

# 한우 가치 재규명을 위한 사전 연구



# 목 차

<b>I. 서론</b> .....	<b>1</b>
1. 배경 .....	1
1) 축산의 의미 .....	1
2) 축산의 중요성 .....	2
3) 동물성 식품 수요증가 .....	3
4) 안티축산 .....	3
5) 유사 축산물 (Demi-Livestock Product) .....	5
6) 순환생물경제 .....	7
2. 한우산업 발전 방향 .....	9
<b>II. 한우 가치 연구</b> .....	<b>11</b>
1. 건강한 한우 .....	11
1) 선행연구(한우자조금 연구 중심) .....	11
2) 영양/건강 .....	13
2. 미래 한우/복지 한우 .....	16
1) ESG(Environmental, Social, Governance) .....	16
2) 생산기반 .....	24
3. 친환경 한우 .....	27
1) 토양, 수질, 대기 오염 .....	27
2) 약취 .....	30
3) 미세먼지 .....	32
4) 기후변화 .....	35
5) 토양 이용 변화 및 생물다양성 .....	46

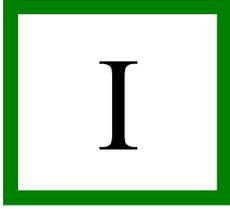
6) 건강 .....	46
7) 동물권 .....	49
4. 위기의 한우 .....	51
1) 대체식품과 배양육 분석 .....	51
<b>III. 후속연구 제안 .....</b>	<b>62</b>
1. 분야별 후속연구 .....	62
1) 배양육 및 수입육 대비 한우의 우수성 연구 .....	62
2) 마블링 논란 관련 연구 .....	65
3) 저탄고지 식단에 있어 한우의 인식평가 연구 .....	66
4) 한우산업 스마트팜 활성화 연구 .....	68
5) 동물복지 논란 관련 연구 .....	70
6) 한우산업의 분뇨, 메탄 저감 연구 .....	73
2. 세부 연구과제별 추진내용 .....	75
 부록 .....	 80
■ 참고문헌 .....	80

# 표 목 차

<표 1> FAO SAFA 지표 .....	17
<표 2> 세계 대체식품 제품유형별 시장규모(2017~2025) .....	52
<표 3> 국내 대체식품(식물단백질 기반 제품) 유형별 시장규모 .....	53
<표 4> 대체식품에 대한 국내외 연구 소개 .....	54
<표 5> 배양육에 대한 국내외 연구 .....	57
<표 6> 식품 혁신의 소비자 인식 관련 선행연구 정리 .....	59
<표 7> 대체(축산) 식품 소비를 현재보다 증대하려는 이유 .....	60
<표 8> 축산부문 스마트팜 비중 현황 .....	70
<표 9> (1990~2019년) 농업 분야 온실가스 배출량 .....	74
<표 10> 연구 필요분야 분석 .....	75

# 그림 목 차

[그림 1] 순환생물경제의 원칙, 추진 요인 및 기회 .....	8
[그림 2] '농장에서 식탁까지' 주요 항목 .....	21
[그림 3] UN의 지속가능한 개발 목표 .....	22
[그림 4] Fat-and-Protein Corrected Milk로 계산한 우유생산량과 온실가스 배출 강도 .....	37
[그림 5] 지구적 토양이용과 바이오매스의 흐름 .....	43
[그림 6] 국내 축산농가 수 및 65세 이상 경영주 분포 현황자료 .....	69
[그림 7] 해외 비육장과 한국의 일반적인 한우 사양방식 비교 .....	72



# 서론

## 1. 배경

### 1) 축산의 의미

축산의 역사를 살펴보면, 1650-1660년 사이에 축산이라는 단어가 처음 등장하였고, '생물'과 '비축'의 합성어로 저장하기 위해 기르는 살아있는 동물을 의미한다(Encyclopedia Britannica, 2019). 축사에서 동물을 길러 가축화하여 노동력을 제공하고 식량(고기, 계란, 우유)과 의료용품, 의류용품 등 각종 산업에 중요한 원료를 제공한다.

가축의 분류는 주로 소, 돼지, 닭, 양, 염소, 말, 당나귀, 노새 그리고 기타 동물로 들소, 낙타, 라마 등이 있다(Rahamtalla et al. 2019). UN(United Nation) 산하기관인 FAO(Food and Agricultural Organization)에서는 '축산'과 '가금' 용어의 사용 적용 범위가 동물들의 나이와 지역 혹은 육종의 목적과 관계없이 넓으며, 포획해서 길러지지 않고, 축사 혹은 토지가 없이 자유롭게 돌아다니는 동물들은 가축에 해당되지 않는다(FAO, 2022). 육종과 사양 그리고 도축 과정을 통틀어 축산업이라고 하며, 인류의 채집과 수렵 생활에서 농사를 짓는 과정으로

전환된 이래 농축산업은 현대화가 진행되고 있다(Lalhmangaihsangi et al. 2018).

## 2) 축산의 중요성

식품 체계에서 축산의 역할을 살펴보면, 농업의 발전과 빈곤 및 기근의 감소를 위해 기여하고 있다. FAO에 의하면 축산은 세계 농업 분야의 40%를 차지하고 13억의 인구의 생계와 식품을 제공해주며 영양 및 식량 안보를 책임진다 (Claudine et al. 2020). 축산은 전 세계 식품 열량의 약 12.9%를 차지하고 있으며 27.9%의 단백질을 충족시키는 데 기여한다.

축산은 농촌지역 고용에 중요한 역할을 하고 있으며, 농촌 개발 및 식량 제공, 그리고 농지 개간 작업 및 곡물 재배, 그리고 의류 산업에 원료를 제공해주는 원천이 된다. 지속가능한 식품체계를 제공하며, 천연 비료를 제공하는 중요한 역할을 하고, 기계화 수준이 낮은 지역에서 역축(役畜)으로 사용되어 생산성을 높이는 데 도움을 준다. 축산은 취약한 계층에서는 귀중한 자산 역할도 한다.

세계적으로 5억 명의 목축업자들이 식량과 소득 그리고 부를 축적하기 위해 일을 하고, 부수적인 사회적 안전망 또한 필요로 한다. 지역에서 축산의 체계는 생물다양성을 보존하는 역할과 토양 및 바이오매스에 탄소를 저장하는 역할을 한다. 산과 사막같은 척박한 환경에서는 축산이 오직 식량과 섬유, 노동력을 제공해주는 유일한 자연의 자원이다(FAO, 2022).

### 3) 동물성 식품 수요 증가

#### ○ 수요주도형의 축산혁명

세계 인구는 1950년 25억 명에서 2020년 78억 명까지 증가해왔고, 인구 증가에 따라 출산을 또한 높아졌다(Klein et al. 2021). 인구 성장과 수입 그리고 도시화는 다른 식품들보다 축산 유래의 동물성 식품의 수요를 증가시키는 데 기여했으며, 그에 따라 가축 사육 두수와 생산량이 증가했다.

동물성 식품은 2000년대 초에 아시아 지역을 중심으로 발전되기 시작했다. 동물성 식품의 계획된 증가는 토양과 물 자원의 발자국 증가와 밀접한 관계가 있다. 또한 동물성 식품의 증가는 사회-경제학적, 정치적, 그리고 천연자원 사용 부분으로 영향이 있다(Bosire Caroline K et al. 2022). 축산업이 올바르게 관리되지 못하면, 형평성, 환경 영향 및 공중보건 부분까지 전반적으로 지속가능성 문제의 위협이 될 수 있다.

### 4) 안티 축산

#### ○ 채식주의

전 세계적으로 다양한 이유를 바탕으로 축산을 반대하는 사람들의 수가 점점 증가하고 있다. 예를 들면, 절대채식주의(vegan, 비건)와 채식주의 식이요법이 선진국에서 점점 유행되고 있다 (Kostrakiewicz-Gieralt. 2022). 대부분 축산을 반대하는 안티 축산 활동가들은 비건들이며, 축산과 동물성 식품 섭취에 반대

하는 비건들은 해결이 어려운 문제에 대해 오해하고 있는데 그 내용은 다음과 같다(Hopwood et al. 2020).

식물성 식단을 통하여 동물을 잔혹하게 죽이는 것을 줄이고, 깨끗하고 윤리적인 영양 공급을 받으며, 인류가 환경에 부담을 주는 잠재성을 줄일 수 있다고 생각하여 비건주의가 지구를 구할 수 있는 방법이라고 생각한다(Sandford, 2017). 현재의 환경에서 앞으로 다가올 지구의 미래에 대해 걱정하는 사람들이 있고, 혹은 동물성 식품이 질병을 유발할 수 있다고 생각하여 동물성 식품을 소비하는 것을 삼가기도 하고, 동물의 권리를 주장하며 동물의 생명을 착취하는 것에 대해 도덕적이지 못하다는 생각으로 반대하는 사람들이 있다.

채식주의자와 비건들의 식단 패턴은 채식주의자가 된 동기부여로 인하여 육류가 포함되지 않은 음식 종류를 이용하여 식단을 구성하고, 채식주의자들의 식이는 살코기(고기, 가금류, 해산물 등)가 전혀 없으며 야채류, 과일류, 곡물류, 두류, 견과류, 씨앗류 등으로 적절한 영양을 섭취하고 있다(Melina et al. 2016). 사람들은 채식주의 식단을 동물을 향한 동정, 환경 보호 열망, 만성 질환의 위험성 감소, 질병 치료 및 관리를 목적으로 선택한다(Hagmann et al. 2019). 하지만, 이 보고서는 채식주의자들의 주장에 이의를 제기하여 축산업의 효과와 동물성 식품 섭취 시 건강에 대한 영향들에 대해서 조사를 진행하고 있다.

