

연구용역 최종보고서

한우 송아지 맞춤형 복합대용유 개발 및 효율적인 대용유 급여 체계 확립

2020년 11월

서울대학교 산학협력단

본 연구결과는 연구진의 의견 및 주장이며, 한우자조금의 공식입장과는 다를 수 있음

한우 송아지 맞춤형 복합대용유 개발 및 효율적인 대용유 급여 체계 확립

2020년 11월

연구책임자 :	서울대학교	부교수	책임연구원	강상기
공동연구원 :	서울대학교	부교수	연구원	김단일
	서울대학교	책임연구원	연구원	이현준
	서울대학교	선임연구원	연구원	오서호
	아태반추동물연구소	연구소장	연구원	김성진
	서울대학교	연구원	연구보조원	이은비
	서울대학교	박사과정	연구보조원	노영혜
	서울대학교	석사과정	연구보조원	남혜린

서울대학교 산학협력단

제 출 문

한우자조금관리위원장 귀하

이 보고서를 귀 회와 서울대학교 산학협력단간에 체결한
“한우 송아지 맞춤형 복합대용유 개발 및 효율적인 대용유 급여 체계
확립” 에 관한 최종보고서로 제출합니다.

2020년 11월

연구책임자 : 교수 강 상 기

<목차>

제1장. 연구 배경 및 목표	1
제1절. 연구 배경	1
제2절. 연구 목표	10
제2장. 연구 전략 및 방법	12
제1절. 연구개발 핵심 연구 전략	12
제2절. 한우 대용유 포물라 개발 연구 방법론	33
제3절. 한우 대용유 급여 프로그램 개발 연구 방법론	41
제3장. 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발	49
제1절. 로봇포유기 활용 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발 결과	49
제2절. 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 제안	68
제4장. 한우 송아지 맞춤형 모유수준 대용유 개발	74
제1절. 한우 모유 영양성분 특성	74
제2절. 시험대용유 제조 결과	83
제3절. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 결과	96
제4절. 한우 송아지 전용 대용유 영양조성 제안	115
제5장. 개발된 대용유의 경제적 효과 분석	117
제1절. 국내 가축 대용유 시장 동향	117
제2절. 한우 송아지 대용유 산업의 잠재적 경제 가치	119
제3절. 한우 송아지 대용유 국산화의 경제적 가치	122
제4절. 암소의 번식효율 증가로 인한 생산성 향상	123
제5절. 대용유 인공포유에 의한 송아지 생산성 향상	124
제6장. 결론 및 고찰	126
제1절. 한우 송아지 맞춤형 대용유 및 대용유 급여체계 의의	126
제2절. 기대 효과 및 활용 방안	136
참고문헌	143
부록 1. 한우 모유 영양성분표	150
부록 2. 한우 송아지 대용유 적용 포유기 관리 가이드라인	158

<표 목차>

표 1.	한우 송아지 이유시기별 발육 변화와 어미의 번식능력 차이 ..	8
표 2.	포유동물의 일반적인 유즙 조성(%)	12
표 3.	상용 젖소 대용유 원료조성 예(국내 P사)	14
표 4.	우유와 다양한 동물성/식물성 유지의 지방산 조성 비교	17
표 5.	국내외 젖소용 상용 대용유 단백질 및 지방 함량 비교(%)	20
표 6.	국내외 젖소용 상용 대용유 당 성분 함량 비교(%)	21
표 7.	우유와 축우용 상용 대용유 주요 지방산 조성 비교(%)	22
표 8.	국내 'P' 사의 젖소 대용유 'N' 제품의 급여프로그램 예	26
표 9.	일본 화우 대용유 급여 프로그램 예(국내 'C' 사 제공)	28
표 10.	표준대용유(누카멜렐로우) 파우더 성분조성	35
표 11.	한우 전용 대용유 평가 항목 요약	38
표 12.	혈중 MPT 지표	39
표 13.	소에서의 모발 내 미네랄 분석 지표	40
표 14.	대용유 1회 섭취량 1.5리터 설정시(예)	43
표 15.	대용유 1회 섭취량 2.0리터 설정시(예)	43
표 16.	대용유 급여 프로그램 개발 시험 개요	50
표 17.	대용유 급여 프로그램 최적화 실험 설계 요약	51
표 18.	실험 1의 포유기간 송아지 대용유 및 고형사료 섭취량 및 성장 성적	54
표 19.	실험 2의 포유기간 송아지 대용유 및 고형사료 섭취량 및 성장 성적	55
표 20.	실험 3의 포유기간 송아지 대용유 및 고형사료 섭취량 및 성장 성적	57
표 21.	실험 4의 포유기간 송아지 대용유 및 고형사료 섭취량 및 성장 성적	59
표 22.	한우 송아지 대용유 급여 프로그램 효율성 평가	73
표 23.	한우 모유 산유량 및 일반성분 시험 내용	75
표 24.	한우와 젖소 모유의 영양성분 비교	79
표 25.	시험대용유 주요 원료	92
표 26.	시험대용유 프리믹스(premix) 구성 요소	92
표 27.	표준대용유 및 시험대용유 성분조성(%)	93
표 28.	시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 개요	97
표 29.	시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 설계 요약	98
표 30.	포유 단계별 섭취량 및 누적 섭취량, 일당증체량 및 이유체중 ..	105
표 31.	표준대용유(누카멜 엘로우) 및 시험대용유 1, 2의 소모 비용...	107
표 32.	국내 가축 대용유 생산 기업	117

표 33.	년도별 국내 대용유 원료 수출 및 수입 동향(천불,kg)	118
표 34.	가임암소(14개월령이상) 월령별 사육현황	119
표 35.	연간 축우용 최대 잠재 대용유 시장 규모 추정	121
표 36.	2020년 각 국가 FTA 협정 대용유 관세(%)	122
표 37.	번식 간격 단축시 연간 송아지 추가 생산 가능 두수	123
표 38.	대용유 포유 및 관행 포유 그룹 성장 비교	125
표 39.	이유 월령별 중송아지 폐사율 및 질병 발생 비교	129
표 40.	이유 월령이 어미의 번식효율에 미치는 영향	129
표 41.	1,2차년도 계단식 점감방식 검증 결과	135

<그림 목차>

그림 1.	국내 3대 ‘국가명품한우’ 인증 브랜드	1
그림 2.	현행 브랜드 한우의 일반적인 생산 과정	3
그림 3.	20두 미만 소규모 부업농 한우 농가수 추이(통계청, 2020)··	4
그림 4.	100두 이상 사육 한우 농가수 비율 추이(한국농어민신문, 2020)	5
그림 5.	성우 및 비육밀소 가격 추이(농협중앙회, 2020)	5
그림 6.	한우 송아지 자연포유와 영양소 부족 현상	7
그림 7.	한우산업 미래 지속성 확보 방안	9
그림 8.	연구개발 목표, 전략 및 방법 개요	10
그림 9.	연구개발 지향점	11
그림 10.	국내외 축우용 대용유 제품과 송아지 인공포유 예	13
그림 11.	유가공을 통한 유제품 및 우유부산물 생산 프로세스 (Costello,Calf Milk Replacer Guide, 2018)	15
그림 12.	유지별 지방산 조성 차이, 코코넛유와 야자유	18
그림 13.	한우 송아지 맞춤형 모유 수준 대용유 개발 전략 개요	24
그림 14.	젖소 송아지 인공포유 예(Geiger, Adam, 2017)	25
그림 15.	일본 화우 공식 홍보 홈페이지 대용유 급여 소개	27
그림 16.	관리자에 의한 인공포유와 로봇포유기 활용	30
그림 17.	1, 2차년도 연구전략 요약	32
그림 18.	상이한 송아지 출생일에 따른 순차적 실험구 구성 예	37
그림 19.	본 연구에 사용된 표준대용유 및 표준로봇포유기	41
그림 20.	Foster Technik Calfeeder(구성요소)	42
그림 21.	한우 송아지 대용유 급여 표준(대조구) 프로그램	44
그림 22.	한우 송아지 최적 대용유 프로그램 개발 실험 설계 요약	45
그림 23.	계절적 요인 최소화를 위한 실험구 배치 예	47
그림 24.	시험농장 레일식 로봇포유기 운영 현황	50
그림 25.	대용유 급여 프로그램 개발 실험구 배치 및 실험 추진 일정	52
그림 26.	실험 1의 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)	54
그림 27.	실험 2의 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)	55
그림 28.	대용유 점감 시기 결정 실험 설계	56
그림 29.	실험 3의 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)	57
그림 30.	대용유 점감 방식 결정 실험 설계	58
그림 31.	실험 4의 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)	59

그림 32.	포유기 동안 혈중 NEFA와 BUN의 변화	60
그림 33.	고형사료 섭취량과 이유기 NEFA의 상관관계	61
그림 34.	포유기 동안 혈중 Alb, Glb, TG, T-Cho의 변화	62
그림 35.	포유기 동안 혈중 Glu와 b-HB의 변화	63
그림 36.	대용유 섭취량과 이유기 b-HB와의 상관관계	63
그림 37.	포유기 동안 혈중 GGT와 모발 내 Zn/Cu 비율 변화	64
그림 38.	포유기 동안 혈중 AST, ALP, T-Bil, D-Bil 변화	65
그림 39.	포유기 동안 혈중 CK, Crea, LDH와 모발 내 Na/Mg 비율 변화	65
그림 40.	포유기 동안 모발 내 Ca/P와 Na/K 비율 변화	66
그림 41.	포유기 동안 혈중(상) 및 모발 내(하) Ca,P 함량 변화	67
그림 42.	실험구 간 일당증체량(좌) 및 이유체중(우) 비교	69
그림 43.	실험구 간 누적 대용유 섭취량(좌) 및 고형사료 섭취량(우) 비교	70
그림 44.	계단식 점감 이유 프로그램(Step Down Weaning Program) ..	72
그림 45.	한우 모유 채취 및 전처리 과정	76
그림 46.	임종우, 유제현(1984) 조사 결과와 본 연구 조사 비교(%) ..	82
그림 47.	농가별 한우 모유 내 지방산 조성 비교	82
그림 48.	한우 전용 대용유 영양조성 및 목표 TDN 설정시 고려 사항	88
그림 49.	젖소 및 한우 모유, 대용유, 식물성 유지원료 지방산 조성 비교(%)	89
그림 50.	DH 바이탈피드 공장 전경	90
그림 51.	시험대용유1, 2 생산품	94
그림 52.	시험대용유 2종, 표준대용유, 젖소 및 한우 모유 지방산 조성 비교	95
그림 53.	시험대용유에 대한 사전 기호성 테스트	97
그림 54.	시험대용유 급여시험 실험구 배치 및 실험 추진 일정	99
그림 55.	불용성 물질 함량 측정(좌), 입자도 측정(같은 배율)(우) ..	102
그림 56.	실험구 간 일당증체량(좌) 및 이유체중(우) 비교	104
그림 57.	실험구 간 성장곡선(좌) 및 누적 고형사료 섭취량(우) 비교	104
그림 58.	실험구 간 대용유 소모량(좌) 및 고형사료 소모량(우) 비교	107
그림 59.	포유기 동안 혈중 NEFA와 BUN의 변화	108
그림 60.	포유기 동안 혈중 Alb, Glb, TG, T-Cho의 변화	109
그림 61.	포유기 동안 혈중 Glu와 b-HB의 변화	110
그림 62.	포유기 동안 혈중 GGT와 모발 내 Zn/Cu 비율 변화	111
그림 63.	포유기 동안 혈중 AST, ALP, T-Bil, D-Bil 변화	112
그림 64.	포유기 동안 혈중 CK, Crea, LDH와 모발 내 Na/Mg 비율 변화	113

그림 65.	포유기 동안 모발 내 Ca/P와 Na/K 비율 변화	113
그림 66.	대용유 및 관행 포유 체중(좌) 및 체장 비교(우)	125
그림 67.	대용유 및 관행 포유 체고(좌) 및 흉위 비교(우)	125
그림 68.	한우 자연포유와 인공포유	126
그림 69.	적정 영양 대용유 급여를 통한 고형사료 섭취량 극대화 가설	133
그림 70.	포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)·····	135
그림 71.	포유기 송아지의 풍부한 영양공급을 통한 대사각인 효과 가설	138

제 1 장

연구 배경 및 목표

제1절. 연구 배경

1. 현행 브랜드 한우의 문제점

“취약한 번식기반에 따른 송아지의 불균일성과 브랜드 간 차별화 부재”

가. 한우 쇠고기는 다른 육류와 비교하여 높은 시장가격을 형성하고 있으며, 한국인이 선호하는 고급 축산식품으로, 국내 한우 산업은 지자체 및 지역 축협 단위의 브랜드 육성 사업을 중심으로 발전해 왔음. 2020년 기준 한우자조금관리위원회에 등록된 한우 브랜드는 전국적으로 총 99개에 이르며, 이 중에서 소비자시민모임이 지자체에서 추천받은 브랜드를 대상으로 생산부터 판매단계까지의 관리 및 운영시스템을 종합적으로 평가하여 선정된 우수 한우 브랜드는 26개에 달함(소비자시민모임, 2020).



그림 1. 국내 3대 ‘국가명품한우’ 인증 브랜드

나. 2009년 최초로 ‘국가명품한우’ 브랜드 인증을 받은바 있는 ‘황성축협한우’를 통해 국내 브랜드 한우 현황의 일례를 살펴보면, 2019년 현재

횡성군 내 1,000여명의 축협 조합원이 약 31,500두의 한우를 횡성축협한우 브랜드로 출하하여 횡성군 전체 한우 출하두수, 45,000두의 약 70%를 차지하고 있으며, 2018년 한우 브랜드로는 처음으로 1,000억원대의 매출을 기록한 바 있음(신동호, 브랜드타임즈, 2019).

다. 횡성축협한우가 한우 브랜드의 모범적인 성공사례로 꼽히고 있음에도 횡성군에는 축협조합원이 주축인 '횡성축협한우'와 비조합원이 주축인 '횡성한우', 두 가지 브랜드가 양립하여 모두 횡성 한우 쇠고기로 유통되며, 두 브랜드에서 생산된 쇠고기간의 품질적인 차이점을 특정하기 어려워 일반 소비자의 혼동을 초래하고 있는 실정임. 횡성한우의 높은 인지도와 브랜드 사이의 차별성 부재의 틈을 이용하여 2019년 현재 특허청에 횡성한우로 출원된 상표가 60여건에 이르고 있어 이러한 혼란이 더욱 가중되고 있음.

라. 브랜드 한우에 있어서 브랜드 간 차별성 부재의 근본적인 원인은 무엇보다도 국내 한우산업의 취약한 번식기반과 송아지(비육밀소)의 유전적·영양적 불균일성을 들 수 있음. 현행 한우 브랜드의 생산 및 유통구조를 살펴보면, 유전능력 및 영양적 배경이 다른 송아지를 소규모 개별 번식농가로부터 중간상인이 각각 매입하여 비육밀소로 판매하면 브랜드 가입 비육농가에서 정해진 사양관리 체계에 의해 비육하여 브랜드 한우로 출하하는 형태로, 이는 비육 후 쇠고기 출하성적 및 품질에 있어서 브랜드 쇠고기의 핵심인 균일성과 브랜드 간 차별성을 떨어뜨리는 원인이 되고 있음.

마. 횡성축협한우의 예와 같이 브랜드 한우의 경우 국내 소비자들에게 '한우는 고급 축산식품'이라는 인식과 함께 큰 신뢰를 형성하고 있지만, 한우 브랜드 간의 사육방식, 맛, 품질, 기능성 등에 있어서의 차별성이 부족하고 단순히 지역적 특성 등의 추상적 이미지만을 강조하는 소위 '이미지 마케팅(image marketing)'에 의존하고 있는 상황은 축산물의 품질에 대한 관심이 날로 향상되고 있는 소비자의 눈높이에 맞추어 국내 한우 브랜드의 지속가능한 성장을 위해 반드시 개선해야 할 점으로, 이는 유전적·영양적으로

균일하고 강건한 비육밀소를 전문적으로 공급하는 ‘한우 송아지 전문 공급단지 구축’과 같은 근본적인 대책을 통해 해결해 나가야 함.



그림 2. 현행 브랜드 한우의 일반적인 생산 과정

2. 한우 송아지 공급기반의 위기

“한우 송아지 전문 공급단지의 정책적 육성이 필요”

가. 2020년 2/4분기 기준으로 전체 한우 농가수는 약 8만 9천호로, 2016년 6월, 한우산업 규모의 심리적 저지선으로 여겨지던 10만호가 붕괴된 이후로도 지속적으로 감소추세에 있으며 규모별로는 20두 미만 농가가 48,711호, 20~50두 규모가 21,690호, 50~100두 규모가 11,394호, 100두 이상 농가가 7,360호로서, 5년 전인 2015년 동기 대비 농가수가 약 16%(17,296호) 감소한 것으로 조사됨(통계청, 2020).

나. 특히, 한우 농가 중 가장 높은 비율을 차지하며 국내 한우산업에서 실질적인 송아지(비육밀소)의 공급기지 역할을 담당해온 20두 미만 사육농가의 감소세가 두드러지는데, 5년 전(2015년, 65,993호)에 비해 30%, 10년 전(2010년, 130,560호)에 비해서는 무려 62.7%가 감소한 것으로 나타남(통

계청, 2020). 한편, 이러한 급격한 감소는 20두 미만의 소규모 농가 대부분이 고령의 부업농인 점과 축종별 후계농의 확보비율에 있어서 한우의 경우 타 축종에 비해 매우 낮은 상황에 기인함.

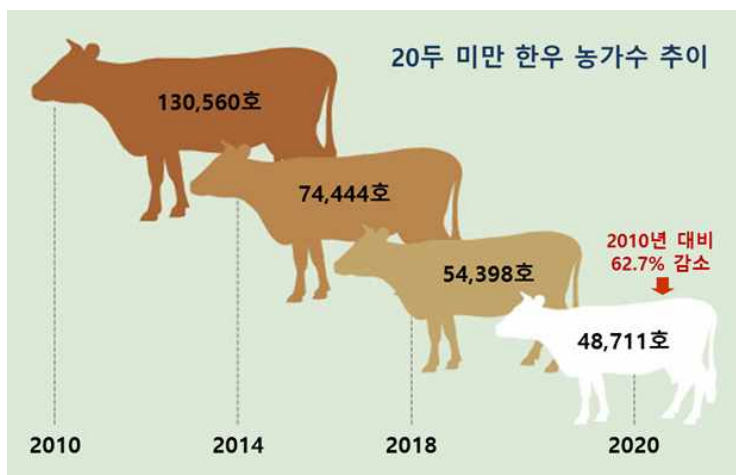


그림 3. 20두 미만 소규모 부업농 한우 농가수 추이(통계청, 2020)

다. 기존 비육밀소 공급을 담당했던 20두 미만 부업농의 급격한 감소의 영향을 받아 전체 한우 농가수는 빠른 속도로 감소하고 있는 반면, 100두 이상 사육하는 농가의 비율이 서서히 증가하는 양상을 보이고 있는데, 2016년 전체 한우 농가 중 36.2%를 차지하던 100두 이상 사육 농가의 비율이 2020년도에 40.1%로 약 4% 증가하였으며 이에 따라 전체 한우 사육두수 또한 2016년 268만두에서 2020년 305만두로 12% 이상 증가한 것으로 나타나, 국내 한우산업이 규모화를 통한 구조조정이 이루어지고 있는 것으로 판단됨(그림 4).

라. 국내 한우산업이 100두 이상 사육하는 대규모 전업농 위주로 재편되고 있으나, 기존 부업농이 담당했던 비육밀소 공급체계가 붕괴되면서 2010년대 이후 송아지 가격이 해가 갈수록 상승하고 있음(그림 5). 이에 따라 송아지 수급 위기를 체감한 기존 비육 농가들이 점차 비육과 번식을 동시에 행하는 일관 사육 형태로 전환하고 있으나, 모든 농가가 일관 사육으로

전환하지 않는 이상 현재의 송아지 수급의 불균형 문제는 한우 생산비 상승으로 이어져 향후 한우 산업의 지속가능성을 저해하는 가장 큰 요인이 될 것으로 예상됨.

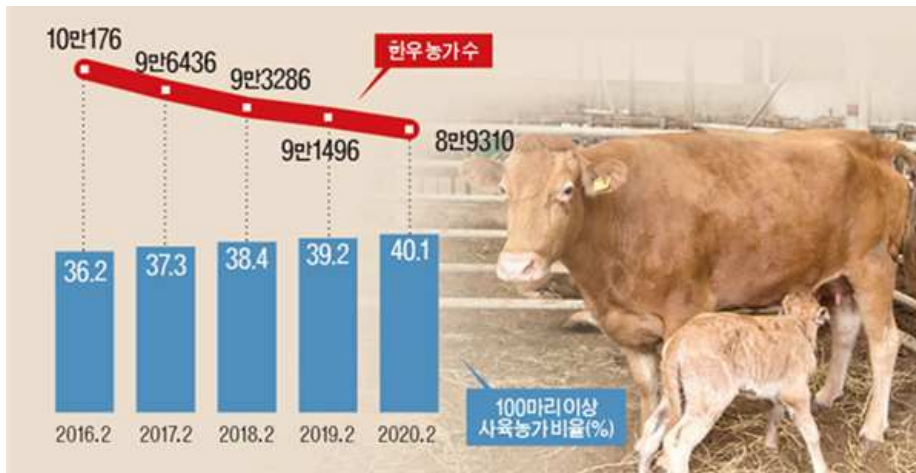


그림 4. 100두 이상 사육 한우 농가수 비율 추이(한국농어민신문, 2020)



그림 5. 성우 및 비육밀소 가격 추이(농협중앙회, 2020)

마. 한우 송아지 공급의 문제점을 해결하기 위해서는 전문적인 중앙 송아지 육성단지 구축 등, 정책적 차원의 한우 번식농 집중 양성에 대한 논의가 절실하며, 이러한 규모화된 한우 번식농은 기존 소규모 부업농을 대체하여

새로운 한우 송아지 전문 공급기지 역할을 담당함으로써 한우산업 안정화에 기여할 수 있을 것으로 기대됨(김경수 등, 2015).

3. 한우 송아지 전용 대용유 및 급여체계 개발의 필요성

“한우 송아지 전문 공급기지 구축을 위한 필수 기반”

가. 규모화된 번식농을 육성하여 경쟁력을 갖춘 새로운 한우 송아지 전문 공급기지를 구축하는 것은 한우산업의 근본적 취약점인 안정된 번식기반을 확보하기 위한 필수요소임. 이를 위해서는 기존 소규모 부업농이 행하던 수동적인 방임형 사육방식에서 벗어나 규모화에 최적화된 효율적인 농장운영 시스템 도입을 통해 어미의 번식효율과 향상과 함께 체계적인 송아지 육성을 통해 생산성을 극대화 할 수 있도록 노력해야 함.

나. 체계화된 한우 송아지 전문 공급기지 구축을 통한 차별화된 한우 브랜드를 정립하기 위한 첫걸음인 강건하고 균일한 비육밀소 육성기술의 일환으로 본 연구과제에서는 ‘한우 송아지 전용 대용유 및 효율적인 급여체계 개발’을 제안함.

다. 현행 한우 송아지 생산 방식은 비육밀소로 출하하기 전까지 일반적으로 최소 3개월 이상 어미 소에 의한 자연 포유를 하는 것이 일반적임. 한우의 경우 일일 산유량은 최대 비육기에도 약 평균 4kg이하에 불과해 자연 포유시 그 양이, 생 후 1개월 이후 송아지의 영양소 요구량에 비해 54~77% 수준으로 부족하여 충분한 영양이 공급되지 않고, 어미의 개체 및 산차에 따른 모유 생산량의 변동폭이 큰 특징이 있음(부록 1). 또한, 한우 사육두수 증가로 저능력 암소 도축이 이루어지고 경산우를 장기 사육하는 소규모 부업농이 급격히 감소함에 따라 국내 한우 가임암소는 대부분이 초산 또는 2산차에 해당하는 것으로 추정되고 있는데, 일반적으로 새끼 포육의 경험이 적은 초산, 2산우의 경우 새끼를 잘 돌보지 않고 산유량도 불규칙해 균일하고 강건한 비육밀소를 생산하기 어려운 상황이 지속되고 있음(그림 6). 포유기 영양은 반추위 발달 및 비육기 성장 성적에 큰 영향을 미치는

만큼 젖소와 같은 인공 포유 시스템 도입을 통해 현행 포유 방식의 개선이 필요함.

라. 어미에 의한 자연포유 방식이 포유기 송아지에게 충분한 영양이 공급되지 않는 만큼, 한우에서도 젖소 송아지의 육성방식과 같은 인공 포유 시스템의 도입이 절실한 상태이나, 국내에는 한우 전용 대용유조차도 시장에 거의 전무한 실정임. 현재까지 알려진 바로는 한우 모유의 조지방, 조단백 등 영양조성은 홀스타인 젖소에 비해 높고(강수원 등, 2000), 특히, 지방산 조성도 상이한 것으로 보고되어(임종우, 유제현, 1984) 에너지 수준과 영양균형을 강화한 한우 전용 모유수준 대용유 개발이 필요함.

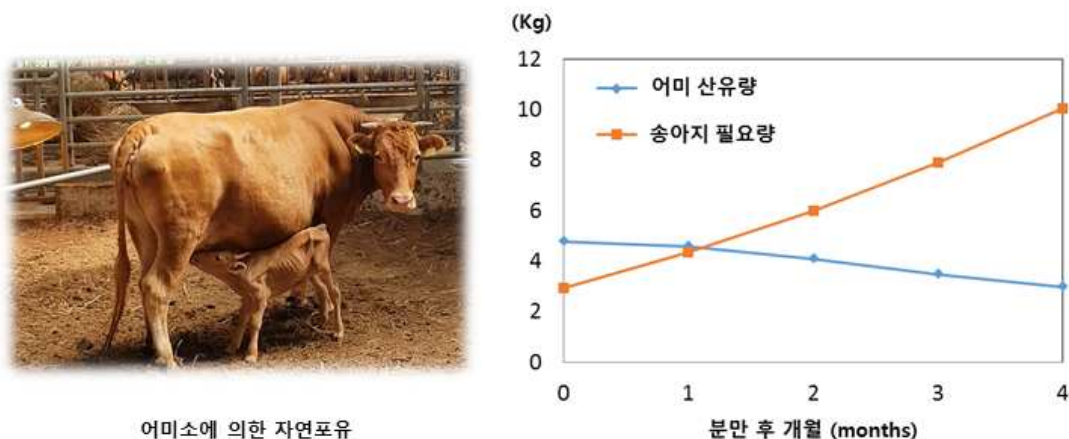


그림 6. 한우 송아지 자연포유와 영양소 부족 현상

마. 이미 일부 선도 한우농가에서는 한우 송아지에 대해 대용유 포유 방식을 시도하고 있지만, 아직까지 한우 송아지 전용 대용유가 시장에 전무한 관계로 젖소용 송아지 대용유를 활용하고 있으며, 관리자의 인력에 의존하는 관행적인 인공 포유의 경우 대용유를 일일 송아지 체중의 약 10% 중량으로 급여하게 되는데, 포유류의 특성상 하루 급여량을 여러 회수로 나누어 자주 급여하는 것이 이상적이나 관리자의 편의성에 따라 일일 2회 일괄 급여로 인해 송아지가 요구하는 대용유 섭취량 충족의 한계가 있고, 긴 포유 간격으로 인한 장시간 배고픔, 육성을 저하, 대사성 질환(급체,

장염, 설사 등) 등의 문제점을 야기하고 있어 개선이 요구되고 있음.

바. 2017년 국립축산과학원이 농가 실태조사를 통해 총 45농가 1,859두를 대상으로 분석한 한우의 번식효율 관련 지표를 살펴보면, 한우의 최초 분만월령은 평균 28.7개월령, 수태당 인공수정 회수는 평균 1.45회로 수태율은 약 70%, 분만 후 평균 인공수정 일수는 평균 119.8일로 분만간격이 약 405일(14개월)로 나타났음(이미지, 농수축산신문, 2017). 소에 있어서 이상적인 분만간격이 12개월임을 감안할 때 이는 선진국 대비 매우 낮은 수준으로 한우의 생산성 향상을 위해 반드시 개선해야 할 사항임. 이러한 한우의 낮은 번식효율은 송아지를 장기간 어미 곁에서 자연포유 시키는 기존의 수동적 방임형 한우 송아지 육성방식에서 기인하는 문제가 큰데, 축산과학원의 영농활용기술 자료에 의하면 한우 송아지의 어미에 의한 자연포유를 4개월에서 3개월로 줄였을 경우 어미의 분만간격이 23일 단축되어 생산성 향상에 기여할 수 있다고 보고하고 있음(표 1). 이와 같이 송아지의 이유시기를 조정하여 조기에 어미와 격리시키면 어미의 발정재귀가 빨라져 분만간격을 단축시킬 수 있다는 것은 이미 주지의 사실로 어미의 번식효율 증진 측면에서도 한우 송아지를 위한 인공포유 시스템 도입은 큰 의의를 가짐.

표 1. 한우 송아지 이유시기별 발육 변화와 어미의 번식능력 차이

(단위 : kg)

구 분		생후월령							초발정 일수	분만간격 (일)
		0	1	2	3	4	6	12		
이유 시기 (개월)	3	24.3±	40.9±	59.8±	84.5±	108.9±	153.3±	267.5±	40.9 ±7.69	370.0 ±33.70
		3.37	6.81	9.74	13.24	17.05	25.51	36.27		
		-	(0.55)	(0.62)	(0.79)	(0.79)	(0.73)	(0.70)		
	4	24.5±	40.3±	59.4±	81.9±	107.0±	150.2±	270.7±	41.2 ±7.94	392.8 ±66.20
		2.99	3.49	5.31	7.12	12.24	17.12	32.43		
		-	(0.50)	(0.62)	(0.76)	(0.81)	(0.73)	(0.71)		

* ()는 일당증체량, p < 0.05

(권응기, 축산과학원, 2006)

4. 연구개발 과제 개요(배경 및 목표 요약)

“한우 송아지 맞춤형 대응유와 최적 인공포유 체계 확립의 의의”

- 국내 한우산업에서 송아지 공급기지 역할을 담당하던 소규모 번식농가의 급격한 감소로 인해 비육밀소 공급기반 약화
- 한우산업의 미래 지속성을 확보하기 위해서는 **향후** 중규모 이상의 번식농가의 정책성 육성을 통해 한우 송아지 공급기반 복원 필요
- 한우 송아지 공급기반 규모화에 적합한 효율적/과학적 포유기 송아지 관리시스템 확립이 필수
- 한우 송아지 맞춤형 대응유와 최적 인공포유 체계 확립을 통한 안정적인 비육밀소 생산기반 확보

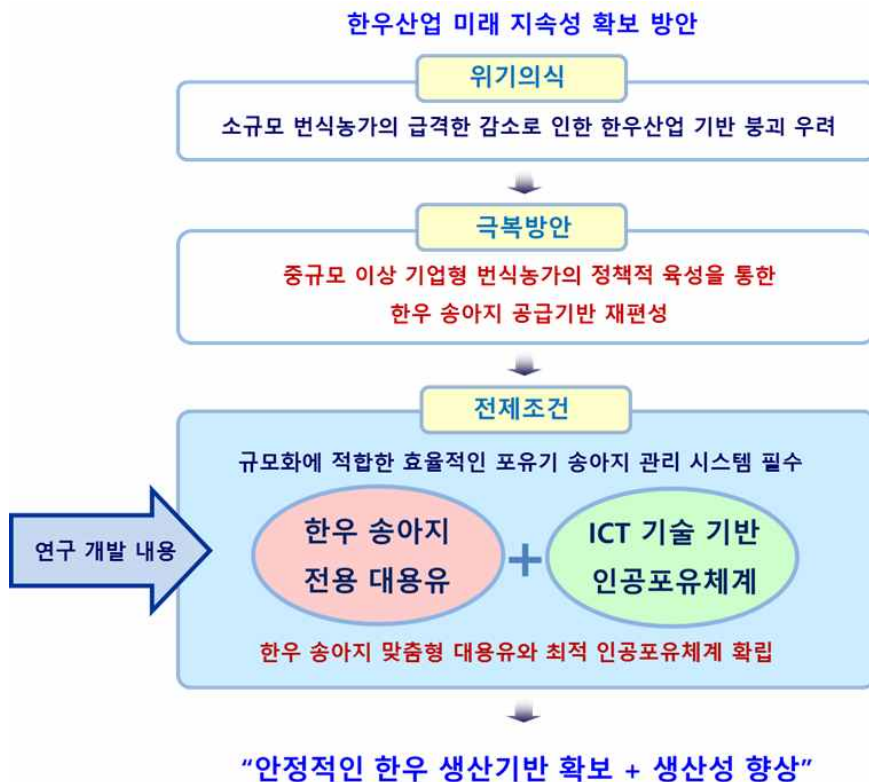


그림 7. 한우산업 미래 지속성 확보 방안

제2절. 연구 목표

1. 최종 연구 목표

“송아지 생산기반 미래화를 통한 한우산업 미래 지속성 원천기술 확보”

- 한우 송아지 영양생리에 최적화된 모유수준 대용유 개발
- 축산 ICT 기술 기반의 효율적인 대용유 급여 체계 확립

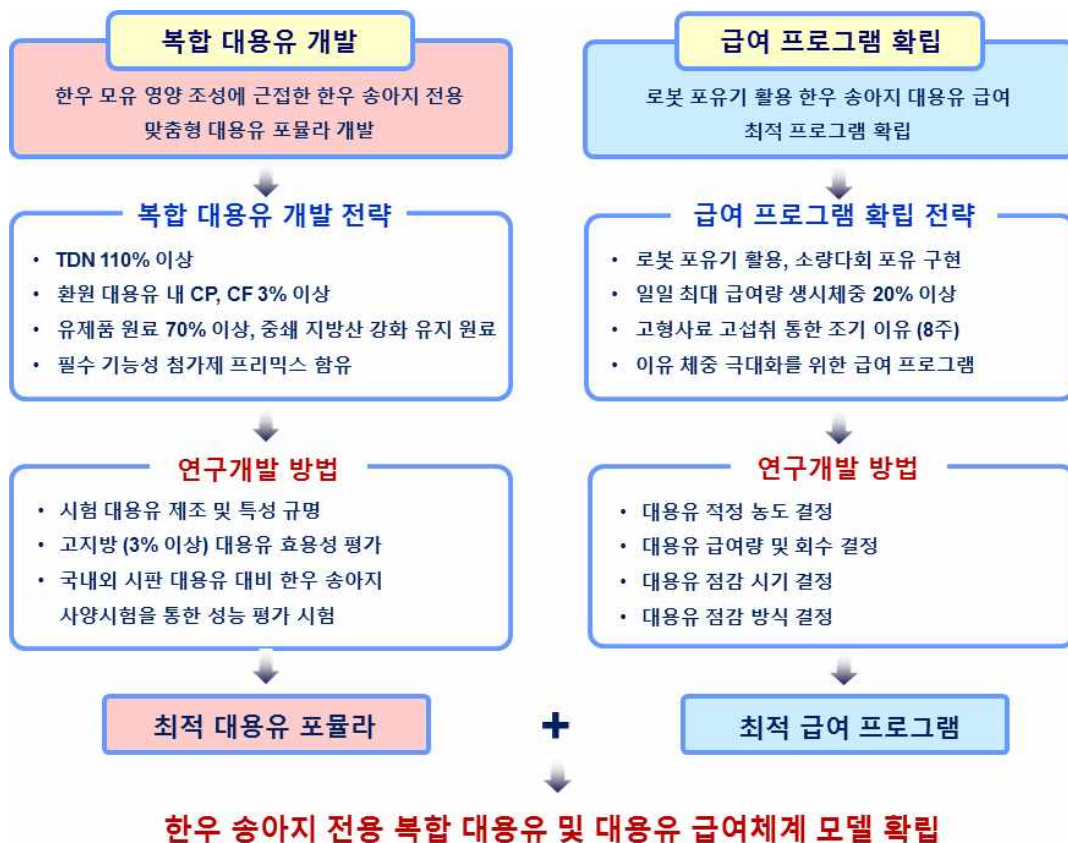


그림 8. 연구개발 목표, 전략 및 방법 개요

2. 세부 연구 목표

가. 한우 모유 영양조성 기준 성분 범위(reference range) 조사

- (1) 한우 모유 생산량 및 유성분 조사
- (2) 한우 모유 유지방 내 지방산 프로파일(profile) 조사

나. 모유 영양조성에 근거한 한우 송아지 전용 대용유 포뮬라 개발

- (1) 한우 유성분 함량에 근거한 대용유 영양조성 설계
- (2) 포유기 한우 영양 강화 첨가제 프리믹스 설계

다. 포유기 송아지 사양시험 기반의 최적 대용유 급여 프로그램 확립

- (1) 포유류 생리에 최적화된 일일다회 정량급여 프로그램 확립
- (2) 송아지 생산성 및 동물복지 향상에 기여하는 프로그램 확립

라. 한우 송아지 맞춤형 ICT 기반 인공포유 체계 모델 제시

- (1) 한우 송아지 생리 및 성장에 최적화된 인공포유 체계 모델 제시
- (2) 로봇포유기를 활용한 한우 대용유 급여체계의 첨단화



그림 9. 연구개발 지향점

제 2 장

연구 전략 및 방법

제1절. 연구개발 핵심 전략

1. 한우 송아지 맞춤형 모유 수준 대용유 개발 핵심 전략

가. 우유와 대용유

(1) 유즙(milk)은 포유동물에서 어미의 유선을 통해 분비되는 액상의 영양물질로, 유즙의 영양조성은 포유동물의 종에 따라 약간의 차이가 있지만 공통적으로 3대 영양소인 탄수화물, 지방, 단백질과 함께 미네랄 및 비타민 등의 미량원소가 수분에 분산되어 있는 현탁액(emulsion) 형태로 생산되며, 새끼의 소화기관이 발달하여 스스로 고형의 먹이를 섭취할 수 있도록 성장하기 전까지 유일한 영양물질 공급원임.

(2) 우유(cow milk)는 포유동물인 소의 유즙으로 대표적인 유종인 홀스타인(Holstein) 기준으로 물 87%, 지방 4%, 단백질 3.5%, 유당 5%, 미네랄 0.7%로 구성되어 있어, 일반적으로 약 12.5%의 고형분(Total solids, TS)을 함유하고 있음(표 2).

표 2. 포유동물의 일반적인 유즙 조성(%)

포유동물	수분	단백질	지방	탄수화물	미네랄	고형분
Cow	87.2	3.5	3.7	4.9	0.72	12.8
Sheep	82.7	5.5	6.4	4.7	0.92	17.3
Goat	86.5	3.6	4.0	5.1	0.82	13.5
Human	87.6	1.2	4.0	7.0	0.2	12.4

(Mourad 등, 2014, 부분수정)

(3) 송아지 대용유(calf milk replacer)는 어미의 우유를 대체하여 포유기 송아지에게 영양을 공급하기 위해 상업적으로 개발된 제품으로 우유에 근접한 영양조성을 가지고 있으며, 변패를 방지하고 유통하기 쉽도록 일반적으로 농축된 파우더(powder)형태로 생산되지만, 농장에서 우유와 유사한 농도로 온수에 현탁하여 송아지에게 급여하게 됨.

(4) 송아지 대용유의 활용은 우유를 사람이 소비하기 위해 상업적으로 생산하는 낙농업에서 어미의 우유 대신 포유기 송아지를 육성하고자 시작하였는데, 최근 해외에서는 대규모의 농장을 중심으로 육우에서도 그 활용이 점차 증가하고 있음.



그림 10. 국내외 축우용 대용유 제품과 송아지 인공포유 예

나. 효과적인 축우용 대용유 개발을 위해 고려해야 할 점

(1) 송아지 대용유(calf milk replacer)의 일반적인 조성

- 송아지 대용유를 제조할 때 우유에 근접한 영양조성을 맞추기 위해서는 영양소 이용률과 함께 경제성을 고려한 다양한 원료를 배합하여 탄수화물, 단백질, 지방, 미네랄 등 포유기 송아지 성장에 필수적인 영양소 요구량을 충족시킴.

- 대용유의 조성은 제조사의 제품 전략에 따라 사용하는 원료가 상이하
나, 액상으로 환원하기 전의 농축 파우더 기준으로 단백질이 총 중량
의 20~27%, 지방이 10~24%, 탄수화물(유당)이 40~45%, 그 밖의 첨가
제(미네랄, 비타민, 향산화제, 유화제, 생균제, 향생제, 보존제 등)
로 구성되어 있음(Costello, 2018).

표 3. 상용 젖소 대용유 원료조성 예(국내 P사)

원료명	배합비(%)	비고(영양원소)
Whey powder	35	단백질, 탄수화물, 미네랄
Fat powder	20	지방
Wheat powder	15	단백질
Whey protein concentrates	10	단백질, 미네랄
Lactose	10	탄수화물
Skim milk powder	4	단백질, 미네랄
soy protein concentrates	3	단백질
기타 첨가제	3	비타민, 미량원소, 유화제 등
계	100	

(2) 단백질 원료(protein ingredients)

- 단백질은 포유기 송아지의 체성장과 생리작용을 매개하는 효소 및 신
호전달자의 구성성분을 이루는 중요한 영양소로서, 송아지 대용유의
단백질 원료로는 밀단백(wheat protein), 대두단백(soy protein) 등
의 저렴한 식물성 원료를 사용할 수도 있지만 흡수율 및 이용성이 낮
아 그 사용이 제한적이고, 가장 빈번하게 활용되는 것은 유제품 제조
시 발생하는 부산물인 탈지분유(skim milk), 유청분말(whey powder),
유당제거 유청분말(delactosed whey) 및 농축유청단백(whey protein
concentrate), 카제인(casein) 등임.

- 유가공 부산물 중 경제성이 우수한 재료는 치즈를 만들 때 생성되는

유청분말로 이는 대용유 제조시 단백질(유청단백질)과 탄수화물(유당)의 주원료가 됨. 유청단백질은 주로 락토알부민(lactoalbumin)으로 구성되어 있으며 우유 유래의 단백질이므로 포유기 송아지에서 소화율 및 체내 이용률 또한 매우 높은 특징이 있음.

