 단백질 함량을 보였으며, 6산차에서는 가장 높은 값을 기록했습니다. 저메탄 사료의 급여 여부와 관계없이 이러한 경향은 표 15의 결과와 일관되게 나타났다. 산차에 따른 최고유량체세포는 산차에 관계없이 저메탄을 급여한 개체에서 높은 값을 보였다. 이는 표 9에서도 같은 결과가 나타났다. 이는 사료 교체로 인한 스트레스가 발생한 것인지 연구할 필요성이 있다. 하지만 표 10에서 평균 체세포수를 확인했을때는 유의적인 차이가 발생하지는 않았다. 비유초기 평균 MUN과 전산차 건유전유량과는 실험 농가의 전체 평균과 비슷한 경향을 가지고 있다.



Levels of significance: NS, not significant; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001.

그림 9. 저메탄 사료 급여 전후 생산성 변화(비유초기 유지율, 단백율, MUN, 최고유량체세포수, 전산차건유전유량)

표 17. 분석농가의 산차별 우유 생산성 변화(305일 유량, 유지량, 유단백, 무지고형분량)

	305일 유량(kg)	305일 유지량(kg)	305일 유단백(kg)	305일 무지 고형분량
1산차	8884.0±1471.8 <sup>d</sup>	318.5±57.0 <sup>c</sup>	280.7±41.1 <sup>c</sup>	758.6±118.3 <sup>d</sup>
2산차	9969.6±1717.6 <sup>b</sup>	346.9±54.6 <sup>b</sup>	325.0±40.6 <sup>b</sup>	876.4±125.2 <sup>b</sup>
3산차	10231.4±1702.1 <sup>b</sup>	352.9±67.8 <sup>ab</sup>	326.4±50.4 <sup>b</sup>	883.6±143.8 <sup>b</sup>
4산차	10343.3±1258.6 <sup>b</sup>	339.0±48.9 <sup>b</sup>	329.2±41.0 <sup>ab</sup>	900.6±113.6 <sup>ab</sup>
5산차	10857.7±1609.7 <sup>a</sup>	365.9±45.9 <sup>a</sup>	340.6±53.4 <sup>a</sup>	933.2±142.6 <sup>a</sup>
6산차	9485.2±1717.6 <sup>c</sup>	318.1±53.7 <sup>c</sup>	318.8±41.4 <sup>b</sup>	833.6±132.2 <sup>c</sup>
sig <sup>1)</sup>	***	***	***	***