## ○ 환경운동

최근, 세계적으로 환경 문제에 대한 인지 수준이 증가하면서 지구가 기후변화로 고통받고 있으며, 지구를 살리기 위한 목표를 공유하고 있으며, 전 세계적으로 환경문제가 증가하면서, 환경문제를 인지하는 사람들이 환경을 생각하는 태도

등에 대한 지표로 설문조사 등의 결과를 조사했다(Caculli et al. 2021). 이들은 기후변화를 늦추기 위한 항의로 시위를 벌이고, 자연 환경의 이득을 위한 사회적 변화를 목표로 시위를 했다. 환경운동가들은 기후 위기와 다른 환경 문제를 다룰 수 있는 사회 정치적인 변화를 주장했다(Mackay et al. 2021).

## ○ 동물권

동물 권리의 이론은 현재 우리 인류와 동물 사이의 관계에 근본적인 문제를 제공한다. 동물권에 대한 이념은 역축이든 식량을 제공해주기 위해 키워지는 동물이든 상관없이 인도주의적으로 접근해야 한다는 것이다. 인간이 동물에게 기본권을 제공해야 하고 동물권은 채식주의와 밀접한 관련이 있고, 동물성 식품들뿐만 아니라, 동물이 포함된 모든 물건, 활동 등을 피하고자 개개인들이 맹세를 했다(Kotzmann et al. 2019). 극단적인 동물권 옹호자들은 동물들이 사람에게 의해서 어떠한 방법으로도 사용되면 안되고, 반려동물을 키우는 행위 또한 부적절하다고 여겼다(Carr et al. 2018).

## 5) 유사 축산물(Demi-Livestock Product)

유사 축산물이란, 전통적인 축산물을 원료로 생산하지 않고, 축산물과 비슷한 성질을 보이는 식품을 생산하고 소비하려는 사람을 위해 식물성 원료를 이용한 식물원료 축산물 유사식품과 함께 동물성 세포를 이용하여 배양한 축산물 유사식품을 개발하는 것을 말한다.

유사 축산물에 대한 소비자들의 인식을 보면, 소비자들은 대체식품의 필요성에는 동의하지만 안전성에는 의문을 갖고 있다.

한국소비자연맹이 2021년 9월 28일부터 10월 6일까지 수도권 거주 10~60 남녀 500명을 대상으로 축산물 대체식품에 대한 인식을 조사한 결과, 축산물 대체식품은 '대체육' 등의 명칭으로 유통·판매되고 있으나, 소비자 대부분(88.6%)은 용어 정도만 인지하는 수준이었으며, 축산물 대체식품에 적합한 명칭으로 단백질 유래별로 식물성 대체육, 미생물 대체육, 식용곤충, 배양육 등을 가장 많이(22.4%) 꼽았다. 이어 대체단백식품(19.6%), 육류대체단백질식품(19.2%), 육류대체식품(18.6%)을 축산물 대체식품에 적합한 명칭으로 생각했다.

명칭에 '육'이나 '고기'를 사용하지 않아야 함은 응답이 62.8%로, 소비자가 이해하기 쉽고 고기로 오인하지 않을 명칭이 필요한 것으로 나타났다. 축산물 대체식품 개발은 10명 중 9명(92.6%)이 필요하다고 인식했으며, 개발이 필요한 이유로는 온실가스 배출량 감소(21.8%)와 동물복지(17.6%)를 꼽았다. 축산물 대체식품 개발에 따른 우려점으로는 안전성(44.6%)을 가장 많이 꼽았으며, 기존 육류보다 떨어지는 식미감(33.6%), 가격 상승(14.0%) 순서로 나타났다. 향후 신기술을 이용한 식품의 섭취 의향은 완전영양식품(65.8%)과 식물성 대체단백질 식품(63.6%)이 높고, 곤충 단백질식품(26.0%)은 가장 낮았다.

소비자연맹은 "향후 축산물 대체식품은 소비자의 올바른 선택을 위한 적합한 명칭 지정이 필요하고, 생산공정이나 생산품에 대한 안전성 검증체계를 구축해야 한다"고 주장했다. "곤충을 이용한 단백질 식품 등 식재료의 다양화에 대비해 알레르기 여부나 어떤 원료에서 어떻게 만들어진 식품인지 소비자가 명확히 알 수 있는 표시방법도 마련해야 하고, 미래 식품환경 변화에 대한 새로운 기술 적용의 필요성은 대부분의 소비자가 인지하고 있으므로 정부, 업계, 학계, 소비자 간의 지속적인 소통이 요구된다"고 했다(식품저널, 2021년 11월 10일).

## 6) 순환생물경제

### ○ 순환생물경제의 관점(European Commission, 2013)

순환생물경제의 관점은 천연자원에 대한 의존을 감소하고, 생산방법을 변화하고, 토지·수산·양식에서의 신재생자원을 지속가능한 생산으로 증진하고, 이러한 것들을 다양한 생물 기반 생산물(biobased products)과 바이오에너지로 변환하는 것을 증진하며 새로운 직업과 산업을 키우는 것이다.

### ○ 환경문제의 공통된 해결책 (KBCSD, 2020)

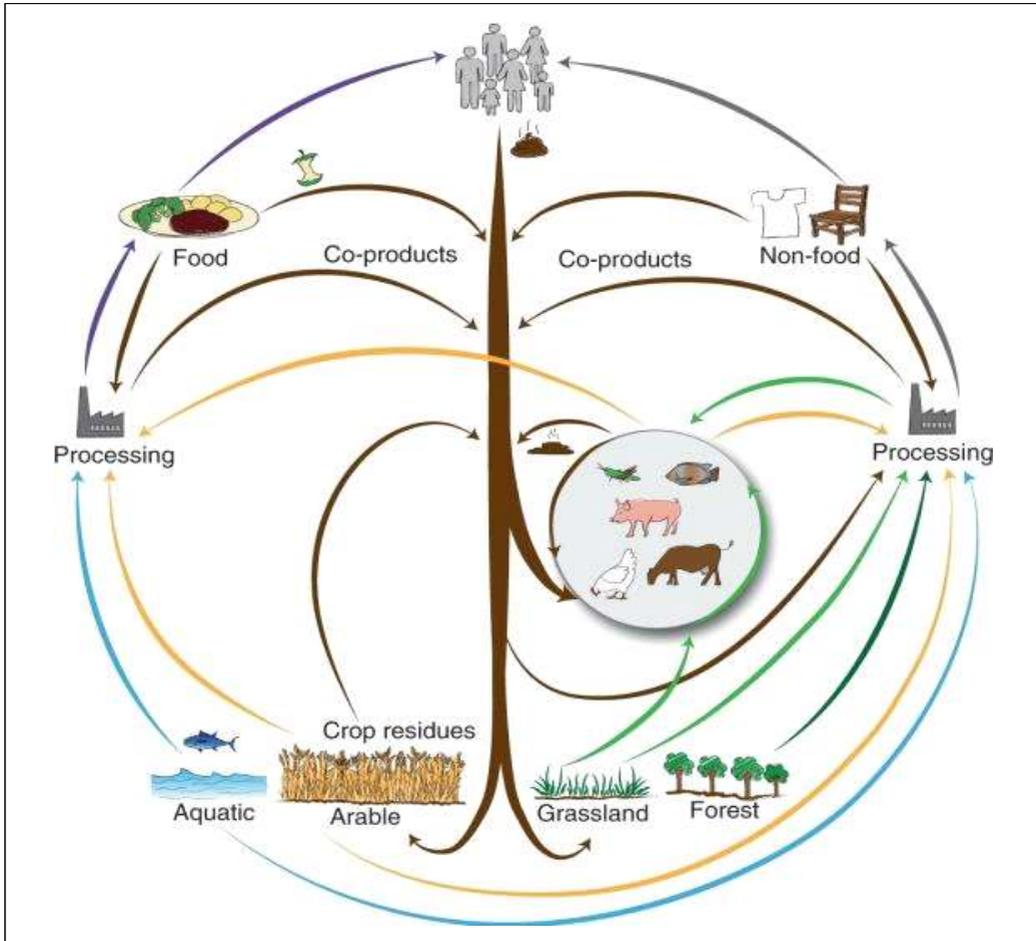
**(기후 변화)** 토지 사용과 관련된 문제를 개선하기 위해 자연기후 솔루션을 활용하면 지구 평균 기온상승을 2°C 미만으로 유지하는데 필요한 조치의 최소 30%에 대한 지원이 가능하다.

**(자원 부족)** 1970년 이후 전 세계적으로 자원 사용은 3배 이상 증가했으나, 전 세계 원료 생산성은 크게 개선되지 않았다.

**(음식물 손실 및 낭비)** 인간의 소비를 위해 생산하는 식량의 1/3은 소비자 식탁에 도달하지 못했다.

**(생물다양성 손실)** 서식지 보존을 위한 과감한 조치가 없으며 종 멸종률은 지난 천만 년의 평균보다 수십~수백 배 가속화될 것이다.

**(토지이용 변화)** 토지 황폐화는 32억 인구에게 악영향을 미치며, 연간 세계 총 생산의 10%에 해당하는 경제적 손실을 야기할 것이다.



[그림 1] 순환생물경제의 원칙, 추진 요인 및 기회

\* 출처 : Muscat, A., de Olde, E.M., Ripoll-Bosch, R. et al. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. Nat Food 2, 561–566 (2021).