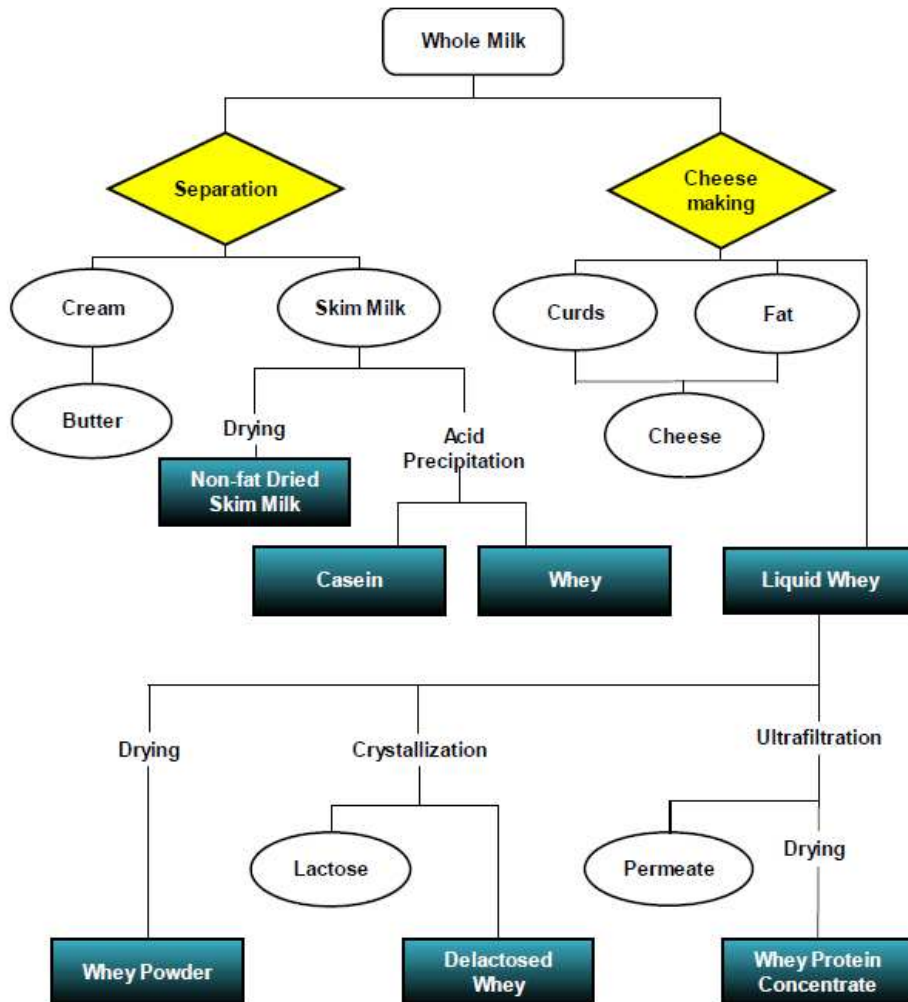


그림 11. 유가공을 통한 유제품 및 우유부산물 생산 프로세스
(Costello, Calf Milk Replacer Guide, 2018)

(3) 지방 원료(Fat ingredients)

- 유지방은 어미소의 유선상피세포에서 합성된 인지질(phospholipid)막에 중성지방(Triglyceride, TG)와 지용성 비타민(비타민 A, D, E, K) 등이 다층의 겹(layer)으로 둘러싸인 마이셀(micelle)형태의 독특한 구조로 이루어져 있어 물에 잘 분산되고 송아지가 섭취시 효과적으로 분해 흡수됨.
- 유지방은 다른 동물성, 식물성 유래의 지방과는 지방산 구성에 있어서 상이한 구성을 가지고 있는데, 탄소수 14개(C14, Myristic acid) 이하의 단쇄(short chain) 및 중쇄(mid chain) 포화지방산(saturated fatty acid)의 함량이 전체 지방산의 약 24%, 전체 포화지방산 중의 약 35%를 차지하고 있음(Markiewicz-Keszycka 등, 2013).
- 신생 송아지는 아직 췌장의 지방분해효소(lipase)가 활성화되지 않아 오직 단쇄 및 중쇄지방산 분해에 특화되어 있는 침샘의 지방분해효소(salivary lipase)에 의해 지방 분해를 의존하게 되는데, 유지방의 독특한 지방산 구성은 이러한 신생 송아지의 지방 분해 특성에 최적화 되어 있는 에너지원이라 할 수 있음(Shore, 2013). 한편 신생 송아지는 반추위 발달도 이루어지지 않아 소화생리상 단위동물과 유사한 특성을 가지는데, 반추위 미생물의 영향을 받지 않고 소장에 도달한 단쇄 및 중쇄지방산은 소장상피세포에 흡수되어 장쇄(long chain) 지방산처럼 킬로마이크론(chylomicron)으로 재편성 되어 림프관(lymph duct)을 통해 체내로 흡수되는 복잡한 경로를 거치지 않고 간문맥(hepatic portal vein)을 통해 직접 간으로 이동하여 분해됨으로써 에너지로 전변되는 효율이 장쇄지방산에 비해 더 높은 것으로 알려짐(Graulet 등, 2000).
- 유지방은 신생 송아지의 체성장을 위한 에너지 공급원으로 가장 훌륭한 자원이지만, 유가공산업에서 치즈, 크림 등 고급 식품원료로 이용

되기 때문에 가격이 높아 송아지 대용유 제조를 위해서는 경제성을 고려하여 보다 저렴한 동물성 또는 식물성 유지를 유지방의 대체원료로 활용하게 됨. 흔히 사용되는 동물성 유지방 대체원료는 우지(tallow)와 돈지(lard)가 있는데, 이들 원료는 유지방보다 저렴하지만 탄소수 16개(C16, Palmitic acid) 이상의 장쇄지방산이 높은 비율을 차지하고 동물성 원료를 소의 사료로 활용하는데 대한 우려와 제제로 사용이 제한적임. 식물성 유지방 대체원료 중에서 대두유(soybean oil), 옥수수유(corn oil)는 단쇄나 중쇄 포화지방산 함량이 적고 장쇄 불포화 지방산 중 특히 오메가 6 지방산인 리놀레산(C18:2, Linoleic acid)이 매우 높아 사용이 어려운 반면, 코코넛유(coconut oil), 팜핵유(palm kernel oil)의 경우 단쇄, 중쇄지방산 함량이 월등히 높아 이와 반대의 특성을 지닌 팜유(palm oil)과의 적정비율 혼합을 통해 유지방산과 유사한 조성을 구현하는데 많이 이용되고 있음(Huuskonen 등, 2005).

표 4. 우유와 다양한 동물성/식물성 유지의 지방산 조성 비교

Fatty acid	Holstein milk	Lard	Tallow	Coconut oil	Palm kernel oil	Palm oil	Soybean oil	Corn oil
C10:0 Capric acid	3.03	0.09	0.92	7.5	3.4	-	-	-
C12:0 Lauric acid	3.64	0.1	0.1	44.19	48	0.35	-	-
C14:0 Myristic acid	10.92	1.5	3.6	17	16.2	0.56	0.065	0.03
C16:0 Palmitic acid	28.7	26	29.2	0.5	8.4	37.62	10.2	8.3
C18:0 Stearic acid	11.23	16.5	18.5	2.76	2.5	4.42	4.5	2.5
C18:1 Oleic acid	22.36	36.6	40.9	6.45	15.3	37.06	22.7	23.9
C18:2 Linoleic acid	2.57	11.3	1.3	1.84	2.3	9.88	54.8	59.8
<C14 Total*	17.59	1.69	4.62	68.69	67.6	0.91	0.065	0.03

*C14 이하 지방산 비율의 총합

(Various sources)

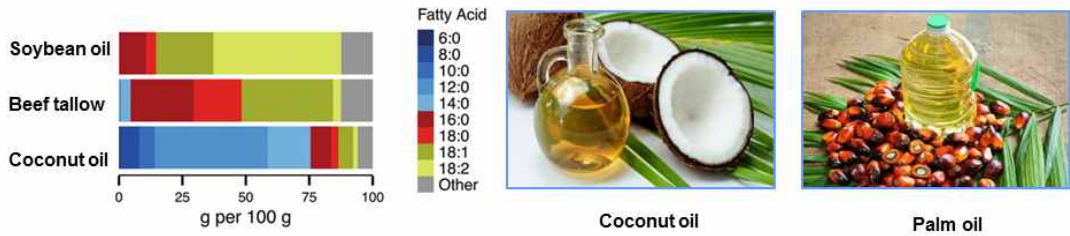


그림 12. 유지별 지방산 조성 차이, 코코넛유와 야자유

(4) 탄수화물 원료(유당, lactose)

- 유당은 우유에 자연적으로 포함되어 있는 주요 탄수화물로 글루코스 (glucose)와 갈락토스(galactose)의 중합체로 이루어진 이당류 (di-saccharide)인데, 단기 에너지원으로써 지방과는 별도로 송아지 대용유에 반드시 포함되어야 하는 요소임.
- 신생 송아지의 소화장관에서 생성되는 유당분해효소인 락타아제 (lactase)에 의해 단당으로 분해되어 장상피세포를 통해 흡수됨. 포유동물에서 락타아제는 포유기에 그 생산량이 높으며 성체가 될수록 발현량이 감소하는 양상을 보임. 전분(starch)을 분해하는 아밀라아제(α-amylase)나 설탕(sucrose)을 분해하는 수크라제(sucrase)의 생산량은 포유기 때 낮고 성장을 하면서 증가하기 때문에 대용유의 탄수화물원료로 전분이나 설탕은 적합하지 않음(Costello, 2018).
- 유당은 포유기 에너지원으로 매우 중요한 영양성분이지만 소화장관 내 삼투압에 영향을 미쳐 적정량 이상 포함될 경우 설사 등의 이상대사의 원인이 되기도 함. 우유 내 포함되어 있는 유당 함량은 평균 5% 내외이므로, 대용유 파우더에는 약 40~45%의 유당이 포함되는 것이 일반적임. 유가공 부산물인 유당은 일반적으로 치즈 생산중에 유청 (whey)와 함께 혼합된 형태로 얻어지며, 일반적으로 대용유의 원료로 사용할 경우 유청과 정제유당을 혼합하여 적정비율을 결정하게 됨(그림 11).

(4) 비타민, 미네랄 및 기타 첨가제

- 대용유는 인공포유 중인 신생 송아지에게 있어서 유일한 먹이로, 에너지 대사와 관련있는 비타민 B 그룹, 세포성장 및 지방대사와 관련있는 비타민 A, 칼슘 흡수와 관련 있는 비타민 D 등은 칼슘, 인, 마그네슘, 아연 등 필수 미네랄과 함께 대용유에 첨가하여 부족현상이 나타나지 않도록 해야 함.
- 기타 면역력 증진, 감염성 질병 예방, 반추위 발달 촉진, 스트레스 저감 등을 목적으로 대용유 제조사에 따라 다양한 생리활성 물질을 활용한 기능성 첨가제를 적용하기도 함.

다. 상용 축우용 대용유 영양조성 조사 및 분석

(1) 단백질 및 지방 함량

- 국내외 시판 젖소 대용유는 농축 파우더를 우유 고형분 함량인 약 12.5%에 맞추어 액상으로 환원하여 급여하게 되는데, 이 때 특히 포유기 송아지의 체성분이 되는 단백질과 체성분과 함께 장기 에너지원이 되는 지방이 충분히 공급되어야 함. 홀스타인 젖소를 기준으로 우유 내 평균 단백질과 지방 함량은 각각 3.5%와 지방함량 3.7%로 단백질:지방의 비율이 0.94로 균형을 유지함. 그러나 액상으로 환원된 상용 대용유의 경우 평균 단백질 함량이 약 2.25~3.12%, 지방함량은 1.00~1.87% 수준으로 젖소 모유와 비교하면 대부분 단백질과 지방함량이 실제 우유에 비해 낮고 단백질과 지방의 불균형이 심한 것으로 나타나, 지방 유래의 에너지가 40% 이상 부족현상을 보이고 있음(Lee 등, 2008, 2009), (표 5).
- 한우와 유사한 생리적 특성을 가진 육용종인 일본의 화우의 경우, 포유기에 화우 전용 대용유를 이용한 인공포유가 일반적으로 행해지

고 있는데, 표준적인 대용유 파우더의 조성이 조단백 26%, 조지방 25.5%, TDN 116%로 이는 액상(12.5%)으로 환원하였을 경우, 단백질과 지방 함량이 각각 3.25%와 3.18%로 함량 및 단백질:지방의 비율에서 실제 우유와 유사한 조성을 보임(Matsubara 등, 2016).

표 5. 국내외 젖소용 상용 대용유 단백질 및 지방 함량 비교(%)

구분	수입 대용유 A		수입 대용유 B		국내 대용유 A		국내 대용유 B		젖소 기준 모유 평균	
	파우더	액상 환원	파우더	액상 환원	파우더	액상 환원	파우더	액상 환원	파우더	액상
조단백질	23.36	3.54	19.77	2.47	24.48	3.06	23.79	2.97	-	3.5
조지방	18.27	2.28	16.65	2.08	22.46	2.81	18.44	2.3	-	3.7
단백질:지방	1.55		1.19		1.09		1.29		0.94	

(한국단미사료협회 분석 결과)

(2) 유당 함량

- 홀스타인 젖소 기준으로 우유에 함유되어 있는 평균 유당 함량은 약 5% 내외로, 이는 송아지의 소화생리에 부담을 주지 않으면서 에너지를 공급하는 이상적인 농도인 것으로 여겨지고 있음. 따라서 대용유의 포물라를 설계함에 있어서도 유당의 함량을 액상 환원시 실제 우유 내 유당 함량과 유사하도록 조정하는 것은 매우 중요한데, 주로 유당의 원료가 되는 유청 분말과 정제 유당의 적정 비율 혼합을 통해 이를 구현하게 됨.
- 실제로 국내외 젖소용 상용 대용유의 당 성분을 조사하였을 때 대체로 5% 내외의 유당 함량을 보였으며, 경우에 따라 부족한 에너지를 높이고 송아지의 대용유 섭취시 기호성 및 기능성을 향상시키기 위해 포도당이나 텍스트린 등을 추가하는 것으로 나타남(표 6).

표 6. 국내외 젖소용 상용 대용유 당 성분 함량 비교(%)

구분	수입 대용유 A		수입 대용유 B		국내 대용유 A		국내 대용유 B	
	파우더	액상 환원	파우더	액상 환원	파우더	액상 환원	파우더	액상 환원
총당	55.29	6.91	48.51	6.06	51.23	6.40	52.80	6.6
포도당	-	-	2.92	0.37	0.61	0.08	1.82	0.23
유당	39.36	4.92	44.04	5.51	41.88	5.24	43.06	5.38

(한국단미사료협회 분석 결과)

(3) 지방산 조성

- 홀스타인 기준 모유의 경우 가장 높은 비율을 나타내는 지방산은 약 30%를 차지하는 Palmitic acid(C16:0)이고, 그 뒤를 이어 Oleic acid(C18:1) 가 약 23%, Stearic acid(C18:0)가 약 15%로 약 70%의 장쇄지방산군을 형성하고 있고, 약 11%를 차지하는 Myristic acid(C14:0), 약 3.5%의 Lauric acid(C12:0), 약 2.4%의 Capric acid(C10:0)가 약 17%의 중쇄지방산군, 나머지 단쇄지방산이 약 3%를 형성하고 있어 전체 지방산중 단쇄 및 중쇄지방산의 비율은 약 20% 내외임.
- 현재 유통되고 있는 수입/국내 대용유의 지방산 조성을 살펴보면, 단쇄 및 중쇄지방산 비율이 약 15~27%로 총합에서는 실제 우유의 조성 과 상당히 근접한 것으로 나타나고 있는데, 대용유 제조에 흔히 사용되는 코코넛유와 야자유의 조합의 특성상 Lauric acid(C12:0)와 Myristic acid(C14:0)의 비율이 우유의 조성과는 역전되는 현상을 보이고 있음. 특이한 점으로 '국내 대용유 A'의 경우 지방산 조성이 우유와 거의 동일한 것으로 나타났는데, 대용유의 원료로 전지분유(whole milk powder)를 사용하고 있는 것으로 추정되었음(표 7).

- 전술한 바와 같이 포유기 송아지의 지방대사 특성상 소화흡수율이 높은 단쇄 및 중쇄지방산의 적정 함유량은 매우 중요한데, 현재 시판 중인 축우용 상용 대용유는 모두 이러한 사실에 입각해 지방산 조성을 설계하고 있는 것으로 나타났다.

표 7. 우유와 축우용 상용 대용유 주요 지방산 조성 비교(%)

지 방 산		수입 대용유 A	수입 대용유 B	국내 대용유 A	국내 대용유 B	국내 시판 우유(젖소)
C4:0	Butyric acid	-	0.06	0.92	0.04	0.98
C6:0	Caproic acid	0.15	0.11	0.92	0.08	1.08
C8:0	Caprylic acid	1.82	1.02	0.93	0.83	0.92
C10:0	Capric acid	1.88	1.06	2.39	0.93	2.43
C12:0	Lauric acid	15.64	7.82	4.55	11.18	3.50
C14:0	Myristic acid	7.66	4.57	10.89	5.31	11.17
C16:0	Palmitic acid	32.19	35.79	35.29	34.64	32.08
C18:0	Stearic acid	6.65	4.87	10.64	4.53	14.63
C18:1n9c	Oleic acid	24.04	33.22	23.15	32.94	22.86
C18:2n6c	Linoleic acid(LA)	7.27	9.66	3.01	7.96	2.81
C18:3n3	α -linolenic acid(ALA)	1.25	0.37	0.31	0.19	0.27
<C14 Total*		27.15	14.64	20.6	18.37	20.08

*C14 이하 지방산 비율의 총합

(본 과제 분석 결과)

라. 한우 송아지 맞춤형 모유 수준 대용유 개발 단계별 전략

“1차년도 최적 대용유 급여 프로그램 결정 후 2차년도에 진행”

(1) 1단계: 한우 농가 모유 생산량 및 유성분 조사

- 기존 축우용 상용 대용유에 대한 성분 분석
- 한우의 비유시기별 유생산량을 측정하여 산유량 곡선 도출
- 한우 유즙의 유성분 조성에 대한 'reference range' 도출
- 한우 유지방 내 지방산 프로파일(profile) 조사

(2) 2단계: 한우 유성분 함량에 근거한 대용유 영양조성 설계

- 기능성 및 경제성 고려 대용유 제조 기본 원료 확보
- 한우 유지방 내 지방산 조성과 기존 축우용 상용 대용유 지방산 조성에 근거하여 식물성 유지를 활용한 최적 지방산 조성 도출
- 한우 모유 영양성분에 근거하여 기본 시험대용유 원료 배합비 결정
- 포유기 한우 영양 강화 기능성 첨가제 설계

(3) 3단계: 한우 송아지 전용 대용유 최적 영양조성 결정

- 단백질과 지방 영양조성을 다변화한 시험대용유 1, 2 제조
- 1차년도에 도출한 최적 대용유 급여프로그램을 적용하여 시제품 대용유에 대한 비교 포유시험 진행
- 포유시험을 통해 한우 송아지 전용 대용유 최적 영양조성 제시
- 로봇포유기를 활용한 한우 송아지 맞춤형 대용유 급여 프로그램 제시

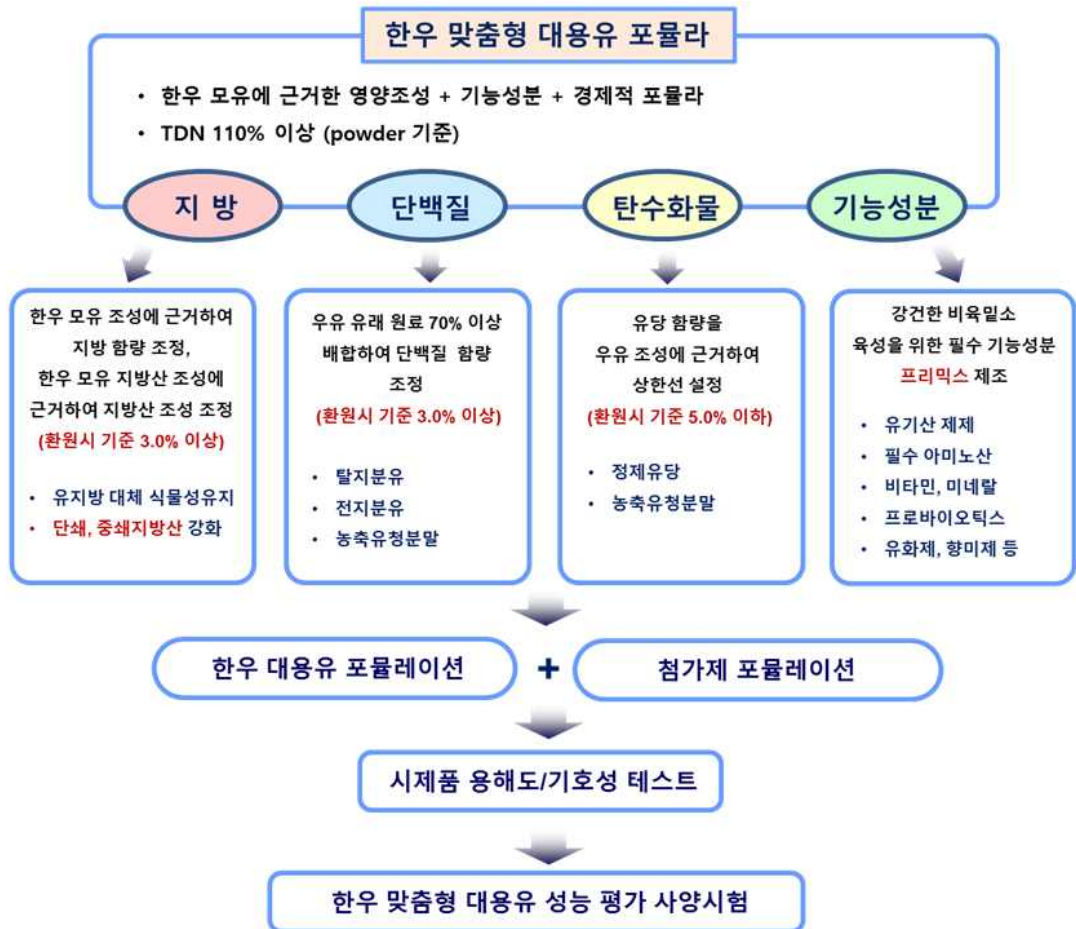


그림 13. 한우 송아지 맞춤형 모유 수준 대용유 개발 전략 개요

2. 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발 핵심 전략

가. 대용유를 이용한 송아지 인공포유

- (1) 인공포유: 우유를 사람이 음용할 목적으로 생산하는 낙농업에서는 송아지를 어미에 의해 포육하는 자연포유 대신 출생 후 포유기 송아지의 초기 면역에 필수적인 초유(colostrum)를 급여한 다음 바로 어미와 격리하여 상업적으로 개발된 대용유를 활용하여 관리자에 의해 인공적으로 포유하는 인공포유 방식이 일반적임.
- (2) 인공포유 목표: 신생 송아지가 질병에 걸리지 않도록 위생적으로 관리하면서 대용유를 통해 충분한 영양을 공급하여 체성장과 반추위 발달을 이루어 스스로 고형사료를 섭취할 수 있는 육성기에 안정적으로 진입할 수 있도록 함.



그림 14. 젖소 송아지 인공포유 예(Geiger, Adam, 2017)

(3) 인공포유의 장점

- 어미가 출산 후 즉시 유생산에 참여하여 생산성이 향상되고, 포유류의 번식생리상 새끼에 의한 포유자극이 없어 발정재귀가 빨라져 번식효율이 증진됨.
- 송아지 성장에 필수적인 영양소가 함유된 대용유를 정해진 프로그램에 따라 정량급여 할 수 있어 영양적으로 균일한 송아지 생산 가능.
- 계절에 따른 영양 강화, 개체별 성장 차이에 따른 차등 급여, 질병예방 및 치료를 위해 대용유의 성분을 관리자의 의도에 따라 조정하여 급여하는 것이 가능.
- 포유기 송아지의 개체별 관리를 통해 위생적 포육이 가능.

나. 인공포유 프로그램

(1) 젖소 송아지를 위한 일반적인 대용유 급여 프로그램 예

표 8. 국내 'P' 사의 젖소 대용유 'N' 제품의 급여프로그램 예

생후 주령	체중 (kg)	일급여 프로그램			농도 (%)	급여량 (%BW)	단백질 함량	지방 함량
		파우더 (g)	물 (L)	회수				
3일까지	41.8	초유 급여						
1주	44.2	165	1.5	2	11	6.8	2.2	1.87
2주	48.4	220	2.0	2	11	8.7	2.2	1.87
3주	52.6	220	2.0	2	11	7.6	2.2	1.87
4주	56.8	220	2.0	2	11	7.0	2.2	1.87
5주	61	165	1.5	2	11	4.9	2.2	1.87
6주	65.2	220	2.0	1	11	3.1	2.2	1.87

- 대용유 파우더(단백질: 20%, 지방: 17%)를 11%(110g/L)농도로 온수 (45~50℃)에 액상화원 하여 송아지 성장단계에 따라 차등 급여
- 평균 생시체중 40kg에서 시작하여 일당증체량 0.6kg을 목표로 6주간 포유하여 6주령에 체중 65kg 이상 도달시 이유
- 급여기간 동안 액상화원 기준으로 대용유 단백질 함량 2.2%, 지방함량 1.87% 유지
- 생후 3일까지 초유 급여 후 1주차에 1.5L씩 오전, 오후 2회 급여. 2~4주차에 2.0L씩 2회, 5주차에 1.5L씩 2회, 6주차에 2.0L 1회로 점감급여 하여 이유 유도
- 포유기 동안 고형사료(입붙이기 사료, calf starter)를 1kg 이상 섭취할 수 있도록 유도
- 대용유 최대섭취 구간에서 체중의 8%(BW: %Body Weight) 급여

(2) 화우(일본) 송아지 대용유 급여 프로그램 예

- 한우와 유사한 유전적 배경과 생리를 지닌 육용종인 일본 화우의 경우 포유기 송아지에 대한 인공포유가 보편화되어 있음.

Wagyu (Japanese Beef)


The feature:Wagyu(Japanese Beef)

The feature



Wagyu, raised one by one like a part of the family

From their birth until shipment, Wagyu are given individual names and nurtured like a part of the family. The fine taste of Wagyu comes from the tender, loving care that goes into their breeding.

How Wagyu are raised

Wagyu calves stay at a farm up to 7 to 10 months after the birth and will be sent to the calf auction market, after which they are fattened until approx. 200kg before shipment.

Weaned soon after birth, calves are fed with milk replacer one by one by hand. Another example of tender care is that some farms provide their calves with headstache calf jackets when the weaners gets colder.

On the fattening farm, Wagyu are raised in the beef cattle barns given individual names instead of in largescale feedlots.

The control system



그림 15. 일본 화우 공식 홍보 홈페이지 대용유 급여 소개

표 9. 일본 화우 대용유 급여 프로그램 예(국내 'C' 사 제공)

포유단계 구분				목표 체중 (kg)		초유 급여 (L)	대용유 급여			고형 사료 (g)	배 합 건 초	물	
육성 단계	월 령	주령	일령	수	암		고형 (g/일)	액상 (L/회)	농도 (%)				
포유기	1	1	1~3	33	30	1~2 (2회)					소 량 급 여	1일 1회	
			4~7				300	1.5/2	12	20			
		2	8~11	↓	↓		400	1.5/2	13	50		자 유 급 수	
			12~14				440	1.5/2	14.6	100			
		3	15~21				500	2/2	12.5	200			
		4	22~28	50	45		500	2/2	12.5	400			
	2	5	29~35				500	2/2	12.5	600			
		6~7	36~50	↓	↓		500	2/2	12.5	900			
		8~9	51~52				500	2/2	12.5	1,000	자 유 급 여		
			53~60	72	67		250	2/1	12.5	1,200			
	육성기	3	10~12	61~84	92		86					2,500	

- 대용유 파우더(단백질: 26%, 지방: 25.5%, TDN: 116)를 온수(45~50℃)에 액상화하여 송아지 성장단계에 따라 차등 급여
- 평균 생시체중 33kg(수), 30kg(암)에서 시작하여 일당증체량 약 0.4kg을 목표로 9주간 포유하여 9주령에 체중 72kg(수), 67kg(암) 이상 도달시 이유
- 급여기간 동안 성장 단계에 따라 대용유 농도에 차등을 두어 급여, 액상화원 기준으로 최대 급여구간에서 대용유 단백질 함량 3.25%, 지방함량 3.0% 도달
- 생후 3일까지 초유 급여 후 1~2주차에 1.5L씩 오전, 오후 2회 급여. 3~8주차에 2.0L씩 2회, 9주차에 2.0L 1회로 점감급여 하여 이유 유도
- 포유기 동안 고형사료(입불이기 사료, calf starter)를 1.2kg 섭취할

수 있도록 유도, 물은 2주차, 건초는 8주차에서 자유급여

- 대용유 최대섭취 구간에서 여름에는 체중의 10%(BW), 겨울에는 체중의 12%(BW)급여

다. 로봇포유기(robot milk replacer feeder)

(1) 로봇포유기는 사용자가 미리 설정한 포유 프로그램에 따라 송아지의 성장단계에 맞추어 인력의 도움 없이 대용유를 정량적으로 급여해주는 ICT(Information and Communication Technology) 기반의 자동화 설비로서 다음과 같은 장점을 보유함.

- 태어난 일시가 다른 송아지에 대해 성장단계에 따른 독립적인 개체별 포유 프로그램 적용 가능
- 포유류의 생리에 최적화된 소량다회 급여 가능
- 대용유 급여 이력에 대한 과학적인 자동 기록 관리
- 포유기에 풍부한 영양공급으로 생산성 향상과 동물복지 증진
- 자동화로 인한 노동력 절감

(2) 현재 상업적으로 가장 보편화 되어 있는 송아지용 로봇포유기는 아래 두가지 방식이 있음(그림 16).

- 챔버식(chamber type) 로봇포유기: 포유장치와 유압식 출입문이 설치되어 있는 방(chamber) 형태의 포유기로, 개별 송아지에 목걸이 형태로 부착한 RFID(Radio Frequency Identification) 태그를 인식하여 포유대상 송아지에게 자동으로 문을 열어 포유. 송아지가 자유의사에 따라 포유기를 상시 방문하면 프로그램에 정해진 포유 횟수로 대용유 정량 급여. 송아지의 자유도가 높고 체중에 연동한 포유 프로그램 적용 가능. 송아지가 포유기에 스스로 방문하기까지 적응훈련 필요
- 레일식(rail type) 로봇포유기: 송아지를 각각의 케이지에 계류시킨 후 천정에 설치된 레일을 따라 포유기가 이동하며 각 케이지의 송아지에게

프로그램에 정해진 포유 횟수로 대용유 정량 급여. 송아지의 의사와 관계 없이 정해진 시간에 대용유를 급여함. 포유기가 각각의 송아지 케이지에 순차적으로 접근하기 때문에 상대적으로 포유 적응이 용이함.

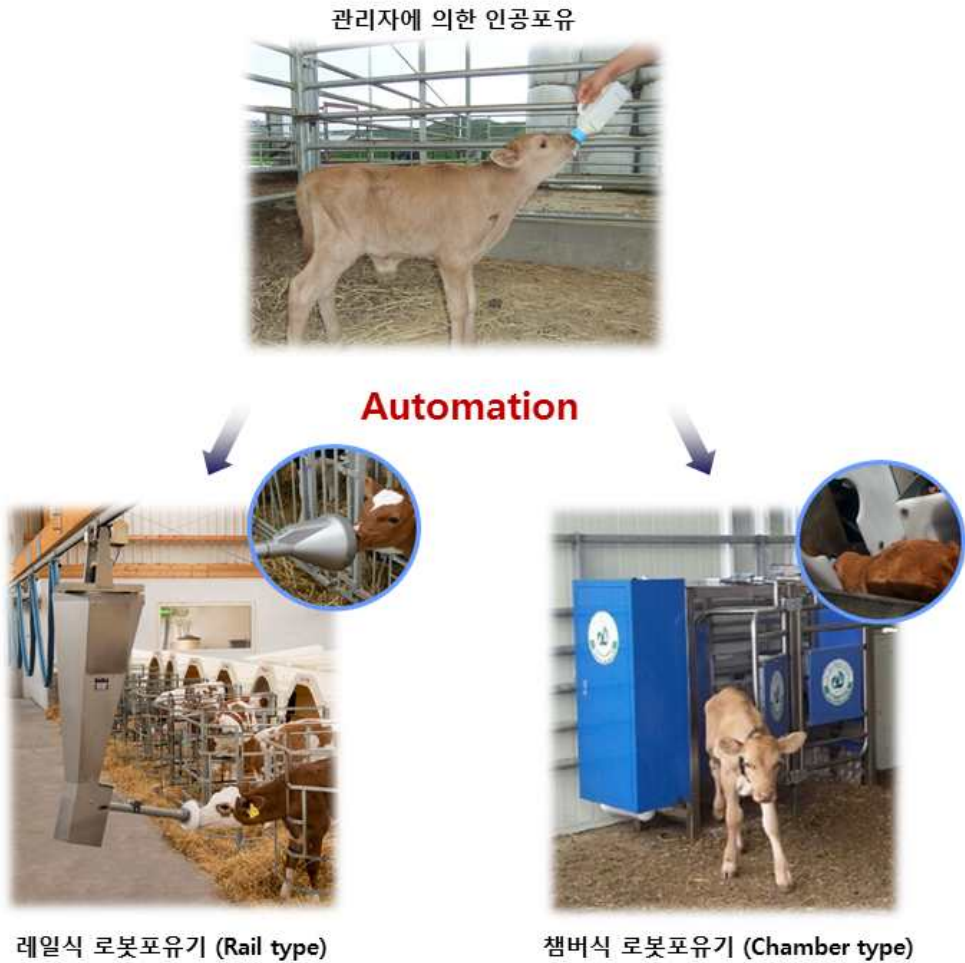


그림 16. 관리자에 의한 인공포유와 로봇포유기 활용

라. 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발 단계별 전략

“2차년도 한우 송아지 전용 대용유 개발에 앞서 1차년도에 진행”

(1) 1단계: 기존 젖소, 화우 대용유 급여 프로그램 응용 분석

- 젖소 프로그램의 경우 대용유의 지방, 단백질 함량이 낮고, 포유기간이 6주로 한우 생리에 적합하지 않은 것으로 판단됨.
- 화우 프로그램의 경우 대용유의 지방, 단백질 함량이 충분하나, 대용유의 농도를 성장단계에 따라 조정하는 방식이라 지나치게 복잡하고 자동화하기 어려운 것으로 판단됨.
- 한우 송아지 전용 대용유 급여 프로그램을 단백질, 지방함량을 액상 기준 3%이상, 대용유 농도 고정방식, 8주 이유 프로그램으로 설계

(2) 2단계: 사양시험 기반의 최적 대용유 급여 프로그램 확립

- 레일형(rail type) 로봇포유기 활용 한우 송아지 개체 자동 포유관리 프로그램
- 송아지 생시체중의 최대 20% 이상 급여할 수 있는 대용유 급여 프로그램
- 포유동물 생리에 적합한 소량다회, 계절적 변동 없는 일일 정량 급여 포유 프로그램 구현
- 이유스트레스를 최소화하고 농후사료 전환이 용이한 대용유 점감급여 체계 결정

(3) 3단계: 한우 송아지 맞춤형 ICT 기반 인공포유 체계 모델 제시

- 한우 송아지 생리 및 성장에 최적화된 인공포유 체계 모델 제시
- 송아지 생산성 및 동물복지 향상에 기여하는 프로그램 확립
- 한우의 성장 잠재력을 최대한 발휘하여 강건한 비육밀소로 육성할 수 있는 대용유 급여 프로그램



그림 17. 1, 2차년도 연구전략 요약

제2절. 한우 대용유 포몰라 개발 연구 방법론

“한우 전용 대용유 포몰라 개발 목표(2차년도)”

- 한우 모유 영양조성에 근접한 한우 송아지 전용 맞춤형 대용유 포몰라 개발
- 높은 기호성, 소화 이용률 향상, 항병력 증진, 이유체중 증가
- 포유기 영양 강화를 통해 강건한 비육밀소 육성에 기여하여 출하 성적 향상(유전자 각인 효과, genetic imprinting)

1. 한우 전용 대용유 포몰라 개발 개요

가. 한우 모유 산유량 및 성분조성 조사

(1) 한우 산유량 조사

- 시험목장의 초산우 및 경산우를 대상으로 송아지 출산 후 한우 유생산량 추이 조사
- 보정틀에 암소를 고정한 후 이동식 착유기를 활용하여 오전/오후 1일 2회 모유를 전착유 진행한 후 합산하여 1일 생산량 산출
- 개체당 최대 3주 착유를 통해 한우 생산량 곡선 도출

(2) 한우 모유 성분조성 조사

- 한우 모유 영양조성에 근접한 한우 송아지 전용 맞춤형 대용유 포몰라 개발을 위해 한우 모유 영양조성 조사
- 한우로부터 1일 착유한 우유를 균질화(homogenization)한 후 일반성분조성 조사
- 한우로부터 착유한 우유 내 지방산 프로파일 조사

나. 한우 모유 영양조성에 근거한 대용유 포물라 개발

(1) 한우 전용 대용유 개발 기본 방향

- 한우 모유조성 및 지방산 프로파일과 기존 상용대용유 및 본 연구의 표준대용유(누카멜엘로우) 비교 분석 진행
- 한우 전용 대용유의 영양조성을 경제성을 고려하여 최대한 한우 모유 수준으로 조정
- 한우 전용 대용유의 지방산 조성을 한우 송아지의 소화흡수율에 최적화하기 위해 최대한 한우 모유수준으로 조정
- 화우 전용 대용유를 벤치마킹하여 파우더 기준, 총가소화영양소 (Total Digestible Nutrition, TDN)를 110% 이상으로 조정
- 포유기 송아지 탄수화물 소화생리에 근거하여 유당함량을 한우 모유에 근접 또는 이하로 조정

(2) 시험대용유 주요 원료 선택

- 한우 전용 대용유 전체 원료의 70% 이상을 우유 유래 성분으로 제조하여 고급화 추구
- 포유기 송아지 지방 소화생리에 근거하여 단쇄 및 중쇄지방산 함량을 보강하기 위한 식물성 유지 활용(팜유와 코코넛유의 조합)

(3) 기능성 첨가제 프리믹스(premix) 적용

- 단백질, 지방, 탄수화물 등 기본 영양조성 외에 송아지 포유기에 필요한 부가적 기능성을 확보하기 위해 효과가 검증된 원료를 활용한 프리믹스 제조
- 필수 영양소 보강, 에너지 대사 활성화, 면역력 증진 및 송아지 설사 예방 등을 목표로 유기산제, 아미노산 제제, 비타민 및 미네랄 제제, 생균제 등 활용

- 기호성 증진과 원료의 균질성 및 용해도 향상을 위해 향미제 및 유화제 활용

가. 시험대용유 제조 조건

(1) 시험대용유 1(고사양, high spec.)

- 한우 모유 성분조성을 고려하여 조단백, 조지방 함량을 표준대용유에 비해 높게 설정
- 지방산 조성을 한우 모유 지방산 구성에 근거하여 유사하게 조정
- 유당함량을 5% 이하로 조정

(2) 시험대용유 2(일반사양, normal spec.)

- 경제성을 고려하여 조단백, 조지방 함량을 표준대용유에 준하여 설정
- 지방산 조성을 한우 모유 지방산 구성에 근거하여 유사하게 조정
- 유당함량을 5% 이하로 조정

[표준대용유]

1. 누카멜옐로우(Nukamel Yellow, NuKamel사, 네덜란드)
2. 파우더 기준, 조단백 24%, 조지방 20%, 유당 5.12%, TDN 108%(표 10)

표 10. 표준대용유(누카멜옐로우) 파우더 성분조성

성분	조단백	조지방	조회분	유당	아미노산	기타 첨가제
함량 (%)	24.0	20.0	8.0	39.4	3.70	비타민A (25,000 IU/kg)
비고	농축유청 밀단백	팜유:코코넛유 (3:2)	칼슘(0.7) 인(0.6)	총당 (55.4)	라이신(2.0) 메티오닌(0.5) 트레오닌(1.2)	오메가3(2,750 ppm) 생균제 (2종, 10 ⁹ CFU/kg)

(제조사 제공 정보, Nukamel, 네덜란드)

나. 시험대용유 급여 사전 실험

(1) 용해도(분산도) 실험

- 대용유의 용해도(분산도)는 대용유의 소화흡수율에 대한 간접적인 지표이며, 로봇포유기를 활용한 자동급이시 대용유의 원활한 파이프 이송 효율에 영향을 미침.
- 시험대용유 1, 2와 표준대용유를 온수(38℃)에 완전히 현탁한 후 침전물의 침강속도 및 양 측정

(2) 기호성 실험

- 본 실험에 앞서 시험대용유에 대한 한우 송아지의 기호성 및 대사이상 여부 검사
- 포유기 송아지 3두를 공시하여 표준대용유와 실험대용유를 1일간 회당 2L씩 2회 각각 인공포유 후 대용유에 대한 접근성, 급여후 대사이상(연변 및 설사 발생 여부) 관찰

다. 시험대용유 효과 검정 실험

(1) 표준대용유(대조구) 및 시험대용유(실험구) 급여 프로그램

- 1차년도 연구를 통해 확립한 ‘한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램’ 준용
- 출생 후 즉시 어미와 격리, 1일 내에 대용초유(Headstarter, Canada)를 온수에 225g/800mL로 현탁하여 1회, 총 2.4L를 손포유로 급여
- 초유 급여 후 정해진 대용유 일일 급여 프로그램에 따라 실험자에 의한 인공포유 실시
- 송아지 포유 실험은 출생 즉시 개시하여 60일(약 2개월)간 진행

(2) 시험대용유 효과 검정 실험구 설정

- 대조구: 표준대용유(누카멜엘로우) 급여
- 실험구 1: 시험대용유 1(고사양, high spec.) 급여
- 실험구 2: 시험대용유 2(일반사양, normal spec.) 급여

(3) 상이한 송아지 출생일에 따른 순차적 실험구 구성

- 송아지 출생일이 모두 상이하므로 송아지 출생일에 따라 순차적으로 목표 두수를 채워 실험구를 구성함.
- 실험구 내의 모든 송아지는 각 출생과 인공 초유급여 이후 시작되는 개별적인 포유 프로그램으로 관리

예) 7월 입식 송아지 대상 대용유 실험

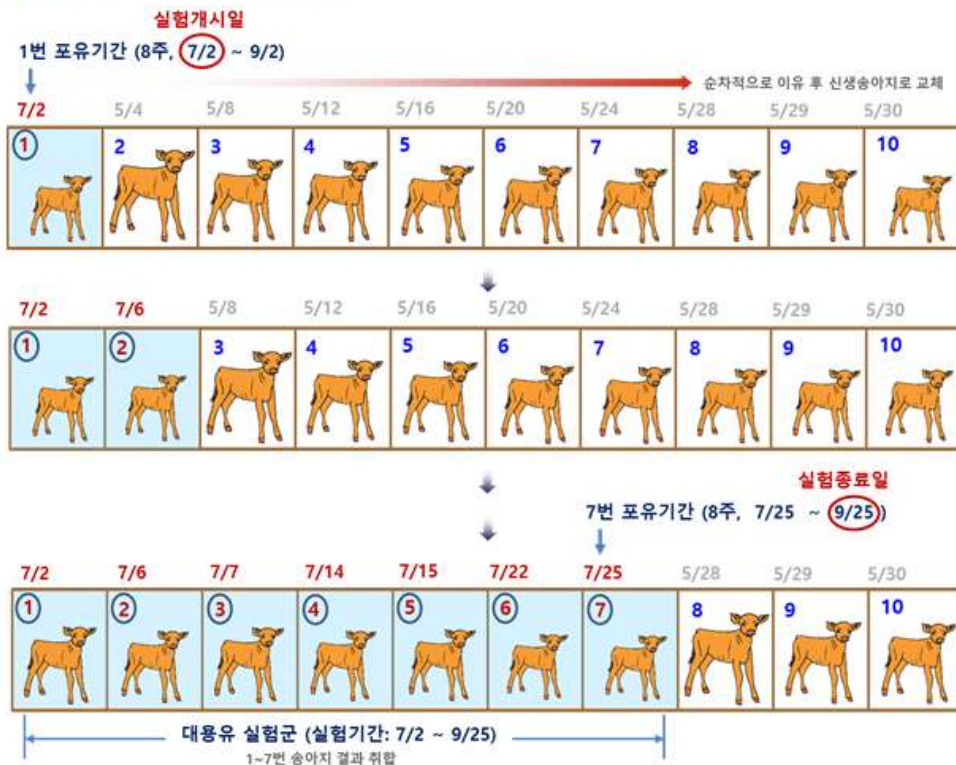


그림 18. 상이한 송아지 출생일에 따른 순차적 실험구 구성 예

다. 한우 전용 대용유 성능 평가 항목

표 11. 한우 전용 대용유 평가 항목 요약

평가 항목	측정 일정	측정 방법	비고
대용유 섭취량	매일	로봇포유기 기록	초유 급여 이후
고형사료 섭취량	매일	관리자 잔량 기록	10~15일 이후
체위 및 증체량	1주 간격	관리자 측정	체위: 줄자 체중: 우형기
분변 검사	수시	관리자 기록 및 처치	처치: 전해질 및 항생제 투여
혈액분석(MPT)	출생, 30일, 60일, 3회	관리자 경정맥 채혈	서울대학교 수의과대학 대동물병원, 전두수 검사
모발 미네랄 검사	출생, 30일, 60일, 3회	관리자 목덜미 부분 모발 채취	바이오컴 팻, 군당 2두 무작위 선발

(1) 성장 지표

- 대용유 일일 섭취량 및 누적 섭취량
- 고형사료 일일 섭취량 및 누적 섭취량
- 체위 및 증체량(일당증체량, 이유체중)

(2) 생리 지표

- 분변 검사: 설사 및 연변정도 및 설사 치료 이력
- 혈액분석(MPT): 출생 후 2일, 30일, 60일, 총 3회 혈액을 채취하여 일반 혈액분석과 각종 대사 및 스트레스 관련 지표 조사(표 12)
- 모발 미네랄 검사: 송아지 모발 내 미네랄 균형, 중금속 축적 분석(표 13)

(3) 통계 분석

- 대조구와 실험구 간 유의차에 대한 통계분석은 GraphPad Prism Software 5를 이용한 two-way ANOVA 기법을 통해 진행하였음.