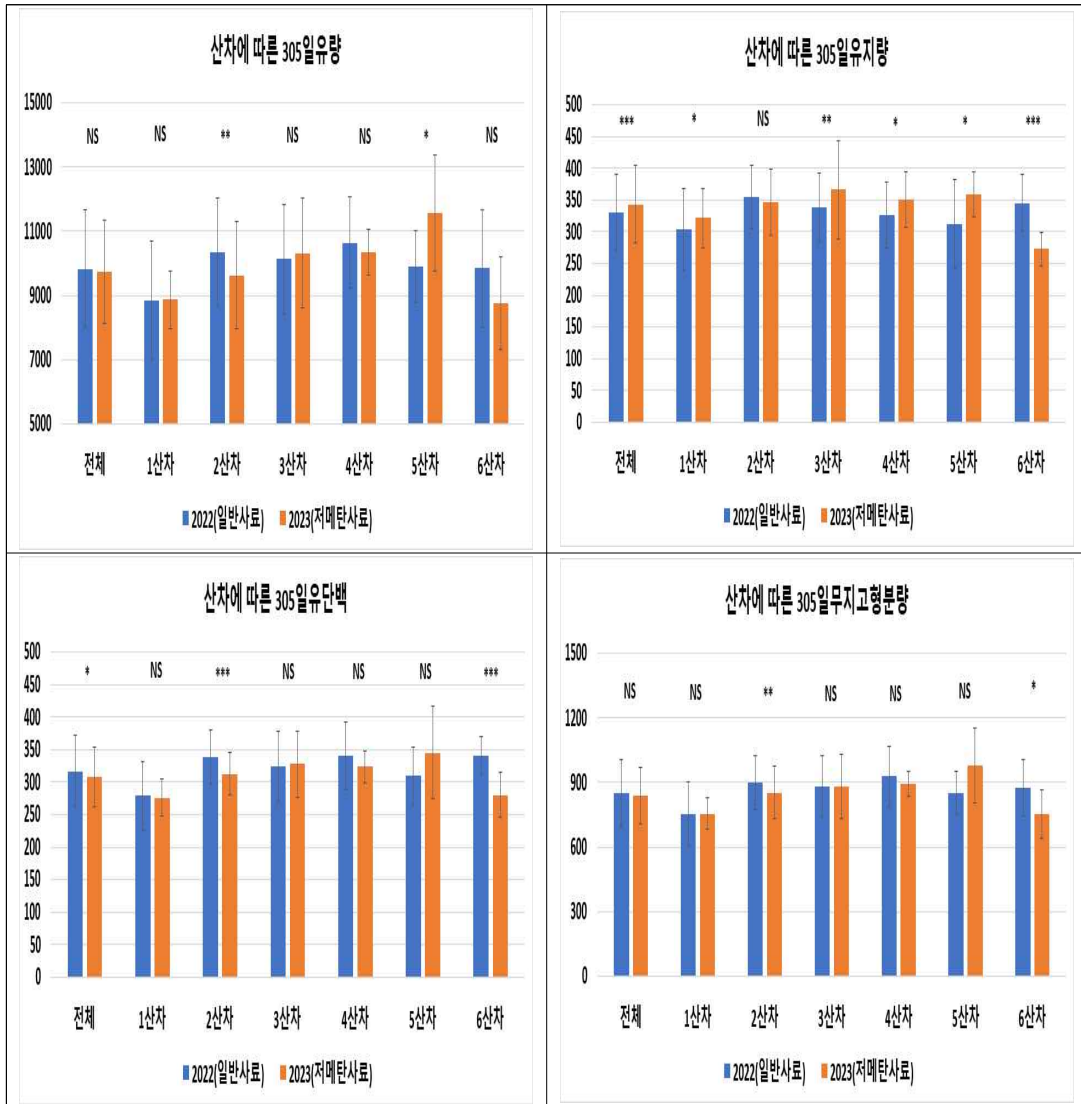
Mean±SD

<sup>a-d</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly (p<0.001)

<sup>1)</sup>Level of significance

표 17은 실험 농가의 우유 생산성 항목인 305일 유량, 유지량, 유단백량, 무지고형분량에 대해서 분석한 표이다. 305일 유량은 1산차에 8,884kg으로 가장 낮은 생산량을 보였으며, 5산차에 가장 높은 생산량, 10,857kg을 나타냈다. 305일 유지량은 5산차에서 가장 높은 값을 보였으며, 1산차와 6산차에 상대적으로 가장 낮은 값을 보였다. 305일 유단백량과 무지고형분량은 5산차에서 가장 높은 값을 보였으며, 1산차에 가장 낮은 값을 보였다.

아래 그림에서 저메탄 사료를 급여하지 않은 2022년과 저메탄사료를 급여한 2023년도의 생산성 성적을 분석해보면, 산차에 따른 305일 유량은 1산차, 2산차, 3산차, 4산차 및 6산차는 통계적으로 유의적 차이가 발생하지 않았다. 5산차에 유의미한 차이를 보이며 저메탄사료를 급여한 개체에서 높은 유량생산량을 보였다. 산차에 따른 305일 유지량은 1산차, 3산차, 4산차, 5산차에서 저메탄사료를 급여한 2023년도가 유의적으로 높게 측정되었으나, 6산차에 매우 감소하는 경향을 보였다. 305일 유단백량, 유지량은 표 17에서는 산차가 지나면서 증가하다가 6산차에 감소하는 경향을 보였으며, 연도별로 비교한 그래프에서도 2산차에 감소하는 듯 보였으나 5산차까지 꾸준하게 증가하였다. 이후 6산차에 감소하는 경향을 보였다.



Levels of significance: NS, not significant; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001.

그림 10. 저메탄 사료 급여 전후 생산성 변화(305일 유량, 유지량, 유단백, 무지 고형분량)

표 18. 분석농가의 산차별 우유 생산성 변화(전산차 비유지속성, 현재산차 비유지속성, 비유최고 도달일수, 비유후기최고유량)