<https://doi.org/10.1038/s43016-021-00340-7>. five ecological principles to guide biomass use towards a circular bioeconomy safeguarding and regenerating the health of our (agro)ecosystems avoiding non-essential products and the waste of essential ones prioritizing biomass streams for basic human needs utilizing and recycling by-products of (agro)ecosystems using renewable energy while minimizing overall energy use

## 2. 한우산업 발전방향

### : 식품을 바라보는 소비자 인식 변화가 한우산업에 주는 속제

#### 1) 소비자 인식에 따른 대응

소비자들은 다양한 관점에서 식품을 바라보고 있으며 그에 따라 식품 소비성향이 변화하고 있다. 한국농촌경제연구원은 심리학자 매슬로우(Maslow)의 5단계 계층구조를 식품 소비단계에 적용했다(농업전망 2017-제5장 식품소비구조 변화와 트렌드 전망).

이에 따르면 1단계에서 소비자는 식품소비를 통해 생리적 필요(배고픔)를 먼저 충족한다. 2단계로 접어들면 소비자는 식품의 품질·안전성 등에 관심을 두기 시작한다. 3단계에선 가족의 화합을, 4단계에선 지위와 명성을, 마지막 5단계에선 감정이나 가치관을 표현하는 용도로 식품을 소비한다. 즉, 3단계 이후의 식품소비 행위엔 영양 공급이라는 본질적 필요보다는 사회에서의 필요가 더 많이 반영된다.

‘한국 음식문화의 의미와 표상’이란 논문(정혜경, 아시아리뷰, 2015, 97-121)에서 “사람들은 음식소비를 통해 당질이나 지방 혹은 단백질과 같은 영양소를 섭취하는 동시에 상징과 의미를 먹는다”고 했다. 논문에서는 음식의 의미를 ‘권력 코드로서의 음식’, ‘약으로서의 음식’, ‘정(情)의 메타포(metaphor)로서의 음식’, ‘기원과 소망의 음식’으로 구분했다. 현재 우리나라의 식품소비는 생리적 욕구충족의 단계를 벗어나 식품의 품질과 안전성에 중심을 두는 2단계 구조가

확립됐다. 따라서 3·4단계인 식품의 고급화, 사회적 가치 등 다각적 특성에 따라 소비하는 행태를 보이며, 일각에선 동물복지 같은 개인의 생각에 따라 식품을 선택하는 5단계 소비도 나타나고 있다.

축산물은 단순히 에너지 공급원이 아니며 식물성 식품에서 부족하기 쉬운 영양소를 보충해주고 아미노산 균형을 맞춰주는 등 종합영양제 같은 식품이다. 나아가 우리 민족과 함께하며 시대별 사회 모습을 보여주고 있으며, 위 논문에서 제시한 음식의 의미에 부합한다. 식품을 바라보는 소비자의 인식이 Maslow의 5단계 계층으로 변화하고 있으므로 안티축산에 대한 적극적 대응이 필요하며, 이 보고서는 현재까지의 한우 연구가 지나온 길을 되짚어보고 향후 발전 방향을 알아보기 위해 작성됐다.

# II

## 한우 가치 연구

### 1. 건강한 한우

#### 1) 선행연구 (한우자조금 연구 중심)

##### ○ 성분관련 진행 연구

올레인산 증가시 포화지방산(A) 대비 단가불포화지방산(B) (B/A)이 높다  
(한우자조금관리위원회, 2012)

수입고기의 경우 포화지방산인 스테아르산이 한우고기에 비해 현저하게 높았다. 한우의 경우 근내지방도가 증가할수록 등심 내 올레인산 함량이 증가하였으며, 단가불포화지방산/포화지방산은 한우고기가 평균 1.22로 미국산(1.10)과 호주산(0.86)에 비해 현저하게 높았다.

한우육 인공소화 분해물을 이용하면 수입소고기보다 황산화 활성도가 높아 대장염 완화에 도움을 준다(한우자조금관리위원회, 2017)

한우육의 생리활성기능 물질과 항산화 활성이 수입산 쇠고기에 비해 높은 것으로 조사됐다. 실험동물에 한우육을 급여하였을 때 대장염을 악화시키지 않았으며 항산화 활성을 증가시켜 대장염을 완화하는 경향을 보였다. 장내 유익 미생물을 증가시키며 유해균을 감소시켜 대장염 완화 효과를 보였다.

**한우는 수입소고기 대비 혈중 LDL-C, HDL-C, 총콜레스테롤 등 혈관 건강에 이롭다 (한우자조금관리위원회, 2017)**

쇠고기의 지방산 조성을 통해 동맥경화 지수(AI)를 감안했을 때 한우고기의 지방산 조성은 호주산 및 미국산 쇠고기에 비해 혈관건강에 우수했다. 수입소고기의 섭취는 LDL-C 수치를 증가시키는 경향을 보인 반면, 곡물비육 한우고기의 섭취는 혈중 LDL-C의 수치를 증가시키지 않았다. 한우고기의 섭취가 혈중 LDL-C, HDL-C 및 총콜레스테롤 수준과 관련하여 혈관 건강에 이롭다는 과학적 근거를 제시했다.

**한우 등심 섭취 시 항염증성 사이토카인 증가(항염증 효과 증명), 실험동물에 급여 시 분변 배출 콜레스테롤 양 증가와 혈청 내 총콜레스테롤 양 감소 (한우자조금관리위원회, 2018)**

한우육의 인공소화물 (인체 소화물 in-vitro)이 LPS 처리한 대식세포의 생존율을 유의적으로 증가시켰다. 한우육 인공소화물은 LPS에 의해 유발된 염증인자 (TNF-a, IL-6, PGE2, NO)의 발현을 감소시키는 것으로 나타났다. 실험동물에 한우육 급여에 따라 분변으로 배출되는 콜레스테롤의 양은 증가시킨 반면, 혈청 내 총콜레스테롤 함량은 감소시켰다. 한우육 등심은 LPS와 ConA로 자극시킨 T cell의 염증성 사이토카인은 감소시켰으며, 항염증성 사이토카인은 증가시키는 결과를 통해 항염증 효과를 나타냈다.

**동물실험 : 한우육 유래 저분자 물질이 단백질 합성에 연관 있는 mTOR 전사체 발현에 효과 있음. 또한 근육량을 증가시킴 (한우자조금위원회, 2021)**

도축 후 저장기간이 증가함에 따라 펩타이드는 대체적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 근육 단백질 합성 연관 mTOR signaling 전사체 및 미토콘드리아 생합성 연관 전사체의 발현에 있어 한우고기 유래 저분자 물질이 유의적으로 증가시킨 것을 관찰했다.

## ○ 생산 관련 진행 연구

**단가불포화지방산 증대 생산 기술 : 미강, 사출대두, 비타민C (한우자조금위원회, 2016)**

사출대두를 급여한 구에서 기능성 아미노산의 함량이 유의하게 높아 한우고기 등심의 연도, 다즙성, 감칠맛 및 종합기호도의 높은 평가를 받았다. 비타민 C를 급여하였을 때 단가불포화지방산 조성도와 용점에 영향을 미쳐 '맛과 건강기능성'에 효과가 있는 것으로 나타났다. 미강을 급여하였을 때 거세한우의 육질등급 출현율이 높게 나타났다.

## 2) 영양/건강

### ○ 한우육의 저탄고지 식단활용

우리나라 비만 유병률이 증가하며 다이어트에 대한 관심은 끊이지 않고 있으며

최근, 저탄수화물 고지방 식단을 도입하여 다이어트를 하는 내용이 언론이나 매체에 의해 보도되며 열풍이 되기 시작했다. 그만큼 저탄고지 식단에 대하여 소비자의 관심은 높으나 한우육을 활용하는 데 있어서 관련된 정확한 정보는 미흡한 편이다. 한우 섭취에 따라 나타나는 변화를 파악하기 위한 임상실험은 한우자조금위원회에서 2건 정도 진행한 이력이 있으나, 저탄고지 식단에 있어 한우육이 건강에 미치는 영향을 임상평가한 연구는 진행되지 않은 상황이다.

한우육을 저탄고지 식단에 활용함에 있어 생소한 국내 소비자들을 대상으로 기초적인 소비자 인식조사 역시 이루어져야 할 필요가 있다. 이에 저탄고지 식단에 있어 한우육이 건강에 미치는 영향에 대해 인체 대상 임상평가를 진행하여 과학적이고 객관화된 결과를 토대로 저탄고지 식단에 있어 한우육을 활용할 수 있음을 홍보하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

## ○ 마블링 논란 해결

우리나라 한우는 수입육의 국내 유입에 대비하여 고급육 정책 위주로 펼쳐 근내지방이 높은 쇠고기를 생산하는 것이 주요 목표였다. 근내지방이 높은 소고기가 고급육으로 추앙받던 과거와 달리 현대 소비자들은 높은 근내지방 함량을 가진 소고기를 섭취하였을 때 발생하는 과도한 지방 섭취의 우려가 높아지고 있다. 한우육 내 지방이 건강에 미치는 영향에 대한 추가적이고 강화된 임상연구는 진행되어야 할 필요가 있다.