표 12. 혈중 MPT 지표

카테고리	지표 물질	비고
단기 영양상태	NEFA(Nonesterified fatty acids)	사료내 에너지 부족시 체지방 분해로 증가
	BUN(Blood Urea nitrogen)	사료내 단백질 함량 과다시 증가
항상성 유지 및 에너지 상태	TP(Total protein)	혈중 총 단백질 함량(Alb+Glb)
	Alb(Albumin)	반감기가 긴 단백질. 소화가능한 조단백질의 상태를 장기적 관찰 가능
	Glb(Globulin)	간에서 생성되는 단백질
	T-Cho(Total cholesterol)	사료에너지 및 대용유 흡수 지표
	TG(Triglyceride)	혈중 중성지방 수치
반추위 발달상태	b-HB(beta-hydroxyl butyrate)	섭취사료의 반추위 발효로 생성
	Glu(Glucose)	반추위 발달과 함께 낮아짐
면역력 지표	GGT(r-glutamyl transferase)	초유에 존재하며, 송아지 혈액 내 초유이행 항체와 양의 상관관계를 보임
	TP(Total protein)	항체 및 면역단백질 총량과 관련
	Glb(Globulin)	포유기에 초유이행 항체가 증분할 경우 증가
미네랄 대사	Ca(Calcium)	뼈 형성과 근육, 신경의 흥분성 조절
	iP(Inorganinc phosphate)	칼슘 대사와 밀접한 관련, 세포 활성화
조직손상 및 스트레스 지표	LDH(Lactate dehydrogenase)	모든 세포가 가지는 세포 내 효소로 조직손상에 따라 증가
	AST(Aspartate aminotransferase)	근육, 간세포 내 효소로 조직손상에 따라 증가
	ALP(Alkaline phosphatase)	간기능 저하에 따라 증가
	T-Bil(Total bilirubin)	간 기능 지표. 간기능 저하시 증가
	D-Bil(Direct bilirubin)	간 기능 지표. 간, 담도의 질환시 증가
	Crea(Creatine)	갑상선 및 신장 기능 이상시 혈중 농도 증가
	CK(Creatine kinase)	근육 내 효소로 조직 손상에 따라 증가

표 13. 소에서의 모발 내 미네랄 분석 지표

필수 영양 미네랄 원소 비율			
Ca/P: 자율신경계 균형		Na/K: 스트레스 및 활력 상태	
• 기준범위: 0.8 ~ 5.8 • 기준범위 이하: 교감신경계 우세(긴장) • 기준범위 이상: 부교감신경계 우세(무기력)		• 기준범위: 2.0 ~ 4.0 • 기준범위 이하: 만성 스트레스 • 기준범위 이상: 급성 스트레스	
Na/Mg: 부신 활성화도		Zn/Cu: 면역 기능	
• 기준범위: 2.0 ~ 8.0 • 기준범위 이하: 부신활력 저하(무기력) • 기준범위 이상: 부신활력 항진(긴장)		• 기준범위: 10.0 ~ 16.0 • 기준범위 이하: 면역력 저하 • 기준범위 이상: 심혈관 위험 증가	
주요 필수 미네랄 정상 기준 범위(ppm)		주요 독성 중금속 중독 범위(ppm)	
Ca(칼슘)	500 ~ 1,500	Hg(수은)	0.21 이하
Mg(마그네슘)	50 ~ 180	Pb(납)	0.07 이하
P(인)	100 ~ 300	Al(알루미늄)	7.0 이하
Na(나트륨)	150 ~ 2,500	Cd(카드뮴)	0.014 이하
K(칼륨)	180 ~ 2,850	As(비소)	0.105 이하
Cu(구리)	6 ~ 20	Ba(바륨)	1.3 이하
Zn(아연)	85 ~ 250	U(우라늄)	0.07 이하
Se(셀레늄)	0.5 ~ 1.5	Cs(세슘)	0.007 이하

(바이오컴 펫 제공)

제3절. 한우 대용유 급여 프로그램 개발 연구 방법론

“한우 전용 대용유 급여 프로그램 개발 목표(1차년도)”

- 로봇포유기 활용 한우 송아지 대용유 급여 최적 프로그램 확립
- 일일다회/정량 급여 구현, 계절적 변이 배제, 송아지 복지 및 관리자 편리성 증진
- 일일 대용유 급여량 상향 조정을 통한 이유시 증체율 향상, 강건한 규격 송아지 생산
- 조기이유를 통한 어미 번식효율 증진

1. 한우 송아지 대용유 급여 프로그램 개발 개요

가. 로봇포유기 활용 대용유 급여 프로그램 개발 사전 설정 조건



그림 19. 본 연구에 사용된 표준대용유 및 표준로봇포유기

(1) 표준대용유 : 누카멜옐로우(네덜란드)

[표준대용유]

1. 누카멜옐로우(Nukamel Yellow, NuKamel사, 네덜란드)
2. 파우더 기준, 조단백 24%, 조지방 20%, 유당 5.12%, TDN 108%(표 10)

(2) 표준로봇포유기: 레일형(rail type) 로봇포유기(Foster Techniks, 독일) 이용

(3) 고정 파라미터: 대용유 최대 급여량 8L/두/일(생시체중의 20% 이상), 8주 이유

(4) 가변 파라미터: 대용유의 급여 회수, 농도, 점감 시기 및 방법

(5) 고품사료 급여: Calf Starter(금송아지, DH바이탈) 급여 유도, 300g 이상 섭취시 연맥과 함께 급여

나. 로봇포유기 작동 알고리즘(algorithm) 설정



그림 20. Foster Technik Calf Feeder(구성요소)

- (1) 로봇포유기 1대 최대 급여 가능 송아지 수, 30두
- (2) 대용유 일일 급여 목표량 8L 설정, 로봇포유기는 일일(오전

시~오후 10시) 총 6회 작동

(3) 대용유 섭취시 8분 대기 후 다음 칸 이동, 미섭취시 2분 대기 후 다음 칸 이동

(4) 1회 급여량은 상한선만 설정됨(예: 1.5L/회, 2.0L/회 등)

(5) 급여회수 및 1회 급여량은 송아지의 섭취행동에 따라 가변적

(6) 6회 급여 회수 내에 어떤 방식으로 섭취하든 8L 충족시 급여 중단

표 14. 대용유 1회 섭취량 1.5리터 설정시(예)

회수	1차	2차	3차	4차	5차	6차	계	비고
송아지 1	1.5	0.8	1.5	1.5	1.5	1.2	8	2차에 0.8 섭취, 6차에 1.2 섭취시 종료
송아지 2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	0.5	8	꾸준히 1.5 섭취, 6차에 0.5 섭취시 종료
송아지 3	1.5	1.5	-	1.5	1.5	1.5	7.5	3차에 건너뛰어 나머지 회차에 모두 1.5를 섭취해도 7.5로 종료

표 15. 대용유 1회 섭취량 2.0리터 설정시(예)

회수	1차	2차	3차	4차	5차	6차	계	비고
송아지 1	2.0	2.0	2.0	2.0	-	-	8	4차까지 계속2.0 섭취하여 조기에 8L 충족, 종료
송아지 2	2.0	2.0	-	2.0	-	2.0	8	3차, 5차 건너뛰어 6차까지 섭취후 종료
송아지 3	1.5	1.8	1.9	2.0	0.8	-	8	섭취량이 서서히 증가하여 4차에 2.0 도달했으나 5차에 0.8 섭취로 8L 충족, 종료
송아지 3	1.5	1.5	-	1.5	1.5	1.5	7.5	상한선을 2.0으로 설정하였으나 1.5만 섭취, 3차에 건너뛰어 7.5로 종료

2. 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발 실험 설계

가. 표준 한우 로봇포유프로그램(대조구)

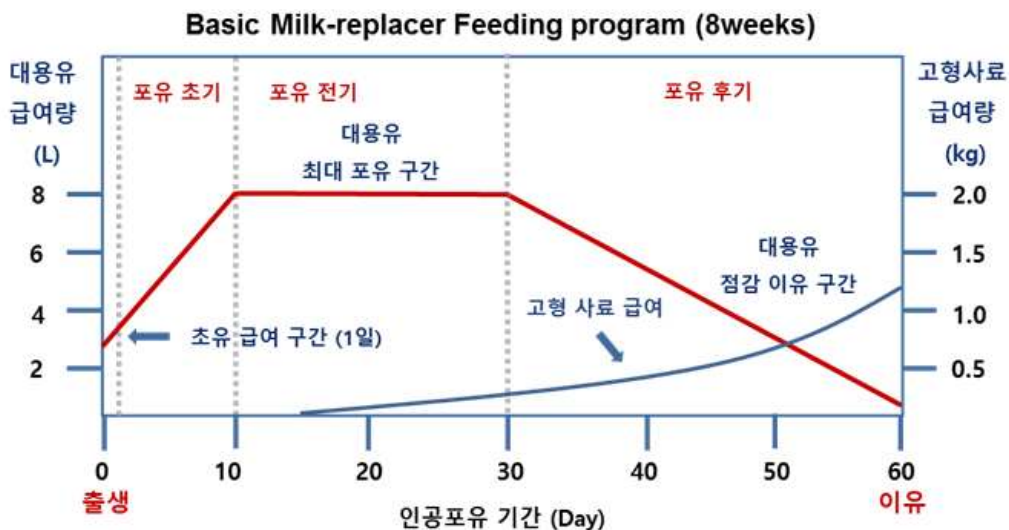


그림 21. 한우 송아지 대용유 급여 표준(대조구) 프로그램

(1) 초유 급여

- 출생 후 즉시 어미와 격리
- 출생 후 1일 내에 대용초유(Headstarter, Canada)를 온수에 225g/800mL로 현탁하여 1회, 총 2.4L를 손포유로 급여

(2) 최대 일일 급여량 및 급여회수

- 표준대용유(누카멜엘로우) 13%(파우더 130/L) 농도로 급여(단백질 3.12%, 지방 2.6%)
- 최대 생시체중의 20% 이상 일일 급여 목표(최대 8L/두/일)
- 급여회수를 최대 6회 설정(송아지 섭취에 따라 회수 가변적, 대체로 4회 섭취)

(3) 로봇포유기를 이용한 대용유 급여

- 포유초기: 초유급여 후 송아지 성장에 따라 10일간 점진적으로 대용유 급여량 증가
- 포유전기: 포유초기 포함하여 30일간 두당 1회 2L씩 일일 8L 급여, 15일령부터 고형사료(입불이기 사료, calf starter)와 물 자유급여, 섭취량 모니터링
- 포유후기: 30일부터 60일까지 8L 급여를 1L로 점감(일일 약 233mL씩 감소), 60일령 이유, 60일 목표 이유 체중(65~75kg)

나. 대용유 최적 급여 체계 효과 검증 실험 설계

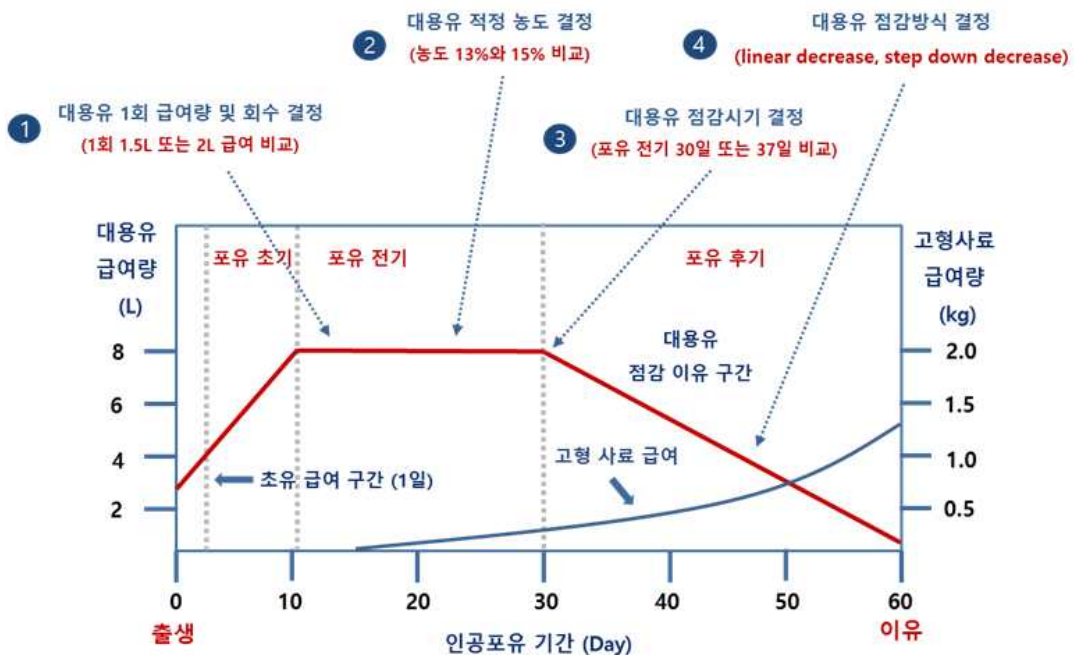


그림 22. 한우 송아지 최적 대용유 프로그램 개발 실험 설계 요약

(1) 대조구

- 표준 한우 로봇포유프로그램 준용(그림 21)
- 대용유 최대 급여량 8L/두/일, 60일 후 이유
- 전기 30일(1회 2L, 일일 4회 급여), 후기 30일(점감 포유)

(2) 실험 1: 대용유 1회 급여량 및 회수 결정 실험

- 최적 소량다회 포유 방식 결정
- 대조구: 1회 2.0L, 일일 4회, 최대 8L 급여
- 실험 1: 1회 1.5L, 일일 6회, 최대 8L 급여

(3) 실험 2: 대용유 급여 적정 농도 결정 실험

- 경제성 조성과 고영양조성의 비교
- 대조구: 누카멜엘로우 13%(조단백: 3.12%, 조지방: 2.6%) 급여
- 실험 2: 누카멜엘로우 15%(조단백: 3.6%, 조지방: 3.0%) 급여

(4) 실험 3: 대용유 점감 시기 결정 실험

- 대용유 최대 포유 구간 연장이 송아지 성장에 미치는 영향 조사
- 대조구: 이유 4주전 대용유 점감 급여
- 실험 3: 이유 3주전 대용유 점감 급여

(5) 실험 4: 대용유 점감 방식 결정 실험

- 고품사료 섭취와 송아지 성장을 극대화 하는 이유 방법 결정
- 대조구: 30일부터 60일까지 8L 급여를 일일 약 233mL씩 줄여 1L로 점감하여 이유(linear decrease weaning)
- 실험 4: 이유 30일전 5일간 2%씩 점감, 20일간 유지 후 이유 전 5일

간 2%씩 점감하여 이유(step down decrease weaning)

[이유시기 설정 참고]

1. 한우사양표준: 체중 80kg, 일당증체량 0.7kg 전후, 고형사료 0.8~1kg/일, 건초 0.5~0.7kg/일 섭취할 때
2. 젖소사양표준: 고형사료를 0.7kg/day, 3일 연속 안정적으로 섭취할 때
3. 화우사양표준: 고형사료를 1kg/day 이상 섭취할 때

다. 실험구 설정

(1) 한우 출산 일정 관리 및 실험구 배치

- ‘Breeding Wheel App.(브라질농업연구소, Embrapa)’를 이용한 모바일(mobile) 한우 출산 일정 관리
- 대용유 프로그램 적용시 송아지 성장성적의 계절적 요인을 최소화하기 위해 출생일에 따라 실험구 교대 배치(alternate assignment)

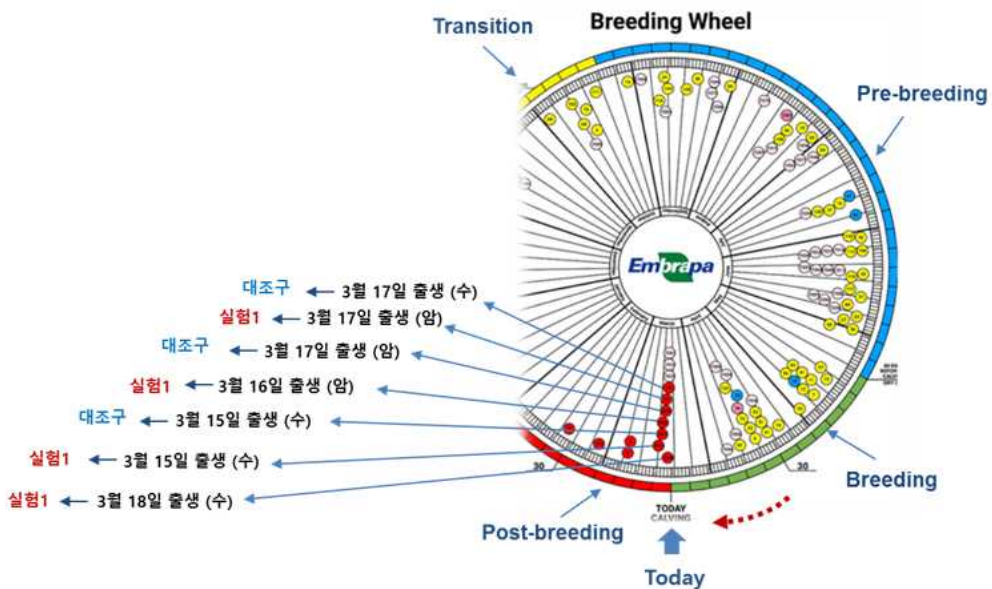


그림 23. 계절적 요인 최소화를 위한 실험구 배치 예

(2) 상이한 송아지 출생일에 따른 순차적 실험구 구성

- 송아지 출생일이 모두 상이하므로 송아지 출생일에 따라 순차적으로 목표 두수를 채워 실험구를 구성함.
- 실험구 내의 모든 송아지는 각 출생과 인공 초유급여 이후 시작되는 개별적인 포유 프로그램으로 관리

라. 대용유 급여 프로그램 효과 평가 항목

(1) 성장 지표

- 대용유 일일 섭취량 및 누적 섭취량
- 고형사료 일일 섭취량 및 누적 섭취량
- 체위 및 증체량(일당증체량, 성장 단계별 체중, 이유체중)

(2) 생리 지표

- 분변 검사: 설사 및 연변정도 및 설사 치료 이력
- 혈액분석(MPT): 출생 후, 4 주, 8 주, 총 3 회 혈액을 채취하여 일반 혈액분석과 각종 대사 및 스트레스 관련 지표 조사
- 모발 미네랄 검사: 송아지 모발 내 미네랄 균형, 중금속 축적 분석

(3) 통계 분석

- 대조구와 실험구 간 유의차에 대한 통계분석은 GraphPad Prism Software 5를 이용한 two-way ANOVA 기법을 통해 진행하였음.

제 3 장

한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발

제1절. 로봇포유기 활용 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발 결과

1. 대용유 급여 프로그램 개발 실험 개요

가. 로봇포유기를 활용한 한우 송아지에 최적화된 대용유 자동 급여 프로그램 모델을 개발하기 위해, 시험농장으로 한우 일관 사육농가이자 ‘아태반추동물연구소’를 함께 운영하고 있는 ‘새봄농장(대표 김성진, 농학박사)’을 선정하였음.

나. 새봄농장은 연중 월 10두 이상의 한우 송아지를 안정적으로 생산하고 있으며, 2017년 국내에서 최초로 레일식 로봇포유기를 한우 농장에 적용한 선도농가로, 로봇포유기를 활용한 한우 송아지 인공포유에 많은 노하우를 축적하고 있음.

다. 본 과제 1차년도 연구목표인 ‘로봇포유기 활용 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발’ 연구는 시험농장에서 2019년 3월부터 7월까지 약 4개월간 대조구를 포함한 5개 실험구, 총 34두의 한우송아지(암: 12두; 수: 22두)를 대상으로 실시하였음.

라. 본 연구에 사용한 표준로봇포유기는 ‘Foster Technik(독일)’사의 레일식 로봇포유기인 ‘Calf Feeder’ 모델을 이용하였고, 표준대용유로는 ‘Nukamel(네덜란드)’사의 ‘Nukamel Yellow’를 이용하였음. 한우 송아지 최적 급여 프로그램 개발 시험 개요에 대한 요약은 아래 표에 제시함(표 16).

표 16. 대용유 급여 프로그램 개발 시험 개요

연구 기간		2019년 3월~2019년 7월
시험농장		새봄농장(경기도 이천 소재)
표준로봇포유기		Calf Feeder(Foster Technik)
표준대용유		Nucamel Yellow(Nukamel)
공시 축	대조구	공시 축 6마리(암(2), 수(4))
	실험 1	공시 축 6마리(암(2), 수(4))
	실험 2	공시 축 6마리(암(3), 수(3))
	실험 3	공시 축 7마리(암(4), 수(3))
	실험 4	공시 축 9마리(암(1), 수(8))
	계	총 34마리(암(12), 수(22))
평가항목	성장지표	대용유 및 고형사료 섭취량, 체위 및 증체량
	생리지표	분변검사, 혈액분석(MPT), 모발 미네랄 분석



그림 24. 시험농장 레일식 로봇포유기 운영 현황

2. 대용유 급여 프로그램 개발 실험 설계

가. 한우 송아지에 최적화된 대용유 자동 급여 프로그램 모델을 개발하기 위해, 시험농장에서 시행하고 있는 로봇포유기를 활용한 관행 포유 방식을 ‘표준프로그램(대조구)’ 으로 설정하고, 대조구 대비 각 실험구 별로 하나의 변인을 조정하여 비교 분석하였음.

나. 실험 1~4에서 조정한 변인은 각각 ‘1회 급여량 및 회수’, ‘급여 대용유 농도’, ‘포유전기 연장 일수’, ‘포유후기 대용유 점감급여 방식’ 으로 세부적인 사항은 아래와 같이 정리하였음(표 17).

표 17. 대용유 급여 프로그램 최적화 실험 설계 요약

구분	대용유 1일 급여 총량 (L)	1회 급여량 및 회수 (L/회)	대용유 농도 (%)	포유전기 일수 (day)	포유후기 대용유 점감 방식
대조구 표준프로그램	8	2.0/4	13 ¹⁾	30	LDW ³⁾
실험 1 1회 급여량 및 회수 결정	8	1.5/6	13	30	LDW
실험 2 적정 농도 결정	8	2.0/4	15 ²⁾	30	LDW
실험 3 점감 시기 결정	8	2.0/4	13	37	LDW
실험 4 점감 방식 결정	8	2.0/4	13	30	SDW ⁴⁾

1) 누카멜엘로우 13%: 조단백 3.12%, 조지방 2.6%

2) 누카멜엘로우 15%: 조단백 3.6%, 조지방 3.0%

3) LDW: Linear Decrease Weaning, 8L 대용유를 포유 후기 일수로 나누어 이유기까지 매일 일정량 점감 급여

4) SDW: Step Down Weaning, 8L 대용유를 포유 후기 초반 5일간 800mL 점감 급여, 20일간 4L 급여 유지 후 이유 전 5일간 800mL 점감 급여

3. 대용유 급여 프로그램 개발 실험구 배치 및 실험 추진 일정

가. 실험이 진행된 시기는 초봄인 3월 중순에서 여름이 본격적으로 시작되는 7월 중순으로, 각 실험별 대용유 프로그램 적용시 송아지 성장성적의 계절적 요인을 최소화하기 위해 출생일에 따라 최대한 교대 배치(alternate assignment)를 진행하였음(그림 25).

나. 실험구 당 송아지는 최소 5두 이상으로 설정하였고, 암/수 송아지는 출생일에 따라 각 실험구에 임의배치 하였음. 각 실험구에 배치된 송아지의 생시체중 사이에는 통계적 유의차가 없었음.

다. 각 실험구에 배치된 송아지는 출생이후 초유 인공급여를 마치고, 로봇포유기에 설정된 대용유 급여 프로그램에 의해 개체별 관리를 진행하였음.

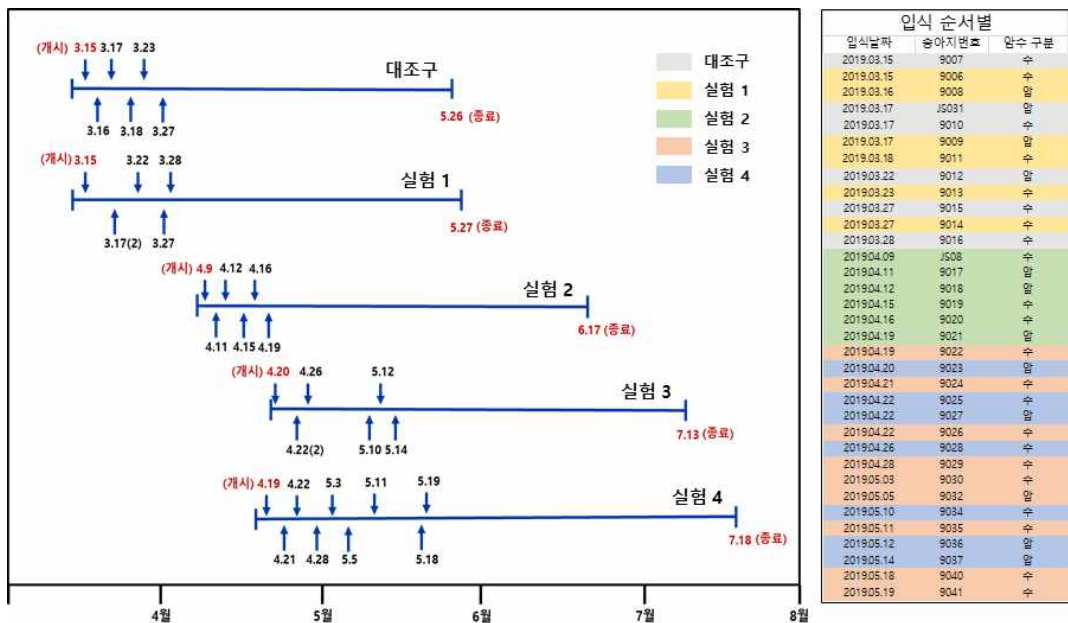


그림 25. 대용유 급여 프로그램 개발 실험구 배치 및 실험 추진 일정

4. 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발 실험 결과

가. 대조구와 각 실험구 성장 지표 및 경제성 비교 분석

(1) 실험 1 결과: 대용유 1회 급여량 및 회수 결정

- 어미 젖을 소량다회 섭취하는 포유류의 특성을 고려하여 일일 대용유 급여량을 고정하고 섭취 횟수를 조정하였을 때, 송아지의 대용유 및 고형사료 섭취량과 성장성적에 미치는 영향을 조사하였음.
- 일일 최대 급여량인 8L의 대용유를 대조구는 2L/회로 4회 나눠 급여하였고, 실험구는 1.5L/회로 6회에 나눠 급여하였음.
- 두 실험구 간의 통계적 유의차는 없었으나, 일일 동일한 양(8L)의 대용유를 섭취하였음에도 2L씩 4회 급여한 대조구에서 1.5L씩 6회 급여한 실험구보다 평균 일당증체량과 평균 고형사료 섭취량이 높게 나타남(그림 26).
- 대조구와 실험구에서 두당 대용유 평균 총 섭취량은 각각 약 48kg, 47kg, 두당 고형사료(카프스타터와 연맥 합산) 평균 총 섭취량은 각각 약 13kg, 11kg이었고, 평균 이유체중은 각각 53.6kg, 50.1kg, 일당증체량은 각각 426g과 366g을 나타내었음(표 18).
- 포유기간 동안 실험구는 대조구보다 대용유 소모 비용에서 평균 두당 약 6,120원, 고형사료 소모 비용에서 평균 두당 약 2,276원이 적게 소요되는 것으로 나타남(표 18).

[대용유 및 고형사료 가격산정 기준]

1. 대용유: 8,000원/kg
2. 카프스타터: 2,000원/kg
3. 연맥(조사료): 600원/kg

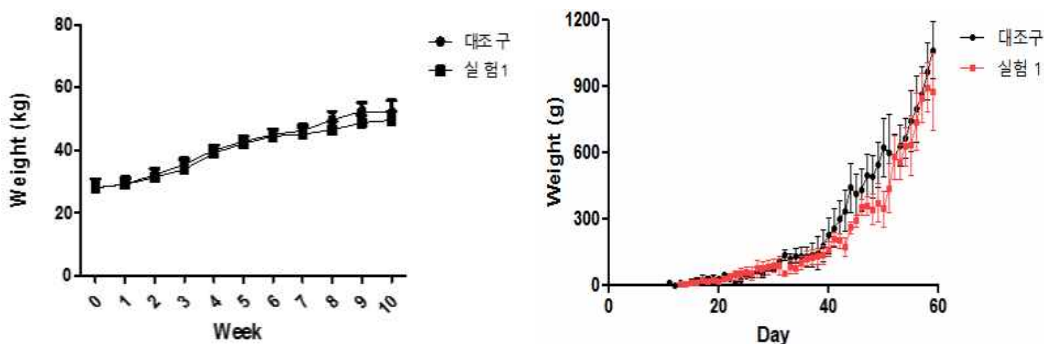


그림 26. 실험 1의 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)

표 18. 실험 1의 포유기간 송아지 대용유 및 고형사료 섭취량 및 성장 성적

구 분	두당 대용유 총 섭취량 (소요비용)	두당 고형사료 총 섭취량 (소요비용)*	평균 이유체중 (일당증체량)
대조구	평균 47884.941g (316,041원)	평균 13311.98g (24,851원)	평균 53.55kg (426g)
실험 1	평균 46957.665g (309,921원)	평균 10842.52g (20,575원)	평균 50.1kg (366g)

(* 두당 고형사료 총 섭취량 및 소요비용은 카프스타터와 연맥의 합산)

(2) 실험 2 결과: 대용유 급여 적정 농도 결정

- 상용 대용유 파우더는 송아지 급여시에 우유의 고형분 함량에 준하여 12.5~13%로 현탁하여 급여하는 것이 일반적이나, 한우 모유의 경우 홀스타인 종에 비해 우유 내 단백질 및 지방 등 고형분 함량이 높은 것(강수원 등, 2000)으로 보고되고 있어 15% 농도로 상향 조정하여 13%의 대조구와 비교실험을 진행하였음.
- 대조구의 대용유 조단백 및 조지방 함량은 각각 3.12%, 2.6%인 반면 실험구에서는 각각 3.6%, 3.0% 수준으로, 일일 최대 급여량인 8L의 대용유를 대조구와 실험구 모두 2L/회로 4회 나눠 급여하였음.

- 두 실험구 간의 통계적 유의차는 없었으나, 6주차에서부터 실험구의 증체량이 대조구에 비해 늘어난 반면 전체적인 고형사료 섭취량은 대조구에 비해 실험구에서 저조하였음(그림 27).
- 대조구와 실험구에서 두당 대용유 평균 총 섭취량은 각각 약 48kg, 56kg, 두당 고형사료 평균 총 섭취량은 각각 약 13kg, 12kg이었고, 평균 이유체중은 각각 53.6kg, 58.6kg, 일당증체량은 각각 426g과 485g을 나타내었음(표 19).
- 포유기간 동안 실험구는 대조구보다 대용유 소모 비용에서 평균 두당 약 55,086원이 더 소요되었고, 고형사료 소모 비용에서 평균 두당 약 2,010원이 적게 소요되는 것으로 나타남(표 19).

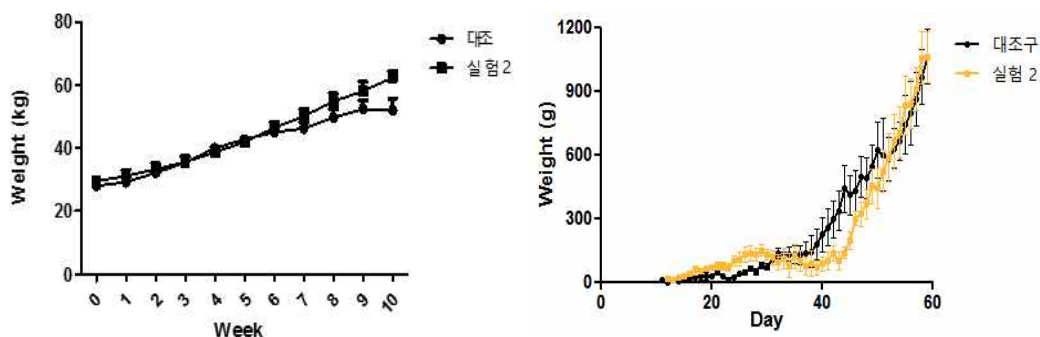


그림 27. 실험 2의 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)

표 19. 실험 2의 포유기간 송아지 대용유 및 고형사료 섭취량 및 성장 성적

구 분	두당 대용유 총 섭취량 (소요비용)	두당 고형사료 총 섭취량 (소요비용)	평균 이유체중 (일당증체량)
대조구	평균 47884.941g (316,041원)	평균 13311.98g (24,851원)	평균 53.55kg (426g)
실험 2	평균 56231.429g (371,127원)	평균 12130.43g (22,841원)	평균 58.63kg (485g)

(* 두당 고형사료 총 섭취량 및 소요비용은 카프스타터와 연맥의 합산)

(3) 실험 3 결과: 대용유 점감 시기 결정

- 포유전기 연장이 송아지의 대용유 및 고형사료 섭취량과 성장성적에 미치는 영향을 조사하기 위해 기존 30일의 포유전기를 37일로 연장하여 대조구와 비교 실험을 진행하였음.

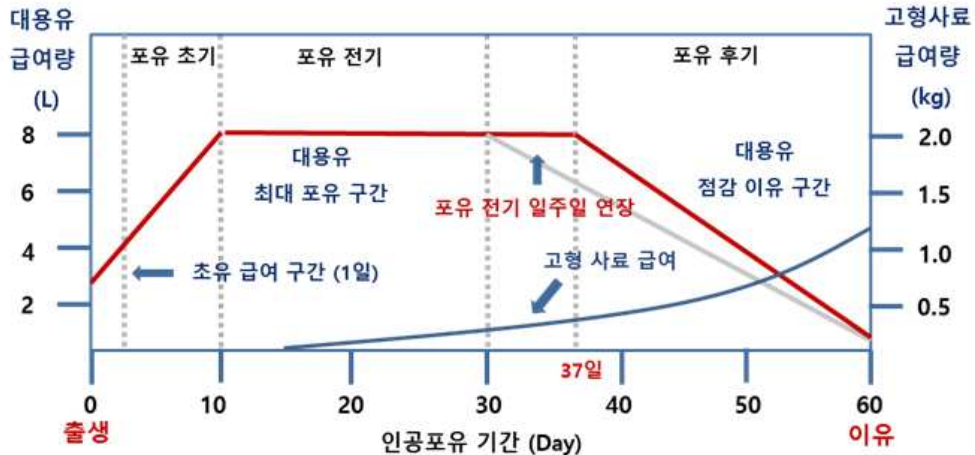


그림 28. 대용유 점감 시기 결정 실험 설계

- 증체량에 있어서 실험구에서 대조구에 비해 6주차부터 유의적인 향상을 보이기 시작하여 포유 종료시 이유 체중의 유의적 증가를 확인하였음($p < 0.01$).
- 고형사료 섭취량이 포유전기에는 실험구에서 대조구보다 다소 떨어지나, 포유후기 대용유 점감 구간에서 대조구와 유사하게 회복되는 양상을 보임.
- 대조구와 실험구에서 두당 대용유 평균 총 섭취량은 각각 약 48kg, 52kg, 두당 고형사료 평균 총 섭취량은 각각 약 13kg, 11kg이었고, 평균 이유체중은 각각 53.6kg, 66.9kg, 일당증체량은 각각 426g과 577g을 나타내었음(표 20).

- 포유기간 동안 실험구는 대조구보다 대용유 소모 비용에서 평균 두당 약 26,834원이 더 소요되었고, 고형사료 소모 비용에서 평균 두당 약 1,996원이 적게 소요되는 것으로 나타남(표 20).

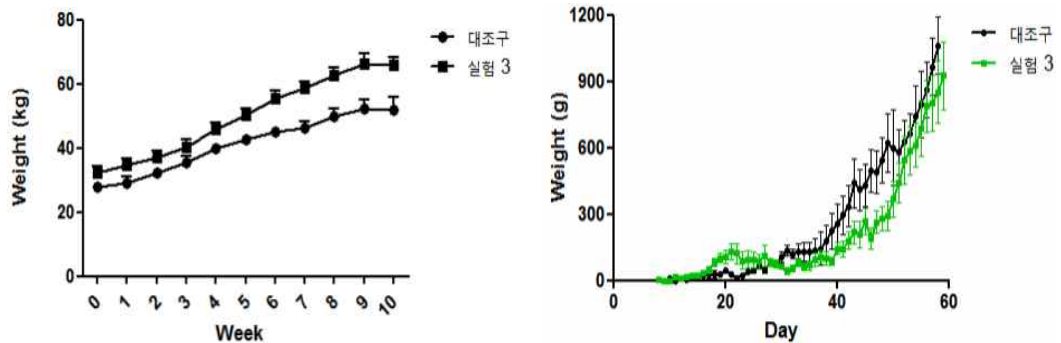


그림 29. 실험 3의 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)

표 20. 실험 3의 포유기간 송아지 대용유 및 고형사료 섭취량 및 성장 성적

구 분	두당 대용유 총 섭취량 (소요비용)	두당 고형사료 총 섭취량 (소요비용)*	평균 이유체중 (일당증체량)
대조구	평균 47884.941g (316,041원)	평균 13311.98g (24,851원)	평균 53.55kg (426g)
실험 3	평균 51950.648g (342,874원)	평균 11063.80g (22,855원)	평균 66.9kg (577g)

(* 두당 고형사료 총 섭취량 및 소요비용은 카프스타터와 연맥의 합산)

(4) 실험 4 결과: 대용유 점감 방식 결정

- 고형사료 섭취 증진 유도를 통하여 송아지 성장을 극대화하기 위해 포유후기 대용유 점감 방식을 기존의 선형 점감(linear decrease weaning, LDW) 이유 방식에서 계단식 점감(step down weaning, SDW) 이유 방식으로 전환하여 대조구와 비교실험을 진행하였음.

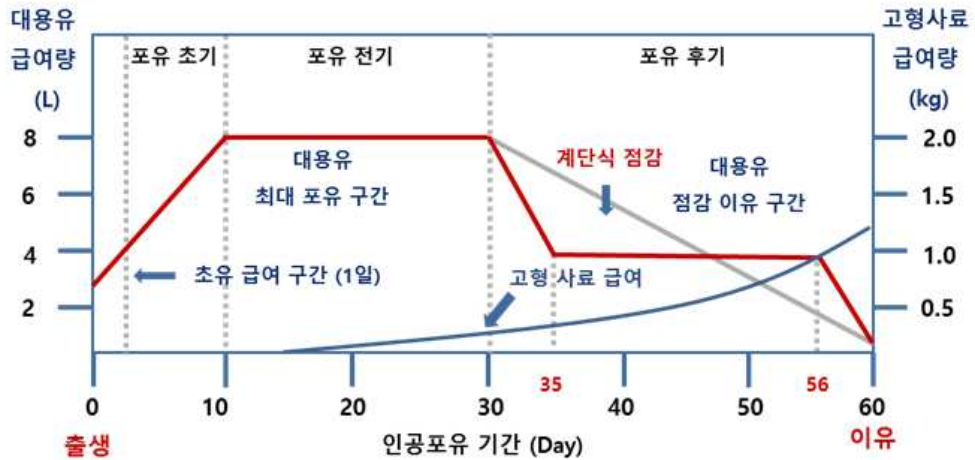


그림 30. 대용유 점감 방식 결정 실험 설계

- 증체량에 있어서 실험구에서 대조구에 비해 7주차부터 유의적인 향상을 보이기 시작하여($p<0.05$), 포유 종료시 이유 체중의 유의적 증가를 확인하였음($p<0.01$).
- 고형사료 섭취량이 포유전기에는 대조구와 실험구가 비슷하나, 포유후기 대용유 계단식 점감 전구간에서 대조구에 상회하는 고형사료 섭취량을 보임.
- 대조구와 실험구에서 두당 대용유 평균 총 섭취량은 각각 약 48kg, 46kg, 두당 고형사료 평균 총 섭취량은 각각 약 13kg, 16kg이었고, 평균 이유체중은 각각 53.6kg, 65.3kg, 일당증체량은 각각 426g과 572g을 나타내었음(표 21).
- 포유기간 동안 실험구는 대조구보다 대용유 소모 비용에서 평균 두당 약 10,341원이 적게 소요되었고, 고형사료 소모 비용은 평균 두당 약 4,287원이 더 소요되는 것으로 나타남(표 21).