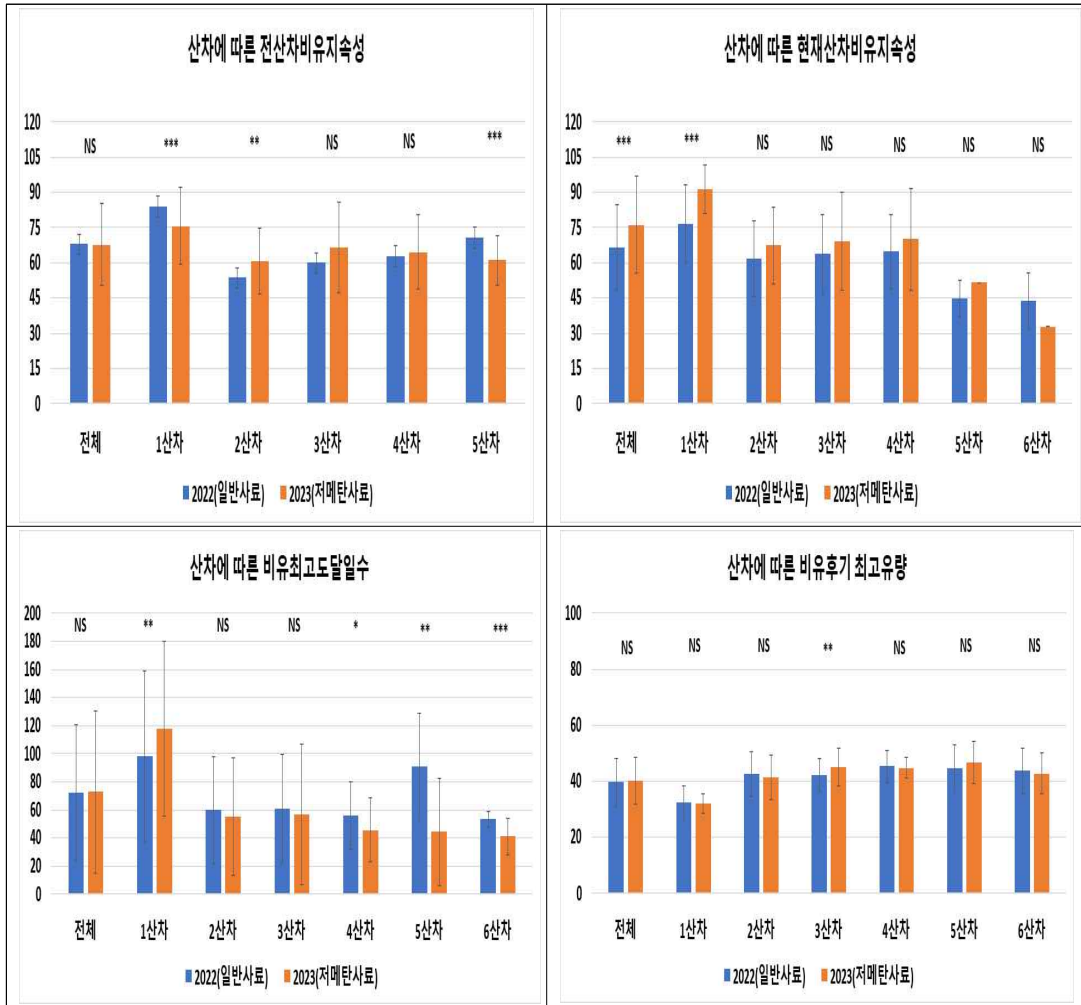
	전 산차 비유지속성	현재 산차비유지속성	비유최고 도달일수	비유후기 최고유량
1산차	-	82.8±17.2 <sup>a</sup>	103.7±60.7 <sup>a</sup>	32.7±5.1 <sup>d</sup>
2산차	80.6±15.8 <sup>a</sup>	59.9±15.7 <sup>cd</sup>	58.7±35.3 <sup>bc</sup>	42.5±7.6 <sup>c</sup>
3산차	60.3±14.7 <sup>c</sup>	66.7±22.0 <sup>b</sup>	64.0±52.7 <sup>b</sup>	43.9±6.5 <sup>bc</sup>
4산차	63.8±20.5 <sup>c</sup>	65.8±16.2 <sup>bc</sup>	54.6±27.7 <sup>bc</sup>	44.7±5.4 <sup>b</sup>
5산차	63.3±11.4 <sup>c</sup>	54.5±14.3 <sup>d</sup>	63.6±40.5 <sup>b</sup>	46.5±6.9 <sup>a</sup>
6산차	69.3±5.1 <sup>b</sup>	43.0±11.6 <sup>e</sup>	49.8±9.9 <sup>c</sup>	43.2±7.8 <sup>bc</sup>
sig <sup>1)</sup>	***	***	***	***

Mean±SD

<sup>a-d</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly (p<0.001)

<sup>1)</sup>Level of significance

비유 지속성이란, 분만 후 최고 유량에 도달한 이후 유량이 감소되는 비율로 정의하며, 경제적으로 매우 중요한 형질중에 하나이다. 비유지속성은 산차가 진행되면 낮아지는 것으로 확인되었다. 현재 산차 비유지속성에서는 1산차에 가장 높은 비유지속성을 보였으며, 2산차에 감소하였으나, 3산차, 4산차로 점차 증가하였다. 이후 5산차, 6산차때 다시 감소하는 경향을 보였다. 비유최고 도달 일수, 최고유량 항목도 현재산차 비유지속성과 비슷한 경향을 보였다. 아래 그림에는 일반사료를 급여한 2022년, 저메탄 사료를 급여한 2023년의 산차별 생산성 관련된 항목을 그래프로 나타내었다. 표 18에서 분석한 실험농가의 경향과 일치하며, 저메탄 사료를 급여한 2023년에 특별한 차이를 확인하지 못했다.



Levels of significance: NS, not significant; \*\* $P < 0.01$ ; \*\*\* $P < 0.001$ .

그림 11. 저메탄 사료 급여 전후 생산성 변화(전산차 비유지속성, 현재산차 비유지속성, 비유최고 도달일수, 비유후기최고유량)