한우자조금관리위원회에서 먼저 전문화된 소비자 동향조사를 실시하여 국내 소비자들이 선호하는 적정 마블링 수준에 대한 선호도 파악을 선행적으로 진행해야 한다. 소비자 선행연구를 바탕으로 최적의 마블링을 생산할 수 있는 한우사양시스템 개발을 이루어야 한다. 고품질 한우고기에 필요한 근내지방 분포도가 높은 미세마블 한우육 등급제의 문제점과 개선방안에 대한 추가

조사연구를 수행하여 소비자의 마블링 우려에 대비해야 한다.

## ○ 대체식품 대비 연구

최근, 소비자들의 동물복지와 친환경 이슈에 부합하기 위한 동물성 식품 대체제가 각광받고 있다. 축산업의 위험요소로 작용할 수 있는 배양육과 대체식품에 대비하여 한우산업의 경쟁력을 강화시킬 수 있는 기초 대비연구는 수행되고 있지 않은 상황이다. 이러한 점에서 대체식품에 대비하여 한우산업의 배양육 대응 정책에 관한 기초적인 연구를 수행할 필요가 있다. 한우자조금위원회에서 나서서 한우의 배양육 대응 기초연구의 초석을 마련하여 한우산업의 경쟁력 확보를 유도해야 한다.

## 2. 미래 한우 / 복지 한우

### 1) ESG(Environmental, Social, Governance)

#### ○ 용어 및 특징

ESG는 환경(Environment), 사회(Society), 지배구조(Governance)의 앞 글자를 딴 합성어로 장기적인 관점에서 기업의 책임경영과 친환경 등을 통한 지속가능한 발전을 추구하고 평가하는 주요 지표로 활용된다. 2004년 유럽연합(UIN) 산하기구인 유엔글로벌콤팩트(UNGC)에서 발표한 「Who Cares Win」 보고서에 처음 등장했다. 해당 보고서는 기업이 환경, 사회, 지배구조를 개선하여 자본시장에 기여할 수 있으며, 지속가능하고 사회에 가치 있는 시장을 이끌어낼 수 있을 것이라고 소개했다.

2006년 UN은 ESG에 대한 6가지 책임투자원칙을 발표해 그 실행 개념을 더 구체화시켰다((UNEP Finance Initiative·United Nations Global Compact, 2013).

6가지 책임투자원칙은 아래와 같다.

- ESG 사안을 투자 분석 및 의사결정 절차에 통합할 것
- 적극적 주주로서 활동하고 있는 ESG 사안을 투자 보유 정책과 관행에 통합할 것
- 투자 대상 기업에 ESG 사안에 대한 공시를 요구하는 길을 모색할 것
- 투자산업 내에서 책임투자원칙의 수용과 실천을 촉구할 것
- 책임투자원칙 실천의 효율성을 개선하기 위해 협력할 것
- 책임투자원칙 실천에 관한 활동과 진척 상황을 각기 보고할 것

ESG는 기업의 비재무적인 요소로 기업의 사회적 책임투자를 강조하는 평가 기준으로, 재무적 이익만을 추구하지 않는 것을 의미한다. ESG 경영의 최종 목표는 궁극적으로 지속적인 성장을 추구하고, 사회에 좋은 영향을 끼치는데 있다. 유럽연합을 비롯해 미국, 일본 및 국제기구들은 ESG 인프라 구축을 위한 다양한 입법 활동을 전개하며 관련 국내외 기준을 강화했다.

## ○ 농축산업 적용

농축산업 분야의 국제 ESG 주요 평가지표로는 FAO의 SAFA, WBA의 Food and Agriculture Benchmark, SAI Platform의 FSA 등이 존재한다.

[표 1] FAO SAFA 지표

대분류	중분류	소분류
지배 구조	기업 윤리	기업 실사
	책임	감사
	참여	고충처리제도, 이해관계자 참여
	합법성	자원의 소유권
	관리	비시장 상품의 금전적 가치 공시
환경	대기	온실가스, 대기질
	물	취수량, 수질
	땅	토양의 품질, 토지 황폐화
	생물의 다양성	생태계/종/유전적 다양성
	재료 및 에너지	에너지 사용량, 폐기물
	동물 복지	동물 사육과 건강
경제성	투자	투자 수준, 수익성

	취약점	생산/공급/시장의 안정성, 리스크 관리
	제품 품질 및 정보	식품 안전과 품질, 푸드체인
	지역 경제	지역 인재 및 자원 활용
사회	근로복지	생활 임금, 역량 개발
	공정한 거래 관행	공정한 거래, 결사의 자유
	노동권	강제/아동 노동, 결사의 자유
	형평성	양성평등, 취약계층 지원
	보건안전	작업장 안전
	다양성	토착민의 권리

\* 출처: 대신경제연구소, 2022

농축산업은 자연환경 및 기후변화에 영향을 많이 받는 특성상 농업 분야에서의 ESG는 3가지 요소 중 환경, 사회에 특히 주목하는 특징이 있다. 농축산업 분야에서 '지속가능성'은 꾸준히 논의되어 왔으나 최근 몇 년 사이 탄소중립 이슈가 중요하게 다루어지며 구체적인 평가기준을 필요로 하는 ESG가 중요하다.

## ○ ESG 경영

### - EU

- ESG 정책 확산에 필요한 기준을 마련하는 데 가장 주도적인 역할을 맡고 있음
- 2015년 지속가능발전목표(SDGs: Sustainable Development Goals) 채택. 경제, 사회, 환경 문제를 통합적으로 해결하기 위한 인류 공동 목표 제시

- 그 외 주요 입법 활동 5가지 ①녹색 분류체계(Taxonomy Regulation), ②지속가능금융 공시(SFRD: Sustainable Finance Disclosure Regulation), ③기업지속가능 공시(CSRD: Corporate Sustainability Reporting Directive), ④기업의 공급망 인권 및 환경 실사(due diligence for supply chains) 의무 부여, ⑤EU 탄소감축 입법안('Fit for 55') (탄소국경조정제도 (CBAM: Carbon Border Adjustment Mechanism) 포함)

#### - 미국

- 바이든 정부 이후 2021년 1월, '국내외 기후위기 대응을 위한 행정명령' 발표, 2021년 5월, '기후관련 금융위험'의 행정명령 발표 등 적극적인 기후변화 대응 행정명령 실행
- 2021년 6월, 「ESG 공시 및 단순화법(The ESG Disclosure and Simplification Act)」이 통과됨으로써 상장 기업들이 의무적으로 공시해야 하는 ESG의 범위 확대
- 연방준비제도(Fed)의 '금융안정기후위원회(FSCC)' 출범, 기후변화와 관련된 경제적 위험을 분석, 대응책 마련하는 업무 진행
- 초반에 '환경'에 집중된 관심이 최근 사회 및 지배구조까지 강조하는 방향으로 기준 확대 (예: '위그르 강제노동방지법(Uyghur Forced Labor Prevention Act, UFLPA)')

#### - 한국

- 2007년 8월, "지속가능발전기본법" 제정 : 국가 지속가능발전목표 (K-SDGs) : 2030년까지 달성해야 할 국제사회의 보편적 가치와 목표를 담은 지표 구성(총 119개 세부목표 및 236개 지표). 과거 환경분야 중심의 구성에서 사회, 경제 부문의 지표를 보완하여 지속가능발전 목표 체제를 구성

- 녹색분류체계(K-Taxonomy): 2021년 12월 환경부가 발표한 한국형 가이드라인으로 특정 기술이 친환경 기술에 포함되는지를 알려주는 지표, 크게 '녹색부문'과 '전환부문'으로 분류
- 2021년 금융위원회 ESG 정보 공시제도 계획 발표: 2025년까지 ESG 자율공시를 활성화, 2025년 이후 일정 규모 이상의 상장회사는 ESG 공시를 단계적으로 의무화하는 계획 발표

## ○ 농축산업과 ESG

### - EU

- 정책(Common Agricultural Policy): 1962년 등장한 이후 수 차례의 개정을 거쳐 2018년 6월 2021-2027년 기간 동안 시행될 내용이 발표. 주요 내용으로 ①농가에 대한 소득지지 수단과 ②지속가능한 농업 및 기후변화 대응을 담고 있음
- 농장에서 식탁까지(Farm to Fork): 지속 가능한 식품 생산 및 유기농업 활성화 추진을 위한 제도 및 지표 제안



[그림 2] '농장에서 식탁까지' 주요 항목

\* 출처 : FAO 공식 사이트

**- 미국**

- 2018년 '농업법(Agricultural Improvement Act of 2018)' 발효, 이를 중심으로 농가 소득지원, 환경보존, 지역발전 등이 포함된 농업정책 진행(2023년까지 유효)
- 주요 법안으로 스투어드십 프로그램(Conservation Stewardship Program, CSP), 환경을 고려한 인센티브 프로그램(Environmental Quality Incentives Program, EQIP) 등을 포함, 관련 환경보존 기술을 채택하여

운영할 경우 직간접적인 도입 비용을 보전 받는 내용을 포함하고 있음

- 독일

- '유기농업 미래전략'을 통해 2030년까지 유기농업 20% 달성을 목표로, 유기농업 관련법을 규정하고, 기술 및 시스템 교육 지원

- 한국

- 한국 농축산업 분야 역시 정부의 탄소중립 추진 과제가 추진됨에 따라 관련 지원들이 제정되고 있음
- 농축산업 분야의 ESG 경영은 주로 '환경'에 초점
- 국내 주요 제도
- 국가 지속가능발전목표(K-SDGs) 내 '기아종식', '지속가능한 생산과 소비' 등의 항목이 농축산업 분야와 연관됨



[그림 3] UN의 지속가능한 개발 목표

- 정책과제
  - 농축산물 수급안정 및 판로확충 등 농업소득 증대
  - 농촌융복합사업 등을 통한 농외소득 증대
  - 재해대응력 강화, 공익직불제 본격 추진 등 소득안전망 구축
  - 친환경 농업 확산
  - 농업유전자원의 다양성 유지
  - 신제품 개발

## ○ 한국 ESG 경영 축산업 분야 관련

국내 농업 ESG 경영은 이제 초기 단계로 각 분야마다 제도적·행정적으로 보완이 시급하다. 현재 친환경농업 모델에 대한 전반적인 지원은 농업진흥청, 농림축산식품부 친환경농업과를 중심으로 진행되고 있으며, 축산 분야의 경우 축산환경자원과(환경부)가 역할을 담당하고 있다.