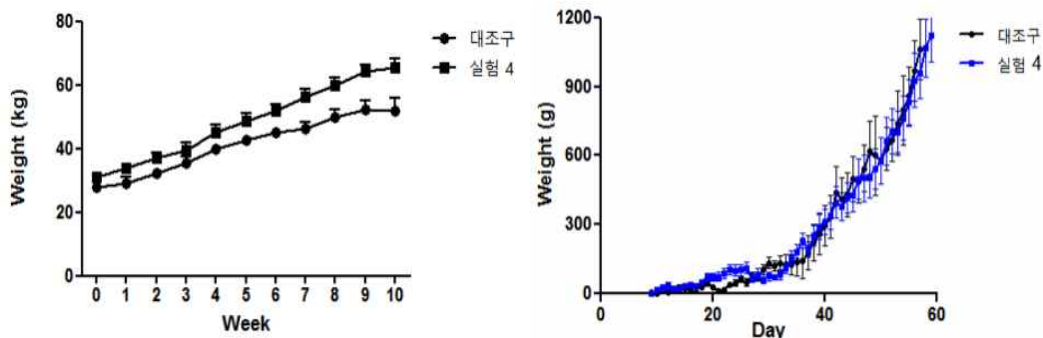


그림 31. 실험 4의 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)

표 21. 실험 4의 포유기간 송아지 대용유 및 고형사료 섭취량 및 성장 성적

구 분	두당 대용유 총 섭취량 (소요비용)	두당 고형사료 총 섭취량 (소요비용)*	평균 이유체중 (일당증체량)
대조구	평균 47884.941g (316,041원)	평균 13311.98g (24,851원)	평균 53.55kg (426g)
실험 4	평균 46318.15g (305,700원)	평균 15803.47g (29,138원)	평균 65.27kg (572g)

(* 두당 고형사료 총 섭취량 및 소요비용은 카프스타터와 연맥의 합산)

나. 대조구와 각 실험구 생리지표 비교 분석(MPT 및 모발 미네랄 분석)

(1) 단기 영양상태

○ NEFA(Nonesterified fatty acid)는 에너지 부족상태에서 체지방 분해에 의해 혈중에서 관찰되는 유리지방산으로, 단기간 에너지 상태를 측정하는 지표로 활용할 수 있음.

○ NEFA의 경우, 대조구와 실험구 모두 포유전기에 증가하는 양상을 보이다가, 포유후기를 기점으로 고형사료 급여량이 증가함에 따라 다시 낮아지는 양상을 보임. 따라서 대용유 점감급여-고형사료 전환기

인 30일령 전후에서 포유기 송아지 관리시 영양소 부족에 주의를 기울여야 할 것으로 보임(그림 32).

- 실제로, 전체 송아지의 포유후기 고형사료 총섭취량과 이유기(60일령) NEFA의 농도는 음의 상관관계를 보임.
- BUN(Blood urea nitrogen)은 혈중 요소 농도로, 단백질 급여 과다시 반추위 미생물에 의해 재활용되지 않으므로 혈중 농도가 높아져 단백질 공급 과부족 지표로 활용할 수 있음(그림 33).
- BUN의 경우 송아지가 성장하여 반추위가 발달함에 따라 고형사료 섭취량이 증가하면서 이유기로 갈수록 단백질 공급량이 충분해지는 양상을 보임(그림 32).

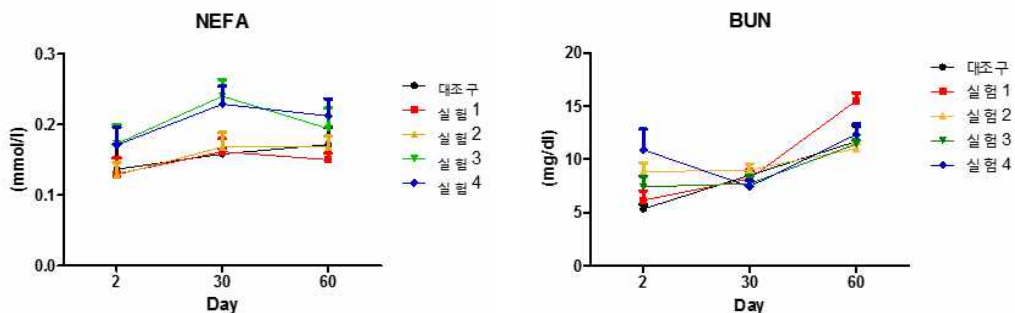


그림 32. 포유기 동안 혈중 NEFA와 BUN의 변화

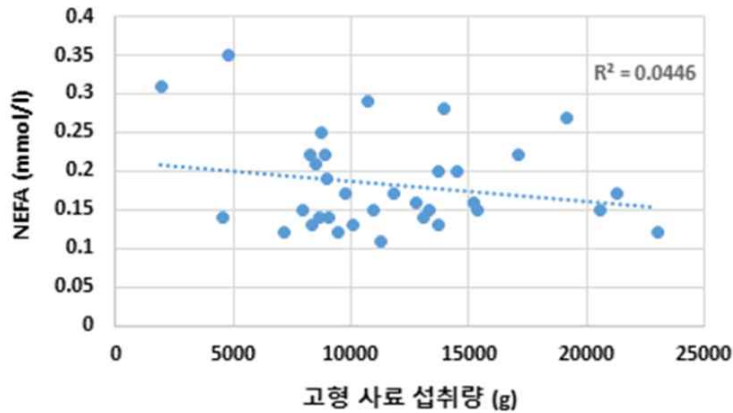


그림 33. 고형사료 섭취량과 이유기 NEFA의 상관관계

(2) 항상성 유지 및 에너지 상태

- TP(총단백질, Alb와 Glob의 합), TG(중성지방), T-Cho(총 콜레스테롤) 등은 장기적 항상성 유지 및 에너지 상태에 대한 지표임(그림 34).
- TP는 대조구와 실험구 모두에서 포유기 전 구간에 큰 변화를 보이지 않았으며, TG, T-Cho 등은 송아지 성장에 따라 점차 안정화되어 정상범위를 나타냄(이수두, 2014).
- Glob(globulin)은 초유에 의한 면역항체 이행과도 연관이 있는데, 생후 초유급여로 인해 증가된 Glob는 포유전기에 점차 감소되다가 송아지의 획득면역이 활성화되는 포유후기에 다시 정상적으로 증가하는 양상을 보임.
- 한우(암) 28일령: TP, $6.3 \pm 0.6\text{g/dl}$; Alb, $3.6 \pm 0.5\text{g/dl}$; Glob, $2.7 \pm 0.5\text{g/dl}$; TG, $13.7 \pm 23.4\text{mg/dl}$; T-Cho, $101.8 \pm 35.0\text{mg/dl}$ (이수두, 2014)

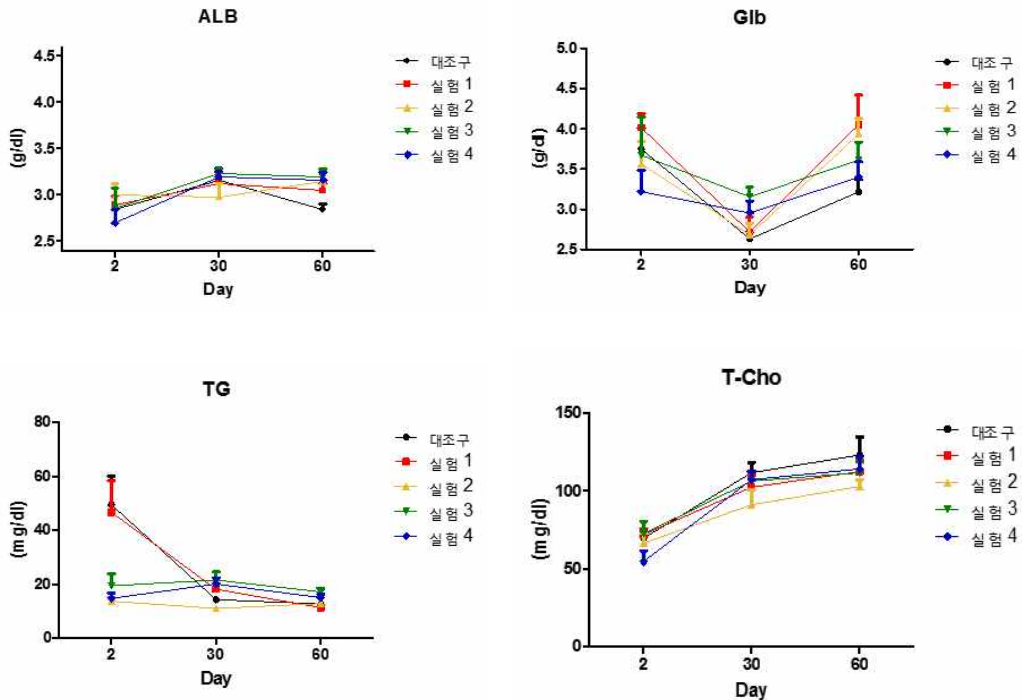


그림 34. 포유기 동안 혈중 Alb, Glb, TG, T-Cho의 변화

(3) 반추위 발달상태

○ Glu(Glucose)는 포도당으로, 포유기 송아지가 성장하여 반추위가 발달함에 따라 미생물에 의해 분해되어 b-HB를 생성하므로 혈중 농도가 감소함. 대조구와 실험구 모두에서 포유후기로 갈수록 Glu의 수치가 낮아지는 것으로 보아 정상적인 반추위 발달이 이루어지고 있는 것으로 판단할 수 있음.

○ b-HB(beta hydroxy butyrate)는 섭취 사료 중 포도당이 반추위 미생물에 의해 발효된 부산물로 반추위가 발달함에 따라 혈중 농도가 높아짐. 대조구와 실험구 모두에서 포유후기 고형사료 섭취량이 증가됨에 따라 b-HB 수치가 증가되는 것으로 보아 정상적인 반추위 발달이 이루어지고 있는 것으로 판단할 수 있음.

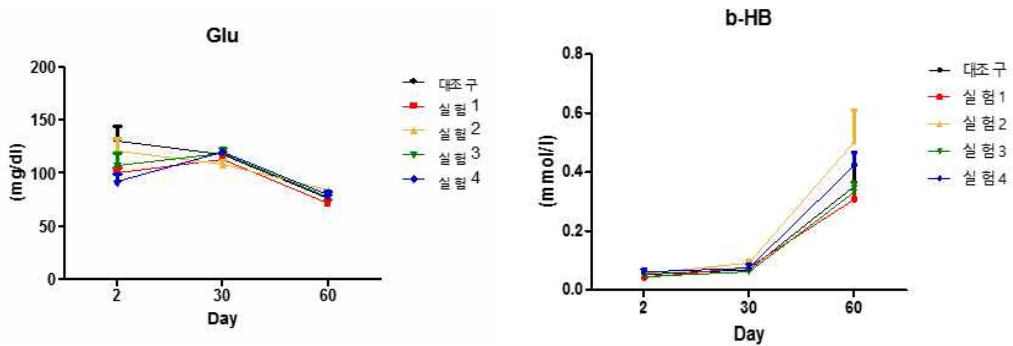


그림 35. 포유기 동안 혈중 Glu와 b-HB의 변화

- 대용유 섭취량(고형분 기준)과 이유기(60일령) 혈중 b-HB 수치가 양의 상관관계를 가지는 것으로 보아 포유전기의 대용유의 충분한 섭취가 송아지 반추위 발달을 증진시키는 것으로 나타남(그림 36).

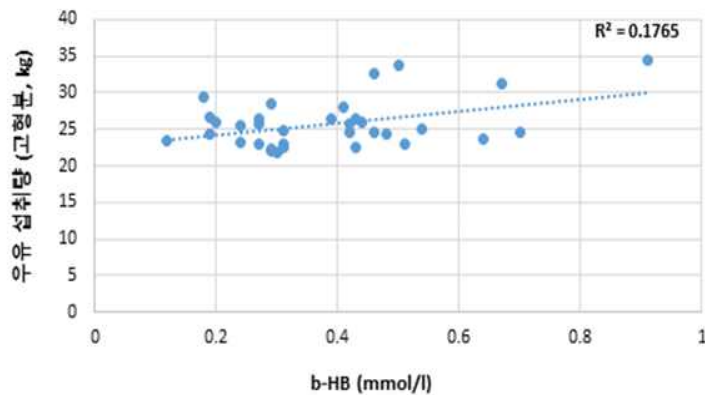


그림 36. 대용유 섭취량과 이유기 b-HB와의 상관관계

(4) 면역력 지표

- 초유로부터 이행한 항체를 반영하는 Glb와 함께(그림 34), GGT(Gammaglutamyl transferase)는 초유에 존재하는 효소로서, 초유 이행항체의 전달과 상관관계가 있음이 알려짐. 초유급여 직후인 생

후 2일차의 Glb, GGT의 혈중 농도로 볼 때 대조구 및 실험구에서 초유로부터 송아지에게 항체가 잘 전달된 것으로 판단됨(그림 37).

- 모발 내 미네랄 함량 중 면역 항상성 지표로 알려진 Zn/Cu 비율이 포유기 전 구간에서 정상범위(10.0~16.0)임을 볼 때, 초유 항체 소진 후 정상적인 획득면역이 형성된 것으로 판단됨(그림 37).

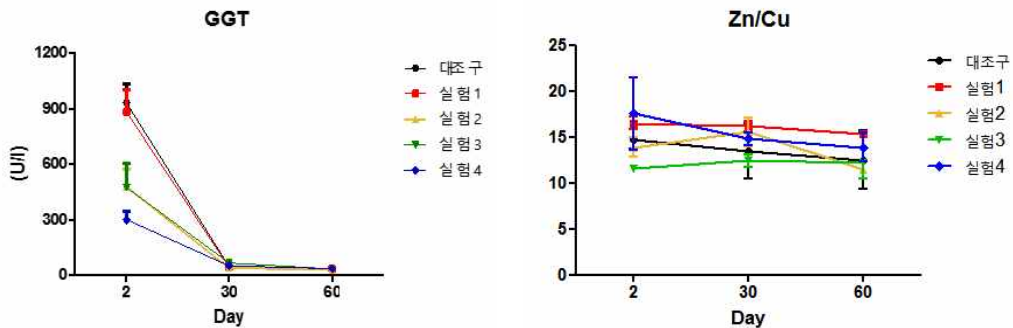


그림 37. 포유기 동안 혈중 GGT와 모발 내 Zn/Cu 비율 변화

(5) 조직손상 및 스트레스 지표

- 간 기능 저하 및 간 조직 손상 지표 중 ALP, T-bil, D-bil은 대조구 및 실험구에서 모두 포유기 동안 감소추세를 보여 송아지가 무리한 대사 스트레스 없이 성장하는 것으로 나타났으며, AST의 경우 다소 증가추세를 보이나 정상범위를 유지하는 것으로 확인됨(그림 38).
- 근육 손상을 대표하는 CK, 신장 기능 이상을 대표하는 Crea 수치의 경우, 각 실험구가 큰 차이가 없었으며, 세포 및 조직 손상시 항진되는 LDH의 경우 대조구 및 실험구에서 모두 포유후기에 증진하는 경향을 보였는데, 이는 고형사료 섭취기 송아지의 빠른 세포분열 및 조직 성장에서 기인하는 것으로 추측됨. 부신의 활성도를 나타내는 모발 내 Na/Mg의 비율의 경우 생후 빠른 대사를 위한 항진상태를 나타내다가 포유기 동안 점차 안정되어 이유기에 정상범위(2.0~8.0)에 들어오는 것으로 나타남(그림 39).

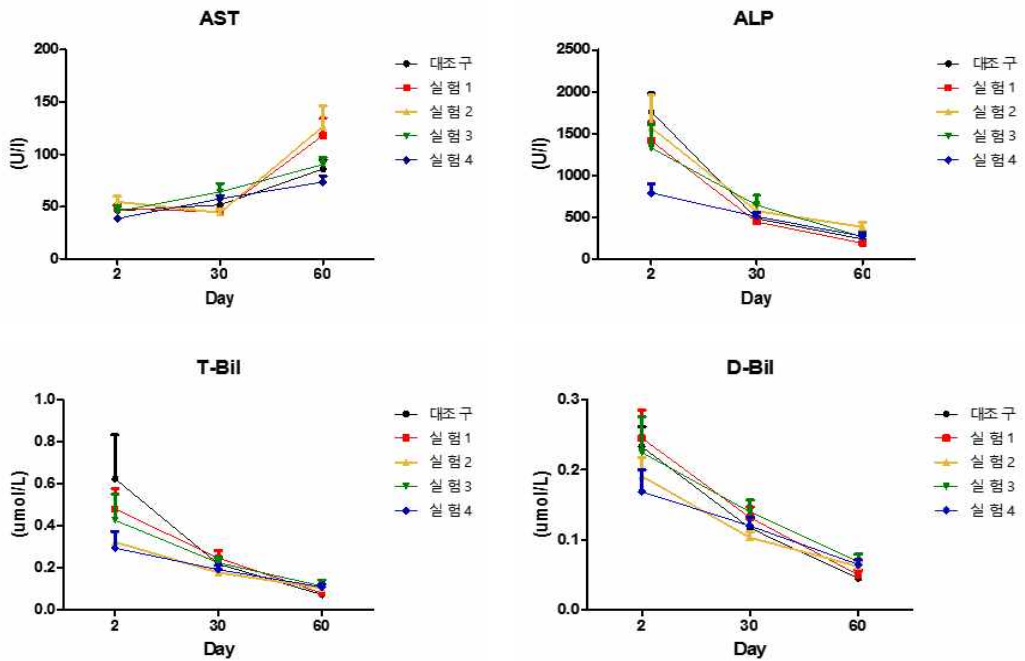


그림 38. 포유기 동안 혈중 AST, ALP, T-Bil, D-Bil 변화

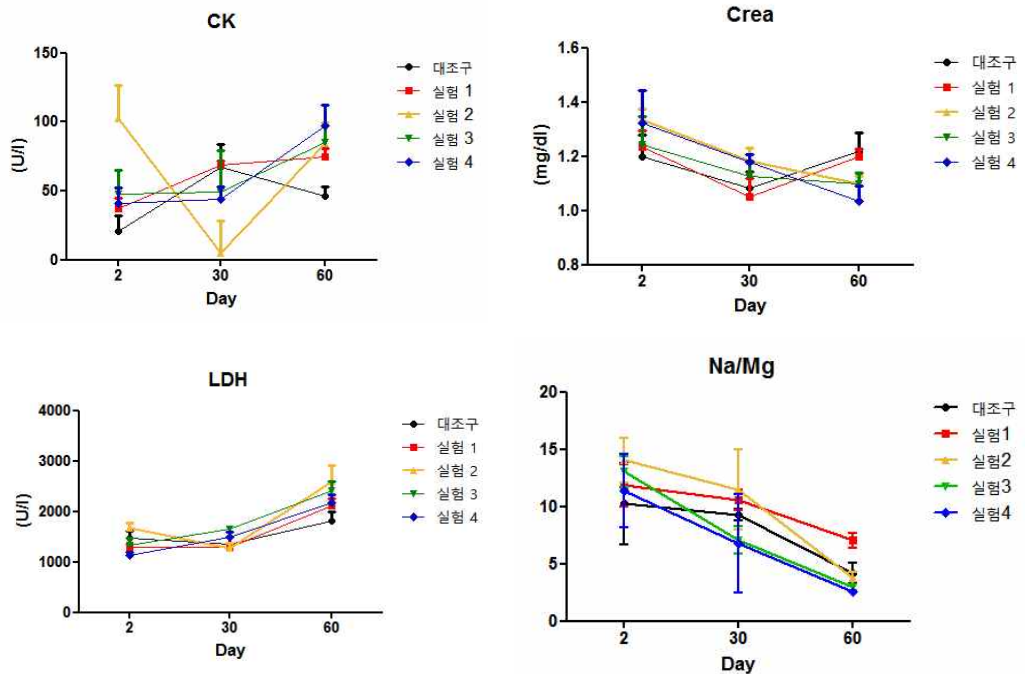


그림 39. 포유기 동안 혈중 CK, Crea, LDH와 모발 내 Na/Mg 비율 변화

- 자율신경계의 기능 지표인 모발 내 Ca/P 비율은 대조구 및 실험구에서 모두 포유기 전 구간에서 정상범위(0.8~5.8) 안에 들어 교감신경계와 부교감신경계의 균형을 유지하는 것으로 나타났으며, 스트레스 및 활력 상태의 지표인 모발 내 Na/K의 경우 대조구 및 실험구에서 모두 포유초기에 비해 후기로 갈수록 스트레스 항진 상태에서 안정화되는 것으로 나타남(정상범위 2.0~4.0)(그림 40).

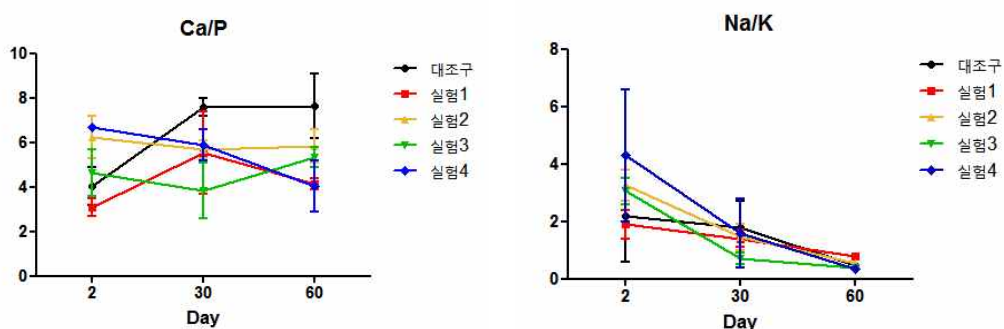


그림 40. 포유기 동안 모발 내 Ca/P와 Na/K 비율 변화

(6) 미네랄 균형 지표

- 혈중 Ca(칼슘)와 P(인)의 경우 대조구와 실험구는 포유기 전 구간에서 큰 차이를 나타내지 않았으며, 모발 내 Ca와 P 역시 유사한 결과를 나타내어 포유기 전 구간에서 정상범위(Ca: 500~1500 ppm; P: 100~300 ppm)를 나타냄(그림 41).
- 모발 내 Ca와 P를 포함한 Mg(마그네슘), Na(나트륨), K(칼륨), Cu(구리), Zn(아연), Se(셀레늄), Mn(망간) 등 필수 영양 미네랄 함량은 대조구와 실험구에서 모두 포유 전구간 정상범위로 나타남.
- Hg(수은), Pb(납), Al(알루미늄), Cd(카드뮴), As(비소) 등 모발 내

중금속 함량은 대조구와 실험구에서 모두 포유 전구간 중독 기준범 위 이하로 나타남.

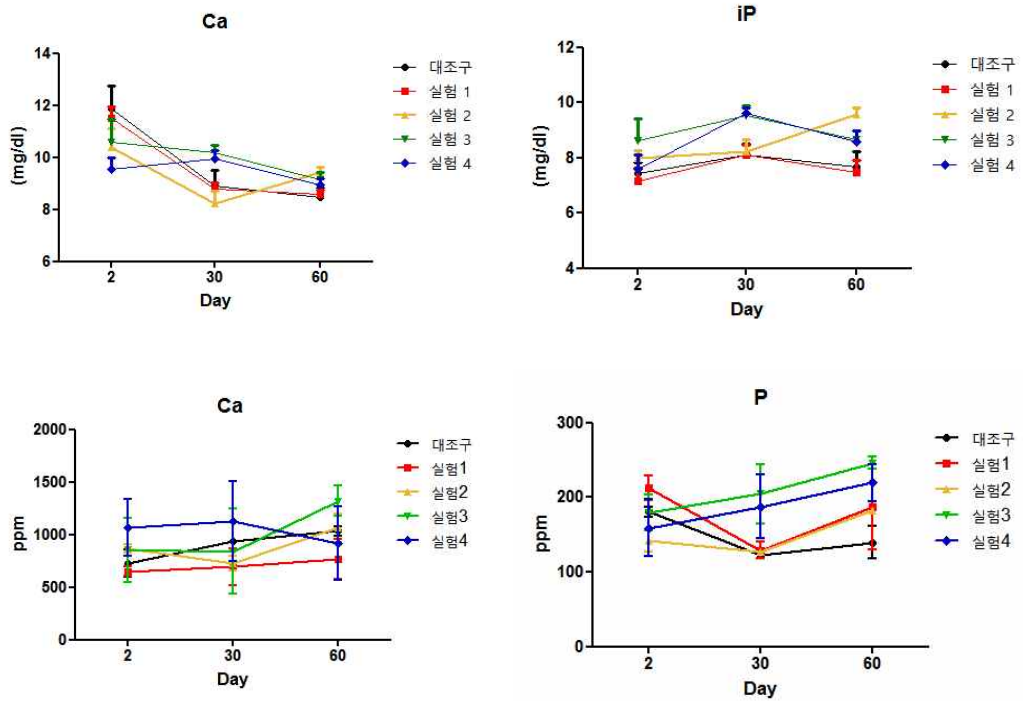


그림 41. 포유기 동안 혈중(상) 및 모발 내(하) Ca,P 함량 변화

제2절. 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 제안

1. 포유기 실험구 간 성장 지표 및 섭취량 비교 분석

가. 실험구 간 포유기 송아지 성장 성적 비교(그림 42)

(1) 실험구 간 일당증체량 비교

- 실험구 1: 대용유 1회 급여량 및 회수를 조정하여, 일일 최대 급여량인 대용유 8L를 실험구는 1.5L/회로 6회에 나눠 급여함. 일당증체량이 366g/일로 실험구 중 유의적으로 가장 저조한 성적을 보임.
- 실험구 2: 대용유의 농도를 15%로 상향조정하여 급여함. 일당증체량이 485g/일로 실험구 중 중간정도의 성적을 보임.
- 실험구 3: 포유전기를 일주일 연장하여 대용유를 급여함. 일당증체량이 577g/일로 실험구 4와 함께 유의적으로 높은 성적을 보임.
- 실험구 4: 포유후기 대용유 급여를 계단식 점감 이유 방식으로 진행함. 일당증체량이 572g/일로 실험구 3과 함께 유의적으로 높은 성적을 보임.

(2) 실험구 간 이유체중 비교

- 실험구 1: 이유체중이 평균 50.1kg으로 일당증체량과 함께 실험구 중 유의적으로 가장 저조한 성적을 보임.
- 실험구 2: 이유체중이 평균 58.6kg으로 일당증체량과 함께 실험구 중 중간정도의 성적을 보임

- 실험구 3: 이유체중이 평균 58.6kg으로 일당증체량과 함께 실험구 중 실험구 4와 함께 유의적으로 높은 성적을 보임.
- 실험구 4: 이유체중이 평균 66.9kg으로 일당증체량과 함께 실험구 중 실험구 3과 함께 유의적으로 높은 성적을 보임.

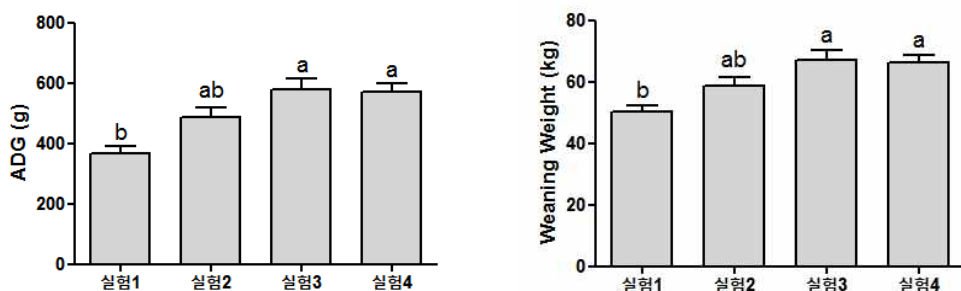


그림 42. 실험구 간 일당증체량(좌) 및 이유체중(우) 비교

나. 포유기 실험구 간 섭취량 비교 분석(그림 43)

(1) 실험구 간 누적 대용유 섭취량 비교

- 실험구 1: 대용유 1회 급여량 및 회수를 조정하여 일일 최대 급여량인 대용유 8L를 실험구는 1.5L/회로 6회에 나눠 급여함. 포유기간 중 누적 대용유 섭취량이 평균 47kg으로 실험구 2, 3에 비해 유의적으로 낮은 양상을 보임.
- 실험구 2: 대용유의 농도를 15%로 상향조정하여 급여함. 고농도 포유로 인해 포유기간 중 누적 대용유 섭취량이 평균 56kg으로 실험구 1, 4와 유의적으로 높은 양상을 나타냄.
- 실험구 3: 포유전기를 일주일 연장하여 대용유를 급여함. 8L 포유구간의 연장으로 인해 포유기간 중 누적 대용유 섭취량이 평균 52kg으

로 실험구 1, 4와 유의적으로 높은 양상을 보임.

- 실험구 4: 포유후기 대용유 급여를 계단식 점감 이유 방식으로 진행함. 포유기간 중 누적 대용유 섭취량이 평균 46kg으로 실험구 중 가장 낮은 대용유 섭취량을 보임.

(2) 실험구 간 누적 고형사료 섭취량 비교

- 포유기 동안 송아지의 누적 고형사료 섭취량은 실험구 간의 유의적 차이를 보이지 않음.
- 실험구 4의 경우 포유기 동안 송아지의 누적 고형사료 섭취량이 평균으로는 16kg으로 각각 평균 11, 12, 11kg을 섭취한 실험구 1~3에 비해 월등히 높은 것으로 나타났으나, 개체별 섭취량 차이로 인해 유의적인 결과를 나타내지는 않음.
- 그러나, 실험구 4의 경우 포유후기 대용유의 급격한 계단식 점감으로 인해 포유기 동안 누적 대용유 섭취량이 가장 낮았음에도 불구하고 일당중체량과 이유체중에서 대조구 및 다른 실험구에 비해 유의적으로 높은 양상을 보인 것을 감안할 때, 이는 높은 평균 누적 고형사료 섭취량과 관계가 있는 것으로 판단되었음.

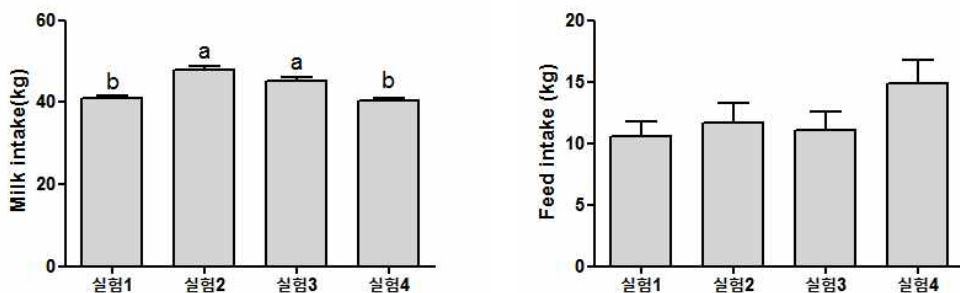


그림 43. 실험구 간 누적 대용유 섭취량(좌) 및 고형사료 섭취량(우) 비교

2. 한우 송아지 대용유 급여 프로그램 효율성 평가

가. 한우 대용유 급여 프로그램 효율성 평가시 고려해야 할 점

- (1) 경제성: 최소한의 비용으로 최대의 생산성 추구
- (2) 일당증체량 및 이유체중: 강건한 비육밀소 생산은 출하시 높은 등급 출현율 향상
- (3) 높은 고형사료 섭취량 유도: 고형사료 조기 적응으로 반추위 발달과 육성기/비육기 성장률 향상

나. 각 실험 대용유 급여 프로그램 특징

- (1) 실험 1: 짧은 간격으로 자주 대용유를 급여하여 고형사료 섭취량 저하, 저비용 구조이지만 송아지 생산성 낮음.
- (2) 실험 2: 고농도 대용유를 급여하여 영양충족으로 고형사료 섭취량 저하 후 회복, 이유체중 높지만 고비용 구조
- (3) 실험 3: 포유전기 연장으로 포유후기 고형사료 섭취량 회복, 이유체중 높지만 다소 고비용
- (4) 실험 4: 포유후기 계단식 이유 프로그램 적용으로 고형사료 다량 섭취 유도, 경제성 및 송아지 생산성 모두 우수

다. 한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 제안

- (1) 대용유 및 사료 비용, 일당증체량 및 이유체중, 고형사료 섭취량 등을 점수화하여 각 실험 대용유 급여 프로그램에 대한 순위 선정

(2) 경제성 및 송아지 생산성을 고려하여 포유 후기 대용유 급여를 점감급여 하는 ‘계단식 점감 이유 프로그램(SDW, Step Down Weaning Program)’ 방식 제안(표 22)

(2) 로봇포유기를 이용한 한우 송아지 60일 포유 프로그램(그림 44)

- ‘계단식 점감 이유 프로그램(SDW, Step Down Weaning Program)’
- 출생 후 어미 분리, 대용초유 급여
- 상용 대용유(누카멜엘로우 기준 13%)를 일일 8L, 2L/회로 4회 30일령 까지 급여
- 계단식 점감 이유 프로그램, 30일령 이후 대용유 급여량을 5일간 일일 800mL씩 점감하여 35일령에 일일 4L, 1L/회로 4회 56일령까지 급여 후 다시 일일 800mL씩 점감하여 60일령에 이유
- 이유기까지 고형사료 1kg 이상 급여하도록 유도

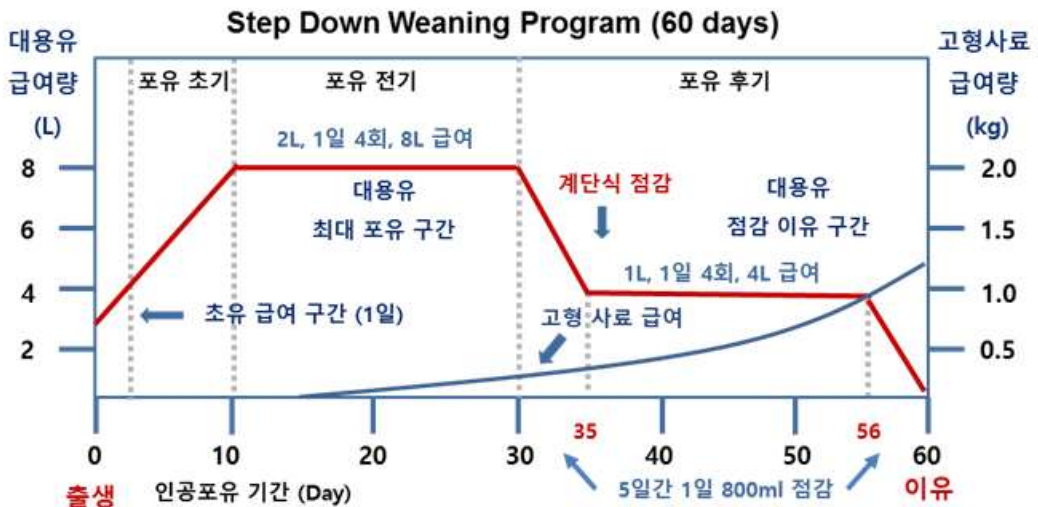


그림 44. 계단식 점감 이유 프로그램(Step Down Weaning Program)

표 22. 한우 송아지 대용유 급여 프로그램 효율성 평가

구 분	두당 평균 대용유 총섭취량 (소요비용)	두당평균 고형사료 총섭취량 (소요비용)	평균 이유체중 (일당증체량)	저비용 순위	일당 증체량 순위	이유체중 순위	고형사료 섭취량 순위	Score	Rank
대조구 기본프로그램	47884.941g (316,041원)	13311.98g (24,851원)	53.6kg (426g)	3	4	4	2	13	3
	총 소요비용 : 340,892원/두								
실험 1 대용유1회 급여량 및 회수 조정 (1.5L/6회)	46957.665g (309,921원)	10842.52g (20,575원)	50.1kg (366g)	1	5	5	5	16	5
	총 소요비용 : 330,496원/두								
실험 2 대용유 적정농도 조정 (15%)	56231.429g (371,127원)	12130.43g (22,841원)	58.6kg (485g)	5	3	3	4	15	4
	총 소요비용 : 393,968원/두								
실험 3 대용유 점감시기 조정 (포유전기 37일)	51950.648g (342,874원)	11063.80g (22,855원)	66.9kg (577g)	4	1	1	3	9	2
	총 소요비용 : 365,729원/두								
실험 4 대용유 점감방식 조정 (SDW)	46318.15g (305,700원)	15803.47g (29,138원)	65.3kg (572g)	2	2	2	1	7	1
	총 소요비용 : 334,838원/두								

제 4 장

한우 송아지 맞춤형 모유수준 대용유 개발

제1절. 한우 모유 영양조성 특성

1. 한우 모유 산유량 및 영양조성 조사 개요

가. 본 연구의 목표는 어미에 의한 자연포유에 의존하고 있는 현행 포유기 한우 송아지 생산방식을 로봇포유기 등, 첨단 스마트팜 솔루션을 응용하여 향후 인공포유 기반의 체계적인 송아지 공급시스템을 구축하기 위해 필수 요소 중 하나인 한우 모유 수준의 대용유를 개발하는 것으로, 이는 한우 모유의 영양조성 특성에 근거하여 포물라 개발이 이루어져야 하는 만큼, 한우로부터 직접 모유를 채취하여 분석하는 것이 반드시 필요함.

나. 이를 위해, 본 연구에서는 ‘한우사양표준위원회(위원장 서울대학교 김경훈 교수)’ 연구팀과 협업으로 시험농장인 새봄농장에서 한우 임신우 22두를 공시, 약 4개월간 송아지 출산이후 모유를 착유하여 산유량과 영양조성을 분석하였음.

다. 한우 모유와 젖소의 모유는 지방산 조성에 있어서 차이를 나타내는 것으로 보고된 바 있음(임종우 등, 1984). 우유의 지방산 조성은 어린 송아지가 섭취시 소화흡수 및 에너지 생산 효율에 영향을 주는 요인인 만큼, 한우 모유 수준 대용유 개발을 위해 반드시 조사해야 하는 사항임. 이에 따라, 새봄농장에서의 한우 모유채취와 별도로, 서로 다른 사료급여 체계를 가지고 있는 강원지역의 3개 농장을 방문하여 한우로부터 모유를 채취하여 유지방 내 지방산 조성 분석에 이용하였음.

라. 한우 모유 영양조성 및 유지방 내 지방산 조성 분석 결과는 한우 모유 수준 대용유 포물라 설계에 있어서 기초자료로 활용하였음. 한우 산유량 및 영양조성 분석 실험 개요에 대한 요약은 아래 표에 제시함(표 23).

표 23. 한우 모유 산유량 및 일반성분 시험 내용

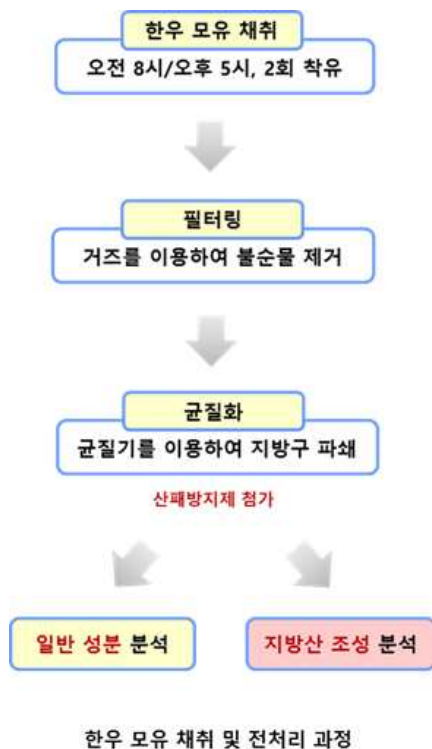
연구 기간		2020년 3월 13일~2020년 7월 18일
시험농장	산유량 및 영양조성 분석 시료채취	새봄농장(경기도 이천 소재)
	지방산 분석 시료채취	새봄농장(경기도 이천 소재) 예담농장(강원도 평창 소재) 대관령농장(강원도 평창 소재) 대연농장(강원도 평창 소재)
공시축	산유량 분석	한우 임신우 22두(2산차 10두, 4산차 12두)
	영양조성 분석	한우 임신우 7두(2산 4두, 4산 3두)
	지방산 분석	한우 임신우 52두 (새봄 4두, 예담 32두, 대관령 10두, 대연 6두)
시료 채취 및 분석	산유량 분석	1일 2회 전착유 착유기: 이동식 착유기(PMM1B EPV230 5L) 균질기: Homogenizer(IKA T25D)
	영양조성 분석	한국종축개량협회 유성분 분석 센터 의뢰 분석 기기 : MilkoScan(FOSSMATIC FC)
	지방산 분석	서울대학교(자체분석) GC system 7890B(Agilent)

2. 한우 모유 산유량 및 영양성분 조사 분석 결과

가. 한우 모유 산유량 조사

(1) 한우 모유 착유 및 산유량 산정 방법

- 태어난 송아지는 분만 당일 어미로부터 즉시 격리시킨 후, 유즙을 채취하여 기록함. 원활한 착유를 위해 착유 보정틀을 이용하여 어미를 고정시키고, 유방 및 유두 세척 후 4개의 유두에서 이동식 착유기(PMM1B EPV230, 5L)로 아침 8시와 오후 5시, 1일 2회를 전착유를 실시하였음.
- 착유한 모유는 저울로 무게를 측정한 후, 50mL 튜브에 일정량을 소분하여 산화방지제(Broad Spectrum Microtabs, Advanced Instruments)를 넣어 일부는 영양조성 분석, 일부는 지방산 분석에 이용하였음.