표 19. 분석농가의 산차별 우유 품질 변화

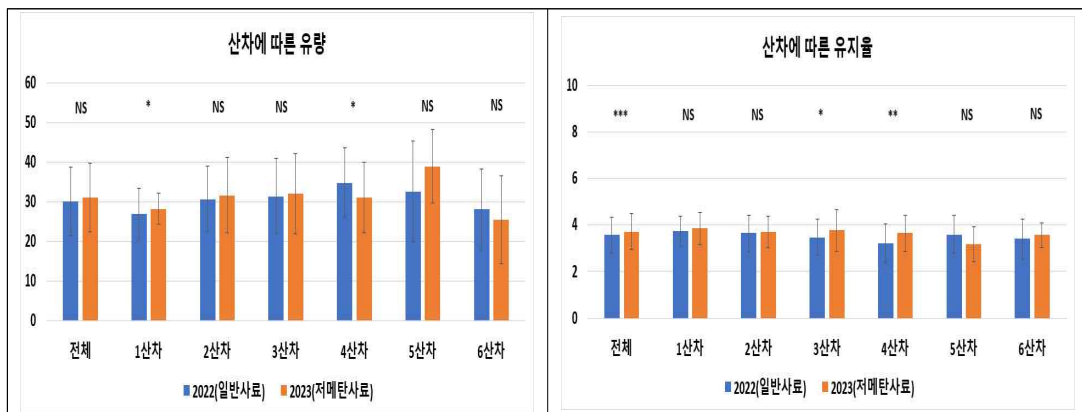
	유량(kg)	유지율	유단백질	무지 고형분율	체세포수 (천)	MUN
1산차	27.2±5.9 <sup>c</sup>	3.9±0.7 <sup>a</sup>	3.4±0.4 <sup>a</sup>	8.9±0.4 <sup>a</sup>	86.6±177.6 <sup>b</sup>	17.5±3.7 <sup>a</sup>
2산차	30.9±9.6 <sup>b</sup>	3.7±0.8 <sup>ab</sup>	3.4±0.4 <sup>a</sup>	8.8±0.4 <sup>a</sup>	102.6±157.0 <sup>b</sup>	16.9±4.0 <sup>a</sup>
3산차	32.0±9.9 <sup>b</sup>	3.6±0.9 <sup>b</sup>	3.3±0.4 <sup>ab</sup>	8.7±0.5 <sup>b</sup>	117.0±193.5 <sup>b</sup>	15.6±3.7 <sup>b</sup>
4산차	32.4±9.3 <sup>b</sup>	3.5±0.8 <sup>b</sup>	3.3±0.3 <sup>bc</sup>	8.7±0.3 <sup>b</sup>	235.5±559.6 <sup>a</sup>	15.2±3.1 <sup>b</sup>
5산차	36.3±10.1 <sup>a</sup>	3.5±0.9 <sup>b</sup>	3.1±0.5 <sup>c</sup>	8.6±0.4 <sup>c</sup>	200.8±565.9 <sup>a</sup>	15.8±5.2 <sup>b</sup>
6산차	27.7±10.2 <sup>c</sup>	3.5±0.7 <sup>b</sup>	3.4±0.3 <sup>a</sup>	8.7±0.5 <sup>b</sup>	249.2±308.7 <sup>a</sup>	14.2±4.0 <sup>c</sup>
sig <sup>1)</sup>	***	***	***	***	***	***

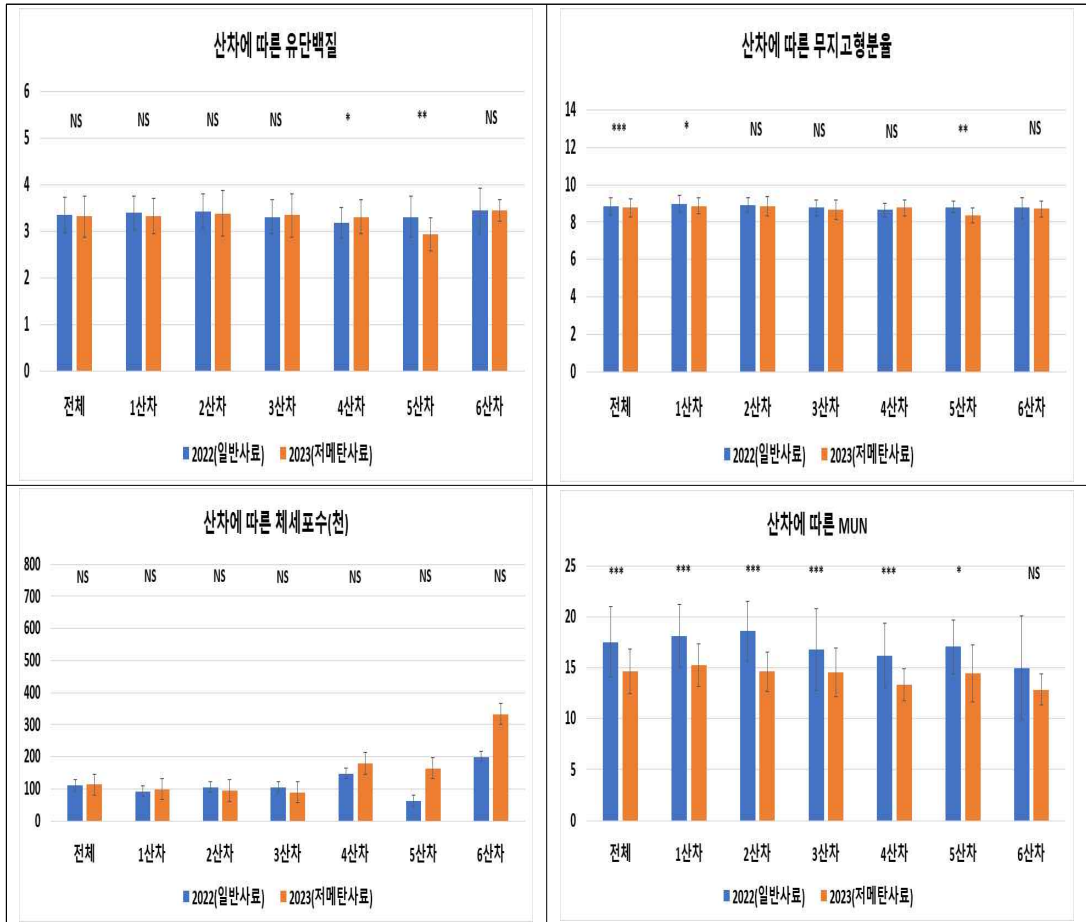
Mean±SD

<sup>a-d</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly (p<0.001)