축산물의 경우 “어려운 인증 기준 및 높은 생산비”로 유기축산 인증 농가가 100호 내외로 정체돼 있고 출하 품목이 우유에 편중(97.9%)된 것도 문제이다 (농림축산식품부, 2021).

\*어려운 인증 기준: 유기사료 공급, 목초지·사료작물 재배지 확보, 낮은 사육밀도, 농약·항생제 사용금지 등

농림축산식품부는 농가가 친환경으로 전환할 수 있는 환경이 조성되어야 하나 오히려 가축분뇨 퇴액비 밀 유기농업자재 등에 대한 표기 기준이 마련돼 있지 않아 과다 사용될 우려가 있음을 주의시켰다. 정부의 주요 정책은 가축분뇨 자원화를 통한 자원순환형 농업 모델 구축을 위한 적극적 노력을 하고 있다.

## ○ ESG 대응을 위한 미래 제안

- 한우가치 재규명을 위한 ESG 경영 개선 방안 제안(보완)
- ESG 경영 추진을 위한 농가 현황 조사 필요
- 축산업 중심, 축종별 ESG 경영 기준 마련 시급

## 2) 생산기반

### ○ 사육

#### - 기업진출 인식 등

기업 등 비농업인의 한우산업 진입 현황과 농가의 비농업인 한우산업 진입에 대한 인식조사, 비농업인의 한우산업 진출에 있어 건전한 사육생태계 조성을 위한 방안도 제시하고 있다. 또한 기업자본의 한우산업 진입에 따른 문제점과 미칠 영향에 대한 분석을 통해 기업자본이 한우 사육업에 진출했을 때를 대비한 대응방안을 제시하고 있다.

#### - 미경산우 브랜드화

번식농가의 암소감축 유도를 위해 미경산암소의 브랜드 전략을 통하여 번식경영농가의 경영안정 및 지속가능한 번식경영 시스템을 유지하고자 한다. 정부차원의 제도 도입을 통해 미경산 암소의 비육전략 필요성을 언급하고 있다.

#### - 사육조직 활성화/유통구조 개선

사료 및 농자재의 공동구매를 통한 규모의 경제 달성으로 구매협상력을 높이고 제반 소요비용을 낮춤으로써 생산비 절감의 효과를 제안했다. 복잡하고 여러 단계를 거치는 한우유통구조로 인하여 유통비용 과다로 유통체계 개선을 요구했다. 축산업에서 국내 인력 부족에 따른 외국인 근로자의 도입은 지속적으로 증가하고 있으며 실업문제를 해결하기 위한 축산분야의 근무환경개선, 정부지원 등을 통한 정책지원 필요성을 제시했다. 경영개선을 위해 협동조합을 설립하여 사료공동구입, 백신 공동접종, 한우혈통등록 및 관리를 통한 경영비 절감을 주장했다.

#### **- 조사료 생산이 동계 환경에 미치는 영향**

조사료 수급 비율에서 벼짚이 상당수 차지하여 양질의 사료작물 재배 비율을 높여야 한다. 국내 기온을 고려하였을 때 양질의 사료작물인 이탈리아라이그라스, 청보리, 호밀, 트리티케일, 귀리 작물의 사육은 가능한 것으로 조사되었다. 휴경지 활용을 통해 미세먼지 저감대책에 기여하고 양질의 조사료 자급률 향상을 기대하고 있다.

#### **- 송아지생산 안정제 / 번식기반 안정화 / 번식단지**

한우번식경영은 비육경영에 비하여 기반이 무너지게 되면 재구축에 많은 시간과 노력이 필요하므로 본 연구에서 번식기반 안정화 방안 수립을 진행해야 한다. 쇠고기 수입 자유화에 따른 한우 사육기반 붕괴 우려로 번식농가 소득의 최소한의 안정장치로 송아지안정제 도입을 주장하고 있다.

### **○ 경영**

#### **- 공익직불제**

공익직불제 도입을 통해 소규모 농가의 안정적 경영지원, 농촌지역 활성화, 경축순환 농업기반, 친환경·HACCP 등을 한우 산업에 적용시키고자 한다.

**- 정책지원, 협동조합을 통한 경영개선**

**- 수급조절 매뉴얼**

장기적 한우정책의 핵심으로 가임암소수 관리를 꼽았으며 한우 농가들이 자발적으로 가임암소수 조정을 통하여 안정적 기조 유지가 필요하다. 송아지생 산안정제 개선과 사육규모 조정을 동시에 이루어 생산안정제 정상화가 필요하다.

### 3. 친환경 한우

#### 1) 토양, 수질, 대기오염

관계부처합동(2020)에 따르면 2018년 기준 축산업에 의한 오염 배출부하량의 경우, 총인(Total Phosphorus)과 BOD는 우리나라 전체 오염 배출부하량 내 비중이 각각 36.9%(점오염원 내 5.1%, 비점오염원 내 49.2%)와 37.5%(점오염원 내 1.3%, 비점오염원 내 54.7%)였다. 우리나라는 가축분뇨나 퇴·액비 등 비료 양분의 투입처리를 지역별 농경지의 환경용량 범위 내로 관리하기 위한 양분관리제를 2021년부터 실시했다.

국민권익위원회(2018)에 따르면 우리나라 축산농가의 기업화 및 대규모화, 그리고 인근 지역의 도시화로 인해 축산 악취 민원이 2013년 2,604건(전체 13,103건의 19.9%)에서 2016년 6,398건(전체 24,748건의 25.9%)으로 건수 및 비율이 모두 증가하였으며 전체 악취 민원 중 가장 큰 비중을 차지했다. 축종별로 돼지, 한우, 기타, 개, 닭 순으로 민원이 발생하였다. 따라서 가축 분뇨를 적절한 처리를 거쳐 퇴·액비 및 에너지로 사용할 경우 토양, 수계, 대기 중에 영향을 미칠 수 있는 총량이 줄어들게 되어 이러한 토양·수질·대기 오염을 줄일 수 있다.

#### ○ 수질오염

가축의 사료를 위해 생산되는 농업용수 사용량은 총 농업용수 중 41%에 해당하며, 반추동물의 고기 생산이 가장 큰 물 소비량을 차지한다(Humpenöder, Florian et al. 2022). 축산 생산성을 위하여 강화된 관행적 농법들로 인한

질소(N), 인(P), 그리고 유해균들(e.g. Cryptosporidium)과 같은 것들로 인하여 수질오염이 발생한다.

가축은 작물 생산에 분뇨를 비료로 제공하고, 분뇨에는 영양성분들(N, P)들이 포함되어 있고 유해균들 역시 포함되어 있으며, 중국에서 영양분과 미생물들이 작물 재배지에서 흘러나와 강물 안으로 유입된 사례가 있다(Strokal, Maryna et al. 2019; Vermeulen Lucie C et al. 2019).

축산물은 세계의 식품 수요를 충족시키기 위해서 증가하고 있지만, 강물의 다양한 오염원일 수도 있다(Herrero Mario et al. 2016). 현재 세계의 약 20억 명의 사람이 오염된 물을 사용하고 있으며, 많은 국가에서 크립토스포리듬(Cryptosporidium)과 같은 유해균과 영양분들이 강물에 포함이 되어 있다(Strokal, Maryna et al. 2019; Vermeulen Lucie C et al. 2019; WHO, 2019). 크립토스포리듬(Cryptosporidium)은 프로토조아 기생충으로 감염된 사람과 동물의 분에서 발견할 수 있다(Vermeulen Lucie C et al. 2017). 과다한 영양분으로 강, 호수, 저수지, 해안가에서 부영양화 문제가 일어날 수 있다(Li et al. 2022). 환경 운동가들은 각자의 물발자국을 55%까지 감소시키기 위해서 완전 채식주의 식단을 선택했다고 주장했다(Vanham Davy et al. 2018).

## ○ 토양오염

대량의 가축분뇨가 발생하고 있으며, 대부분은 개간지 혹은 시골 지역의 농산물을 위한 유기 비료로 사용되고 있다(Zhou Xian et al. 2020). 제대로 처리되지 않은 계분 혹은 축분을 땅에 사용하는 경우 수의학적인 항생제들이 토양 내에 존재할 수 있으며, 땅 내부층 깊숙이 스며들거나, 물에 스며들 수 있다(Zhang Xiaorong et al. 2022). 대략 15,600톤의 수의학적 항생제들이 2016년 미국에서 사용되었으며, 중국에서는 돼지와 닭 사료에 약 84,000톤의 항생제가

사용됐다(Kovalakova Palva et al. 2022; Zhang, Qian-Qian et al. 2015).