간이 착유기를 이용한 한우 모유 채취



균질 과정 (Homogenizer, IKA)

산화방지제 처리

그림 45. 한우 모유 채취 및 전처리 과정

(2) 한우 모유 산유량 조사 분석 결과

- 한우 임신우에 대하여 분만일로부터 최대 90일까지 오전과 오후 2회 전착유하여 한우 모유의 일일산유량 추이를 조사하였음. 한우의 산유량은 개체나 산차별로 다양하였으며, 초산우의 경우에는 대부분 착유기에 의한 유즙채취가 어려울 정도로 적은 유량을 보이거나 심한 경우, 혈유가 나오는 경우가 있어 산유량 조사에서 제외하였음. 2산차 이후 경산우에서도 안정적으로 착유가 이루어지는 개체가 있는 반면, 조기에 유생산을 멈추는 개체도 존재하였음.
- 산유량이 적어 계량하기 어려운 개체와 유생산이 조기 종료된 개체를 제외하고 최종적으로 22두(2산차 10두, 4산차 12 두)의 한우 암소로부터 유생산량 조사가 이루어짐.
- 한우의 유생산 양상은 매우 불규칙하여 비유 개시 후 공시축 사이에서 같은 일자에 최소 1L에서 최대 5.5L까지 다양한 개체 차이가 존재했으며, 대체로 분만 이후 일주일 이내에 급격한 비유최대기(lactation peak)을 보이고 완만히 감소하는 모습을 보였으나, 비유최대기 이후에 산유량이 급격히 감소하는 경우, 감소 후 다시 증가하는 경우, 불연속적인 산유량을 보이는 경우 등 다양한 변화를 보임.
- 한우의 산유량을 산차에 따라 구분하였을 때, 2산우와 4산우의 비유최대기에 도달하는 일수는 분만 후 각각 평균 8일과 6일이었고, 비유최대기 유량은 각각 평균 4.26kg/일과 2.64kg/일로 2산우에서 약 1.6배 높은 양상을 보임. 강수원 등의 2000년 한우 산유량 보고에서는 한우의 경우, 산차에 따라 하루 1.6~6.2kg/일의 다양한 산유량을 보이고, 비유최대기 도달 일수가 분만 후 15~18일, 평균 일일 산유량은 3.49kg/일로 보고하였는데, 이번 조사와 일일산유량에는 큰 차이를 보이지 않았으나 비유최대기 도달 일수에 있어서 큰 차이를 나타내었음.

- 이번 조사에서 나타난 산차를 고려하지 않은 한우 암소의 비유최대기 평균 일일산유량은 평균 3.45kg/일, 분만 후 비유최대기에 도달 일수는 평균 7일이었음.
- 자세한 한우 모유 산유량 조사 분석 결과는 '부록 1'에 제시하였음.

나. 한우 모유 영양조성 조사

(1) 한우 모유 일반성분 분석 방법

- 한우 모유의 일반성분 분석을 위한 시료는 매일 착유기에 의해 전착유한 모유 중 일부를 취하여 균질화하여 준비하였음. 손착유를 통해 얻은 소량의 시료의 경우 성분이 균질하지 않아 일반성분 분석에 적합하지 않은 것으로 나타났음.
- 균질화한 한우 모유 시료는 산패방지제를 넣어 분석 전까지 냉장보관하였고, 정기적으로 수거하여 '한국종축개량협회 유성분분석센터'에서 분석을 진행하였음.
- 분석항목(13종): 조지방(CF), 조단백(CP), 유당(Lactose), 무지고형분(SnF: Solids not Fat), 체세포(Cells), MUN(Milk Urea Nitrogen), Aceton, 베타 하이드로부틸산(bHB: beta-hydrobutyrate), 베타 카제인(beta-casein), 단일불포화지방산(MUFA: Mono Unsaturated Fatty Acids), 다가불포화지방산(PUFA: Poly Unsaturated Fatty acids), 포화지방산(Saturated Fatty Acids), 총불포화지방산(Total Unsaturated Fatty acids)
- 성분비교를 위한 우유(젖소, Holstein 종)의 일반성분은 '한국종축개량협회 유성분분석센터'에서 제공한 자료를 활용하였음.

(2) 한우 모유 일반성분 분석 결과(Reference range)

표 24. 한우와 젖소 모유의 일반성분 비교

분석 항목	단위	한우 모유	젖소 모유*
조지방(CF)	%	4.84±2.22	3.7 ~ 4.5
조단백(CP)	%	5.36±3.26	2.9 ~ 3.5
유당(Lactose)	%	4.48±0.66	4.8
무지고형분(SnF)	%	10.58±2.92	8.2 ~ 9.0
체세포(Cells)	x1,000/mL	1441.41±3414.06	20 만 이하 (1등급 우유 기준)
MUN	mg/dl	14.26±11.13	12 ~ 18
Aceton	mM	0.08±0.14	0.15
베타하이드로부틸산 (b-HB)	mM	0.06±0.07	0.1
베타 카제인 (b-casein)	%	4.07±2.52	2.5 ~ 3.0
단일불포화지방산 (MUFA)	%	1.67±0.81	1.0
다가불포화지방산 (PUFA)	%	0.35±0.06	0.1
포화지방산	%	3.12±1.28	2.5
총불포화지방산	%	1.75±1.26	1.2

* 우유(젖소, Holstein 종)의 평균 일반 조성(한국종축개량협회 유성분분석센터)

- 한우 모유는 젖소 모유에 비해 주요 영양 성분인 조지방, 조단백, 무지고형분, 베타 카제인의 함량이 높게 나타났음. 이는 젖소 모유보다 한우 모유의 영양성분 함량이 더 높다는 이전 보고와 일치함(강수원 등, 1999). 한우 모유의 총 고형분(조지방 + 무지고형분)은 약 15.4%로 젖소 모유의 평균 12.5%를 상회함.

- 한우 모유와 젖소 모유에서 유당 함량은 각각 약 4.5%와 4.8%로 기준에 알려져 있는 것과 같이 5% 이하의 비율을 나타내었음.
- 한우 모유 내 MUFA, PUFA, 포화지방산의 함량이 젖소에 비해 다소 높은 것으로 보이나, 이는 한우 모유의 지방함량이 젖소에 비해 높은 것에서 기인하는 것으로 지방함량 대비 비율은 한우와 젖소에서 유사한 것으로 나타났음.

4. 한우 모유 지방산 프로파일 조사

(1) 한우 모유 지방산 분석 방법

- 한우 모유의 일반성분 분석을 위해서는 지방구 입자의 파쇄를 위한 시료의 균질화 과정이 필수적임. 특히 소량의 시료를 얻기 위해 손착유를 진행할 경우, 시료마다 지방구가 균일하게 분포되지 않아 정확한 분석결과를 얻을 수 없음. 그러나 모유 시료 내 지방산 함량은 지방구 내 해당 지방산의 비율로 나타내는 값이므로 균질하지 않은 시료에서도 신뢰도 높은 분석결과를 얻을 수 있음.
- 한우 모유 내 지방산 조성이 농장의 사료 급이환경(농후사료, 조사료, TMR 등)에 따라 차이를 보이는지 알아보기 위해 시험농장인 새봄농장 외에도 강원도 평창지역 한우 농가 3곳을 추가로 방문하여 농장 4곳에서 총 52두의 한우 모유를 손착유를 통해 채취하였음.
- 산패방지제를 넣은 한우 모유 시료는 냉장 운반하여 가스 크로마토그래피(GC system 7890B, Agilent)를 통해 37종의 지방산 항목에 대해 서울대학교 평창캠퍼스에서 자체 분석을 진행하였음.
- 한우 모유 내 지방산 조성과의 상용 백색시유(젖소, Holstein 종) 내 지방산 조성 비교 표는 '부록 1'에 제시하였음.

(2) 한우 모유 지방산 분석 결과

- 한우 모유를 구성하는 장쇄지방산으로는 높은 비율 순으로 Palmitic acid(C16:0), Oleic acid(C18:1), Stearic acid(C18:0)로 전체 지방산 함량의 약 70%를 차지하는 것으로 나타났음.
- 알려져 있는 바와 같이, 포유기 소의 소화생리 상 우유 내에는 소화 흡수율이 우수한 단쇄 및 중쇄지방산의 함량이 중요한데, 한우 모유에서는 높은 비율 순으로 Myristic acid(C14:0), Lauric acid(C12:0), Capric acid(C10:0) 등을 포함하며, 단쇄 및 중쇄지방산 함량은 전체 지방산의 약 19.7%를 차지하였음.
- 서로 다른 사료 급이환경을 가지고 있는 4곳의 농장에서 한우 암소로부터 채취한 모유의 지방산 조성을 비교해 본 결과, 번식우에게 면실을 다량 급여한 농가의 경우 유지방 내 Oleic acid가 높게 검출되는 경향을 보이기는 했으나 농장 간의 유의적 차이를 보이지 않았음. 따라서 한우 모유 내 지방산 조성은 급이되는 사료의 유지성분에 따라 다소 영향을 받기는 하지만 항상성 기작에 의해 일정한 비율로 조절되고 있는 것으로 추정되었음(그림 47).
- 한우의 모유의 지방산 조성에 대한 보고는 임중우, 유제현 등이 1984년에 한국낙농학회지에 발표한 내용이 거의 유일한데, 이 결과를 토대로 그동안 한우 모유의 Myristic acid(C14:0), Lauric acid(C12:0), Capric acid(C10:0) 등, 중쇄지방산 함량이 젖소의 우유에 비해 약 2배 이상 높은 것으로 알려져 왔음(그림 46).
- 그러나, 본 연구의 조사 결과, 한우 모유와 일반 상용 백색시유(젖소, Holstein 종)의 지방산 조성을 비교하였을 때, 한우와 홀스타인 종 젖소의 모유 내 지방산 조성에 있어서 종간의 유의적 차이는 발견되지 않았음. 상용 백색시유에 있어서 주요 장쇄지방산인

Palmitic acid(C16:0), Oleic acid(C18:1), Stearic acid(C18:0)의 함량은 전체 지방산의 약 70%로 나타났고, 탄소수 14(C14) 이하의 단쇄 및 중쇄지방산 함량도 약 20%로, 한우와 동일한 조성을 보임 (그림 46,47).

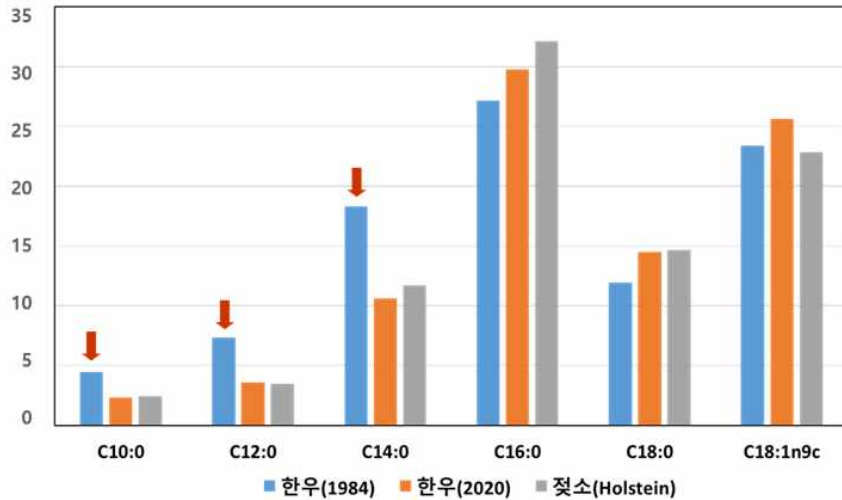


그림 46. 임종우, 유제현(1984) 조사 결과와 본 연구 조사 비교(%)

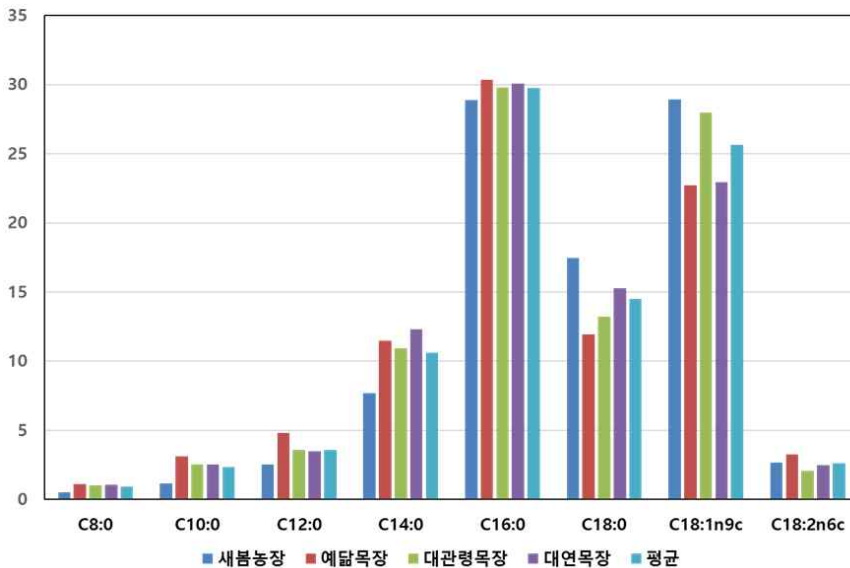


그림 47. 농가별 한우 모유 내 지방산 조성 비교

제2절. 시험대용유 제조 결과

1. 한우 송아지 전용 대용유 개발을 위한 한우 모유 영양조성 고찰

가. 젖소 모유 대비 한우 모유의 특징

(1) 총고형분 함량

- 한우 모유의 총고형분 함량은 평균 15.4%로, 일반적인 홀스타인종 젖소의 모유의 총고형분 함량이 평균 12.5%인 것과 비교할 때, 약 17%의 고형분을 더 포함하고 있음.
- 총고형분 함량이 높다는 것, 즉 농도가 진하다는 것은 동량을 섭취할 때 더 높은 수준의 영양을 공급할 수 있다는 것을 의미하며, 이는 젖소에 비해 현저히 낮은 한우의 산유량과 한우 송아지의 생시체중을 고려할 때 한우에 최적화된 진화적 선택인 것으로 추론할 수 있음.

(2) 유지방 함량

- 한우 모유의 유지방 함량은 평균 4.5%로, 젖소 모유의 평균 유지방 함량 3.7% 대비 약 18% 높은 수준을 나타냄.
- 유지방은 유당과 함께 포유기 송아지의 가장 중요한 에너지원으로 포유기 송아지 영양생리 특성상 지방산 조성이 중요한데, 유지방 내 총 지방산 중에서 소화 흡수율이 높은 C14 이하 중쇄 이하 지방산의 비율은 한우와 젖소에서 평균 20% 내외로 모두 동일한 것으로 나타남.

(3) 단백질 함량

- 한우 모유의 단백질 함량은 평균 5.4%로, 젖소 모유의 평균 단백질

함량 3.5% 대비 약 35% 높은 수준을 나타냄.

- 단백질은 근육과 같은 체성분, 항체 및 cytokine 과 같은 면역 조절자, 각종 효소 및 호르몬 등을 생성하기 위한 재료로 쓰이는 성분으로 포유기 송아지의 정상적인 체성장과 생리조절에 필수적임. 젖소 모유의 단백질:지방 비율이 0.94인데 비해 한우 모유의 경우 단백질 함량이 더 높아 1.2의 비율을 보임.

(4) 유당 함량

- 한우 모유와 젖소 모유의 유당 함량은 각각 평균 4.5%와 4.8%로 5% 이하의 유사한 비율을 나타내었음.
- 갓 태어난 포유기 송아지는 췌장의 아밀라아제 분비가 활성화되지 않아 스스로 전분을 소화하기 어려우며, 대신 모유에 포함되어 있는 유당을 소장에서 분비되는 유당분해효소에 의해 단당으로 분해하여 에너지원으로 이용함. 따라서 유당은 유지방과 함께 송아지에게 필수적인 단기 에너지원이지만 소화장관 내 삼투압에 영향을 주어 다량 급여시 설사 등의 대사이상의 원인이 될 수 있음. 이는 송아지 대용유를 설계함에 있어서도 반드시 고려해야 할 중요한 사항으로, 실제 시판되고 있는 축우용 대용유의 유당함량은 모두 액상환원 기준 5% 내외인 것으로 조사되었음.

(5) 기타(체세포 수)

- 한 가지 특기할 만한 사항은 한우 모유 내 체세포 수로, 한우 모유의 경우 개체별 편차가 크기는 하지만 표 24에 나타난 바와 같이 평균 체세포 수가 mL 당 144만 이상으로 현행 젖소 우유의 체세포 등급체계에 있어서 등외품에 해당하는 75만(1등급: 20만 이하; 2등급: 20~40만 이하; 3등급: 40~75만 이하; 등외: 75만 이상, 우유자조금관

리위원회) 수준을 두배 가까이 상회하는 수준임.

- 한우 모유의 체세포 수가 높은 이유가 한우 고유의 생리에 기인하는 것인지, 기계식 착유기를 이용한 인공적인 전착유 과정의 물리적 손상에 의한 것인지는 알 수 없지만, 높은 체세포 수가 한우 모유의 영양조성 분석치에 다소 영향을 줄 수 있는 개연성이 있음.
- 하나의 예로, 젖소 모유에 비해 한우 모유는 유당의 함량은 유사하나 조지방과 조단백 함량이 현저히 높은 것으로 나타남. 지방과 단백질은 체세포의 구성성분이기도 하지만 유당은 체세포의 구성성분이 아니며, 다른 예로, 젖소 모유의 지방산과 한우 모유의 지방산 조성을 비교할 때, 유지방 유래의 지방산 조성은 거의 동일하나 동물 세포막 구성에 있어서 높은 수준을 차지하는 Arachidonic acid(C20:4 n-6)의 비율이 한우에서 젖소에 비해 1.65배 높게 나타남.

나. 한우 송아지 전용 대용유 영양조성 수준 설계

(1) 한우 모유와 젖소 모유 TDN분석(액상 기준)

- 한우 모유 TDN(15% 액상)
 $[조지방(4.8\%) \times 2.25] + 조단백(5.4\%) + 유당(4.5\%) = \underline{20.70\%}$
- 젖소 모유 TDN(12.5% 액상)
 $[조지방(3.7\%) \times 2.25] + 조단백(3.5\%) + 유당(4.8\%) = \underline{16.63\%}$
- 한우 모유에서 조지방 비율과 고형분 함량이 높아 액상 기준으로 젖소 모유에 비해 TDN가가 약 3% 높게 나타남.

(2) 한우 모유, 젖소 모유 및 표준대용유 TDN 분석(고형분 기준)

- 한우 모유 TDN(고형분)
 $[조지방(32.0\%) \times 2.25] + 조단백(36.0\%) + 유당(30.0\%) = \underline{138.1\%}$

○ 젖소 모유 TDN(고형분)

$$[\text{조지방}(29.6\%) \times 2.25] + \text{조단백}(28\%) + \text{유당}(38.4\%) = \underline{133\%}$$

○ 표준대용유(누카멜엘로우) TDN(고형분)

$$[\text{조지방}(20.0\%) \times 2.25] + \text{조단백}(24\%) + \text{총당}(55.4\%) = \underline{108\%}$$

- 한우 모유와 젖소 모유를 고형분으로 환산하여 TDN가를 비교했을 때, 한우 모유 고형분에서는 조지방과 조단백 비율이 높은 대신, 유당의 비율이 낮고, 젖소 모유 고형분에서는 조지방, 조단백 비율이 낮은 대신 유당 비율이 높아 한우 모유에서 TDN가가 약 5% 높게 나타남.

- 1차년도 최적 대용유 급여 프로그램 개발 연구에서 표준대용유로 이용하였던 축우용 상용 대용유 누카멜엘로우의 경우, 고형분 기준 조지방과 조단백 함량이 한우 및 젖소 모유에 비해 현저히 낮아 높은 총당 함량(유당 39.4%)에도 TDN가 108%를 기록함.

(3) 한우 모유, 젖소 모유 및 표준대용유 TDN 분석(액상 기준)

○ 한우 모유 TDN(15% 액상)

$$[\text{조지방}(4.8\%) \times 2.25] + \text{조단백}(5.4\%) + \text{유당}(4.5\%) = \underline{20.70\%}$$

○ 젖소 모유 TDN(15% 액상)

$$[\text{조지방}(4.42\%) \times 2.25] + \text{조단백}(4.18\%) + \text{유당}(5.73\%) = \underline{19.86\%}$$

○ 표준대용유(누카멜엘로우) TDN(13% 액상)

$$[\text{조지방}(2.6\%) \times 2.25] + \text{조단백}(3.12\%) + \text{총당}(7.2\%)^* = \underline{16.17\%}$$

* 총당 중 유당 함량 5%

- 젖소 모유를 한우 모유와 동일수준인 15% 액상으로 환산하여 TDN가를 분석하였을 때, 약 19.86% 수준으로 한우 모유(15% 액상)의 20.7%와 비교하여 TDN가가 근소하게 낮은 것을 알 수 있음.

- 표준대용유의 경우 급여 권장 농도는 13%로, 액상 환원시 16.17%의 TDN가를 보여 한우 모유 및 15%로 고형분을 조정한 젖소 모유와 비교하여 4% 이상 낮은 수준임.

(4) 한우 송아지 전용 대용유 영양조성 수준 설계 고찰

- 위의 분석 결과, 젖소에서 생산된 우유로 제조된 전지분유를 약 15.5%로 현탁하여 한우 송아지 대용유로 활용하게 되면, 한우 모유와 유사한 TDN가(20.62%)를 구현할 수 있는 것으로 나타남. 그러나 전지분유만을 이용하는 경우에는 고가여서 경제성이 떨어지며, 유당 함량이 5% 이상 상향 조정되어 송아지 생리에 부담을 주는 문제점이 있음.
- 표준대용유는 권장 농도인 13%로 현탁시 TDN가 한우 및 젖소 모유에 비해 현저히 낮으나 유당 함량은 5%로 맞추어져 있는 것으로 나타남.
- 대용유는 인공포유를 전제로 하는 것이기 때문에 급여량을 조절할 수 있어서 제조에 있어서 반드시 모유의 TDN가 수준에 맞추어 설계할 필요는 없을 것으로 판단됨. 실제로 1차년도에 최적 대용유 급여 프로그램 개발 연구에서 포유전기 대용유 최대 급여기에 한우 송아지에게 최대 일일 8L의 대용유를 급여하였는데, 2차년도에 진행한 한우 모유 산유량 조사 결과를 토대로 한우는 비유최대기에도 산유량이 4L를 넘지 않으므로, 대용유 설계시에는 모유에 비해 TDN을 낮게 설정해 주어야 함.
- 본 연구에서 한우 송아지 전용 시험대용유 개발을 위한 영양조성 설계에 있어서 대용유 급여체계가 통상적으로 어미에 의한 자연포유에 비해 급여량이 높은 것과, 자연포유에 비해 송아지의 생산성 향상을 목적으로 하는 점을 고려할 때, 고형분 기준 한우 모유 TDN가 138%의 약 80% 수준인 TDN 110% 이상을 목표로 설정함.

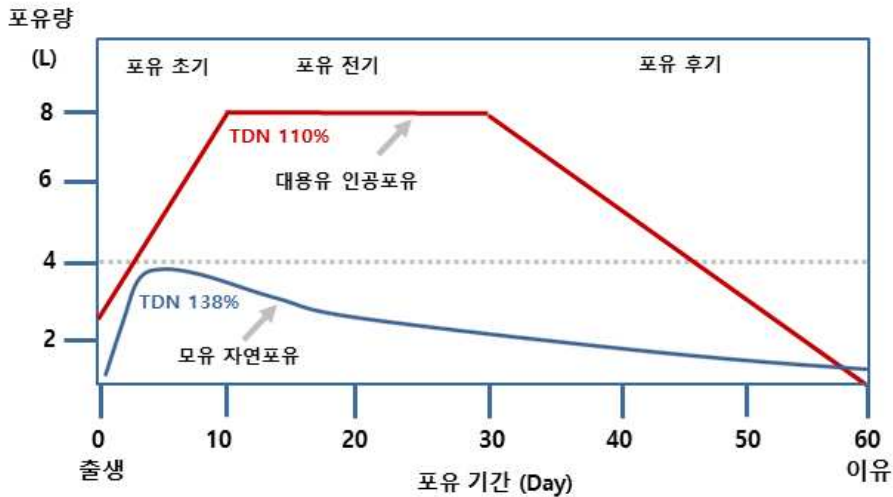


그림 48. 한우 전용 대용유 영양조성 및 목표 TDN 설정시 고려 사항

다. 한우 송아지 전용 대용유 지방산 조성 설정

(1) 한우 송아지 전용 대용유 지방산 조성 설정 방향

- 한우 송아지 전용 대용유 개발에 있어서 한우 모유의 지방산 조성 분석 결과에 근거하여 대용유 지방산 조성을 설계하는 것은 ‘한우 모유 수준’ 대용유를 구현하는 핵심 전략임.
- 그러나, 한우 모유의 지방산 조성이 젖소 모유의 조성과 비교할 때 특히 C14 이하의 단쇄 및 중쇄지방산 함량이 높다고 보고한 과거 기존 연구 결과와 달리, 본 연구에서 사료 급이환경이 다른 다양한 농가로부터 분석한 한우 모유의 전체 지방산 프로파일은 젖소의 모유와 유의적 차이가 발견되지 않음(그림 46).
- 따라서, 이미 젖소 포유기 송아지 등을 대상으로 시장을 형성하고 있는 축우용 상용 대용유의 지방산 조성을 조사하여 유지방을 대체하여 어떠한 유지원료를 사용하고 있는지 분석함으로써 한우 송아지 전

용 대용유 개발에 응용하는 것으로 개발 방향을 설정하였음.

(2) 축우용 상용 대용유 지방산 조성 분석

- 축우용 상용 대용유의 지방산 조성의 특성을 알아보기 위해 젖소 모유(상용 백색시유, Holstein 종), 한우 모유, 표준대용유(누카멜렐로우), 상용 대용유 2종, 그리고 현재 축우용 상용 대용유 제조에 가장 널리 사용되는 팜유와 코코넛유의 3:1 혼합 유지원료의 지방산 조성을 조사하여 비교 분석 하였음(그림 49).
- 전술한 바와 같이, 한우와 젖소의 모유 지방산은 거의 동일한 조성을 가지고 있음. 제조사의 정보에 의하면 표준대용유(누카멜렐로우)는 팜유와 코코넛유의 3:2 식물성 혼합 유지를 이용하고 있는 것으로 알려짐. 국내에 유통되고 있는 상용대용유 2종에 대해 지방산 조성을 분석한 결과 팜유와 코코넛 유의 3:1 혼합 유지와 유사한 조성을 보이는 것으로 분석됨.

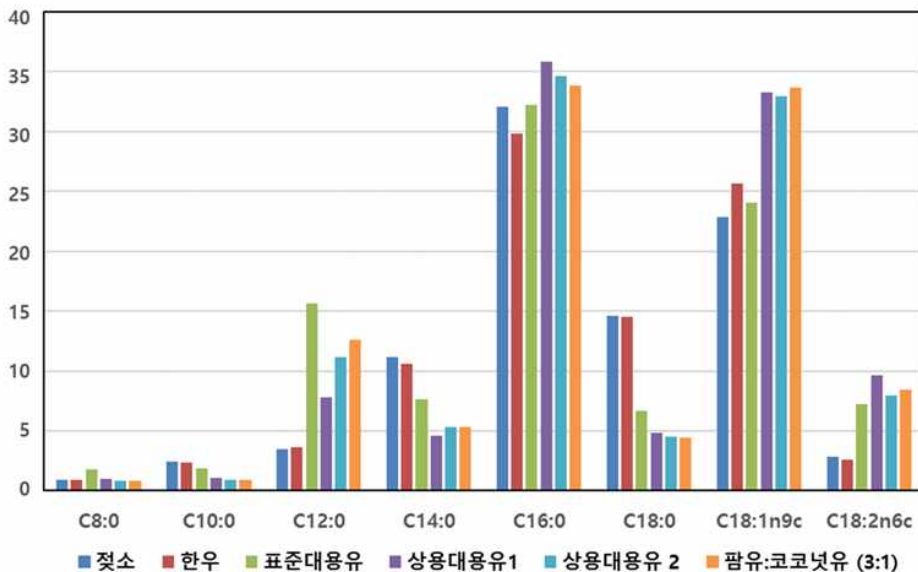


그림 49. 젖소 및 한우 모유, 대용유, 식물성 유지원료 지방산 조성 비교(%)

2. 시험대용유 제조 결과

가. 시험대용유 제조 의뢰

(1) 제조사 선정

- DH 바이탈피드(경기도 평택시 소재)
- 국내 최대 대용유 및 어린 가축사료 전문 생산기업(대한사료 그룹)
- 대용유 생산에 최적화된 간결하고 단순한 공정 라인 보유
- 1톤 규모의 소량 배합 대용유 전용 배합기 운영으로 시험대용유 생산 의뢰에 적합

(2) 시험대용유 제조 전략 회의 진행

- 2019년 10월, 12월, 시험대용유 제조 전략 회의 2회 진행
- 2020년 4월, 기업 방문 세미나 진행, ‘한우 송아지 전용 대용유 및 대용유 급여 프로그램 개발의 필요성’
- 한우 대용유 시장 잠재력에 대해 높은 관심 피력



그림 50. DH 바이탈피드 공장 전경

나. 한우 송아지 전용 시험대용유 포물라 결정

(1) 시험대용유 1(고사양, high spec.)

- 조지방 비율을 실제 우유와 유사하게 1:1 수준으로 설정
- 13% 현탁하였을 때 조단백과 조지방을 각각 3% 이상 되도록 설정(파우더 기준 각각 25% 이상)
- 유당함량을 5% 이하로 조정

(2) 시험대용유 2(일반사양, normal spec.)

- 경제성을 고려하여 조단백, 조지방 함량을 표준대용유의 조성에 준하여 설정
- 13% 현탁하였을 때 조단백 3%, 조지방 2.5% 수준이 되도록 설정(파우더 기준 조단백 24%, 조지방 20% 수준)
- 유당함량을 5% 이하로 조정

다. 한우 송아지 전용 시험대용유 생산

(1) 시험대용유 주요 원료

- 유제품 원료: 유청분말, 전지/탈지분유
- 유지원료: 팜유와 코코넛유(3:1) 혼합 식물성 유지
- 프리믹스: 표 25의 성분과 기능성을 가지는 상용 제품 선정 후 조합

(2) 시험대용유 생산 계획

- 시험대용유 1: 약 300kg(50kg x 6두)
- 시험대용유 2: 약 300kg(50kg x 6두)

표 25. 시험대용유 주요 원료

원료	주요 성분	비고
유청분말 (whey powder)	• 유청단백질(whey protein) • 유당(lactose) • 미네랄(mineral)	유청 분말, 농축 유청 단백질 등
분유 (milk powder)	• 카제인 단백질(Beta-casein) • 유청단백질(whey protein) • 유지방(milk fat, TG) • 유당(lactose) • 미네랄(mineral)	전지분유(whole milk powder), 탈지분유(skim milk powder)
식물성 유지 (plant oil)	• 코코넛유(coconut oil, TG) • 팜유(palm oil, TG)	단쇄 및 중쇄지방산 보강을 위한 최적 조합 팜유:코코넛유 = 3:1

표 26. 시험대용유 프리믹스(premix) 구성 요소

원료	주요 성분	주요 기능
유기산제 (organic acids)	• 개미산염(formate) • 구연산(citric acid)	항균작용, 장내균총 안정화, 에너지 공급
필수 아미노산 (essential amino acid)	• 황함유 아미노산(SAA) • 라이신(lysine) • 트립토판(tryptophan)	단백질 합성 필수, 근육 및 피모생성 촉진
비타민&미네랄 (vitamin & mineral)	• 지용성 비타민(Vit.A,D,E) • 수용성 비타민(Vit Bgroups) • 황산철(Ferrous sulfate) • 황산아연(Zinc sulfate)	체성장 및 에너지대사 촉진, 혈액생성,세포기능 활성화, 전해질 공급
생균제 (probiotics)	• 바실러스(<i>bacillus sp.</i>) • 락토바실러스(<i>lactobacillus sp.</i>)	소화장관 면역기능 활성화, 설사 예방
기타	• 향미제(flavor) • 유화제(emulsifier)	기호성 증진, 원료 균질성 및 용해도 향상

나. 한우 송아지 전용 시험대용유 제조 결과

(1) 시험대용유 영양조성 분석

- 표준대용유: 제조사에서 제공한 조성은 파우더 기준 조단백 24%, 조지방 20% 였으나, 실제 분석 결과 단백질 함량은 약 23% 수준, 조지방 함량은 약 18% 수준으로 나타남.
- 시험대용유 1: 당초 계획대로 조단백과 조지방이 13% 현탁 기준 각각 3% 이상으로 배합, 조단백과 조지방의 비율이 1:1 균형에 근접함. 유당 함량이 액상 환원 시 5% 이하로 조정됨.
- 시험대용유 2: 당초 계획대로 조단백과 조지방 함량을 표준대용유 수준으로 제조, 액상 환원 시 유당 함량 5% 이하로 조정됨.

표 27. 표준대용유 및 시험대용유 성분조성(%)

원료	표준대용유 (누카멜엘로우)		시험대용유 1 (고사양)		시험대용유 2 (일반사양)	
	파우더	액상환원 (13%)	파우더	액상환원 (13%)	파우더	액상환원 (13%)
조단백	23.36	3.03	25.87	3.36	23.51	3.05
조지방	18.27	2.37	23.84	3.10	19.46	2.53
조섬유	0.59	0.08	1.02	0.13	0.95	0.12
조회분	7.62	0.99	5.79	0.75	7.24	0.94
총당 (유당함량)	55.29 (39.36)	7.18 (5.11)	49.17 (20.17)	6.39 (2.62)	49.73 (29.86)	6.46 (3.88)
TDN	120.3	-	129.7	-	118.0	-

(단미사료협회 분석의뢰 결과)



그림 51. 시험대용유1, 2 생산품

(2) 한우 송아지 전용 시험대용유 지방산 조성 분석

- 시험대용유 1, 2의 지방산 조성은 주요 유지원료인 팜유와 코코넛유 (3:1) 혼합 식물성 유지의 영향으로 중쇄지방산 중 한우와 젓소의 모유에 가장 많이 함유되어 있는 Myristic acid(14:0)의 함량이 낮은 대신 Lauric acid(12:0)의 함량이 한우와 젓소의 모유에 비해 약 3배 높은 양상을 보였고, 단쇄지방산인 Capric acid(10:0)와 Caprylic acid(C8:0)은 유사한 함량을 보임.
- 장쇄지방산인 Stearic acid(C18:0)가 한우와 젓소의 모유에 비해 약 3배 낮은 반면, Oleic acid(C18:1)와 Linoleic acid(C18:2)의 함량은 높은 것으로 나타남. 한우와 젓소의 모유에 가장 풍부한 장쇄지방산인 Palmitic acid(C16:0)는 유사한 함량을 보임.
- 표준대용유(누카멜엘로우)의 지방산 조성 특징은 주요 유지원료인 팜유와 코코넛유(3:2) 혼합 식물성 유지에서 기인한 것으로 시험대용유 1, 2와도 다소 차이를 보이는데, Lauric acid(12:0)의 함량이 한우와

젖소의 모유에 비해 약 5배 높고 장쇄지방산인 Oleic acid(C18:1)가 한우와 젖소의 모유와 유사한 함량을 나타냄.

- 국내 유통되는 축우(낙농)용 대용유의 유지원료가 대부분 팜유와 코코넛유의 3:1 혼합 식물성유지로 알려져있는대로, 시험대용유 1, 2의 지방산 조성은 현재 시판중인 축우용 대용유의 일반적인 지방산 조성과 유사한 것으로 분석되었음.

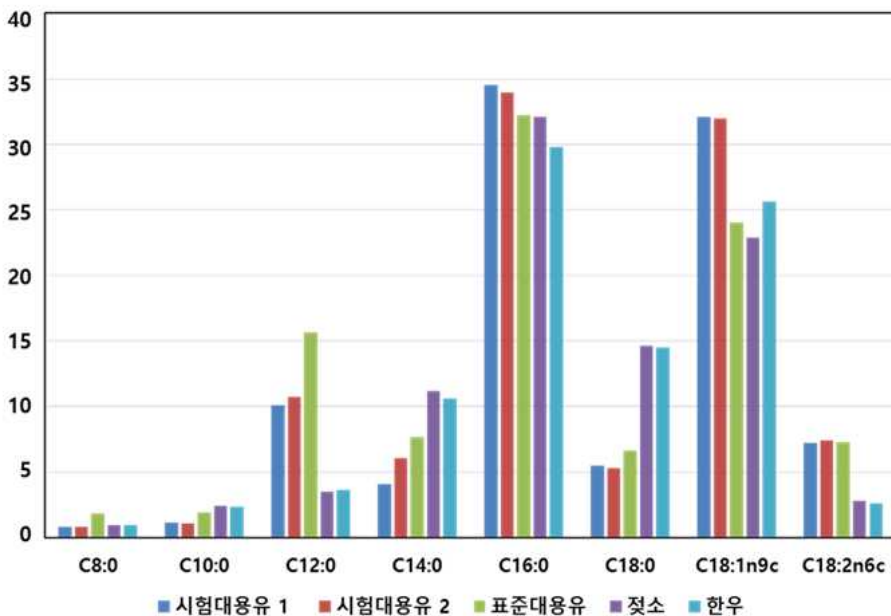


그림 52. 시험대용유 2종, 표준대용유, 젖소 및 한우 모유 지방산 조성 비교

제3절. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 결과

1. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 개요

- 가. 어미 소의 산유량에 따라 큰 영향을 받는 한우 송아지의 이유시 체중은 시장에서 송아지의 거래가격을 결정하는 요인이 될 뿐만 아니라, 비육 후 출하까지의 일당증체량과 높은 정의 상관관계를 갖고 있어 경제적으로 매우 중요함(황정미 등, 2002)
- 나. 그러나 한우 암컷의 경우 산유량이 적어 자연 포유시 송아지 생후 1개월 이후 송아지 영양소 부족 현상이 발생 됨. 포유기 때의 영양은 반추위 발달에 매우 중요하고 이후 비육기 성장 성적에도 큰 영향을 미치는 만큼, 포유기 송아지에게 풍부한 영양을 공급하는 체계적인 관리체계를 확립하는 것은 향후 한우산업의 지속가능성을 위해 필수적인 요소임.
- 다. 한우 모유의 영양조성 분석 결과에 근거한 ‘한우 송아지 전용 대용유 개발’은 본 과제의 2차년도 목표로, 대용유 전문 제조 기업인 ‘DH 바이탈피드’와의 협업으로 2종의 시험대용유를 제조하여 축우용 상용 대용유(표준대용유, 누카멜엘로우)와 함께 포유기 송아지에 비교 급여시험을 실시하였음.
- 라. 본 연구는 시험농장에서 2020년 3월부터 10월까지 약 7개월간 대조구를 포함한 3개 실험구, 총 17두의 한우송아지(암: 9두; 수: 8두)를 대상으로 진행하였음.
- 마. 대용유 급여 방식은 1차년도 연구에서 송아지 생산성 및 경제성에서 가장 우수한 성적을 보인 ‘계단식 점감 이유 프로그램(Step Down Weaning)’을 적용하였음. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 개요에 대한 요약은 아래 표에 제시함(표 28).

표 28. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 개요

연구 기간		2020년 3월~2020년 10월
시험농장		새봄 농장(경기도 이천 소재)
표준로봇포유기		Calf Feeder(Foster Technik)
표준대용유		Nukamel Yellow(Nukamel)
시험대용유 1, 2		DH 바이탈피드(위탁 제조)
표준대용유 급여 프로그램		Step Down Weaning
공시 축	대조구	공시 축 7마리(암(3),수(4))
	실험 1	공시 축 5마리(암(3),수(2))
	실험 2	공시 축 5마리(암(3),수(2))
평가항목	성장지표	대용유 및 고형사료 섭취량, 체위 및 증체량
	생리지표	분변검사, 혈액분석(MPT), 모발 미네랄 분석

2. 시험대용유에 대한 사전 기호성 테스트

신규 제조한 2종의 시험대용유에 대해 포유기 송아지 2두를 공시하여 13%로 현탁하여 각각 2L씩 급여함. 송아지의 대용유에 대한 접근성이 좋고 하루 동안 관찰하였을 때 별다른 대사이상이 관찰되지 않음.



그림 53. 시험대용유에 대한 사전 기호성 테스트

3. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 설계

가. 한우 모유 조성에 근거한 한우 송아지 전용 대용유 개발을 위해, 시험농장의 로봇포유기에 ‘계단식 점감 이유 프로그램’을 적용하여 표준대용유(누카멜엘로우)를 급여하는 실험구를 대조구로 설정하고, 대조구 대비 2종의 시험대용유를 각각 급여하는 실험구 1과 2를 두어 송아지 성장성적 및 경제성을 비교 분석하였음.

나. 실험구 1에서는 대조구인 상용 표준대용유(TDN 120.3%)에 비해 조단백과 조지방 함량을 높인 ‘고사양(TDN 129.7%)’ 시험대용유 1을 급여하였고, 실험구 2에서는 표준대용유와 동등한 영양조성의 ‘일반사양(TDN 118.0%)’ 시험대용유 2를 급여하였음. 세부적인 실험 설계 내용을 아래와 같이 정리함(표 29).

표 29. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 설계 요약

구분	대용유 영양조성 ¹⁾			대용유 농도 (%)	포유 일수 (일)	인공포유 방식
	조단백 (%)	조지방 (%)	총당 (%)			
대조구 표준대용유 급여	3.03	2.37	7.18	13	60	로봇포유기를 이용한 Step Down Weaning 프로그램
실험 1 시험대용유 1 급여 (고사양)	3.36	3.10	6.39	13	60	실험자에 의한 Step Down Weaning 프로그램 ²⁾
실험 2 시험대용유 2 급여 (일반사양)	3.05	2.53	7.24	13	60	

1) 13% 액상환원시 기준

2) 시험농장에 레일식 로봇포유기가 1기만 설치되어 있어, 2종의 상이한 대용유 포물라에 대한 동시 실험진행이 어려움. 따라서 실험자가 Step Down Weaning Program의 대용유 급이 로직에 따라 로봇포유기처럼 정해진 시간에 대용유 손포유를 진행함.

4. 시험대용유 급여시험 실험구 배치 및 시험 추진 일정

- 가. 대조구 시험은 초봄인 3월 중순에서 5월까지 진행되었음. 대조구는 로봇포유기와 표준대용유를 이용한 ‘계단식 점감 이유 프로그램 (SDW)’ 으로, 1차년도 ‘한우 송아지 최적 대용유 급여 프로그램 개발’ 시험의 ‘시험 4’ 와 동일한 내용으로 진행되었음. 1차년도의 시험 4의 경우 4월 말에서 여름으로 넘어가는 7월 중순까지 진행되었으므로, 두 실험구 결과 간의 유의차 검정을 통해 동일한 대용유 급여 프로그램의 계절적 요인이 미치는 영향을 분석하였음.
- 나. 실험구 당 송아지는 최소 5두 이상으로 설정하였고, 암/수 송아지는 출생일에 따라 최대한 각 실험구에 교대 배치 하였음. 각 실험구에 배치된 송아지의 생시체중 사이에는 통계적 유의차가 없었음.
- 다. 각 실험구에 배치된 송아지는 초유 인공급여를 마치고, 계단식 점감 이유 프로그램에 의해 대조구는 표준대용유를, 실험구 1과 2는 시험대용유 1, 2를 각각 급여하였음.