<sup>1)</sup>Level of significance

위 표는 우유의 다양한 품질을 산차별로 분석하였다. 5산차에서 평균 36.3kg으로 가장 높은 유량을 보였고, 1산차와 6산차는 가장 낮은 유량(각각 평균 27.2kg, 27.7kg)을 보였다. 유지율은 1산차가 평균 3.9%로 가장 높았으며, 4산차와 5산차는 가장 낮은 유지율을 보였다. 유단백질율은 1산차와 2산차가 평균 3.4%로 가장 높았으며, 5산차가 가장 낮은 유단백질 함량을 보였다. 무지고형분율은 모든 산차에서 비슷한 수준을 보였으나, 1산차가 평균 8.9%로 가장 높고, 5산차가 8.6%로 가장 낮았다. 체세포수는 4산차와 5산차에서 매우 높은 체세포수를 보였다.





Levels of significance: NS, not significant; \*\* $P < 0.01$ ; \*\*\* $P < 0.001$ .

그림 12. 저메탄 사료 급여 전후 품질 변화(유량, 유지율, 유단백율, 무지고형분율, 체세포수, MUN)

위 그림은 저메탄 사료 급여 전후의 품질 변화에 대해서 그래프로 나타내었다. 유단백질율과 무지고형분율은 위 표18과 비슷한 경향을 보였다. 산차에 따른 체세포수는 산차에 따라 증가하는것처럼 보였으나, 유의적 차이는 확인되지 않았다. 산차에 따른 MUN 값은 모든 산차에서 저메탄사료를 급여한 2023년도 수치가 낮게 확인되었다.

표 20. 분석농가의 산차별 우유 생산성 변화

	성년형 유량(kg)	성년형 유지량(kg)	성년형 유단백량(kg)	성년형 무지고형분량(kg)
1산차	9679.0±1596.4 <sup>c</sup>	354.7±63.4 <sup>ab</sup>	313.0±46.1 <sup>c</sup>	852.3±133.0 <sup>b</sup>
2산차	10269.2±1751.5 <sup>b</sup>	362.3±58.5 <sup>a</sup>	342.8±43.0 <sup>a</sup>	930.9±133.6 <sup>a</sup>
3산차	10281.7±1628.1 <sup>b</sup>	357.4±69.0 <sup>ab</sup>	332.8±50.3 <sup>ab</sup>	905.6±143.4 <sup>a</sup>
4산차	10356.8±1454.7 <sup>b</sup>	340.5±55.3 <sup>bc</sup>	331.0±45.1 <sup>ab</sup>	908.3±129.0 <sup>a</sup>
5산차	10984.0±1736.1 <sup>a</sup>	369.1±46.5 <sup>a</sup>	342.7±58.2 <sup>a</sup>	939.9±156.4 <sup>a</sup>
6산차	9779.5±1558.8 <sup>c</sup>	326.0±60.3 <sup>c</sup>	323.9±40.2 <sup>bc</sup>	844.9±115.0 <sup>b</sup>
sig <sup>1)</sup>	***	***	***	***