돼지 분뇨에서 14종류의 항생제가 0-15.2mg/kg의 농도로 검출되었다(Zhu et al. 2013). 항생제는 완전히 대사 및 소화가 안되기 때문에, 90%가 분뇨를 통해서 배출되고 이러한 것이 토양과 수질 환경을 위협할 수 있다(Leng Yifei et al. 2016). 구리(Cu)와 아연(Zn)은 동물의 성장과 사망률을 낮추기 위한 첨가제로 사용되고 있다(Wei, Xiaocheng et al. 2018). 토양에 오래 저장된 가축분뇨를 사용하면 중금속이 누적되어 있을 수 있으며 토양 품질 저하를 초래할 수 있다(Qian Xiaoyong et al. 2018).

## ○ 대기오염

주 대기 오염원은 암모니아( $\text{NH}_3$ ), 이산화황( $\text{SO}_2$ ), 질소산화물( $\text{NO}_x$ ), 비메탄계 휘발성 유기화합물 (NMVOC) 그리고 미세먼지(PM 10, 2.5)가 해당된다. 하지만, 악취 발생은 공기 품질에 영향을 주는 주요 공기 오염원에 해당한다. 최근 농업의 집적화가 되면서, 주거지역과 농경지역의 상호 침범이 이어지고 악취는 주 대기 오염물질로 민원도 지속해서 늘어나고 있다(Rzeźnik, Wojciech, et al. 2022).

축사는 점 혹은 선 형태의 배출원이며 환경 오염에 기여하는 바가 크다. 악취 배출 수준이 매우 높은 경우 주거지역과 거리 유지를 해야 하며, 축산 시설물들은 주로 암모니아의 공급원 역할을 하여 낮은 농도에도 사람과 환경에 해로울 수 있다(Lee Sang-Hun et al. 2022).

## 2) 악취

가축분뇨는 미생물 활동으로 분해되며 다양한 물질을 만들어낸다. 분뇨의 구성물질 중 요소(urea)는 암모니아(NH<sub>3</sub>), glucuronides는 glucuronic acid, hippuric acid는 benzoic acid, sulphate는 hydrogen sulfide로 분해된다. 분의 구성물질 중 단백질(protein)은 volatile fatty acids, phenols, indole, skatole, NH<sub>3</sub>, amines, mercaptans로 분해되고 탄수화물(carbohydrates)은 volatile fatty acids, alcohols, aldehydes로 분해된다(Spoelsta 1979).

미생물에 의한 발효 과정에서 과도한 단백질과 발효 가능한 특정 탄수화물이 부족할 때 주요 악취 발생 화학물이 생겨나기 때문에 합성 아미노산을 사용하고 nonstarch polysaccharides와 특정 oligosaccharides를 사용할 때 악취를 줄일 수 있다(Sutton et al. 1999). 악취 관리를 위해서는 단백질과 탄수화물의 조정이 필요하다.

축산 악취와 관련된 주요 악취물질 그룹은 지방산(fatty acids), 아민류(amines), NH<sub>3</sub>, 방향성 물질(aromatics), 그리고 유·무기 황(organic and inorganic sulfur)이 있다(Wilber et al. 1990). O'Neil과 Philips (1992)는 169개의 악취물질을 제시했다. 그 중 30개는 1 $\mu$ g/m<sup>3</sup>보다 낮은 odor detection threshold를 보였고, 가장 낮은 odor detection threshold를 가진 10개의 물질 중 6개가 황을 포함한 물질이었다.

돼지 분뇨에서 발생하는 hydrogen sulfide, NH<sub>3</sub>, acetic acid, butyric, isobutyric acid, isovalenic acid, propionic acid, valeric acid, phenol, cresol, indole, skatole을 분석하였을 때 악취 농도와 가장 높은 상관관계를 가진 것은 hydrogen sulfide, p-cresol, butyric acid였다(Fakhoury et al. 2000). 우리나라의

경우 돈사와 계사 내부 악취 물질별 실내 농도 수치는 NH<sub>3</sub>가 ppm 수준으로 가장 높았으며 다음으로 hydrogen sulfide, methyl ethyl ketone, propionic acid, butyric acid가 백 단위 ppb 수준, 그리고 22개 악취물질 중 알데하이드류 5가지 물질(acetaldehyde, propionaldehyde, butyraldehyde, n-valeraldehyde, i-valeraldehyde)은 검출되지 않았다(김기연 등 2013).

김기연 등(2014)은 우리나라 축사 유형별 전체 악취 발생량에서 가장 높은 기여율을 가진 물질은 butyric acid, i-valeric acid, trimethylamine이었으며, VOCs와 알데하이드류 물질들은 기여율이 모두 1% 미만이었다고 보고했다. 악취물질의 경우 혐기적 상태에서 발생하기 쉬워서 혐기적 상태를 유지하지 않도록 하기 위한 노력이 필요하다.

물(H<sub>2</sub>O), 과산화수소(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 등 산소 원자를 포함한 화합물은 무향(odorless)이지만, 이 산소 원자가 황 등으로 바뀌어 황화수소(H<sub>2</sub>S), hydrogen persulfide (H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>), carbon disulfide (CS<sub>2</sub>)가 만들어질 경우 악취가 발생한다(Nicolai et al. 2005).

Wang et al. (2011)은 육성비육돈사의 바닥에 따른 NH<sub>3</sub>와 악취 차이를 연구하였는데 완전 슬랫(fully slatted floor) 시스템이 깔짚바닥(deep litter) 시스템보다 NH<sub>3</sub>의 경우 약 4.1배, 악취의 경우 약 1.6배 높게 발생했다. 이 연구에서 NH<sub>3</sub>와 악취의 경우 첫 실험 기간(Dec. 1~22)보다 두 번째 실험 기간(Jan. 15~28)에서 완전 슬랫 시스템은 각각 4.8배, 1.3배 증가한 반면 깔짚바닥 시스템에서는 각각 1.1배, 1.2배 증가했다.

## ○ 악취를 줄이기 위한 노력

김기연 등(2014)은 돈사에서 발생하는 악취 저감 방법을 정리하였는데 그 제거효율이 분무처리, 공기정화기 등 물리적 처리의 경우 30~95%, 미생물제재의 경우 30~70%였다. Maurer et al. (2016)은 가축사육 과정에서 배출되는 NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, 악취, 먼지를 제거하기 위한 방법에 대해 보고하였는데 물리·화학적 처리방법이 첨가제와 사료조절에 의한 방법보다 제거율이 좋았다. Chen et al. (2020)에 따르면 가축분뇨 유래 악취를 줄이기 위한 목적으로 판매되는 12가지 첨가제를 pilot scale에 적용했을 때 NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, VOCs, odor의 감소가 변동성이 높아 효과에 대한 통계적 차이가 나타나지 않았다.

## 3) 미세먼지

대기 중 입자상 오염물질(particulate matter, PM)을 분진(粉塵) 또는 에어로졸(aerosol)이라고 부르며 세계보건기구는 국제암연구소 자료를 바탕으로 대기 오염과 그 구성물질인 입자상 오염물질을 2013년에 1군 발암물질로 지정했다. 축사 내 미세먼지는 가축뿐만 아니라 작업자에게도 위험할 수 있다.

대기환경학에서는 대기 중 떠다니는 공기역학직경이 50 $\mu$ m 이하의 분진을 총부유분진(Total Suspended Particle)이라 부르며, 부유 분진의 공기역학직경이 10 $\mu$ m 보다 작은 것을 미세먼지(PM<sub>10</sub>), 2.5 $\mu$ m 보다 작은 것을 미세입자(PM<sub>2.5</sub>)로 부르지만, 우리나라에서는 일반적으로 총부유분진을 총먼지, PM<sub>10</sub>을 미세먼지, 그리고 미세먼지 중 PM<sub>2.5</sub>를 초미세먼지라고 부르고 있다. PM<sub>2.5</sub>보다 큰 먼지의 경우 대부분 자연적 발생원에서 발생하고 마모, 마찰, 기계적 분쇄과

정을 통해 생성되며 배출 후 수 분~수 시간 이내에 땅에 떨어져 공기 중 체류시간이 짧다.

PM2.5는 주로 화석연료의 연소, 자동차의 배출가스, 화학물질의 제조과정 등 오염원에서 대기 중으로 직접 방출되는 분진을 1차 분진이라 부르고, 가스상 물질(SO<sub>2</sub>, VOCs 등)이 대기 중 물리·화학적 방법으로 입자화한 것을 2차 분진이라고 한다. PM2.5의 구성을 보면 대기오염물질이 공기 중에서 반응하여 생성된 황산염, 질산염 등이 58.3%, 화석연료 연소에서 나오는 탄소류와 검댕 16.8%, 흙먼지 등 광물 6.3%, 그리고 기타 18.6%로 구성되어 있다(환경부 2016).

축사의 1차 분진 발생원은 가축의 털, 표피, 마른 분뇨, 사료, 미생물, 꽃가루, 곰팡이 등 다양하다. 양돈 시설에서 발생하는 PM10의 배출계수는 돼지 무게 기준 20kg 이하, 20~50kg, 비육돈의 경우 각각 0.008 kg/두/년, 0.029 kg/두/년, 0.061kg/두/년이었고(Costa et al. 2009), 돼지의 활동이 많은 사료 급이 시간에 최대 PM10 농도가 측정된다(Costa et al. 2009). 축사 내 미세먼지의 주요 배출원은 가축분뇨이며 미세먼지에 붙은 미생물 역시 가축분뇨에서 유래되었고 phyla를 기준으로 Firmicutes이 많았으며(64.8~97.5%), 그 뒤로 Proteobacteria(1.4~21.8%), Bacteroidetes(0.3~13.7%)를 차지했다. Genus 기준으로는 Clostridium이 평균 28.1%, Bacillus 25.2%, Terrisporobacter (9.0%), Turicibacter(5.4%) 순이었다(Kong et al. 2021).