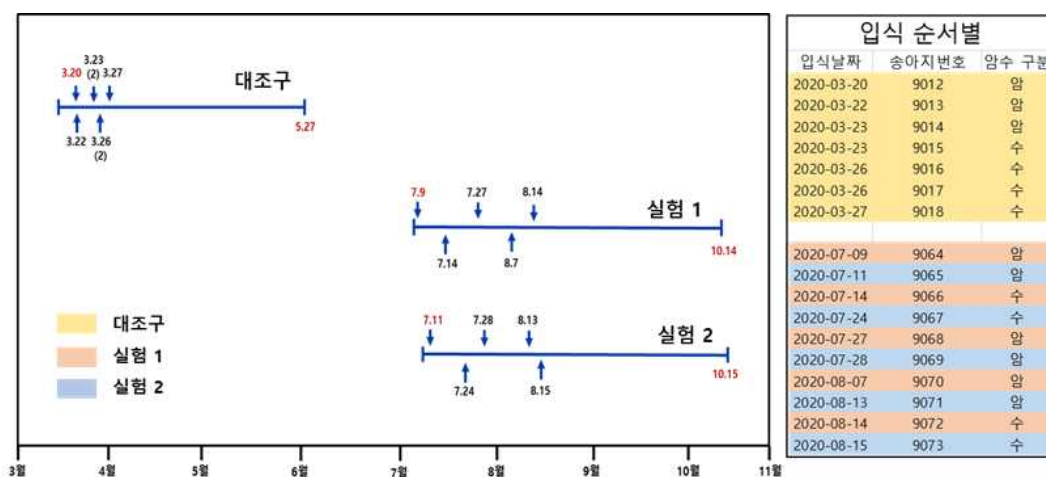


그림 54. 시험대용유 급여시험 실험구 배치 및 시험 추진 일정

5. 시험대용유 용해도 테스트

가. 시험대용유 용해도 테스트 개요

(1) 대용유 용해도의 중요성

- 대용유의 구성성분은 조지방을 구성하는 유지원료, 조단백을 구성하는 유청단백질, 탄수화물을 구성하는 유당과 프리믹스를 구성하는 각종 첨가제 등으로 온수에 혼합할 경우 첨가제에 포함되어 있는 유화제 성분에 의해 마이셀(micelle)입자를 형성함. 따라서 대용유는 엄밀한 의미로 ‘용액(solution)’ 이 아니라 미세한 입자가 물속에 골고루 분산되어 있는 ‘현탁액(emulsion)’ 이라 할 수 있음.
- 대용유의 용해도(실제로는 분산도)가 높으면 소화장관에서 소화효소의 접근성이 용이해져 소화율과 흡수율이 증진되며, 로봇포유기 등에 적용할 경우 유동성이 원활해져 이송관을 막는 등의 문제를 야기하지 않아 효율적인 유지관리가 가능함.

(2) 대용유 용해도에 영향을 주는 요인

- 대용유의 입자도: 대용유 구성성분의 입자의 직경이 미세할수록 표면적이 넓어져 현탁이 용이함.
- 유지원료의 품질: 유지원료는 본질적으로 소수성(hydrophobicity)을 띄고 있어 물에 녹지 않음. 대용유 유지원료는 대용유 제조시 사전에 친수성(hydrophilicity)물질로 코팅을 하거나 유화제와 혼합하여 미세한 마이셀 형태로 가공해야 함.
- 유화제(emulsifier): 유화제는 세포막의 인지질, 계란의 레시틴(lecithin)과 같이 양쪽성(amphiphilicity)을 가진 물질로, 소수성을 가진 입자를 둘러싸아 미세한 마이셀을 형성하여 분산도를 높여줌.

- 부형제(excipient): 대용유의 원료 중에는 다른 재료와 혼합을 용이하게 해주기 위해 증량제 또는 부형제가 사용되는데 이러한 부형제의 경우 많은 경우 불용성 입자일 경우가 많아 대용유의 용해도를 저해하는 요인이 될 수 있음.

나. 시험대용유 용해도 테스트 방법

(1) 불용성 물질 함량 측정

- 대용유 시료 5g을 100mL 플라스크에 분주하여 38℃ 증류수 40mL과 혼합한 후 마그네틱 스테러를 이용하여 1분간 현탁
- 현탁액을 50mL 튜브에 옮긴 후 900RPM으로 15분간 원심분리
- 상층액 제거 후 95℃ 드라이 오븐에 넣어 수분을 제거한 후 남은 펠렛의 무게를 정량

(2) 분산도 측정

- 대용유 시료 5g을 100mL 플라스크에 분주하여 38℃ 증류수 40mL과 혼합한 후 마그네틱 스테러를 이용하여 1분간 현탁
- 현탁액을 50mL 튜브에 옮긴 후 침전물이 형성되는 시간 측정

(3) 입자도 측정

- 대용유 시료 5g을 100mL 플라스크에 분주하여 38℃ 증류수 40mL과 혼합한 후 마그네틱 스테러를 이용하여 1분간 현탁
- 현탁액을 실험용 체(180 μ m)로 필터링
- 실험용 체에 걸러진 입자 확인

다. 시험대용유 용해도 테스트 결과

(1) 불용성 물질 함량 측정

- 표준대용유(누카멜옐로우)와 시험대용유 1, 2를 온수에 12.5%로 현탁한 후 함유되어 있는 불용성 물질 함량을 측정하였음.
- 누카멜옐로우는 3.33g, 시험대용유 1은 2.26g, 시험대용유 2는 2.06g으로 시험대용유보다 누카멜옐로우에서 불용성 물질의 양이 많았음.

(2) 분산도 측정

- 표준대용유(누카멜옐로우)와 시험대용유 1, 2를 온수에 12.5%로 현탁한 후 침강속도를 측정하였음.
- 시험대용유 1,2 는 16초만에 빠르게 침강하는 반면, 누카멜옐로우의 경우 용해되지 않은 물질이 침강하는데 약 25초 이상 소요됨.
- 이는 용액 내 용질 분산도의 차이로, 누카멜옐로우가 시험대용유보다 분산도가 우수했음.

(3) 입자도 측정

- 표준대용유(누카멜옐로우)와 시험대용유 1, 2를 온수에 12.5%로 현탁한 후 실험용 체를 이용하여 필터링 한 후 잔류 입자의 종류를 관찰하였음.
- 시험대용유 1,2는 표준대용유에 비하여 흰색, 검은색 종류의 큰 입자도를 가진 원료가 관찰되었는데, 흰색은 용해되지 못한 우유 유래 성분이며, 검은색은 부형제 및 비타민 프리믹스로 밝혀짐.
- 우유 유래 성분을 액체상태로 구입하여 믹싱 후 건조시키는 누카멜옐로우와 달리, 각각의 원료를 분말 상태로 구입 후 믹싱하는 시험대용유의 제조 공법의 차이로 사료됨.

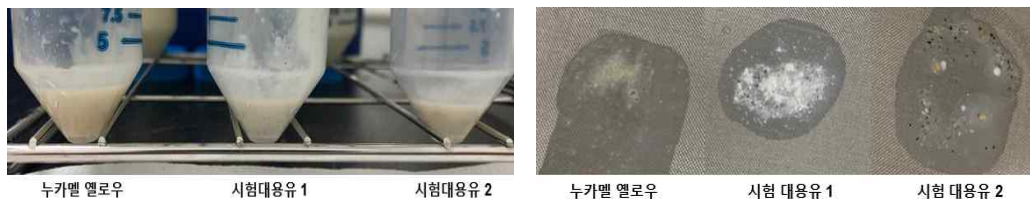


그림 55. 불용성 물질 함량 측정(좌), 입자도 측정(같은 배율)(우)

6. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 결과

가. 대조구와 실험구 간 성장 지표 비교 분석

(1) 대용유 일일 섭취량 및 누적 섭취량

- 대용유 섭취량(액상 및 고형분 기준)은 모든 포유 단계에서 실험구 1, 실험구 2, 대조구 순으로 높게 나타났음(표 30).
- 실험구 1과 실험구 2에서 시험대용유의 급여는 대조구의 로봇포유기 방식과 동일한 프로그램 하에 급여 시도 후 섭취 거부 시 급여를 중단하였기 때문에 급여 방식에 따른 영향은 아닌 것으로 판단됨.

(2) 고형사료 일일 섭취량 및 누적 섭취량

- 고형 사료 섭취량 또한 대용유 섭취량과 마찬가지로 모든 포유 단계에서 실험구 1, 실험구 2, 대조구 순으로 높게 나타났음(표 30).
- 실험구 1과 실험구 2의 고형사료 누적 섭취량의 유의적 차이는 없었으나, 실험구 1은 대조구에 비해 약 2.3배 고형사료 섭취량이 높게 나타났으며($p<0.01$), 실험구 2는 대조구에 비해 약 2.1배 고형사료 섭취량이 높게 나타났음($p<0.05$)(표 30),(그림 57).

(3) 일당증체량 및 이유체중

- 평균 일당증체량에 있어서 고사양 시험대용유를 급여한 실험구 1이 대조구와 실험구 2에 비해 근소하게 높게 나타났으나, 일당증체량에 대해 실험구와 대조구 간의 유의차는 보이지 않았음(표 30).
- 평균 일당증체량에 있어서도 ‘고사양’ 시험대용유를 급여한 실험구 1이 대조구와 실험구 2에 비해 근소하게 높게 나타났으나, 이유체중

에 대해 실험구와 대조구 간의 유의차는 보이지 않았음(표 30).

- 실험구 1과 대조구는 성장곡선 상에서 차이를 보이지 않았으나, 대조구와 동등한 영양조성을 가진 ‘일반사양’ 시험대용유를 급여한 실험구 2는 포유기 전구간에서 실험구 2와 대조구에 비해 근소하게 체중이 낮게 나타났음(그림 57).

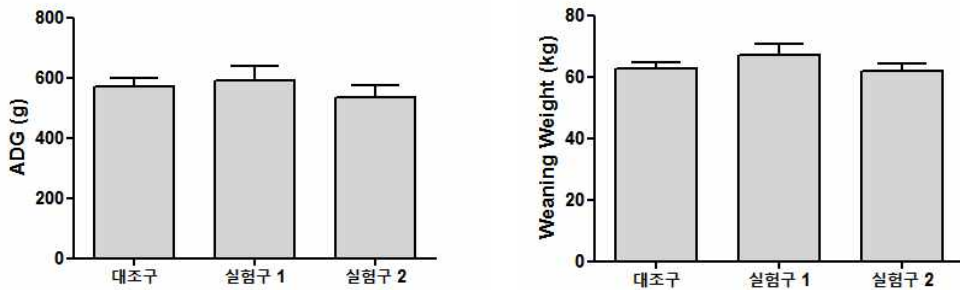


그림 56. 실험구 간 일당증체량(좌) 및 이유체중(우) 비교

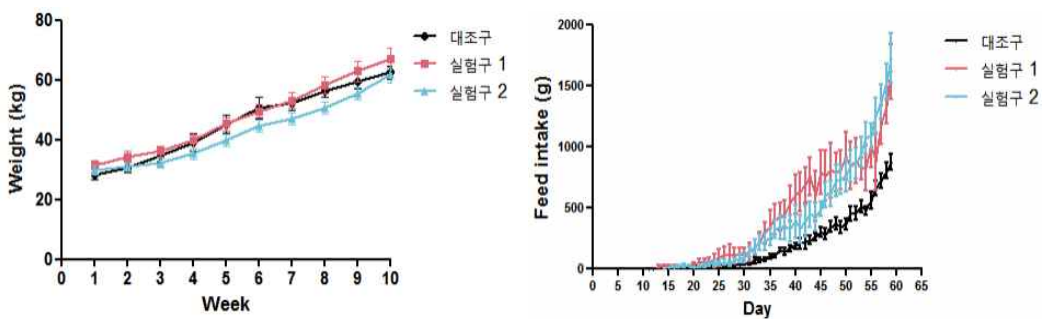


그림 57. 실험구 간 성장곡선(좌) 및 누적 고형사료 섭취량(우) 비교

표 30. 포유 단계별 섭취량 및 누적 섭취량, 일당증체량 및 이유체중

구분	대용유 섭취량	액상 기준(L)	고형사료 섭취량(g)	일당증체량(g)	이유체중(kg)
		고형분 기준(g)			
대조구	포유 초기	2.8±0.4	0	569.4±31.2	62.5±2.2
		357.9±47.6			
	포유 중기	5.6±0.5	16.7±7.3		
		722.5±62.5			
	포유 후기	4.1±0.1	305.3±27.9		
		529.6±7.2			
	누적 섭취량	256.6±9.8	9637.9±903.8		
		33360.7±1272.2			
실험구 1	포유 초기	3.2±0.3	0	588.9±49.5	67.2±3.6
		414.3±34.5			
	포유 중기	7.0±0.2	47.5±30.4		
		907±31.1			
	포유 후기	4.2±0.01	666.7±140.5		
		539.7±0.8			
	누적 섭취량	289.3±5.2	21411.4±4840.9		
		37614.2±677.8			
실험구 2	포유 초기	2.9±0.3	0	533.8±41.5	61.7±2.7
		382.2±41.6			
	포유 중기	6.3±0.5	26.2±11.5		
		813.2±59.2			
	포유 후기	4.1±0.003	612.3±95.0		
		538.5±0.4			
	누적 섭취량	273.3±9.3	19371.4±3159.6		
		35534.2±1209.5			

나. 대조구와 실험구 간 경제성 비교 분석

(1) 대용유 급여 소요 비용

- 수입산 축우용 대용유인 표준대용유(누카멜엘로우)를 급여한 대조구가 대용유 급여비용으로 두당 약 30만 5천원이 소요된 반면 국내 제조 시험대용유 1과 시험대용유 2를 각각 급여한 실험구 1과 실험구 2는 그 절반 정도인 약 16만 8천원과 14만 9천원이 소요됨.
- 특히 유럽으로부터 수입되는 양질의 대용유는 높은 관세로 인해 한우 송아지에 대용유 체계를 도입하는데 걸림돌이 되고 있음. 품질이 우수한 한우 전용 송아지 대용유 개발을 통한 국산화가 이에 대한 해결 방안이 될 수 있음.

(2) 고형사료 급여 소요 비용

- 표준대용유를 급여한 대조구에서는 고형사료 급여비용으로 두당 약 2만 9천원이 소요된 반면, 시험대용유 1과 시험대용유 2를 급여한 실험구 1과 2에서는 각각 약 4만원과 3만 6천원이 소요됨.
- 실험구 1과 2에서 포유후기 송아지의 고형사료 섭취량이 대조구에 비해 현저히 높았음. 대용유에 비해 고형사료의 가격이 상대적으로 저렴하기 때문에 포유후기 대조구에 비해 고형사료 섭취량이 급격히 늘어났음에도 불구하고 포유기 송아지 육성에 드는 총비용은 대조구에 비해 실험구에서 저렴하였음.

(3) 대조구와 실험구 간 경제성 비교

- 대조구에서는 송아지 포유관리에 대용유와 고형사료비로 두당 약 33만원이 소요된 반면, 실험구 1에서는 약 20만원, 실험구 2에서는 약 18만원이 소요되어, 이유체중에 유의차가 없는 것을 감안할 때 실험

구 2가 가장 경제성이 높은 것으로 나타났음.

표 31. 표준대용유(누카멜엘로우) 및 시험대용유 1,2의 소모 비용

구분	한 마리 당 평균 대용유 급여 소요 비용(원)	한 마리 당 평균 고형사료 급여 소요 비용(원)
대조구	305,700	29,138
실험구 1	168,141	40,082
실험구 2	147,992	36,577

(두당 고형사료 총 섭취량 및 소요비용은 카프스타터와 티모시의 합산)

[대용유 및 고형사료 가격산정 기준]

1. 표준대용유: 8,000원/kg
2. 시험대용유 1: 4,500원/kg
3. 시험대용유 2: 4,000원/kg
4. 카프 스타터: 2,000원/kg
5. 티모시(조사료): 600원/kg

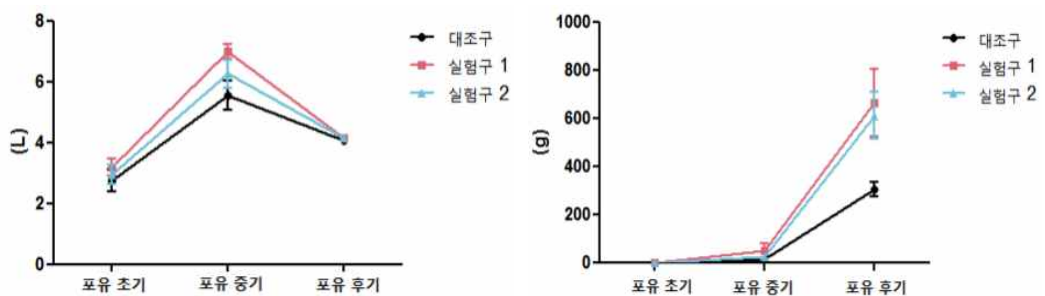


그림 58. 실험구 간 대용유 소모량(좌) 및 고형사료 소모량(우) 비교
포유 초기(1-11일 평균), 포유 중기(12-29일 평균), 포유 후기(30-60일 평균)

다. 대조구와 각 실험구 생리지표 비교 분석(MPT 및 모발 미네랄 분석)

(1) 단기 영양상태

- 단기간 에너지 상태를 측정하는 지표인 NEFA(Nonesterified fatty acid)의 경우, 대조구와 모든 실험구가 포유전기에 비슷한 양상을 보이다가, 포유후기를 기점으로 시험대용유 1, 2를 급여한 실험구가 표준대용유를 급여한 대조구에 비해 크게 낮아지는 양상을 보임.

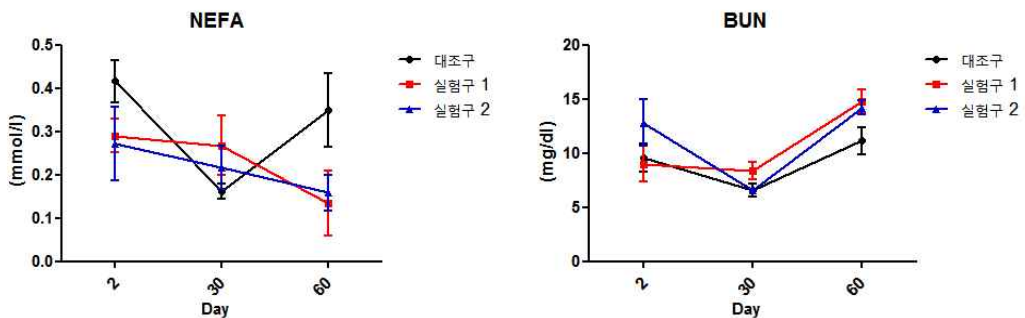


그림 59. 포유기 동안 혈중 NEFA와 BUN의 변화

- 포유후기는 고형사료 급여량이 급증하는 시기로서, 시험대용유 1, 2 급여 실험구의 경우 누카멜 급여 실험구에 비해 약 두 배 이상의 고형사료 섭취량을 기록함. 따라서 포유후기의 충분한 고형사료 섭취가 영양소 부족을 보완할 수 있을 것으로 판단함(그림 59).
- 단백질 공급 과부족 지표인 BUN(Blood urea nitrogen)의 경우, 대조구와 모든 실험구가 포유 전기에 비슷한 양상을 보이다가, 포유후기를 기점으로 시험대용유 1, 2 급여 실험구가 누카멜 급여 대조구에 비해 높아지는 양상을 보임.
- 이는, NEFA와 마찬가지로, 고형사료 급여량이 급증하는 포유후기에, 고형사료의 섭취량이 많았던 시험대용유 1, 2 급여 실험구의 경우

그렇지 않았던 누카멜 급여 대조구에 비해 충분한 단백질 공급이 이뤄졌음을 알 수 있음(그림 59).

(2) 항상성 유지 및 에너지 상태

- TP(총단백질, Alb와 Glob의 합)는 대조구와 실험구 모두에서 포유기 전 구간에 큰 변화를 보이지 않았으며, TG(중성지방), T-Cho(총 콜레스테롤) 등은 송아지 성장에 따라 점차 안정화 되어 정상범위를 나타냄(이수두, 2014)(그림 60).

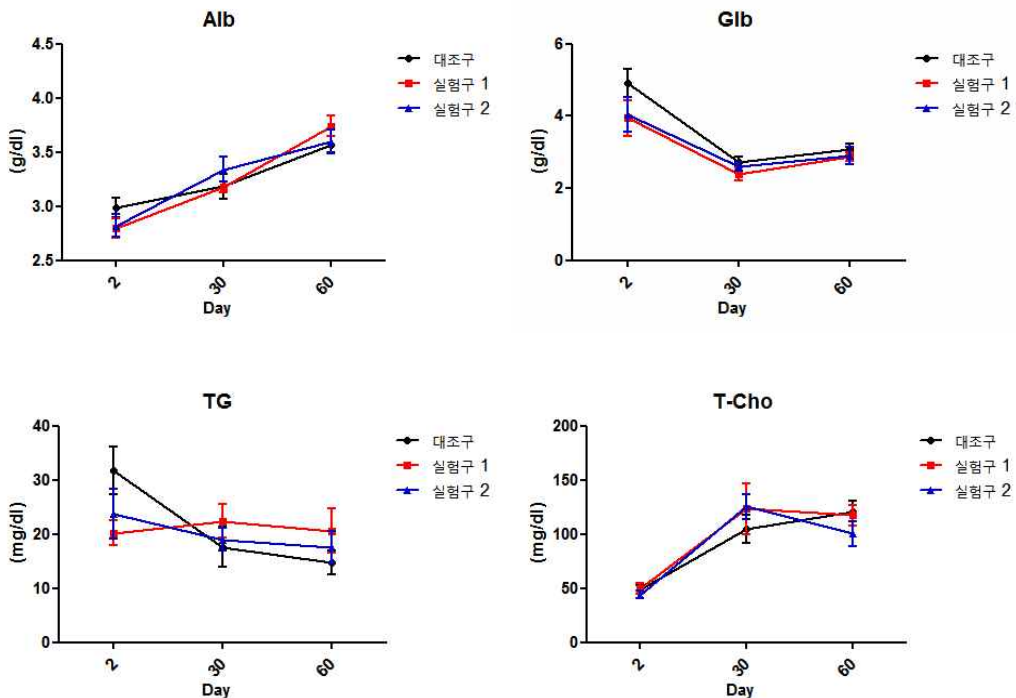


그림 60. 포유기 동안 혈중 Alb, Glob, TG, T-Cho의 변화

- 생후 초유급여로 인해 증가된 Glob(Globulin)은 포유전기에 점차 감소되다가 송아지의 획득면역이 활성화되는 포유후기에 다시 정상적으로 증가하는 양상을 보임.

- 한우(암) 28일령: TP, $6.3 \pm 0.6 \text{g/dL}$; Alb, $3.6 \pm 0.5 \text{g/dL}$; Glob, $2.7 \pm 0.5 \text{g/dL}$; TG, $13.7 \pm 23.4 \text{mg/dL}$; T-Chol, $101.8 \pm 35.0 \text{mg/dL}$ (이수두, 2014)(그림 60).

(3) 반추위 발달상태

- 대조구와 모든 실험구에서 포유후기로 갈수록 Glu(Glucose)의 수치가 낮아지는 것으로 보아 정상적인 반추위 발달이 이루어지고 있는 것으로 판단할 수 있음(그림 61).
- 반추위 발달지표인 b-HB(beta hydroxy butyrate)의 경우, 대조구와 모든 실험구에서 포유후기 고형사료 섭취량이 증가됨에 따라 수치가 증가된 것으로 보아 정상적인 반추위 발달이 이루어지고 있음을 다시 한 번 확인할 수 있음.
- 한편, 고형사료 급여량이 급증하는 포유후기 이후, 시험대용유 1, 2 급여 실험구에서 누카멜 급여 대조구보다 더 높은 b-HB 수치가 나타났는데, 이는 NEFA, BUN 지표에서와 마찬가지로 고형사료 급여량 차이에 따른 변화로 생각되며, 고형사료 급이가 반추위 발달의 정도에 영향을 미친 것으로 생각할 수 있음(그림 61).

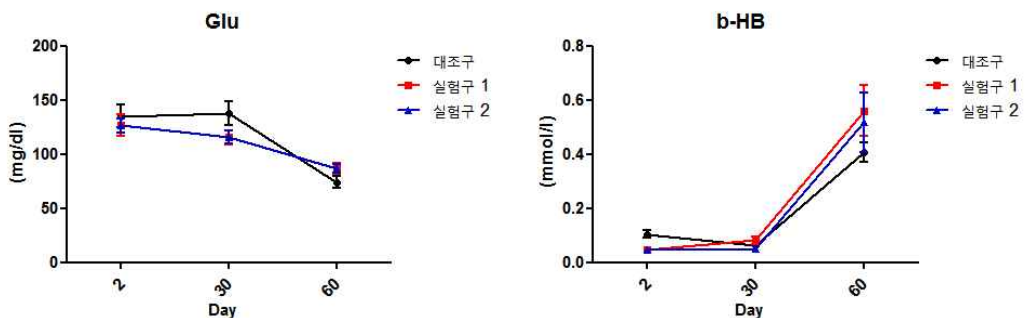


그림 61. 포유기 동안 혈중 Glu와 b-HB의 변화

(4) 면역력 지표

- 초유급여 직후인 생후 2일차의 G1b, GGT(Gammaglutamyl transferase)의 혈중 농도로 볼 때 대조구 및 실험구에서 초유로부터 송아지에게 항체가 잘 전달된 것으로 판단됨(그림 62).
- 모발 내 미네랄 함량 중 면역 항상성 지표로 알려진 Zn/Cu 비율이 포유기 전 구간에서 정상범위(10.0~16.0)임을 볼 때, 초유 항체 소진 후 정상적인 획득면역 형성된 것으로 판단됨(그림 62).

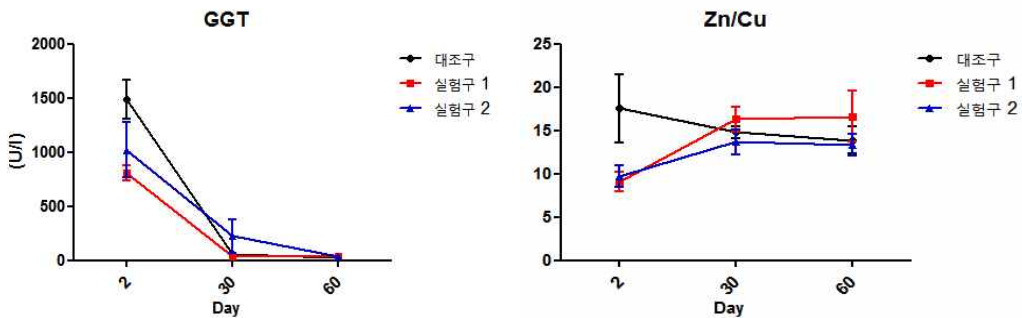


그림 62. 포유기 동안 혈중 GGT와 모발 내 Zn/Cu 비율 변화

(5) 조직손상 및 스트레스 지표

- 간 기능 저하 및 간 조직 손상 지표 중 ALP, T-bil, D-bil은 대조구 및 실험구에서 모두 포유기 동안 감소추세를 보여 송아지가 무리한 대사 스트레스 없이 성장하는 것으로 나타났으며, AST의 경우 다소 증가추세를 보이나 정상범위를 유지하는 것으로 확인됨(그림 63).
- 근육 손상을 대표하는 CK, 신장 기능 이상을 대표하는 Crea 수치의 경우, 각 실험구가 큰 차이가 없었음(생후 2일차 누카멜 급여 대조구 CK 수치는 음의 값이 나왔으며, 분석오류로 판단하여 제외하여 해석

함). 세포 및 조직 손상시 항진되는 LDH의 경우 대조구 및 실험구에서 모두 포유후기에 증진하는 경향을 보였는데, 이는 고형사료 섭취기 송아지의 빠른 세포분열 및 조직 성장에서 기인하는 것으로 추측됨. 부신의 활성도를 나타내는 모발 내 Na/Mg의 비율의 경우 생후 빠른 대사를 위한 항진상태를 나타내다가 포유기 동안 점차 안정되어 이유기에 정상범위(2.0~8.0)에 들어오는 것으로 나타남(그림 64).

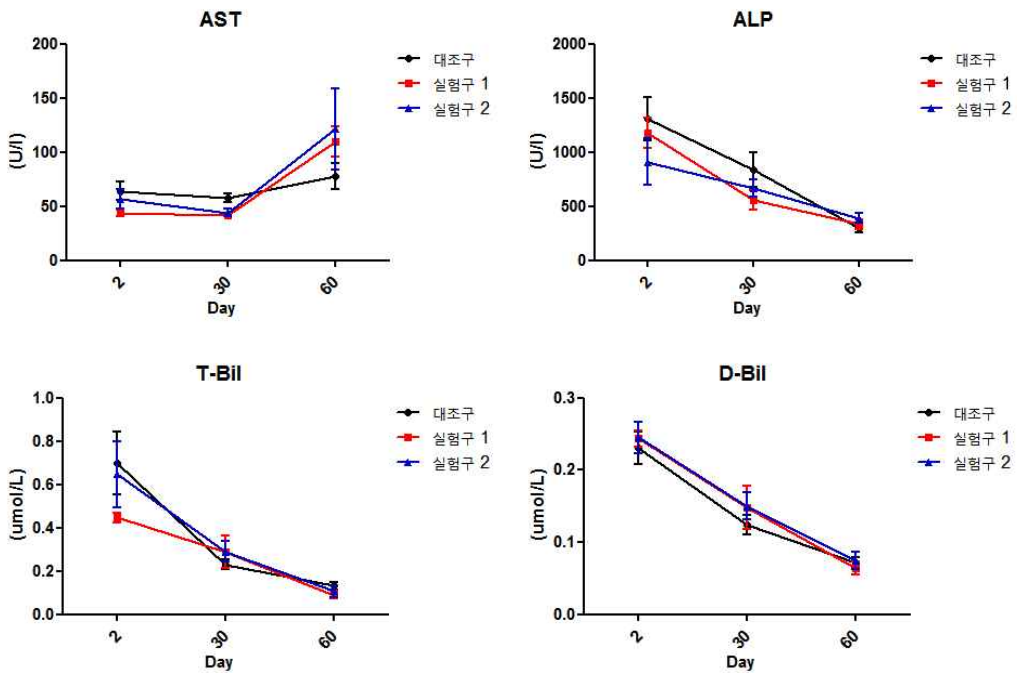


그림 63. 포유기 동안 혈중 AST, ALP, T-Bil, D-Bil 변화

- 자율신경계의 기능 지표인 모발 내 Ca/P 비율은 대조구 및 실험구에서 모두 포유기 전 구간에서 정상범위(0.8~5.8) 안에 들어 교감신경계와 부교감신경계의 균형을 유지하는 것으로 나타났으며, 스트레스 및 활력 상태의 지표인 모발 내 Na/K의 경우 대조구 및 실험구에서 모두 포유초기에 비해 후기로 갈수록 스트레스 항진 상태에서 안정화되는 것으로 나타남(정상범위 2.0~4.0)(그림 65).

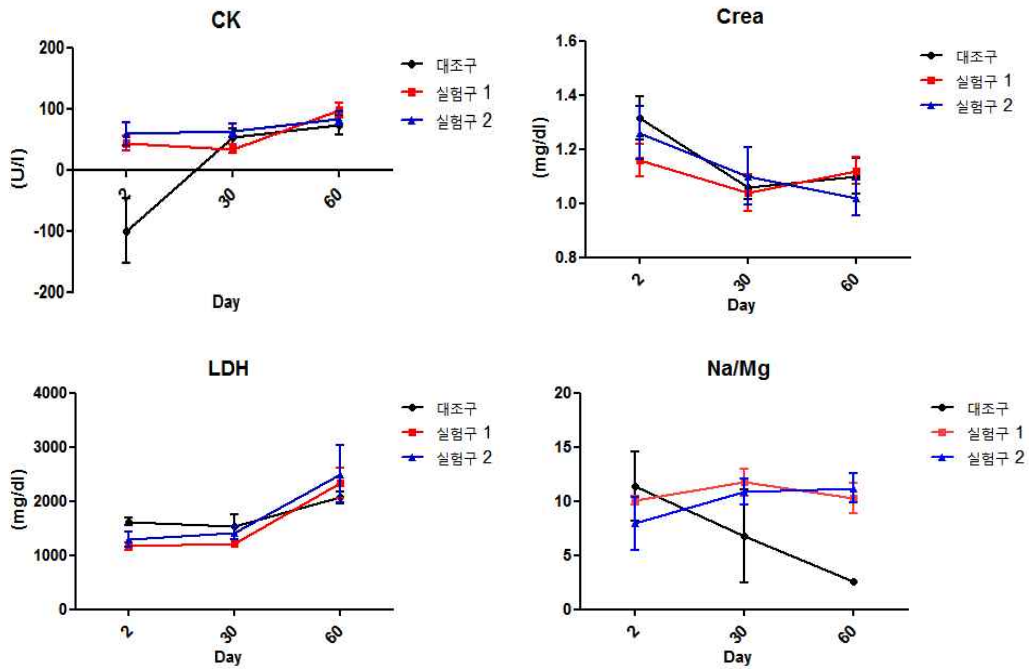


그림 64. 포유기 동안 혈중 CK, Crea, LDH와 모발 내 Na/Mg 비율 변화

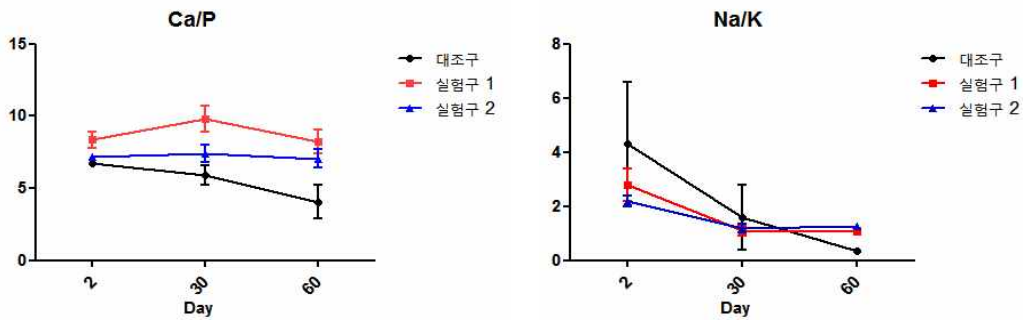


그림 65. 포유기 동안 모발 내 Ca/P와 Na/K 비율 변화

(6) 미네랄 균형 지표

○ 혈중 Ca(칼슘)와 P(인)의 경우 대조구와 실험구는 포유기 전 구간에

서 큰 차이를 나타내지 않았으며, 모발 내 Ca와 P 역시 유사한 결과를 나타내어 포유기 전 구간에서 정상범위(Ca: 500~1500 ppm; P: 100~300 ppm)를 나타냄.

- 모발 내 Ca와 P를 포함한 Mg(마그네슘), Na(나트륨), K(칼륨), Cu(구리), Zn(아연), Se(셀레늄), Mn(망간) 등 필수 영양 미네랄 함량은 대조구와 실험구에서 모두 포유 전구간 정상범위로 나타남.
- Hg(수은), Pb(납), Al(알루미늄), Cd(카드뮴), As(비소) 등 모발 내 중금속 함량은 대조구와 실험구에서 모두 포유 전구간 중독 기준범위 이하로 나타남.

제4절. 한우 송아지 전용 대용유 영양조성 제안

1. 시험대용유 포유기 한우 송아지 급여시험 결과 고찰

가. 실험구 1과 실험구 2에서 포유후기로 갈수록 대조구에 비해 고품사료 섭취량이 현저하게 증가했음에도 불구하고, 조단백과 조지방 함량이 높은 시험대용유 1을 급여한 실험구 1과 실험구 1에 비해 영양조성 수준이 낮고 서로 동일한 사양을 가진 시험대용유 2와 표준대용유를 각각 급여한 대조구와 실험구 2 간의 일당증체량 및 이유체중은 유의적 차이가 나타나지 않았음.

나. 대용유의 용해도 테스트 결과에서 불용성 침전물의 양은 시험대용유 1,2보다 표준대용유에서 더 높았지만, 침전물이 형성되는 침강속도에서 차이를 보였음. 시험대용유는 표준대용유에 비해 침강속도가 빨랐으며 이를 통해 시험대용유에는 표준대용유에 비해 비중이 높고 물에 대한 분산도(emulsification efficiency)가 낮은 불용성 물질이 더 많이 포함되어 있다고 추론됨.

다. 비록 조단백, 조지방 등 TDN에 영향을 주는 영양조성에 대해 일반성분 분석을 통해 얻는 수치가 높다하더라도 송아지의 소화장관에서의 흡수율이 저조하다면 체성장에 반영되지 않을 수 있으므로, 고사양 대용유를 급여한 실험구 1의 성적과 표준대용유를 급여한 대조구, 일반사양 대용유를 급여한 실험구 2 사이에 성장성적에 있어서 차이를 보이지 않을 수 있음.

라. 결과적으로 시험대용유는 표준대용유에 비해 송아지의 소화장관에서 영양소 흡수율이 저조한 것으로 판단되며, 실제로 포유기간 동안 실험구 1, 2에서 대조구에 비해 연변 발생률이 다소 높았고, 포유 이후 옆 칸 송아지의 입을 빠는 등 배고픔을 호소하는 행동을 보이는 개체가 많았음. 또한, 포유기간 동안 NEFA나 BUN 등의 생리지표가

보여준 결과도 이러한 추론을 뒷받침 해주고 있음.

- 마. 시험대용유 급여 실험구에서 포유기의 충분하지 않은 영양소 공급이 포유후기 현저한 고형사료 섭취량 증가로 나타난 것으로 추론됨. 상대적으로 영양소 흡수율이 저조했던 시험대용유 급여 실험구에서 포유후기 고형사료 섭취가 증가하면서 이에 대한 보상으로 실험구와 대조구 간의 일당증체량 및 이유체중에는 유의적 차이가 나타나지 않았던 것으로 판단됨.

2. 포유후기 고형사료 섭취 증가에 대한 착안점

- 가. 포유후기 송아지의 충분한 고형사료 섭취는 반추위 발달을 촉진하여 비육기 성적에 영향을 미치는 만큼 유연하게 발견한 위의 결과는 앞으로 한우 송아지 전용 대용유의 적정 영양조성을 설계하는데 시사하는 바가 크다고 할 수 있음.
- 나. ‘일반사양’ 시험대용유를 급여한 실험구 2의 경우 평균 일당증체량 및 이유체중에서 근소하게 실험구 1과 대조구에 비해 낮았지만 유의성은 없었던 반면, 송아지 이유시기까지 가장 저렴한 비용이 소요되었음.
- 다. 대용유에 비해 고형사료의 가격이 상대적으로 저렴하다는 점, 포유후기 고형사료 섭취량 향상이 포유기 송아지 관리에 있어서 강건한 비육밀소 육성에 매우 중요한 사항이라는 점이라는 것을 고려할 때, 포유전기에 비용이 많이 드는 지나치게 고영양의 대용유를 급여하는 것보다는 대용유의 영양조성은 적절히 조정하고 포유후기에 고형사료 섭취량을 늘려 목표 이유체중에 도달하도록 하는 것도 선택 가능한 전략일 것임. 다만, 본 연구를 통해 개발한 시험대용유의 저조한 소화흡수율은 향후 반드시 개선되어야 할 사항임.

제 5 장

개발된 대용유의 경제적 효과 분석

제1절. 국내 가축 대용유 시장 동향

1. 국내 가축 대용유 시장 현황

가. 현재 국내에서 ‘사단법인 한국대용유 사료협회’에 등록된 대용유 생산 기업 회원사는 아래 9개 업체이며, 주로 양돈용 대용유가 주종을 이루고, 축우용 대용유를 생산·판매하는 기업은 6개 업체임.

표 32. 국내 가축 대용유 생산 기업

국내 대용유 생산 기업					
카길퓨리나	양돈, 축우	DH 바이탈피드	양돈, 축우	메지온사료사업부	양돈, 축우
네오베이스	양돈, 축우	한양사료	양돈, 축우	에이티면역	양돈
이지바이오	양돈	제일사료	양돈	피그넷코리아	양돈

나. 현재 국내 가축 대용유 시장의 구조는 완제품 수입 판매(4%)보다 자체생산(94%)이 우위에 있으나, 농축 유청분말 등, 대부분의 대용유 원료를 수입한 후 국내에서 배합하여 판매하는 형태가 대부분임. 2020년 10월 기준, 국내 대용유 완제품 누적 수입량은 전축종 포함 약 150톤이었고, 대용유 원료 누적 수입량은 약 3,600톤이었음.

다. 최근 10년간 가축 대용유 원료 관련 수출입 물량 및 대금의 증가를 근거로 볼 때 국내 대용유시장의 규모는 꾸준히 증가하고 있음을 알 수 있음. 특히 최근 들어 양돈 분야에서 대규모 양돈장을 중심으로 대용유 활용이 크게 늘어나고 있는 추세임.

표 33. 년도별 국내 대용유 원료 수출 및 수입 동향(천불,kg)

	수출		수입	
	금액	중량	금액	중량
2019년	1,372	483,964	31,892	47,953,803
2018년	1,676	628,019	21,442	33,132,576
2017년	3,279	1,625,815	15,621	29,963,937
2016년	2,107	757,424	13,928	26,554,653
2015년	2,058	1,109,774	12,223	19,062,248
2014년	1,398	621,017	15,043	32,279,565
2013년	4,489	3,481,543	14,158	30,152,499
2012년	733	585,412	11,750	27,289,154
2011년	369	184,350	10,352	21,901,268
2010년	355	273,575	6,882	16,402,562

한국무역협회(품목 : HSK 2309901099 대용유), 해당 년도 누계

2. 국내 축우용 대용유 시장 현황

가. 2019년 12월 기준으로 국내 가축 대용유 생산기업의 대용유 총 판매량은 약 51,000톤 규모였고, 판매단가를 3,000원/kg으로 산정하여 추산한 매출은 약 1,530억원 규모였음.