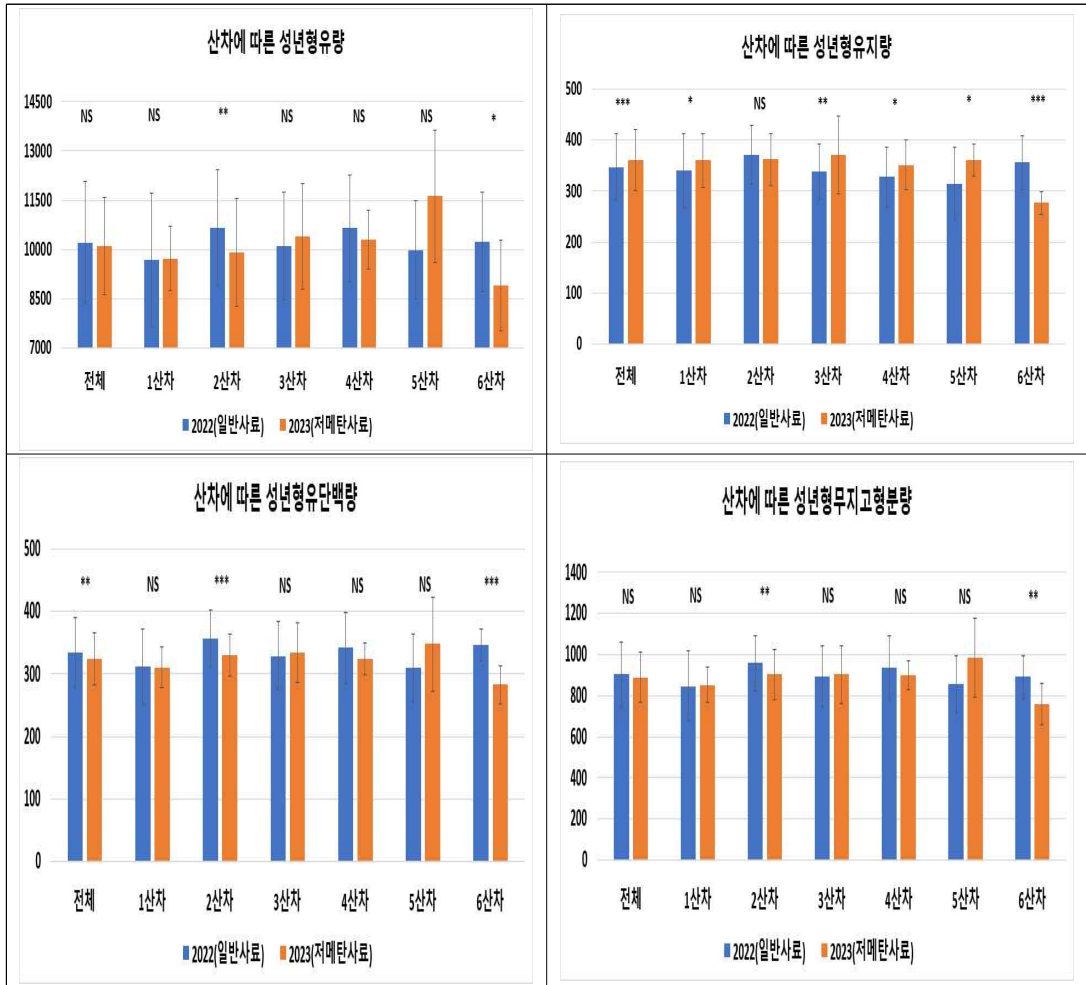
<sup>a-d</sup>values with different superscripts in the same column differ significantly (p<0.001)

Mean±SD

<sup>1)</sup>Level of significance

표 20은 성년형 우유 생산량 및 구성 성분에 대한 표이다. 각 산차별로 평균값을 나타내고 있으며, 성년형 유량은 5산차에 평균 10,984kg으로 가장 높은 유량을 보였고, 1산차와 6산차는 가장 낮은 유량(각각 평균 9,679kg, 9,779.5kg)을 보였다. 성년형 유지량은 5산차가 평균 369.1kg으로 가장 높았으며, 6산차가 평균 326.0kg으로 가장 낮았다. 유단백량은 2산차와 5산차가 평균 342.8kg, 342.7kg으로 가장 높았으며, 1산차가 평균 313kg으로 가장 낮았다. 성년형 무지고형분량은 5산차가 평균 939.9kg으로 가장 높았으며, 6산차는 평균 844.9kg으로 가장 낮은 값을 보였다.

위 데이터를 바탕으로 저메탄 사료 급여 전과 후를 아래 그림에 비교하여 나타냈다. 성년형 유량은 5산차에 저메탄 사료를 급여한 2023년에 가장 높은 값을 보였으며, 저메탄 사료 전과 후를 비교했을때는 유의적으로 차이가 발생하지는 않았다. 저메탄 사료를 급여한 2023년에 2산차와 6산차가 가장 낮은 성년형 유량을 보였다. 성년유지량은 2023년 3산차가 가장 높은 값을 보였으며, 6산차에 가장 낮은 값을 보였다. 유지량은 저메탄 사료를 급여한 2023년이 높았으며, 반대로 유단백함량은 저메탄사료를 급여하지 않은 2022년이 높은 값을 보였다.



Levels of significance: NS, not significant; \*P < 0.05; \*\*P < 0.01; \*\*\*P < 0.001.

그림 13. 저메탄 사료 급여 전후 품질 변화(성년형 유량, 유지량, 유단백량, 무지 고형분량)