축사에서 발생하는 가스와 악취 물질은 먼지에 붙어서 이동할 수 있기 때문에 먼지를 제거할 경우 악취를 65~75% 감소시킬 수 있다(Hammond et al. 1981; Hartung 1986; Hoff et al. 1997). 우리나라 돈사 내 부유 미생물의 농도의 경우 육성비육돈사에서 가장 높은 농도로 존재했고 자돈사, 모돈사 순이었으며, 총 부유 미생물의 약 60%가 0.6~4.7 $\mu$ m 크기로 호흡성분진(respirable dust) 크기였다(Kim et al. 2019).

우리나라 돈사 내 곰팡이의 경우 Fusarium(10.8%)가 제일 많았으며 곰팡이의 수와 PM2.5의 농도와 상관관계가 있었다(Kumari et al. 2016). 자돈사의 실험에서 inhalable dust는 자돈의 활동, 밀집도, 환기량에 영향을 받았으며 호흡성분진은 환기량, 실내온도, 자돈의 활동량에 영향을 받았다(Kwon et al. 2016).

축사 내 미세먼지뿐만 아니라 축사에서 배출되는 NH<sub>3</sub>는 초미세먼지 전구물질이다. 화석연료 연소과정에서 질소산화물(NO, NO<sub>2</sub>)과 아황산가스(SO<sub>2</sub>)가 발생하고 대기 중 오존(O<sub>3</sub>)과 반응하여 질산(HNO<sub>3</sub>), 수증기(H<sub>2</sub>O)와 반응하여 황산(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)을 생성하게 된다. 이때 NH<sub>3</sub>가 존재하면 반응하여 2차 분진인 질산암모늄(NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>)과 황산암모늄((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 또는 황산수소암모늄((NH<sub>4</sub>)HSO<sub>4</sub>)을 생성한다.

미국의 경우 가축의 NH<sub>3</sub> 배출량이 총량의 약 50%를 차지하고 있지만, 총 PM<sub>2.5</sub> 배출량 중 약 5~20%가 가축에게서 배출된 NH<sub>3</sub>에 의해 생성된 것이었다(Hristov 2011). 우리나라의 경우 2017년 전체 NH<sub>3</sub> 배출량은 308,298톤이었고 이 중 분뇨가 257,280톤으로 약 83.5%를 차지한다(환경부 국가미세먼지정보센터 2020).

우리나라의 2017년 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, black carbon의 총 배출량은 각각 218,476톤, 91,731톤, 15,555톤이었고 축산활동에 의한 배출량은 각각 10,938톤, 2,013톤, 30톤이었으므로 축산이 총 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, black carbon 배출량에 미치는 영향은 각각 5.0%, 2.2%, 0.2%이었다. 이 외에 2017년 농업 활동에 의한 PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, black carbon 배출량은 각각 9,596톤, 1,919톤, 0.4톤이었으며 농업잔재물 소각에 의한 배출량은 각각 9,150톤, 7,627톤, 1,687톤이었다.

가축 분뇨에서 발생하는 NH<sub>3</sub>를 줄이기 위한 방법으로 사료 내 단백질을 줄이는 방법(Nahm 2007), 뇨에 있는 urea가 분에 있는 요소분해효소(urease)와

섞이게 되면 약 20시간 내에 뇨 내의 urea가 완전히 분해되기 때문에(Dai et al. 2014) urease를 억제하여 분해를 늦추는 방법(urease inhibitor) (Pereira et al. 2013)이 있고, 이 방법은 퇴비를 토양에 넣었을 때 퇴비 내에 남아있는 urease에 의한 NH<sub>3</sub> 배출 증가(Choi et al. 2007)를 억제할 수도 있다.

## 4) 기후변화

### ○ 지구온난화

과거 20년 전부터, 온실가스 배출에 대한 우려가 상당히 증가했다. 메탄(CH<sub>4</sub>)과 아산화질소(N<sub>2</sub>O), 그리고 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)가 환경에 해로운 영향을 미치는 가스에 해당하며, 세계의 기후변화는 주로 위와 같은 가스로 인하여 대기 환경의 오염을 초래하고 기후를 따뜻하게 만드는 원인이 된다(IPCC, 2007; IPCC, 2013). 현재 농식품 기반 산업 중 하나인 축산물은 인간의 활동으로 인해 발생하는 온실가스 배출원에 해당된다(Audsley et al. 2014). 최근 연구에 따르면, 농식품 부분에서 2/3이 축산업에서 나오는 직접 배출에 해당된다(Slade et al. 2016).

다른 연구에 따르면 축산 분야가 전 세계 온실가스 배출량에 14.5%에 해당한다(Gerber et al. 2013). FAO 보고서에 따르면, 전체 가스 배출량에서 동물성 식품에서 나오는 CH<sub>4</sub>가 18%를 차지하고 CO<sub>2</sub>의 경우 9%를 차지한다(Steinfeld et al. 2006). 이러한 점에서 메탄(CH<sub>4</sub>)은 CO<sub>2</sub>에 비해 23배 더 큰 지구온난화 영향력이 있으며 그중 50-60%가 반추동물 사육 및 생산 과정에서 배출된다(Rira, Moufida et al. 2015; IPCC, 2020).

대략 연간 8,000만 톤의 메탄(CH<sub>4</sub>)이 반추동물을 사육 및 생산하는 데서 발생하며, 인간의 활동으로 발생하는 메탄 배출량의 28%를 차지하고 있다 (Beauchemin, K. A. et al. 2008). 반면에, 동물성 식품을 섭취하는 사람에 비해 식물성 식품만을 섭취하는 사람의 온실가스 배출량이 절반 수준만 차지한다는 연구 결과가 있다(Xu, Xiaoming et al. 2021). EAT-Lancet 건강 식이요법을 하는 고소득 국가의 경우 2배 상당의 온실가스 배출량을 줄이는 것과 탄소의 격리 효과를 누릴 수 있다고 믿는다(Sun, Zhongxiao et al. 2022).

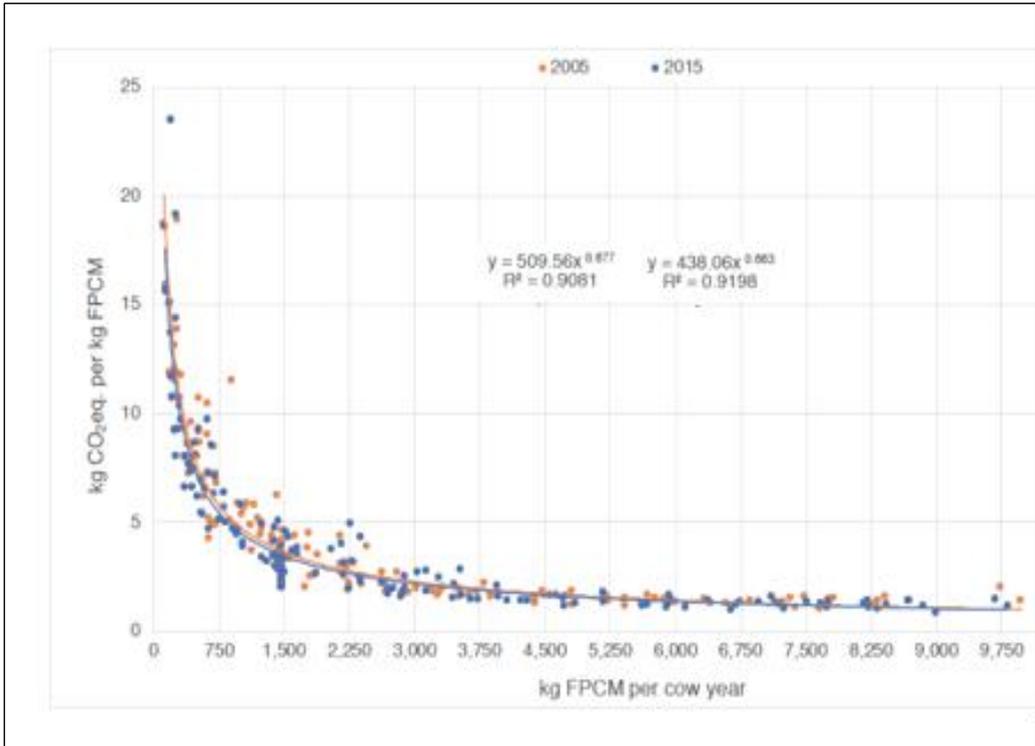
## ○ 축산부문 내에서의 온실가스 저감법(KREI 제출 자료)

### 장내발효 유래 온실가스 저감

- 가축 생산성 향상

장내발효 과정에서 배출되는 메탄은 공급된 사료(에너지원)가 동물에게 흡수되지 않고 외부로 배출되는 것이기 때문에 사료 효율을 낮추게 되므로, 투입되는 자원 대비 생산량이 떨어지게 된다. 고능력우의 경우 사료 섭취량이 저능력우보다 약간 높지만 고능력우의 생산성 증가는 사료 섭취량의 증가보다 높기 때문에 단위 생산물당 발생하는 온실가스의 양(온실가스 배출강도; greenhouse gas emission intensity)은 고능력우가 저능력우보다 낮다.