나. 이 중 축우용 대용유 판매량은 약 3,000톤으로 약 90억원의 매출을 보였고, 양돈용 대용유 판매량은 약 48,000톤 규모로 약 1,440억원의 매출 규모를 나타내, 국내 가축 대용유 시장은 양돈 대용유 분야가 압도적인 시장점유율(94% 이상)을 가지는 것으로 조사됨.

다. 축우용 대용유는 그동안 대부분 낙농 농가에서 소비하였는데, 젖소의 유생산 효율이 향상됨에 따라 농가마다 쿼터 이상의 우유를 생산하는 것이 문제가 되면서, 최근 들어 농가에서 상용 대용유 대신 자가에서 생산한 쿼터 초과 원유를 포유기 송아지에게 급여하는 경우가 많아진 것도 국내 축우용 대용유 시장이 확대되지 못하는 원인 중 하나로 지목되고 있음.

제2절. 한우 송아지 대용유 산업의 잠재적 경제 가치

1. 국내 한우 가임 암소 출산을 추산

가. 현재 국내 가임 암소(14개월령 이상)의 월령별 보유 현황을 볼 때, 한우가 약 154만두, 젖소가 약 31만두로 나타남(2020년 9월, 축산물 이력제)(표 34)

표 34. 가임암소(14개월령이상) 월령별 사육현황

구분	한우	젖소	계
15개월	36,817	8,580	45,397
16개월	43,735	5,685	49,420
17개월	55,752	3,274	59,026
18개월	61,943	4,334	66,277
19개월	55,892	6,368	62,260
20개월	31,448	6,159	37,607
21개월	23,799	5,963	29,762
22개월	21,921	6,279	28,200
23개월	20,257	5,785	26,042
24개월	23,192	6,629	29,821
25개월	24,155	6,157	30,312
26개월	30,380	6,851	37,231
27개월	33,846	7,138	40,984
28개월	40,557	5,880	46,437
29개월	48,137	3,619	51,756
30개월	54,787	4,025	58,812
31개월	47,005	5,662	52,667
32개월	24,636	4,950	29,586
33개월	19,664	5,022	24,686
34개월	16,270	5,417	21,687
35개월	14,440	4,470	18,910
36개월이상	81,1946	19,4555	1,006,501
계	1,540,579	312,802	1,853,381

2020년 9월, 축산물이력제(2020년 9월)

나. 국립축산과학원의 국내 한우 번식률 조사 결과에 따르면, 일반 한우 농가 45개소에서 암컷 1,859마리를 대상으로 번식률을 조사한 결과, 농가에서 사육 중인 한우 암컷 마릿수를 평균 약 51.82두라고 했을 때, 그 중 분만 마릿수는 약 35마리로 송아지 생산율이 약 67.64%로 나타남. 한편 국내 젃소 농가 중 번식 기술 수준이 보통인 농가의 송아지 생산율은 약 62%로 집계됨.

다. 가임 한우 암소를 154만두로 두고, 송아지 생산율을 67.64%로 계산하면, 국내에서 연간 출산 가능한 한우 송아지는 약 104만두로 추산됨. 같은 기간 현재 사육 중인 국내 가임 젃소는 약 31만 두로, 젃소 송아지 생산율을 62%라 하였을 때 연간 출산 가능한 젃소 송아지는 약 19만 두로 추산할 수 있음.

라. 연간 한우 송아지 생산두수가 젃소 송아지 생산두수에 비해 약 3.4 배 높으나, 젃소 송아지를 위한 대용유의 시장은 이미 활성화되어있는 반면, 아직 국내에 한우 송아지를 위한 대용유 시장은 본격화 되지 않은 상황임.

2. 한우 송아지 대용유 산업 잠재 시장 추정

가. 한우 번식기반 위기가 가시화 되고 있는 현재, 앞으로 규모화된 번식농을 육성하여 경쟁력을 갖춘 새로운 한우 송아지 전문 공급기지를 구축하는 것은 한우 산업을 지속적으로 발전시키기 위한 필수적인 조건임.

나. 중규모 이상의 번식농을 중심으로 규격화된 강건한 비육밀소를 육성해 나가려면 현재와 같은 어미에 의한 자연포유로는 한계가 있으며, 어미에 의한 자연포유 방식이 포유기 송아지에게 충분한 영양이 공급되지 않는 만큼, 한우에서도 젃소 송아지의 육성방식과 같은 인공 포유 시스템의 도입이 가시화 될 전망이다.

다. 최근 쇠고기 등급체계 개편으로 인해 육량등급에 대한 중요도가 높아져, 어린 송아지에 영양관리 분야에 학계 및 업계의 관심이 증대되고 있는 점도 한우 대용유를 중심으로 한 인공포유 관련 시장 확대에 있어서 밝은 전망을 보여주고 있음.

라. 한우 송아지 육성에 있어서 연간 대용유 소요량의 예측을 통해 한우 송아지 대용유 관련 잠재 시장 규모를 추산할 수 있음. 연간 한우 송아지 생산두수가 젖소 송아지 생산두수에 비해 약 5.5배 높은 만큼, 한우 대용유 관련 잠재 시장이 충분하다고 사료됨.

마. 한우와 젖소에서 연간 대용유 소요량을 추정하기 위해서는 포유기간 동안 소요되는 대용유 고형분의 양과 대용유 단가를 설정해야 함. 본 연구에서 한우 송아지 인공포유 실험을 진행할 때 60일의 포유기간 동안 한우 송아지의 표준대용유 누적 고형분 급여량의 평균이었던 47kg과 시험대용유의 경제성 분석 단가였던 4,000원/kg을 활용하여 한우와 젖소에 있어서 최대 잠재 대용유 시장 규모를 아래와 같이 추정해 보았음(표 35).

바. 한우 송아지 대용유의 최대 잠재 시장 규모는 젖소에 비해 5.5배 높았으며, 한우 송아지의 30%가 인공포유 시스템으로 전환한다고 가정할 때 약 600억원 규모의 시장을 기대할 수 있음.

표 35. 연간 축우용 최대 잠재 대용유 시장 규모 추정

축종별	연간 대용유 소모량 (예상 송아지 생산 두수 × 두 당 60일 포유량)	단가 (원)/kg	금액 (백만원)
한우용 대용유	104만두 × 47kg = 48,880t	4,000	195,520
젖소용 대용유	19만두 × 47kg = 8,930t	4,000	35,720
계			231,240

제3절. 한우 송아지 대용유 국산화의 경제적 가치

1. 수입 대용유에 부과되는 관세

가. 완제품 수입 대용유의 경우에는 수입주체의 자격에 따라 ‘양허추진 관세’ 또는 ‘FTA’ 협정에 따른 관세가 부과 되어 있음.

나. 양허추진관세는 주로 대기업이나 기관 회원사가 정부가 정한 물량에 대해 우선적으로 관세 감면을 받아 구매하는 방식일 때 적용 받으며, FTA 관세는 정부물량 외 직수입할 경우 적용 받게 됨.

2. 대용유 국산화의 필요성

가. 우리나라에서 배합사료 제조에 사용되는 원료 종류는 60여 개에 달하며, 이 중 국내에서 생산되고 있는 곡류 및 기타 부산물 등의 일부 원료를 제외하면 대부분의 사료원료를 수입에 의존하고 있음(한국농촌경제연구원, 2017).

나. ‘양허추진관세’ 또는 ‘FTA’ 협정에 따른 관세는 완제품에만 부과되므로 원료를 수입하더라도 국내에서 자체 연구를 통해 한우 전용 대용유를 생산할 경우 관세절감 효과로 기업과 농가가 모두 생산원가를 낮추는데 일조할 수 있음.

표 36. 2020년 각 국가 FTA 협정 대용유 관세(%)

	양허 추진 관세	FTA 관세							
		아세안	EU	미국	호주	캐나다	중국	EFTA	뉴질랜드
관 세	4.2	0	6.4	7.1	37.8	28.4	49.7	56.8	42.6

관세법령정보포털(품목 : HSK 2309901099 대용유)

제4절. 암소의 번식효율 증가로 인한 생산성 향상

1. 한우 암소의 낮은 번식효율

- 최근 번식 농가의 사육 실태조사에 의하면 어미에 의한 자연포유시 송아지의 이유 월령 비율은 3~4개월이 45%, 4~5개월이 32.5%, 5~6개월령에 15%로 평균 암송아지 75~90kg, 수송아지 110~129kg 도달 이후에 이유되고 있음.
- 농촌진흥청의 ‘한우 번식률 향상을 위한 농가 실태조사(2017)’에 따르면 한우의 번식효율은 매우 낮아서 한우 암소의 최초 분만 월령은 평균 28.7개월이었고, 분만 후 평균 인공수정일은 119.8일로 나타남. 이러한 번식간격의 장기화는 송아지를 오랫동안 어미와 함께 자연포유하는 방식에서 한 원인을 찾을 수 있음

2. 한우 암소 번식효율 개선을 통한 송아지 생산 증진 효과

- 한우 송아지 대용유를 이용한 인공포유 도입을 통해 새끼를 어미로부터 조기 격리하게 되면 어미의 번식효율 개선을 기대할 수 있음,
- 조기 이유를 시켜 번식간격을 30일 줄인다고 가정하였을 때, 연간 송아지가 10만두 추가로 생산될 수 있으며, 이를 통해 부가적으로 발생하는 이익은 약 400억원 이상으로 추정할 수 있음(표 37).

표 37. 번식 간격 단축시 연간 송아지 추가 생산 가능 두수

항목	번식간격 30일 단축시 연간 송아지 추가 생산 가능 두수	4~5개월령 송아지 가격 평균/두	금액 (백만원)
송아지 생산증가액	$\begin{aligned} &\text{연간 예상 송아지 생산}(104\text{만두}) \\ &\times \text{번식 간격 감소율}(10\%) \\ &= \text{약 } 10\text{만두} \end{aligned}$	4,000 천원	40,000

※ 번식 간격 감소율 = 약 10%(404일에서 30일 단축 될 시)

제5절. 대용유 인공포유에 의한 송아지 생산성 향상

1. 한우 송아지 인공포유의 필요성

가. 한우의 경우 산유량이 평균 일일 4kg 이하로 매우 낮고 불규칙하며, 초산우의 경우에는 새끼를 잘 돌보지 못하고 때로는 포유를 거부하기도 하여 어미에 의한 자연포유를 진행할 경우 송아지 발육이 더딘 문제점이 있으며, 포유기간 동안에는 수태가 잘 이루어지지 않아 어미의 번식간격이 길어져 한우 농가의 생산성이 저하되는 문제점이 있음.

나. 로봇포유기는 체계적인 대용유 급여 알고리즘을 통해 포유기 송아지의 개체별 생리단계에 따라 자동으로 대용유를 급여하는 장치로서 관리자의 편의성과 송아지의 생산성 증진을 동시에 충족시켜 위와 같은 문제점을 해결할 수 있음.

2. 대용유 인공포유에 의한 송아지 생산성 향상

가. 대용유를 통해 포유한 송아지와 어미에게 붙여 키우는 관행 포유 방식의 체중을 비교한 결과, 생시 체중은 비슷한 수준이었으나 대용유 포유 그룹에서 높은 체중을 기록한 것을 알 수 있음(표 38)

나. 또한 체측 데이터 비교 결과, 대용유 포유 그룹에서 관행 포유 그룹보다 월등히 높은 값을 나타냄.(표 38)

다. 송아지의 포유 및 육성기 성장발육은 출하 체중과 관계가 깊어, 송아지의 이유시 체중 또는 비육 밀소로 활용하는 6개월령 체중이 150kg이하로 적으면 고영양 사양으로도 출하 체중이 올라가지 않음(축산과학원)

표 38. 대용유 포유 및 관행 포유 그룹 성장 비교

구분	체중(kg)		체장(cm)		체고(cm)		흉위(cm)	
	대용유	관행	대용유	관행	대용유	관행	대용유	관행
생시	30.6 (1.508)	28.0 (1.400)						
30일	49.6 (49.62)	38.9 (2.450)	74.8 (1.177)	70.2 (1.488)	80.160 (0.770)	72.498 (0.681)	86.380 (0.915)	78.280 (1.207)
60일	67.8 (1.94)	58.3 (2.500)	84.1 (1.003)	78.3 (1.558)	84.90 (0.679)	78.033 (0.734)	94.230 (0.994)	87.890 1.582

* () 표준 오차 값

관행 포유 데이터 : 가축 개량표준, 농림축산식품부(2020)

대용유 포유 데이터 : 새봄 농장 암(10),수(10)

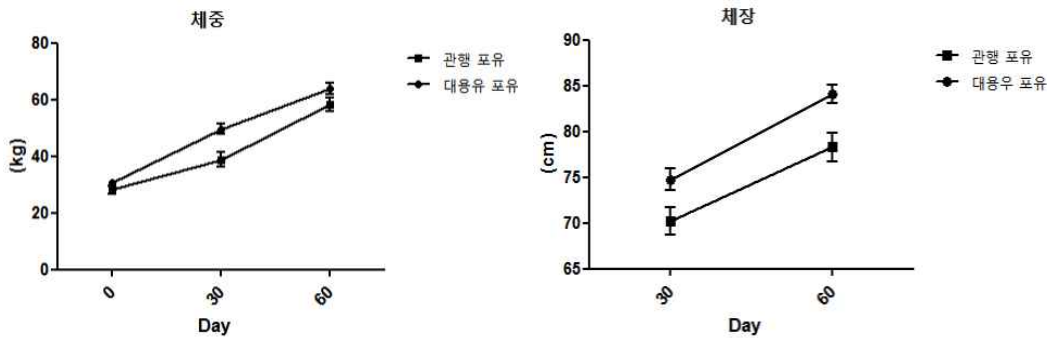


그림 66. 대용유 및 관행 포유 체중(좌) 및 체장 비교(우)

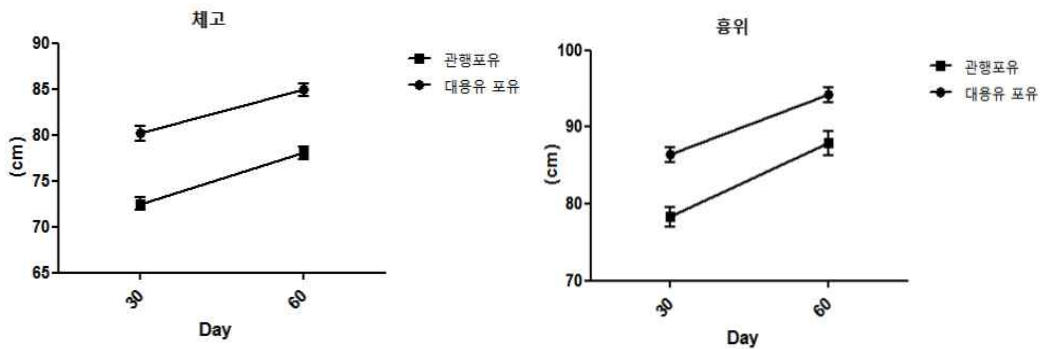


그림 67. 대용유 및 관행 포유 체고(좌) 및 흉위 비교(우)

제 6 장

결론 및 고찰

제1절. 한우 송아지 맞춤형 대용유 및 대용유 급여체계 개발 의의

1. 한우 송아지 인공포유 시스템 도입 의의

한우, 자연포유와 인공포유, 어떤 것을 선택할 것인가?



그림 68. 한우 자연포유와 인공포유

- 가. 포유동물인 송아지는 출생이후 소화기관 발달이 이루어져 스스로 고형사료를 섭취할 수 있을 때까지 일정기간 동안 유즙을 통해 영양분을 공급받아야 하며 이를 ‘포유기’ 라고 함.
- 나. 비육을 목적으로 하는 경제동물, 소에 있어서 포유기는 첫 출생 이후 면역력을 획득하여 환경과 싸워나가야 하는 생존의 시기인 동시에, 젖을 떼고 반추위 발달의 완성과 함께 강건한 체성장을 바탕으로 안정적인 비육기에 접어들기 위한 준비의 시기라고 할 수 있음.
- 다. 그러나, 현재까지 우리 한우산업에서는 이렇듯 중요한 송아지의 포유기 영양관리에 대한 과학적인 체계를 확립하고자 하는 노력이 부

죽하였고, 오랜 시간 어미에게 송아지 포육을 일임하는 수동적 방
임형 송아지 육성방식을 고수해 왔음.

라. 흑자는 젖먹이 송아지는 어미가 포육을 해야 안정감이 있고 동물복
지에도 부합하는 것이라 주장하지만, 어미와 붙어있는 상황에서도
최근까지 갓난 송아지 폐사율이 10%나 되는 한우산업의 현실에서
우리는 한우가 ‘경제동물’이라는 사실을 간과해서는 안 되며 우리가
한우를 농장에서 사육하는 목적이 명백한 ‘경제활동’이라는 것을
잊지 말아야 할 것임.

마. 가축이 출하 전까지 농장에서 생활하는 동안 충분히 영양을 공급해
배고픔의 고통을 느끼지 않도록 하는 것이 ‘농장 동물복지’의 핵심
이라고 말 할 수 있다면, 전술한 바와 같이, 한우의 산유량은 매우
저조하고 불규칙하기 때문에 송아지를 장기간 단지 어미에 의해 포
육시키는 것은 송아지의 성장효율을 떨어뜨려 경제성에도 나쁜 영
향을 미치는 동시에 동물복지 차원에서도 결코 바람직한 상황이 될
수 없음(표 39).

바. 어미의 입장에서 송아지를 포육하는 동안에는 발정재귀가 늦어지고
수태율이 떨어져 공태일수가 늘어남에 따라 번식간격이 14개월까지
벌어지는 문제를 야기키는 것이 자연포유 방식으로, 가뜩이나 고비용
구조인 한우산업의 채산성을 더욱 악화시키는 근본적인 원인 중
하나임(표 40).

사. 대용유를 활용한 송아지 인공포유는 다음과 같은 장점이 있음.

- (1) 출생 후 어미로부터 송아지를 분리하여 어미의 번식효율 개선
- (2) 포유기에 충분한 영양소 공급을 통한 송아지 반추위 발달 촉진
- (3) 영양소 보강, 설사 등 질병 예방 등을 위한 제제 추가 용이
- (4) 체계적인 송아지 영양관리로 조기이유 달성, 이유체중 증가

- (5) 대규모 관리의 편리성, 우군의 균일 발육 유도
- (6) 강건한 비육밀소 육성을 통한 높은 출하성적 달성

아. 특히, 국내 한우산업에서 송아지 공급기지 역할을 담당하던 소규모 번식농이 급격히 줄어들고 번식기반 확충에 대한 체계적인 준비 없이 농가가 규모화 되는 상황에서, 대규모 번식우군을 효율적으로 관리하고 브랜드라는 이름에 걸맞는 균일하고 건강한 송아지를 육성하기 위해서는 앞으로 한우산업에서도 대용유 인공포유 시스템이 보편화 될 것임을 확신함.

자. 송아지의 성장효율과 어미의 번식효율은 한우 농가의 경제성을 좌우하는 핵심요소이기 때문에 이를 인식하고 과감히 인공포유를 선택한 선도농가가 최근 들어 늘고 있는 것은 바람직한 일이나, 출생일이 서로 다른 송아지에게 개별적인 생리단계에 맞추어 일일이 관리자가 대용유를 손으로 포유하는 것에 대해 큰 어려움을 겪고 있는 것도 현실임.

차. 로봇포유기는 미리 정해진 프로그램에 따라 송아지의 개체별 생리단계에 따라 자동으로 대용유를 정량 급여해 주는 장치로서 관리자의 편의성과 송아지의 생산성 증진을 동시에 충족시켜 주며, 특히 복잡한 대규모 송아지군 관리에 있어서 향후 필수적인 장비로 자리매김할 것으로 전망됨.

카. 모든 산업이 정보통신산업과 융합을 꾀하는 4차산업 혁명이 전세계를 휩쓸고 있는 현재, 축산분야에서도 ICT 기술과의 접목을 통해 미래 스마트팜 솔루션 개발에 박차를 가하고 있는 상황임. 상대적으로 스마트팜 기술 응용이 더딘 한우산업 분야에서 미래에 가장 효과적으로 산업에 기여할 수 있는 기술을 꼽아야 한다면 어미의 번식효율을 향상시킬 수 있는 발정탐지 기술과 함께 바로 로봇포유기를 활용한 체계적인 송아지 육성기술이라고 말 할 수 있음.

표 39. 이유 월령별 중송아지 폐사율 및 질병 발생 비교

이유월령	중송아지질병				빈도(N)
	폐사율(%)	폐사 원인(%)			
		설사	호흡기	기타	
1.0	0.08	19.48	6.25	74.27	23
2.0	0.66	24.35	33.09	42.56	57
2.5	2.72	17.78	24.90	57.32	34
3.0	0.84	10.21	17.52	72.27	277
3.5	0.62	11.00	36.40	52.60	39
4.0	1.47	26.60	24.77	48.63	108
4.5	0.46	15.71	34.29	50.00	22
5.0	1.54	21.90	19.24	58.86	65
5.5	1.00	11.43	1.43	87.14	10
6.0	0.49	7.37	23.00	69.63	34
평 균	1.03	16.06	21.91	62.03	
유의수준(P)	0.7170	0.5257	0.0467	0.4752	

(김완영, 한우자조금관리위원회, 2011)

표 40. 이유 월령이 어미의 번식효율에 미치는 영향

이유월령	번식관련 항목				빈도(N)
	발정재귀일	수태율	공태일수	번식장애율	
1.0	25.19	85.32	88.52	6.53	28
2.0	34.33	82.94	62.47	9.54	67
2.5	35.03	75.29	57.57	6.11	30
3.0	35.31	82.77	58.92	8.47	309
3.5	37.72	82.40	61.57	6.29	47
4.0	40.59	79.65	63.13	9.90	119
4.5	32.33	82.33	69.74	8.98	24
5.0	41.59	78.14	64.77	10.75	67
5.5	38.10	83.45	61.50	5.00	10
6.0	35.93	78.43	63.58	10.37	46
평 균	36.37	81.33	62.28	8.75	
유의수준(P)	0.0552	0.2162	0.3452	0.2106	

(김완영, 한우자조금관리위원회, 2011)

2. 한우 송아지 맞춤형 복합대용유 개발 결론 및 고찰

- 가. 어미소의 산유량에 따라 큰 영향을 받는 한우 송아지의 이유시 체중은 시장에서 송아지의 거래가격을 결정하는 요인이 될 뿐만 아니라, 비육 후 출하까지의 일당증체량과 높은 정의 상관관계를 갖고 있어 경제적으로 매우 중요함(황정미 등, 2002). 그러나 전술한대로, 한우의 산유량은 극히 저조하고 산유 패턴도 불규칙하여 자연포유 방식으로는 브랜드라는 이름에 걸맞는 균일한 규격송아지를 생산하는데 불리한 여건을 가지고 있음.
- 나. 본 연구에서는 미래 한우산업의 송아지 공급기반이 중규모 이상의 번식농으로 재편되는 상황에서 필수적인 자원으로 이용될 ‘한우 송아지 맞춤형 복합대용유’ 개발을 진행하였고, 본 연구의 결과는 한우 모유 영양조성 분석에 근거한 한우 송아지 전용 대용유 개발과 관련된 국내 첫 번째 시도라 할 수 있음.
- 다. 현재까지 한우의 모유는 통상적으로 젖소에 비해 산유량은 적지만 영양소 함량이 높고 유지방 내 지방산 조성도 젖소와는 상이한 것으로 알려져 왔음. 그러나 이러한 내용들이 대부분 수십년 전 조사되어 보고된 후, 여러 문헌에 인용이 거듭되면서 전해오고 있어 예전과는 크게 달라진 축산환경에서 그대로 적용 가능한 것인지 의문의 여지가 있었음.
- 라. 본 연구를 통해 한우 모유의 영양조성을 다시 조사 한 결과, 조단백, 조지방 함량 등에 있어서 젖소의 우유보다 높다는 사실은 재확인 할 수 있었으나(표 24), 유지방 내 지방산 조성에 있어서 단쇄 및 중쇄 지방산 함량이 젖소에 비해 높다는 기존 보고와는 달리 젖소와 한우의 지방산 조성은 거의 동일하였으며(그림 46), 사료급이 환경이 서로 다른 목장 간에도 한우 모유의 지방산 조성은 큰 차이가 나지 않음을 확인하였음(그림 47).

- 마. 포유기 송아지에 있어서 단쇄 및 중쇄지방산의 흡수 이용률이 장쇄 지방산에 비해 높은 것은 잘 알려져 있는 사실이며, 이에 따라 실제 유지방 내에 탄소수 14(C14) 이하의 지방산의 함량이 20% 가량 필수적으로 포함되어 있음. 그러나 대용유 내에 단쇄, 중쇄지방산의 함량이 지나치게 높을 경우에는 송아지 설사 등을 유발하는 것으로 보고되고 있음(Abe 등, 1991).
- 바. 그 동안 젖소용 대용유를 한우 송아지에 급여할 경우, 설사 등 대사 이상 증상이 빈번히 발생하여 이는 젖소와 한우의 소화 생리적 차이에서 기인하는 것으로 여겨져 왔는데, 유즙의 지방산 구성에 따라 포유기 송아지에서 소화 흡수율이 달라진다는 것은 주지의 사실이었으므로, 본 연구에서 한우 전용 대용유를 설계함에 있어서 중요한 착안점 중 하나는 바로 한우 모유의 지방산 구성을 분석하여 이를 토대로 유지성분의 배합비를 결정하는 것이었음.
- 사. 그러나, 젖소와 한우 모유 간 지방산 구성에 유의적 차이가 없는 것으로 드러남에 따라 젖소 대용유와 한우 대용유를 구분하는 것이 불필요해졌고, 오히려 한우용 대용유 선택에 있어서 외연이 넓어지는 계기가 되었음.
- 아. 결국 본 연구에서 유지방을 대체할 식물성 유지로 선택한 것은 축우용 대용유에서 보편적으로 활용하는 팜유와 코코넛유의 3:1 혼합 식물성 유지였고, 이를 통해 제조된 시험대용유 1, 2는 기존 젖소용 상용 대용유의 유지방 구성과 유사하였음(그림 49).
- 자. 본 연구의 또 다른 의의는 제조된 시험대용유를 직접 한우 송아지에 포유하여 그 효과를 검정하였다는데 있음. 본 연구에서 사용된 표준 대용유(누카멜엘로우, 네덜란드)에 비해 시험대용유 1에서는 지방함량을 액상환원 기준 3.0% 이상 포함되도록 하여 TDN을 다소 높게 설정하였고, 시험대용유 2는 표준대용유와 동등한 영양조성으로 설정

하여 포유기 한우를 대상으로 60일 간의 비교 급여시험을 진행하였음(표 27).

차. 대용유 급여시험 결과, 표준대용유와 본 연구에서 제조한 시험대용유 급여구 사이에 일당증체량 및 이유체중에는 유의적 차이가 발견되지 않았으나, 고형사료 섭취량에 있어서 시험대용유 급여구가 표준대용유에 비해 유의적으로 약 두배 높은 것을 확인할 수 있었음(그림 57, 58).

카. 표준대용유에 비해 시험대용유의 영양조성이 동등 이상이었고 고형사료를 두배 섭취했는데도 대조구와 실험구 사이에 성장지표에서 차이가 나지 않은 것은 본 연구에서 제조한 시험대용유의 소화흡수율이 표준대용유보다 낮은 것에 기인하는 것으로 추론되었음. 그러나 이유기에 고형사료를 많이 섭취할 수 있도록 유도하는 것도 포유기 송아지 육성에 있어서 중요한 관건이 되는 사항인 만큼, 본 연구결과는 향후 한우 송아지 포유기 영양관리 프로그램을 정립하는데 있어서 대용유와 고형사료의 영양 밸런스 조절에 중요한 정보로 이용될 것으로 판단됨.

타. 즉, 다음과 같은 새로운 가설을 유추해 볼 수 있음. 시험대용유의 소화흡수율이 표준대용유에 비해 낮았던 것으로 추정되었으나, 포유후기 표준대용유에 비해 시험대용유 급여구에서 고형사료 섭취량이 2배 이상 늘어나 결과적으로 이유체중에 있어서는 대조구와 실험구 간의 유의적 차이가 나타나지 않은 것에 착안하여, 포유기에 지나치게 과한 영양조성의 대용유를 급여할 경우 오히려 이유기에 도달하는 고형사료 섭취량이 높아지지 않아 결과적으로 이유기 이후 송아지 육성기의 성장효율에 좋지 않은 영향을 줄 수 있으므로, 대용유의 영양조성을 자력으로 고형사료 섭취 전까지 송아지 생존에 필요한 ‘적정 영양’ 수준으로 정밀하게 조절하는 것이 필요할 것으로 판단됨(그림 69).

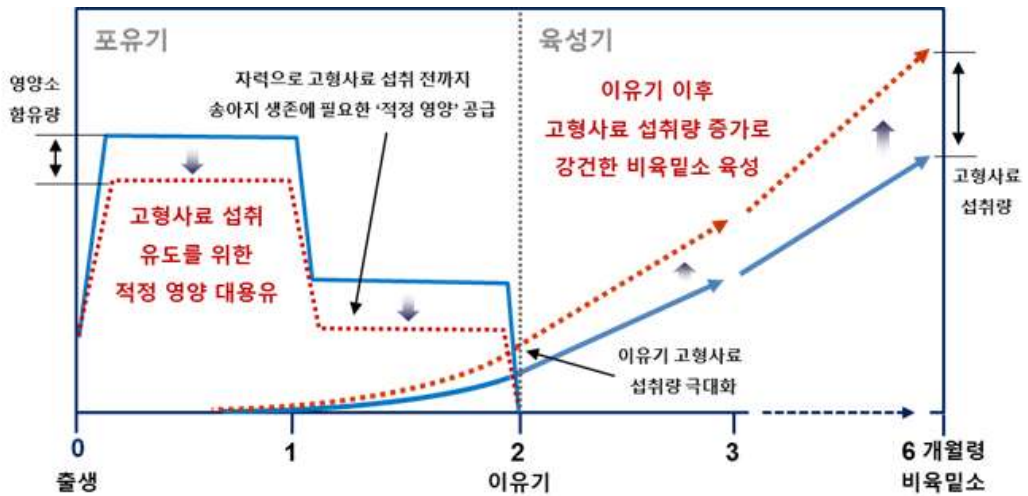


그림 69. 적정 영양 대용유 급여를 통한 고형사료 섭취량 극대화 가설

파. 한편, 낙농 분야에서는 포유기 송아지에 인공포유가 일반화되어 있는데, 2000년대 초반부터 기존 관행포유 방식 대비, 포유기 송아지에 대용유 고형분을 2배 이상, 더 자주 급여하는 이른바, ‘성장 가속화 프로그램(Accelerated growth program)’ 대해 보급이 이루어지고 있는데, 여전히 논란의 여지가 있으나, 이러한 성장 가속화 프로그램을 통해 더 높은 이유체중을 달성하고, 신생 송아지에게 고영양을 경험시켜 ‘대사각인 효과(metabolic imprinting effect)’를 통해 성장 후 유생산을 극대화 할 수 있다고 주장하고 있음(Brouk, 2004).

하. 포유기 한우 송아지 육성 시기의 성장효율 측면에 있어서 본 연구에서 새롭게 도출한 가설인 ‘적정 영양 대용유 급여 프로그램(Optimized nutrition feeding program)’과 낙농 분야에서 행해지고 있는 ‘성장 가속화 프로그램(Accelerated growth program)’을 실험적으로 비교/분석해 보는 것도 향후 의미있는 연구 주제가 될 것으로 생각함.

3. 한우 송아지 맞춤형 대용유 급여체계 개발 결론 및 고찰

- 가. 한우산업의 송아지 생산기반을 대규모 송아지 전문 공급단지 체제로 재편하여 대용유 급여를 적용할 경우, 관리자의 인력에 의해 다수의 신생 송아지에게 개별적인 포유를 진행하는 것은 복잡한 절차와 많은 노동력이 동원되어야 함. 한우 송아지 생리에 최적화된 전용 대용유 개발과 함께, ICT 기술 기반 로봇포유기를 활용한 과학적인 송아지 인공포유 시스템을 구축하는 것은 한우 송아지에게 양질의 영양을 위생적으로 충분히 공급할 수 있다는 측면에서 동물복지와 생산성 향상을 동시에 충족시킬 수 있을 뿐 아니라, 한우산업의 지속가능성과 경쟁력 강화를 위한 원천기술이 될 것으로 예상됨.
- 나. 따라서 본 연구에서는 한우 송아지 맞춤형 복합대용유 개발과 함께 로봇포유시스템을 이용한 ‘한우 맞춤형 대용유 급여체계’ 개발을 함께 진행하였음. 독일 Foster Technik 사의 레일형 로봇포유기인 Calfeeder를 표준로봇포유기로 선정하여 한우 송아지를 대상으로 60일 간의 포유 프로그램을 진행함에 있어서 1회 급여량, 대용유 농도, 포유전기의 최대 포유량 일수 연장, 포유후기 대용유 점감 방식 등을 변인으로 한우 송아지의 성장 지표 및 경제성을 평가하였음.
- 다. 그 결과, 일당증체량, 이유체중, 고형사료 섭취량, 비용 등을 고려할 때 포유후기 대용유의 점감 방식을 계단식으로 조정한 ‘계단식 점감 이유 프로그램(Step Down Weaning Program)’ 이 포유기 한우 송아지 육성에 가장 적합한 것으로 평가되었음.
- 라. 본 연구의 또 다른 목표 중 하나는 계절적 편차 없이 연중 적용 가능한 포유 프로그램의 개발로, 이를 검증하기 위해 1차년도와 2차년도 연구 과정 중 서로 다른 계절에 수행한 두번의 계단식 점감 이유 프로그램에 대해 한우 송아지의 성장성적을 비교하였음.

마. 1차년도 실험은 4월 중순에서 7월 중순까지 진행하였고(그림 25), 2차년도 실험은 동일한 급여 프로그램으로 3월 중순에서 5월 중순까지 진행하였는데(그림 54), 시간적 편차가 있는 독립된 두 번의 실험 간에 한우 송아지의 일당증체량, 이유 체중, 고형사료 섭취량에서 모두 유의적 차이 없음이 확인되었음($p>0.05$)(표 41, 그림 70).

바. 계단식 점감 이유 프로그램(Step Down Weaning Program)' 을 이용한 한우 송아지 포유기 관리 요령에 대한 정보는 '부록 2' 에 따로 수록하였음.

표 41. 1,2차년도 계단식 점감방식 검증 결과

	평균 일당증체량(g)	평균 이유체중(kg)	평균 고형사료 섭취량(kg)
1차년도	572	65.2	15.28
2차년도	575	63.7	11.04

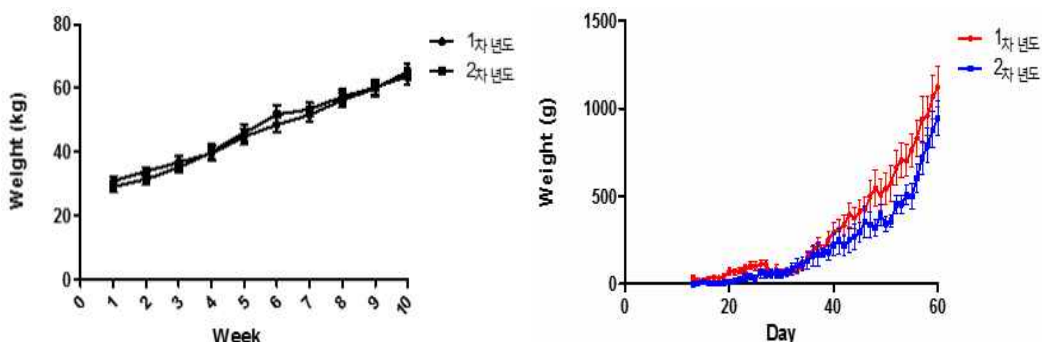


그림 70. 포유기간 송아지 성장 곡선(좌), 고형사료 섭취량(우)

제2절. 기대 효과 및 활용 방안

1. 기대 효과

한우 송아지 영양생리에 최적화된 모유수준 대용유와 ICT 기술 기반의 효율적 대용유 급여체계 개발을 통해 다음과 같은 기대 효과를 예측해 볼 수 있음.

가. 한우 생산성 향상

(1) 송아지 동물복지와 관리자의 편리성 증진

- 가축이 출하 전까지 농장에서 생활하는 동안 충분히 영양을 공급해 배고픔의 고통을 느끼지 않도록 하는 것이 경제활동인 축산에서의 가장 현실적인 ‘농장 동물복지’의 출발임. 한우는 낮은 산유량으로 인해 포유기 송아지에게 충분한 영양을 공급하기 어려운 만큼, 한우 전용 대용유 개발을 통해 유기 한우 송아지에게 풍부한 영양을 공급하는 것은 송아지 생산성 향상과 함께 동물복지도 증진시키는 방안임.
- 향후 규모화된 번식농에서 출생일이 서로 다른 송아지에게 관리자가 일일이 손포유를 통해 대용유를 급여하는 것은 한계가 있음. 로봇포유기의 도입은 송아지 개체별로 포유류의 생리에 최적화된 소량 다회 포유를 자동적으로 수행함으로써 관리자의 편리성을 크게 증진시킬 수 있음.

(2) 대사성 설사 방지, 소화율 개선, 반추위 조기발달

- 일부 선도농가에서는 이미 한우 송아지에게 젖소용 대용유 급여를 시도하고 있지만, 젖소 대용유의 영양 조성이 낮고 관리의 한계로 1일 2회 이상 포유하는 것이 현실적으로 어려움.

- 1회 포유량이 적으면 송아지가 상시 배고픔을 느끼고, 1회 포유량이 과하면 소화율이 떨어져 대사성 설사가 발생하기 쉬운데, 한우 전용 대용유와 로봇포유기를 이용한 소량 다회 포유체계를 도입할 경우, 위와 같은 한계점을 극복하고 풍부한 영양공급을 통해 반추위 조기발달을 유도할 수 있음.

(3) 송아지의 균일한 발육, 어미의 번식률 개선

- 한우 모우는 송아지 출생 후 약 일주일 후 최대 산유량에 도달하는데, 평균 4kg을 넘지 않으며 그 이후에는 점차 유량이 감소함. 그러나 이마저도 개체별로 산유량이 불규칙해 자연포유의 경우 송아지가 만성적인 배고픔과 스트레스 상황에 직면함. 대용유의 체계적인 정량 급여는 우군의 균일한 발육을 유도하여 향후 육성·비육기에 안정적인 성장을 기대할 수 있음.
- 송아지를 어미에 의해 자연포유 시킬 경우, 새끼의 포유자극에 의해 어미의 발정재귀가 늦어져 결국 번식간격이 길어지므로, 농장의 송아지 생산성 저하를 초래함. 대용유를 활용한 인공포유 체계를 도입할 경우 출산 후 어미와 새끼를 바로 분리함으로써 어미의 번식률을 개선하여 번식 간격을 30~60일 단축 시킬 수 있을 것으로 기대함.

(4) 대사각인 효과에 의한 출하성적 향상 기대

- 최근 각광을 받고 있는 ‘후성유전학(epigenetics)’은 유전형질이 환경요인에 의해 후천적으로 변화하는 것을 연구하는 학문으로, 포유동물에 있어서 태아 또는 신생아 시기의 영양 경험은 유전자 및 유전자 발현 조절 부위에 후성유전학적 변화를 초래하는데, 이를 ‘유전자 각인(genetic imprinting)’이라 하며, 이러한 유전자 각인이 향후 그 동물의 영양 대사 유형을 결정짓는 데 중요하다는 의미에서 ‘대사각인(metabolic imprinting)’이라고도 칭함(Bryan 등, 2010).

- 최근 들어 축산 분야에서도 이러한 대사각인 효과를 규명하여 생산성 향상에 응용하려는 연구가 진행되고 있는데, 이에 따르면 포유기 송아지에 풍부한 영양을 공급하면 에너지를 소비하여 체성장을 유도하는데 관여하는 유전자군이 활성화되어 비육기와 출하성적 향상에도 도움을 줄 것으로 기대하고 있음.

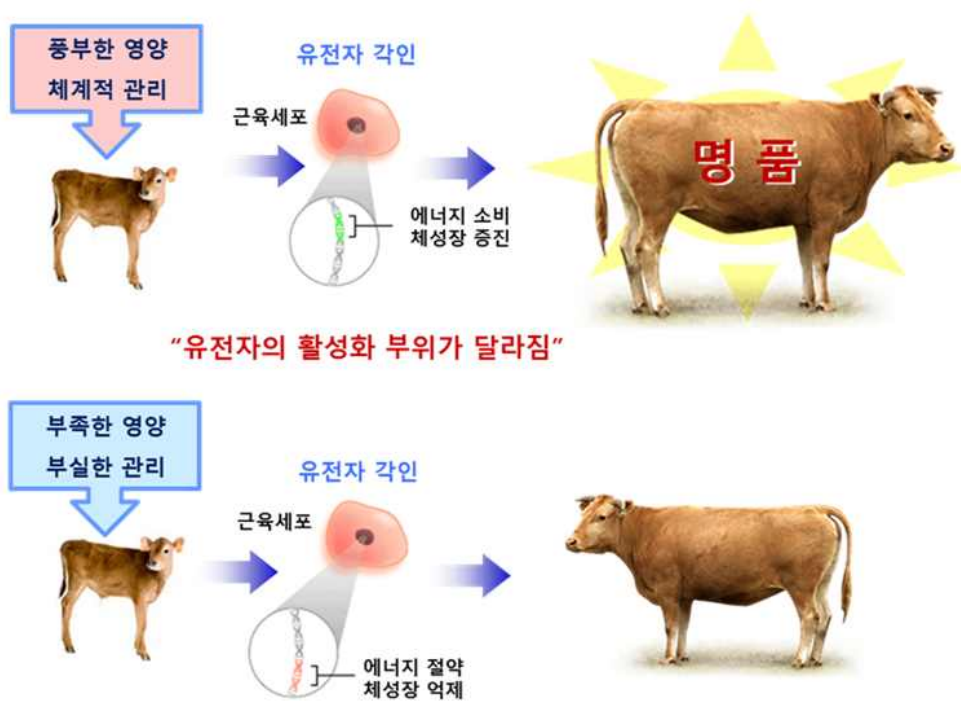


그림 71. 포유기 송아지의 풍부한 영양공급을 통한 대사각인 효과 가설

나. 한우 산업 미래 지속가능성 제고

(1) 한우 송아지 생산기반 개선

- 그동안 한우산업의 송아지 생산기지 역할을 담당했던 소규모 부업 번식농가가 급격히 줄어들고 있어, 향후 송아지의 안정적 공급을 위해

서는 중규모 이상의 번식농을 새로운 송아지 생산기지로써 정책적으로 육성할 필요가 있음.