## V. 요약

본 연구의 목적은 국내에서 생산된 메탄저감 사료를 급여한 젖소의 우유 생산에 미치는 영향을 과학적으로 평가하는 데 있다. 메탄저감 사료가 젖소의 생산성과 우유 품질에 미치는 영향을 분석하였다. 실험농장은 제주도 소재 총 사육두수 100두, 착유두수 50~55두 이며, 1일 우유 생산량은 약 1,500kg(연간 약 54t)으로, 개방식 우사에 TMR을 급여하며 헤링본 착유 시스템을 이용하고 있다. 시험 사료는 현재 판매되고 있는 A사의 메탄저감 사료를 이용하였으며, 사료 급여는 1두당 9.8kg 비율로 TMR 배합하여 아침, 저녁으로 2차례 급여하였다. 젖소의 생산성 관련 분석은 농협 젖소개량사업소에서 월 1회 실시하는 실험 농가의 검정 기록을 이용하였으며, 분석 기간은 2021년부터 2023년 10월까지의 모든 검정기록(비유량, 유단백질, 유지율, 비유지속성, 무지고형분, MUN, 체세포 수 등)을 분석하였다. 저메탄 사료 급여 전후의 생산성 관련 항목 분석 결과 공태 일수와 공태 기간, 최종수정횟수와 분만 후 첫 수정일까지의 일수도 연도별로 감소하는 경향을 보였다. 저메탄 사료 급여 전·후에 따른 우유의 생산성 및 품질변화를 분석한 결과 유량, 유지율, 체세포수, 305일 유량, 305일 유단백, 성년형 유량에는 변화가 없었다. 유량이 감소하는 겨울철에 유지율 함량이 높아졌으며, 여름철에 가장 낮은 값을 보였다. 유단백 비율은 봄과 여름에 3.3%를 보였으며 겨울에 3.5%로 가장 높은값을 보였다. 저메탄 사료 급여기간에 따른 무지고형분율, 체세포수, MUN 분석결과 저메탄 사료 급여 여부와 관계없이 모두 유의적 차이가 나타나지 않았다. 산차별 생산성 관련된 항목을 분석한 결과 저메탄 사료를 급여한 2023년에 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. 메탄저감 사료가 젖소의 생산성과 우유 품질에 미치는 영향을 분석한 결과 메탄저감 사료 급여 전후 생산성 항목의 변화는 나타나지 않았다. 유량은 계절적 요인에 영향을 받았으며 산차에 따른 생산성 및 품질 변화는 나타나지 않았다. 결론적으로 메탄저감 사료의 급여는 젖소의 생산능력 및 우유 품질에 크게 영향을 미치지 않고 일반 사료와 유사한 성적을 나타내는 것으로 평가되었다.

## ABSTRACT

The purpose of this study is to scientifically evaluate the impact of feeding domestically produced methane reduction feed on milk production in dairy cows in Korea. The study analyzes the effects of methane reduction feed on the productivity and milk quality of dairy cows. The experimental farm, located in Jeju City, houses a total of 100 cows, with a milking herd size ranging from 50 to 55 cows. The daily milk production is approximately 1,500 kg (about 54 tons annually), and the farm utilizes a TMR (Total Mixed Ration) feeding system in an open barn with a herringbone milking parlor.

For the experiment, methane reduction feed from Company A, currently available in the market, was used. The feed was administered at a rate of 9.8 kg per cow in TMR twice a day, in the morning and evening. Productivity-related analyses of the cows were based on monthly examination records from a cooperative dairy improvement center, covering all test records (milk yield, milk protein, fat content, somatic cell count, MUN, non-fat solid, etc.) from January 2021 to October 2023.

The analysis of productivity-related items before and after feeding low methane feed showed a decreasing trend in days open, days open period, the number of services to conception, and days to first service after calving over the years. The analysis of milk productivity and quality changes before and after feeding low methane feed revealed no significant changes in yield, fat content, somatic cell count, 305-day yield, 305-day milk protein, and mature equivalent yield. Fat content increased during the winter when yield decreased, and it was lowest in the summer.

The percentage of milk protein was 3.3% in spring and summer, reaching the highest value of 3.5% in winter. Analysis of non-fat solids, somatic cell count, and MUN showed no significant differences regardless of low methane feed. The analysis of production-related items by calving year showed no significant difference in 2023, where low methane feed was administered. In conclusion, feeding methane reduction feed did not significantly impact the productivity and milk quality of dairy cows, showing similar performance to regular feed.

## 참고문헌

Ahn, B. S., Choi, Y. L., Jeong, H. Y., Kim, J. S., & Chung, Y. H. (1998). Variation of milk components during the performance test period in holstein dairy cow. *KOREAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCES*, 40, 589-592.

Camer-Pesci, B., Laird, D. W., van Keulen, M., Vadiveloo, A., Chalmers, M., & Moheimani, N. R. (2023). Opportunities of *Asparagopsis* sp. cultivation to reduce methanogenesis in ruminants: A critical review. *Algal Research*, 103308

Eason, C. T., & Fennessy, P. (2023). Methane reduction, health and regulatory considerations regarding *Asparagopsis* and bromoform for ruminants. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 1-30.

George, A., Shen, B., Craven, M., Wang, Y., Kang, D., Wu, C., & Tu, X. (2021). A Review of Non-Thermal Plasma Technology: A novel solution for CO<sub>2</sub> conversion and utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 109702.

Hill, J., McSweeney, C., Wright, A. D. G., Bishop-Hurley, G., & Kalantar-Zadeh, K. (2016). Measuring methane production from ruminants. *Trends in Biotechnology*, 34(1), 26-35.

Hristov, A. N., Oh, J., Giallongo, F., Frederick, T., Weeks, H., Zimmerman, P. R., ... & Branco, A. F. (2015). The use of an automated system (GreenFeed) to monitor enteric methane and carbon dioxide emissions from ruminant animals. *JoVE (Journal of Visualized Experiments)*, (103), e52904.

Kebreab, E., Bannink, A., Pressman, E. M., Walker, N., Karagiannis, A., van Gastelen, S., & Dijkstra, J. (2023). A meta-analysis of effects of 3-nitrooxypropanol on methane production, yield, and intensity in dairy cattle. *Journal of dairy science*, 106(2), 927-936.

Knapp, J. R., Laur, G. L., Vadas, P. A., Weiss, W. P., & Tricarico, J. M. (2014). Invited review: Enteric methane in dairy cattle production: Quantifying the opportunities and impact of reducing emissions. *Journal of dairy science*, 97(6), 3231-3261.

Liu, Z., Ciais, P., Deng, Z., Lei, R., Davis, S. J., Feng, S., ... & Schellnhuber, H. J. (2020). Near-real-time monitoring of global CO<sub>2</sub> emissions reveals the effects of the COVID-19 pandemic. *Nature communications*, 11(1), 5172.

Mustafa, A., Lougou, B. G., Shuai, Y., Wang, Z., & Tan, H. (2020). Current technology development for CO<sub>2</sub> utilization into solar fuels and chemicals: A review. *Journal of Energy Chemistry*, 49, 96-123.

New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre. . The science of methane. Retrieved from <https://www.nzagrc.org.nz/domestic/methane-research-programme/the-science-of-methane>

Roque, B. M., Brooke, C. G., Ladau, J., Polley, T., Marsh, L. J., Najafi, N., ... & Hess, M. (2019). Effect of the macroalgae *Asparagopsis taxiformis* on methane production and rumen microbiome assemblage. *Animal Microbiome*, 1, 1-14.

Roque, B. M., Venegas, M., Kinley, R. D., de Nys, R., Duarte, T. L., Yang, X., & Kebreab, E. (2021). Red seaweed (*Asparagopsis taxiformis*) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers.



Plos one, 16(3), e0247820.

Schutz, M. M., Hansen, L. B., Steuernagel, G. R., Reneau, J. K., & Kuck, A. L. (1990). Genetic parameters for somatic cells, protein, and fat in milk of Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 73(2), 494-502.

Silvestre, A. M., Martins, A. M., Santos, V. A., Ginja, M. M., & Colaço, J. A. (2009). Lactation curves for milk, fat and protein in dairy cows: A full approach. *Livestock science*, 122(2-3), 308-313.

Storm, I. M., Hellwing, A. L. F., Nielsen, N. I., & Madsen, J. (2012). Methods for measuring and estimating methane emission from ruminants. *Animals*, 2(2), 160-183.

Tedeschi, L. O., Abdalla, A. L., Álvarez, C., Anuga, S. W., Arango, J., Beauchemin, K. A., ... & Kebreab, E. (2022). Quantification of methane emitted by ruminants: a review of methods. *Journal of Animal Science*, 100(7), skac197.

Watanabe, Y., Suzuki, R., Koike, S., Nagashima, K., Mochizuki, M., Forster, R. J., & Kobayashi, Y. (2010). In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. *Journal of dairy science*, 93(11), 5258-5267.

김계웅, & 김종건. (2017). 젓소의 산차·산유량 및 계절에 따른 유량과 유성분의 변화. *동물 자원연구*, 28(1), 1-8.

강호조. (1997). 유방염과 체세포수 줄이기. *낙농·육우*, 17(9), 136-143.

노상호. (1999). 체세포수와 우유의 품질. 낙농·육우, 19(6), 109-111.

농림축산식품부. (2021). 2050 농식품 탄소중립 추진전략.

농림축산식품부. (2022). 2050 탄소중립의 정의.

세계법제정보센터. (2022). 세계 각국의 온실가스 감축 목표 및 관련 법령. Retrieved from [https://world.moleg.go.kr/web/dta/lgsI/TrendReadPage.do?CTS\\_SEQ=50035&AST\\_SEQ=3891](https://world.moleg.go.kr/web/dta/lgsI/TrendReadPage.do?CTS_SEQ=50035&AST_SEQ=3891)

주이석. (1998). 여름철 우유 품질 향상을 위한 젖소 사양관리. 낙농·육우, 18(7), 92-95.

탄소중립위원회. (2021). 탄소중립 시나리오.

환경부, 온실가스종합정보센터 정보관리팀. (2022). 온실가스 보도자료 '2021년 국가 온실가스 배출량, 6억 7,960만톤 예상'.

환경부, 온실가스 종합정보센터. (2020). 2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서.

## 감 사 의 글

논문이 완성되기까지 세심한 지도와 많은 격려로 이끌어주신 류연철 지도 교수님께 깊이 감사드립니다.

또한 바쁘신 일정에도 논문을 심사하여 주시고, 조언과 유익한 지도로 논문을 보완해 주신 이왕식 교수님과 박종은 교수님께 감사드립니다.

대학원 생활에서, 실질적으로 공부하고 알아야 되는 것들에 대해 폭넓게 접하게 해주시고, 이해하게 해주신 양창범 교수님께 감사드립니다.

연구실에서 많은 도움을 주신 고경보 박사님과 김광훈 연구원님께 감사드립니다.

늦은 나이에 대학 공부를 시작하고, 대학원 공부까지 할 수 있도록 언제나 응원해 주고 지지해 주는 남편 이성철 님과 두 아들 원신, 원혁, 며느리 박지영에게 고맙고 감사한 마음을 전합니다.

고등학교 졸업 후 35년 이상 지나서 대학 공부를 포기하고 있었는데, 다시 시작할 수 있는 기회를 주고 징검다리가 되어, 이끌어주신 제주대학교 미래융합대학 관광융복합과 교수님들께 감사드립니다.

이 외에도 저를 알고 있는 수많은 분들이 도움과 격려로 여기까지 오게 되었습니다. 고맙고 감사합니다.