- 이러한 송아지 생산기반 개선을 통해 규모화된 번식농에서 체계적인 관리 체계하에서 규격 송아지를 연중 안정적으로 생산하려면 한우에 최적화된 인공포유 체계 도입이 필수적임.
- 안정적인 규격 송아지 생산기반은 또한 한우산업이 세계적 고품질 브랜드로 도약하기 위한 초석이 될 것임.

(2) 한우산업 시장 경쟁력 확보 및 미래 지속가능성 제고

- 다단계의 생산유통 체계와 장기사육이 불가피한 한우산업의 고비용 생산구조는 한우산업의 미래 지속가능성을 저해하는 가장 첫 번째 요인임. 따라서 한우산업의 경쟁력 확보를 위해서는 각 생산단계별 효율성 개선을 통해 비용을 절감해야 함.
- 한우에 최적화된 인공포유 체계는 장비 도입과 대용유 구입에 대한 새로운 비용 발생이 있지만, 어미의 번식률 개선과 송아지의 생산성 향상이라는 측면에서 장기적으로 한우산업의 생산비용을 크게 절감할 수 있는 방안임.
- 2019년 12월 1일부로 한우 쇠고기 등급 기준이 개정되었는데, 근내지방도(marbling score)를 중시하던 기존 등급 체계에서 육색, 지방색, 조직감, 성숙도 등의 육질지표의 중요성이 강조되었고, 성별 및 거세와 관계없이 동일한 계산식이 적용되던 기존 육량지수도 한우와 육우에 있어서 암, 수, 거세에 따라 서로 다른 육량지수 계산식을 사용하는 것이 주요 골자임. 이에 따라 쇠고기 가격 결정요인에 있어서 기존의 근내지방도의 중요성은 낮아진 반면, 육량등급에 대한 중요도가 높아져 근내지방도 향상을 위해 30개월 이상 장기비육하던 사육방식에

향후 변화가 예상됨. 특히 앞서 '대사각인 효과'에서 언급한 것처럼 사육기간을 단축하면서 육량을 증진시키기 위해서는 신생 송아지 시기의 영양관리가 무엇보다 중요하며, 이에 따라 '한우 전용 대용유'와 고사양의 '송아지 입붙이기 사료'에 대한 농가와 업계의 관심이 고조될 것으로 전망됨.

다. 한우산업 관련 전후방 신산업 육성

(1) 한우 대용유 산업

- 국내에서 연간 젖소 송아지 생산량보다 한우 송아지의 생산량이 3.4배나 높음에도 젖소 송아지를 대상으로 한 낙농 대용유 산업은 존재하나, 한우 대용유 산업은 거의 전무함.
- 젖소 대용유보다 규모면에서 시장 잠재력이 더 큰 한우 대용유 산업에 대한 신시장 개척이 요구됨.

(2) 로봇포유시스템 활용성 확대

- 현재까지 로봇포유기는 주로 낙농업에서 활용해 왔음. 농촌진흥청 축산과학원을 중심으로 10여년 전에 이미 국산 로봇포유시스템을 개발하여 보급 사업을 진행해 오고 있는 만큼 한우산업 분야로 이용성을 확대하는 것은 국가 정책에도 부합함.
- ICT 기술을 활용한 스마트팜 응용 분야가 타 축종에 비해 상대적으로 적은 한우산업 분야에서 도입시 경제성 및 가축 생산성 향상에 가장 효과적인 기여가 예상되는 솔루션이 암소 발정감지 기술과 함께 바로 로봇포유시스템이라고 할 수 있음.

2 . 활용 방안

한우 송아지 영양생리에 최적화된 모유수준 대용유와 ICT 기술 기반의 효율적 대용유 급여체계 개발 연구 결과는 향후 다음과 같이 활용하고자 함.

가. 실용화 · 제품화 방안

- (1) 미래 한우 산업 지속가능성을 위한 필수자원, 한우 송아지 전용 대용유의 국산화 추진
- (2) 대용유 생산업체 제안설명회 및 시도별 영농기술교육을 통하여 기술이전을 독려하고 한우 대용유 실용화, 제품 다변화 촉진

나. 현장 적용 방안

- (1) 시도 축협단위 한우 번식우 단지 시범사업화 추진을 통한 한우 송아지 인공포유 시스템 확대 보급
- (2) 로봇포유기 보급 지원을 통한 한우 송아지 생산 안정화 지원사업 추진

다. 심화 연구개발에 응용

- (1) 한우 대용유 품질 고급화를 위한 용해도 높은 유지원료의 설계
- (2) 출생 후 어미와의 빠른 격리에 대처하기 위한 항체가 높은 대용초유의 국산화 연구
- (3) 이유기 고형사료 섭취량 증진을 위한 적정 영양 대용유 포몰라 및

제형 연구 개발

- (4) 본 연구에서 도출한 ‘적정 영양 대용유 급여 프로그램’ 과 낙농 분야에서 행해지는 ‘성장 가속화 프로그램’ 에 대한 송아지 생산성 비교/분석 연구

라. 국내 한우-낙농산업의 상생발전 방안

- (1) 국내 낙농산업은 이미 원유 공급의 포화상태에 직면하여 ‘납유 쿼터제’ 를 운영하고 있으며, 유대가 통상 리터당 1,000원 이상이지만 농가에 할당된 쿼터 이상의 초과생산 원유의 경우에는 리터당 100원(고형분 기준 800원/kg)의 가격으로 유통됨.
- (2) 본 연구결과, 젖소와 한우 모유에는 농도의 차이가 있을 뿐 큰 영양조성에 차이가 없는 것으로 나타났음.
- (3) 현재 축우용 대용유가 파우더 기준,kg 당 3,000~4,000원에 거래된다고 볼 때, 낙농가의 초과생산 원유를 적정가에 구입하여 한우 송아지를 위한 대용유로 활용한다면 한우산업에서는 대용유 구입 원가가 절감되고, 낙농산업은 초과생산 원유에 대한 고민이 줄어 국내 한우-낙농산업의 상생발전 모델을 제시할 수 있음.

참고문헌

- (1) 가축개량표준, 농림축산식품부(2020)
- (2) 가축동향조사, 통계청(2020)
- (3) 권응기. "포유 송아지 이유시기 조정에 의한 한우암소의 분만 간격 단축.", 국립축산과학원 영농활용기술(2006)
- (4) 김완영. "이유월령이 한우의 비육 및 번식 생산성에 미치는 영향 조사연구.", 한우자조금관리위원회(2011)
- (5) 소비자리포트, 소비자시민모임(2020)
- (6) 신동호. "형성축협한우, 우리나라 최초 국가명품한우 인증 브랜드노믹스(Brandnomics).", 브랜드타임즈(2019)
- (7) 우정수. "한우 농가수 줄었지만, 사육 마릿수 되레 늘어." 한국농어민신문(2020)
- (8) 이미지. "농진청, 한우 번식률 향상 위한 농가 실태조사." 농수축산신문(2017)
- (9) 이수두, et al. "한우 송아지의 성장에 따른 혈액화학치에 관한 연구." 한국임상수의학회지 32.4(2015): 392-397.
- (10) 일본 화우 공식 홍보 홈페이지,
<http://jlec-pr.jp/beef/39-characteristic-en/>
- (11) 임종우 and 유제현. "논문; 축산물가공: 한우의 산유량 및 유조성에(乳組成) 관한 연구 IV. 초유 및 정상유에 있어서 Sephadx Gel 여과에 의한 Whey 단백질의 분획." 한국축산학회지 26.3(1984): 282-287.
- (12) 정경수., et al. "규모별 한우농가 효율성 제고 및 정책지원 방안 연구." 한우자조금관리위원회(2015)
- (13) 한우 송아지 가격 동향, 축산물월간동향(2020)
- (14) 최재관., et al. "분만년도, 계절 및 산차가 한우의 비육곡선에 미치는 영향." 한국축산학회지 44.6(2002): 661-668.

- (15) Abdelsamei, A. H., et al. "The effect of milk intake on forage intake and growth of nursing calves." *Journal of animal science* 83.4(2005): 940-947.
- (16) Abe, M., et al. "Effects of fatty acid composition of milk replacer on digestibility, incidence of diarrhoea and lipid metabolism in newborn calves." *Animal Science and Technology(Japan)*(1992).
- (17) Albright, Jack L., and Clive Wendell Arave. "The behaviour of cattle." *CAB international*,(1997).
- (18) Matsubara, Atsuko., et al. "Effects of a high milk intake during the pre-weaning period on nutrient metabolism and growth rate in Japanese Black cattle." *Animal Science Journal* 87.9(2016): 1130-1136.
- (19) Bach, A. "Ruminant nutrition symposium: Optimizing performance of the offspring: Nourishing and managing the dam and postnatal calf for optimal lactation, reproduction, and immunity." *Journal of animal science* 90.6(2012): 1835-1845.
- (20) Bartlett, K. S., et al. "Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two feeding rates." *Journal of Animal Science* 84.6(2006): 1454-1467.
- (21) Blum, J. W., and C. R. Baumrucker. "Colostrum and milk insulin-like growth factors and related substances: mammary gland and neonatal(intestinal and systemic) targets." *Domestic Animal Endocrinology* 23.1-2(2002): 101-110.
- (22) Brown, E. G., et al. "Effect of increasing energy and protein intake on body growth and carcass composition of heifer calves." *Journal of Dairy Science* 88.2(2005): 585-594.

- (23) National Farm Animal Care Council(NFACC). "Code of practice for the care and handling of dairy cattle." Dairy Farmers of Canada, (2009).
- (24) Chua, B., et al. "Effects of pair versus individual housing on the behavior and performance of dairy calves." Journal of dairy science 85.2(2002): 360-364.
- (25) Chung, C. H., et al. "A biometrical study on milk yield of Korean cattle." Korean Journal of Animal Science(Korea Republic)(1996).
- (26) Costello, Rob, "Calf Milk Replacer Guide." Milk Specialties Global(2012).
- (27) De Passillé, A. M., and J. Rushen. "Adjusting the weaning age of calves fed by automated feeders according to individual intakes of solid feed." Journal of dairy science 95.9(2012): 5292-5298.
- (28) de Passillé, Anne Marie, and Jeffrey Rushen. "Using automated feeders to wean calves fed large amounts of milk according to their ability to eat solid feed." Journal of Dairy Science 99.5(2016): 3578-3583.
- (29) Amaral-Phillips, Donna M., et al. "Feeding and managing baby calves from birth to 3 months of age." Cooperative Extension Service, University of Kentucky, ASC-161, UK(2001).
- (30) Flower, Frances C., and Daniel M. Weary. "Effects of early separation on the dairy cow and calf:: 2. Separation at 1 day and 2 weeks after birth." Applied Animal Behaviour Science 70.4(2001): 275-284.
- (31) Soberon, F., et al. "Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves." Journal of Dairy Science 95.2(2012): 783-793.
- (32) Geiger, Adam. "We can influence mammary growth." Dairy

Calf & Heifer(2017).

- (33) Graulet, Benoît., et al. "Effects of milk diets containing beef tallow or coconut oil on the fatty acid metabolism of liver slices from preruminant calves." *British Journal of Nutrition* 84.3(2000): 309-318.
- (34) Kim, G.Y., et al. "Studies on the changes of milk components of korean native cows during lactation periods." *Annals of Animal Resources Science* 10(1999):101-.109.
- (35) Hadorn, Ulrich., et al. "Delaying colostrum intake by one day has important effects on metabolic traits and ongastrintestinal and metabolic hormones in neonatal calves." *The Journal of nutrition* 127.10(1997): 2011-2023.
- (36) Hammell, K. L., et al. "Sucking behaviour of dairy calves fed milk ad libitum by bucket or teat." *Applied Animal Behaviour Science* 20.3-4(1988): 275-285.
- (37) Hugi, Doris, Rupert M. Bruckmaier, and Jürg W. Blum. "Insulin resistance, hyperglycemia, glucosuria, andgalactosuria in intensively milk-fed calves: dependency on age and effects of high lactose intake." *Journal of animal science* 75.2(1997): 469-482.
- (38) Huuskonen, Arto., et al. "Effects of vegetable fats versus lard in milk replacers on feed intake, digestibility, and growth in Finnish Ayrshire bull calves." *Journal of dairy science* 88.10(2005): 3575-3581.
- (39) Reddy, Kondreddy Eswar., et al. "Early weaning of calves after different dietary regimens affects later rumen development, growth, and carcass traits in Hanwoo cattle." *Asian-Australasian journal of animal sciences* 30.10

- (2017): 1425.
- (40) Jasper, J., and D. M. Weary. "Effects of ad libitum milk intake on dairy calves." *Journal of dairy science* 85.11 (2002): 3054-3058.
- (41) Jensen, Margit Bak. "Computer-controlled milk feeding of dairy calves: The effects of number of calves per feeder and number of milk portions on use of feeder and social behavior." *Journal of dairy science* 87.10(2004): 3428-3438.
- (42) Kang, S. W., et al. "Studies on milk yield and milk composition of Korean Native cows, 5; Effect of energy and protein levels during the gestation period on milk yield, milk composition and pre-and post-partum body weight of dam." *Korean Journal of Animal Sciences(Korea Republic)* (1991).
- (43) Otomaru, Konosuke., et al. "Blood biochemical values in Japanese black calves in Kagoshima prefecture, Japan." *Journal of Veterinary Medical Science*(2015): 15-0381.
- (44) Lammers, B. P., et al. "The effect of whey protein concentrate or dried skim milk in milk replacer on calf performance and blood metabolites." *Journal of dairy science* 81.7(1998): 1940-1945.
- (45) Lee, H. J., et al. "Growth, blood metabolites, and health of Holstein calves fed milk replacer containing different amounts of energy and protein." *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 21.2(2008): 198-203.
- (46) Khan, M. A., et al. "Structural growth, rumen development, and metabolic and immune responses of Holstein male calves fed milk through step-down and conventional methods." *Journal of Dairy Science* 90.7(2007): 3376-3387.
- (47) Khan, M. A., et al. "Pre-and postweaning performance of

- Holstein female calves fed milk through step-down and conventional methods." *Journal of Dairy Science* 90.2 (2007): 876-885.
- (48) Khan, M. A., et al. "Starch source evaluation in calf starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth, and blood metabolites in Holstein calves." *Journal of dairy science* 90.11(2007): 5259-5268.
- (49) Khan, M. A., et al. "Starch source evaluation in calf starter: II. Ruminal parameters, rumen development, nutrient digestibilities, and nitrogen utilization in Holstein calves." *Journal of Dairy Science* 91.3(2008): 1140-1149.
- (50) Markiewicz-Kęszycka, Maria., et al. "Fatty acid profile of milk-a review." *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy* 57.2(2013): 135-139.
- (51) Montagne, L. T. R. L., et al. "Intestinal digestion of dietary and endogenous proteins along the small intestine of calves fed soybean or potato." *Journal of animal science* 79.10(2001): 2719-2730.
- (52) Montagne, Lucile., et al. "Influence of dietary protein level and source on the course of protein digestion along the small intestine of the veal calf." *Journal of dairy science* 86.3(2003): 934-943.
- (53) Mourad, G., et al. "Composition and nutritional value of raw milk. *Issues in Biological Sciences and Pharmaceutical Research*, 2(10)."(2014): 115-122.
- (54) Funston, R. N., and A. F. Summers. "Epigenetics: Setting up lifetime production of beef cows by managing nutrition." *Annu. Rev. Anim. Biosci.* 1.1(2013): 339-363.
- (55) Shore, Kathleen. "Understanding the fat in your calf milk replacer.", *Progressive Dairy*(2013)

- (56) Steele, M. A., et al. "Advancements in automated feeding for calves: where we are today and where we' ll be tomorrow." Proc. Advances in Dairy Technology. Western Canadian Dairy Symposium(WCDS), Red Deer, AB, Canada.[Online](2004).
- (57) Kang, S. W., et al. "Studies on the determination of milk yield and composition in Korean cattle." Korean Journal of Animal Science 42.5(2000): 639-648.
- (58) Kang, S. W., et al. "Studies on milk yield and milk composition of Korean native cows, 3; A study on physico-chemical properties and composition of Korean native cow's milk." Korean Journal of Animal Science (Korea Republic)(1991).
- (59) Kang, S. W., et al. "Studies on milk yield and milk composition of Korean Native cows, 5; Effect of energy and protein levels during the gestation period on milk yield, milk composition and pre-and post-partum body weight of dam." Korean Journal of Animal Sciences(Korea Republic) (1991).
- (60) Tikofsky, J. N., et al. "Effect of varying carbohydrate and fat content of milk replacer on body composition of Holstein bull calves." Journal of Animal Science 79.9 (2001): 2260-2267.
- (61) Chapman, Colleen E., et al. "Effect of milk replacer program on calf performance and digestion of nutrients with age of the dairy calf." Journal of dairy science 99.4 (2016): 2740-2747.
- (62) Wijayasinghe, M. S., et al. "Growth, health, and blood glucose concentrations of calves fed high-glucose or high-fat milk replacers." Journal of Dairy Science 67.12 (1984): 2949-2956.

부록 1

한우 모유 유량 및 영양성분

1. 한우 모유 유량 및 영양성분 조사 개요

한우의 신체적 또는 심리적 특성상 어미소로부터 산유량 및 성분을 직접 조사하는 것이 매우 어려워 한우에서의 유량 및 유성분 연구는 그동안 제한적이었고, 유용종으로 개량되어온 홀스타인과 달리 장기간 육용종으로 이용되는 한우에서의 모유 연구는 2000년도 초반의 연구를 제외하고는 전무한 실정이었음.

본 연구에서는 한우 모유의 영양조성에 근거하여 대용유의 포물라 개발이 주 목적인 만큼, 한우 모유의 생리적 특성(유량 및 성분)에 대한 조사가 반드시 필요하였고, 이에 따라 한우사양표준위원회(위원장 서울대학교 김경훈 교수) 연구팀과 협업으로 시험농장인 새봄농장에서 한우 임신우 22두를 공시, 약 4개월간 송아지 출산 이후 모유를 착유하여 산유량과 영양조성을 분석하였음.

2. 한우의 산유량 특성

가. 한우의 유생산 양상은 매우 불규칙하여 비유 개시 후 공시축 사이에서 다양한 개체 차이가 존재했으며, 대체로 분만 이후 일주일 이내에 급격한 비유최대기(lactation peak)을 보이고 완만히 감소하는 모습을 보였으나, 비유최대기 이후에 산유량이 급격히 감소하는 경우, 감소 후 다시 증가하는 경우, 불연속적인 산유량을 보이는 경우 등 다양한 변화를 보임(그림 1).

나. 한우의 산유량을 산차에 따라 구분하였을 때, 2산우와 4산우의 비유 최대기에 도달하는 일수는 분만 후 각각 평균 8일과 6일이었고 비유

최대기 유량은 각각 평균 4.26kg/일과 2.64kg/일로 2산우에서 약 1.6 배 높은 양상을 보임(그림 2).

다. 이번 조사에서 나타난 산차를 고려하지 않은 한우 암소의 비유최대기 평균 일일산유량은 평균 3.45kg/일, 분만 후 비유최대기에 도달 일수는 평균 7일이었음.

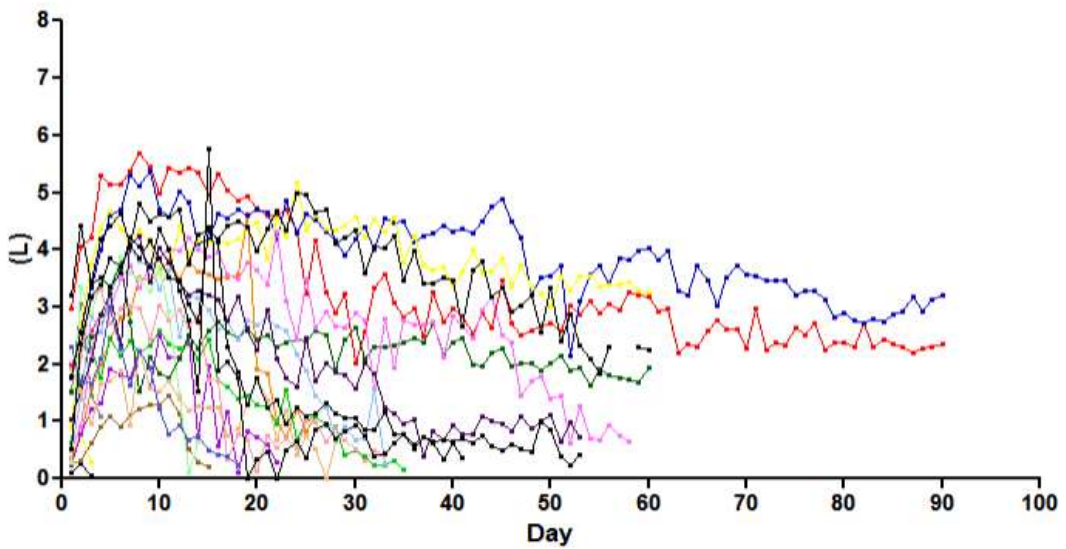


그림 1. 개체별 분만 후 일자 변화에 따른 일일 평균 비유 곡선

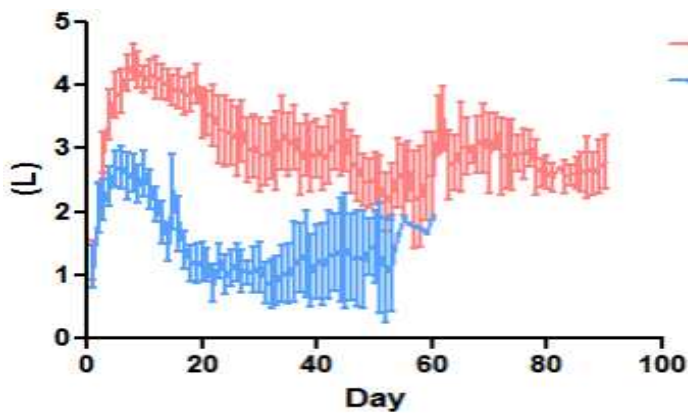


그림 2. 산차별 분만 후 일자 변화에 따른 비유 곡선

2. 한우 모유의 영양성분 개요

가. 한우 모유의 주요 영양성분을 ‘비유최대기’와 ‘비유안정기’로 구분하여 아래 표 1에 제시하였음.

나. 한우 모유에서 비유시기(비유최대기 및 비유 안정기)와 산차(2산우 및 4산우) 사이의 유성분 함량에는 유의적 차이를 보이지 않음.

다. 유의적 차이는 없었으나, 4산우는 2산우에 비해 조단백(crude protein), 베타 카제인(beta-casein), MUN(Milk Urea Nitrogen)과 같은 단백질 및 단백질 대사산물의 함량이 다소 높은 경향을 보임.

표 1. 비유최대기와 비유안정기의 한우 유량 및 일반성분(Mean±SEM)

	비유최대기*		비유안정기**	
	2산우	4산우	2산우	4산우
유량	4.257±0.287	2.641±0.325	3.633±0.389	1.314±0.333
Crude fat	5.294±0.579	4.238±1.118	4.909±0.697	5.200±0.551
Lactose	4.655±0.065	4.352±0.195	4.965±0.109	4.492±0.222
Crude protein	4.861±0.222	5.425±0.520	4.238±0.173	4.281±0.457
Beta casein	3.653±0.149	4.039±0.400	3.225±0.126	3.209±0.363
SnF	10.220±0.165	10.546±0.440	9.900±0.266	9.552±0.455
MUN	13.706±0.847	16.326±2.155	11.445±1.344	15.936±1.969
b-HB	0.087±0.054	0.117±0.040	0.059±0.034	0.138±0.038
Aceton	0.213±0.157	0.365±0.230	0.077±0.057	0.148±0.034

* 비유 개시 후 최대값을 기준으로 ±1일의 평균 값

** 비유 개시 15일 이후 10일간의 평균 값

3. 우유 내 주요 영양성분

가. 무지고형분(SnF: Solid Not Fat)

- 한우 모유의 총 고형분(조지방 + 무지고형분)은 약 15.4%로 젖소 모유의 평균 12.5%보다 고형분 함량이 높음.
- 총 고형분에서 지방 함량을 제외한 무지고형분의 경우, 출산 직후 분비되는 초유 내 항체 등 고함량의 단백질의 영향으로 비유 초기에 20% 정도로 높았다가, 이후 10% 수준으로 안정화됨(그림 3).

나. 조지방(crude fat)

- 한우 모유의 조지방 함량은 평균 4.8%로, 젖소에 비해 높았음.
- 조지방 함량은 2산차, 4산차 모두 착유 일수 동안 그 변이가 매우 심하였음(그림 3).

다. 조단백(crude protein)

- 출산 직후 다량 분비되는 초유 내 항체 등 면역 단백질의 영향으로 비유 초기에 비유 개시 후 높았던 조단백질은 이후 5%미만으로 유지되는 것을 관찰할 수 있음(그림 4).

라. 베타 카제인(beta-casein)

- 베타 카제인은 젖소 모유보다 약 1-2% 높은 수준이었으며, 이 또한 초유 때 높은 수치를 보였다가 4%정도로 안정되는 양상을 보임(그림 4).

마. 유당(Lactose)

- 한우 모유와 젖소 모유에서 유당 함량은 각각 약 4.5%와 4.8%로 기준

에 알려져 있는 것과 같이 5% 이하의 비율을 나타내었음.

- 2 산우와 4 산우 모두 비유 개시 직후 다소 낮았다가 이후 비유기 동안 5% 내외를 유지함(그림 5).

바. 우유 내 요소태질소화합물(MUN: Milk Urea Nitrogen)

- 한우 모유와 젖소 모유 모두 비슷한 수준이었으며, 2 산우와 4 산우 모두 초유 때 높았다가 14% 정도로 안정되는 것을 볼 수 있음(그림 5).

사. 베타 하이드록시 뷰티레이트(b-HB: beta-hydroxy butyrate)

- b-HB는 섬유소의 반추위 발효로 생성되는 휘발성 지방산 중 하나로 한우와 젖소는 유사하게 우유 내 0.1mM 내외의 b-HB를 함유하고 있음(그림 6).

아. 아세톤(Aceton)

- 아세톤은 소에서 지방을 에너지원으로 활용할 때 생성되는 케톤체 부산물로 한우와 젖소는 유사하게 우유 내 0.1mM 내외의 b-HB를 함유하고 있음(그림 6).

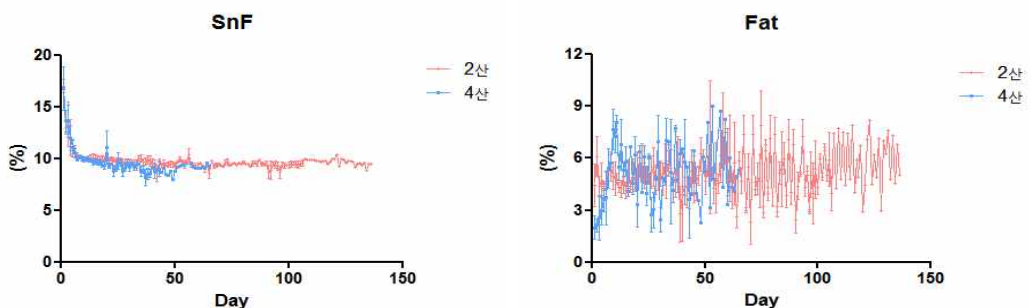


그림 3. 비유일에 따른 한우 모유의 무지고형분(좌) 및 조지방(우) 함량 추이

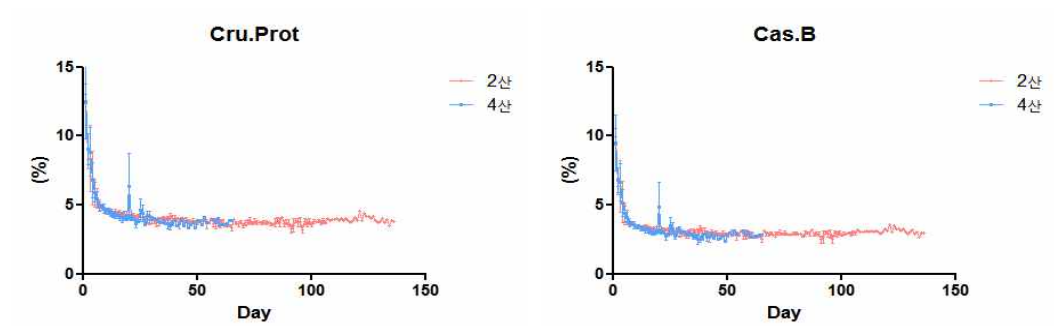


그림 4. 비유일에 따른 한우 모유의 조단백(좌) 및 베타카제인(우) 함량 추이

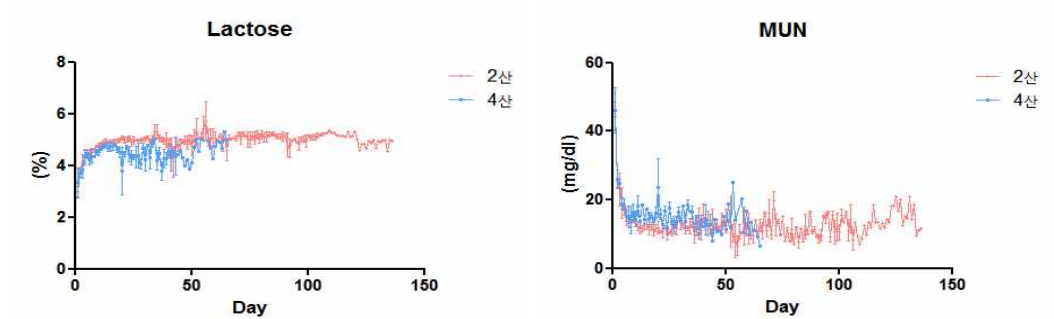


그림 5. 비유일에 따른 한우 모유의 유당(좌) 및 MUN(우) 함량 추이

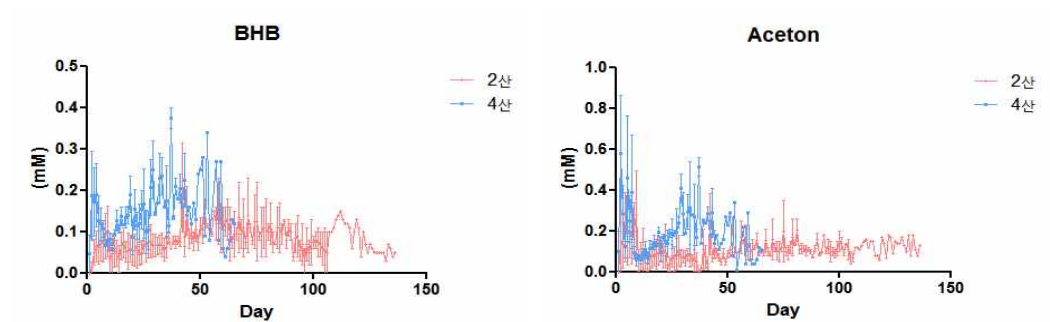


그림 6. 비유일에 따른 한우 모유의 BHB(좌) 및 Aceton(우) 함량 추이

3. 한우 모유 지방산 조성

- 한우 모유를 구성하는 장쇄지방산으로는 높은 비율 순으로 Palmitic acid(C16:0), Oleic acid(C18:1), Stearic acid(C18:0)로 전체 지방산 함량의 약 70%를 차지하는 것으로 나타났음(표 2).
- 한우 모유의 단쇄 및 중쇄지방산의 함량은 높은 비율 순으로 Myristic acid(14:0), Lauric acid(12:0), Capric acid(10:0) 등을 포함하며, 탄소수 14(C14) 이하의 단쇄 및 중쇄지방산 함량은 전체 지방산의 약 19.7%를 차지하였음.
- 본 연구의 조사 결과, 한우 모유와 일반 상용 백색시유(젖소, Holstein 종)의 지방산 조성을 비교하였을 때, 한우와 홀스타인 종 젖소의 모유 내 지방산 조성에 있어서 종간의 유의적 차이는 발견되지 않았음.
- 시험대용유 1, 2의 지방산 조성은 중쇄지방산 중 한우와 젖소의 모유에 가장 많이 함유되어 있는 Myristic acid(14:0)의 함량이 한우와 젖소의 모유에 비해 낮은 대신 Lauric acid(12:0)의 함량이 약 3배 높은 양상을 보였고, 단쇄지방산인 Capric acid(10:0)와 Caprylic acid(C8:0)은 유사한 함량을 보임.
- 장쇄지방산인 Stearic acid(C18:0)가 한우와 젖소의 모유에 비해 약 3배 낮은 반면, Oleic acid(C18:1)와 Linoleic acid(C18:2)의 함량은 높은 것으로 나타남. Palmitic acid(C16:0)는 유사한 함량을 보임.
- 표준대용유(누카멜엘로우)의 지방산 조성 특징은 주요 유지원료인 팜유와 코코넛유(3:2) 혼합 식물성 유지에서 기인한 것으로 시험대용유 1, 2와도 다소 차이를 보이는데, Lauric acid(12:0)의 함량이 한우와 젖소의 모유에 비해 약 5배 높고 장쇄지방산인 Oleic acid(C18:1)가 한우와 젖소의 모유와 유사한 함량을 나타냄.

표 2. 한우/젖소 모유, 표준/시험대용유, 유지원료의 지방산 조성 비교(%)

지 방 산		농장 평균	백색 시유	누카멜 옐로우	시험 대용유1	시험 대용유2	유지 원료*
C4:0	Butyric acid	1.08	0.98		0.15	0.13	
C6:0	Caproic acid	1.08	1.08	0.15	0.21	0.18	
C8:0	Caprylic acid	0.93	0.92	1.82	0.79	0.81	0.83
C10:0	Capric acid	2.34	2.43	1.88	1.10	1.09	0.88
C12:0	Lauric acid	3.60	3.50	15.64	10.11	10.71	12.63
C13:0	Tridecanoic acid	0.03			0.05	0.04	
C14:0	Myristic acid	10.61	11.17	7.66	4.05	6.05	5.34
C14:1	Myristoleic acid	0.50	0.76	0.05	2.15	0.15	
C15:0	Pentadecanoic acid	1.02	1.00	0.11	0.23	0.23	
C16:0	Palmitic acid	29.77	32.08	32.19	34.55	33.92	33.82
C16:1	Palmitoleic acid	1.41	1.42	0.21	0.39	0.50	
C17:0	Margaric acid	0.75	0.70	0.13	0.20	0.19	
C18:0	Stearic acid	14.49	14.63	6.65	5.50	5.28	4.46
C18:1n 9t	Elaidic acid	2.53	2.09				
C18:1n 9c	Oleic acid	25.64	22.86	24.04	32.10	31.95	33.64
C18:2n 6t	Linolelaidic acid	0.00	0.19		0.01	0.29	
C18:2n 6c	Linoleic acid(LA)	2.62	2.81	7.27	7.24	7.41	8.41
C20:0	Arachidic acid	0.23	0.21	0.29	0.30	0.30	
C18:3n6	gamma-linolenic acid	0.02		0.10	0.03	0.03	
C20:1n9	Gondoic acid	0.07	0.03	0.13	0.14	0.15	
C18:3n3	α-linolenic acid(ALA)	0.14	0.27	1.25	0.24	0.27	
C21:0	Heneicosanoic acid	0.64	0.50	0.13	0.14	0.08	
C20:2n6	Eicosadienoic acid	0.01		0.01			
C22:0	Behenic acid	0.06	0.03	0.07	0.07	0.07	
C20:3n6	Dihomogamma-linolenic acid	0.14	0.14	0.02	0.03	0.03	
C20:3n3	Eicosatrienoic acid(ETA)	0.01		0.02		0.02	
C23:0	Tricosanoic acid	0.02			0.01		
C20:4n6	Arachidonic acid	0.33	0.20	0.02	0.03	0.03	
C24:0	Lignoceric acid	0.04		0.07	0.07	0.07	
C20:5n3	Eicosapentaenoic acid(EPA)	0.01		0.01			

* 팜유와 코코넛유의 3:1 혼합 식물성 유지원료

부록 2

한우 송아지 대용유 급여 가이드

1. 기본 포유 프로그램

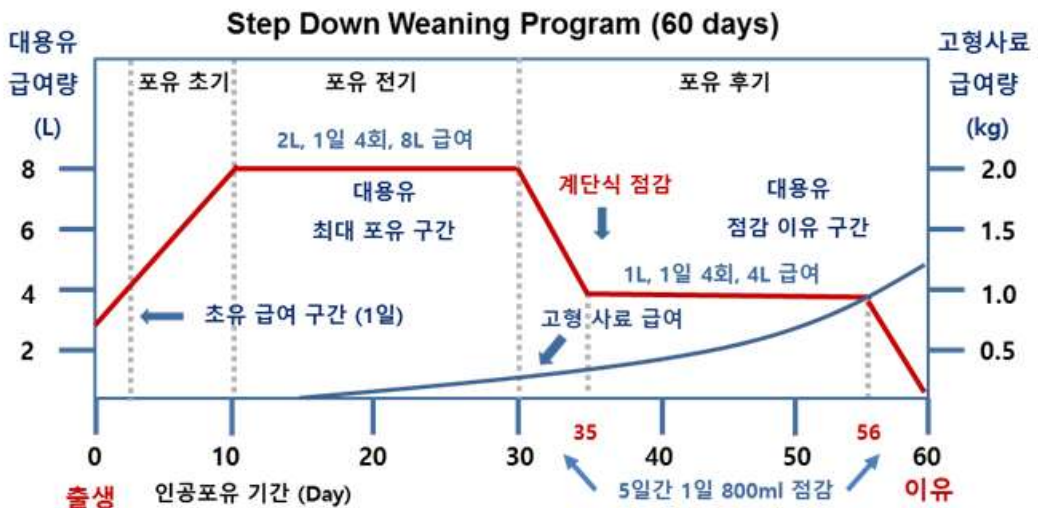


그림 1. 계단식 점감 이유 프로그램(Step Down Weaning Program)

2. 급여 방식

가. 초유 급여

- 암컷 분만 후 즉시 격리하여 바로 손 포유(675g/2400mL)
- 항체(IgG) 180g 이상 포함되도록 인공초유 급여
- 어미의 모유를 이미 섭취한 경우 양을 2/3로 조절하여 급여
- 약간 따뜻한 정도로 제조하여 생후 첫 날만 급여

나. 대용유 급여

- 로봇포유기를 활용하는 것이 이상적이며, 손포유도 가능함.
- 생후 2일차부터 대용유 점진적 증가 급여
- 믹서기 투입 전 온도 46℃, 믹싱 온도 42℃, 급여 온도 38℃로 설정
- 상용 대용유를 일일 8L, 2L/회로 4회 30일령까지 급여
- 계단식 점감 이유 프로그램, 30일령 이후 대용유 급여량을 5일간 일일 800mL씩 점감하여 35일령에 일일 4L, 1L/회로 4회 56일령까지 급여 후 다시 일일 800mL씩 점감하여 60일령에 이유
- 이유기까지 고품사료 1kg 이상 급여하도록 유도

다. 대용유 섭취 거부 대처 방법

- 냄새를 맡게 해줌.
- 목덜미를 손으로 쓰다듬어 줌.
- 송아지 목 위로 올라탐.
- 머리를 잡고 입 안으로 손을 넣어 꼭지를 조금만 집어 넣어줌.
- 인공 포유기 꼭지 크기를 바꿔줌.



그림 2. 출생 후 격리된 송아지



그림 3. 초유 손포유 급여

3. 송아지 상태 판단

가. 송아지 대용유 포유상황 확인

- 포유전기에 대용유 섭취량이 목표량에 미달될 경우에는 송아지의 건강상태에 대해 살펴보고 이상이 관찰될 경우 수의사와 상의함.
- 포유 전기에 도달하여 8L를 섭취하던 개체가 5L까지 섭취량이 떨어지는 경우
- 포유 전기에 도달하여 6L를 섭취하던 개체가 4L까지 섭취량이 떨어지는 경우
- 포유 전기 도달 후 하루에 4L 이상 섭취 거부 시
- 간혹 하루 최대 섭취량이 4L인 개체도 존재하므로 평소 섭취하던 양의 절반 이상으로 섭취량이 떨어지는 경우 확인 필요

나. 송아지 설사

(1) 설사 여부 및 탈수 증세 판단

- 송아지가 늘어지거나 탈수가 오지 않았는지 확인하여야 함. 탈수 증세로는 안구 함몰, 피부를 당겼을 때 복원력이 느린 정도 등이 있음.
- 설사의 빈도나 양, 묽은 정도를 모두 고려하여 판단
- 설사를 하는 도중에도 섭취량이 떨어지지 않는다면 일단 지켜봄.

(2) 포유 초기 설사

- 보통 대용유 급여 후 일주일 이내에 오며 치료가 필요함.
- 생후 설사가 시작되면 대용유 급여를 즉시 중단하고 마지막 급여 6시간이 지난 후부터 전해질 급여
- 설사의 정도가 심할 경우 수의사와 상의하여 항생제 급여 및 투여

(3) 포유 전,후기 설사

- 설사의 정도를 판단하고, 송아지 활력 및 탈수 정도가 심하지 않다면 일단 지켜봄.
- 정도가 심한 경우 항생제 투여

다. 송아지 설사 치료

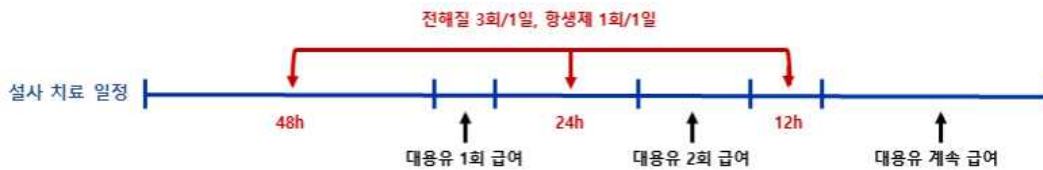


그림 4. 송아지 설사 치료 일정

(1) 전해질 급여

- 생후 송아지 설사가 시작되면 급여
- 1회 100g/2L 비율로 급여하며 하루 최대 3번
- 최초 설사 이후 48시간 동안 1차 전해질 치료 후, 대용유 1차 급여(1회)
- 1차 대용유 급여 6시간 이후, 24시간 동안 2차 전해질 급여
- 2차 전해질 급여 이후 대용유 2차 급여(2회)
- 대용유 2차 급여 후 3차 전해질 급여

(2) 항생제 급여

- 설사 정도가 심하면 전해질과 같이 급여
- 송아지의 공복이 긴 아침에 주로 급여

- 네오마이신 계열, 1일 1회 14g 급여
- 전해질과 같이 급여 시, (전해질 100g+항생제 14g)/2L

본 보고서에 대한 지적재산권은 한우자조금관리위원회에 있으며, 본 연구결과 및 내용의 일부 또는 전부를 인용하는 경우에는 한우자조금관리위원회 자료를 인용하였음을 반드시 명기해야함. 이러한 내용을 명기한 경우에만 사전 승인 없이 무상으로 인용할 수 있음