같은 양의 우유를 생산할 때 발생하는 온실가스 배출량을 비교할 때 고능력우의 배출강도가 저능력우의 배출강도보다 낮다. [그림 2]에서 보듯 더 낮은 저능력우를 더 높은 고능력우로 바꿀 때 온실가스 저감량은 극대화할 수 있다.



[그림 4] Fat-and-Protein Corrected Milk(FPCM)로 계산한 우유생산량과 온실가스 배출 강도

\* 출처 : FAO and GDP. 2018. Climate change and the global dairy cattle sector – The role of the dairy sector in a low-carbon future. Rome. 36 pp. Licence: CC BY-NC-SA- 3.0 IGO

- 탄수화물 조정

전분 성분이 많은 사료를 공급할 경우, 위 내에서 소화되면서 소비되는 시간이 짧고 소화율이 높아진다. 소의 경우 propionate의 생산이 증가되고 메탄 생산이 감소하며, 곡물에 따라서도 메탄 배출량에 차이를 보인다. 보리 전분은 옥수수 전분보다 더 빨리, 더 많이 발효되므로 더 많은 메탄이 배출될 수 있고, 조사료 등 섬유질의 성분이 많은 사료를 공급할 경우 메탄 배출량은 증가한다.

- 섭취량

Dry matter intake가 증가할 때 gross energy intake 또는 digestible energy intake 기준으로 계산하면 메탄 배출량은 감소한다.

- 조사료 종류 및 성숙도

성숙도가 높은 조사료를 공급할수록 메탄 배출량은 증가하고, 풀 조사료를 공급할 때보다 콩과 식물의 조사료를 공급할 때 더 낮은 메탄이 생성된다.

- 사료공급 빈도

소의 경우 사료공급 빈도가 낮으면 propionate가 증가하고 acetate가 감소하면서 메탄 생성이 줄어들게 되지만 사료공급 빈도가 낮으면 생산성에 영향을 주게 되므로 추천하지 않는다.

- 조사료 가공

조사료를 갈거나 펠릿화하면 반추동물이 쉽게 이용할 수 있으므로 20~40%까지 섭취량 당 메탄 생성량을 줄일 수 있다.

- 목초지 관리

목초지의 품질을 높이면 가축 생산성이 높아지고 생산물 당 온실가스 배출량(온실가스 배출강도)이 낮아진다.

- 지방공급

젖소의 경우 지방 공급은 사료의 에너지를 높이면서 우유 생산량을 높이고 우유의 지방산 성분에 영향을 주는 동시에 메탄 생성이 감소한다.

- Ionophores

반추동물에 ionophores를 공급하면 사료 이용성이 높아지고 메탄 생성이

감소한다.

- Defaunation

반추위 내의 protozoa를 없애는 기술이며 메탄을 20~50%까지 감소할 수 있으나 섬유소 소화능력에 영향을 줄 수 있으므로 완전히 제거하는 것은 부적절하다.

- Probiotics

*Aspergillus oryzae*와 같은 미생물 사료 첨가제를 사용할 경우 실험실 내에서 protozoa의 감소와 함께 약 50% 메탄 생성이 감소되었고, *Saccharomyces cerevisiae*를 사용할 경우 약 10%의 메탄 생성이 감소하였으나 지속되지는 않았다.

- Bacteriocins

박테리아가 생산하는 박테리아를 죽이는 bacteriocins을 통해 메탄생성균을 직접적으로 억제하여 메탄 생성을 줄일 수 있는 가능성이 있다

- Archaeal viruses

메탄생성균을 감염시킬 수 있는 obligate pathogens으로 메탄 생성을 줄일 수 있는 가능성이 있다

- Immunization

호주에서 양에게 메탄생성균에 대한 백신을 적용하여 가축이 메탄생성균에 대한 항체를 생성하도록 하여 메탄 생성을 감소시킨다.

- Reductive acetogenesis

Inorganic sulfate와 nitrate는 메탄생성균과 수소에 대해 경합을 하므로 메탄 생성을 줄일 수 있다.

- Propionate enhancers

사료에 Fumaric acid와 malic acid와 같은 dicarboxylic acids를 적용하면 propionate 경로가 활성화되어 메탄 생성을 줄일 수 있다.

- Essential oils

Essential oils이 가진 항박테리아 능력이 메탄 생성을 줄일 수 있다.

- Genetic selection

Holstein 젖소를 이용해서 네덜란드와 미국에서 관찰한 바에 따르면 뉴질랜드의 Friesian 젖소보다 8-11% 낮은 메탄을 생성한다. 높은 net feed efficiency를 가진 소를 선발하여 메탄 생성을 줄일 수 있으며 분뇨 내 N, P, K의 양도 줄일 수 있다.

## 가축분뇨 유래 온실가스 저감

- 직접적 메탄 저감

가축 분뇨 처리과정에서 미생물들이 메탄을 생성하기 때문에 온도에 따른 차이가 발생한다. 우리나라 평균기온이 13°C 정도이고 월별 잠재증발산량과 강수량 차이로 온난습윤 또는 온난건조에 해당할 수 있다. 그 기후대에 해당하는 가축분뇨처리과정의 기술에 따라 가축이 배설한 분뇨의 휘발성고형물(Volatile solids: VS)이 메탄으로 변화하는 메탄변화율(methane conversion factors)은 0%(호기적처리) ~ 76%(혐기성 lagoon)와 같이 폭넓게 나타난다. 퇴비화 과정 등 호기적 처리 방법이 혐기적 처리방법에 비해 메탄변화율이 현저하게 낮다. 즉, 가축분뇨처리과정에 공기를 넣는 기술을 사용하는 것이 메탄 배출을 줄일 수 있다.

- 직접적 아산화질소 저감

가축분뇨처리과정 중 공기(산소)가 공급될 경우(호기적 처리의 경우) 메탄 생성은 억제되지만 아산화질소 생성은 촉진될 수 있다. 이산화탄소 환산량(CO<sub>2</sub> equivalence)으로 온실가스 배출량을 계산할 때 호기적 처리의 메탄 발생 저감에 의한 이산화탄소 환산량의 저감량이 아산화질소 생성에 따른 이산화탄소 환산량의 증가량보다 높기 때문에 전체적으로 온실가스 배출량이 저감된다.

가축분뇨처리방법에 따라 배출계수는 0~0.1kg N<sub>2</sub>O-N kg<sup>-1</sup> 질소배설로 나타나므로 아산화질소 배출계수가 적은 가축분뇨처리방법을 사용할 경우 아산화질소 배출량을 저감할 수 있다(IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, CalvoBuendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y. Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland.).

- 간접적 아산화질소 저감

가축분뇨처리과정에서 유출(run-off), 휘발(volatilization), 침출(leaching)된 N은 토양 또는 수계(지하수, 표층수)에 들어가게 되고 그곳에서 질산화 및 탈질화 과정을 거쳐 아산화질소가 배출되게 된다. 따라서 가축분뇨처리과정에서 빠져나가는 N의 저감이 간접적 아산화질소 배출량 저감을 이루게 된다.

## ○ 축산부문과 다른 부문과의 연계를 통한 온실가스 저감

### 토양 부문과의 연결을 통한 온실가스 저감 및 탄소 상쇄

농업은 자연환경을 이용하고 그 자연환경에 영향받는 순환적 생태계에서 중요한 역할을 하고 있다. 온실가스 저감기술의 적용은 식량안보에 영향을

미치지 않아야 한다. 공기 중의 탄소를 광합성을 통해 식물의 체내로 저장하고 가축은 그것을 소비하고 이용하지 못한 부분은 배설하여 토양에 탄소를 주게 되며 적절한 관리를 통해 토양탄소의 양을 증가시킬 수 있어 탄소상쇄(carbon offsets)를 가능하게 한다.

화학비료 사용 이후 가축분뇨를 비료로 사용하는 비율은 줄어들게 되었지만, 가축분뇨로 만든 퇴액비가 농촌 환경을 보존하고 토양의 유기물 및 미량영양소 보급에 긍정적 영향이 있고 축산과 경종 농가의 연계를 가능하게 하고 상호 경제적 이익을 얻는 경축순환농업을 확대하기 위해 노력하고 있다(정학균, 임영아, 강경수. (2021). 경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안. 한국농촌경제연구원, p.21.)

- 공급자 측면 (Supply-side)

IPCC(2007)(IPCC, 2007: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)에서는 농업분야에서 온실가스를 저감할 수 있는 방법들로 '배출감소(reducing emissions)', '제거촉진(Enhancing removals)', '배출방지/전환(Avoiding/displacing emissions)'의 세 개의 기술 범주 (category)로 나눈다.

배출감소 기술 범주는 탄소와 질소의 효율적 이용, 제거촉진 기술 범주는 토양탄소의 증가(탄소격리 등), 배출방지/전환 기술 범주는 산림 등의 농지전환 방지 등(배출방지)과 화석연료 대신 바이오연료(배출 전환)가 있다. 이러한 방법은 IPCC(2014)(IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)에서도 유지되고 있다.



- 사회공공시설과 시스템적 측면(Infrastructure and systemic perspectives)  
농업부문의 경우 사회공공시설과의 관계는 적기 때문에 시스템적 측면으로 접근할 수 있다. 바이오매스의 이용을 전 과정 평가방법으로 보았을 때 토양, 경종, 축산, 산림은 모두 연결되어 있고 바이오매스들도 서로 연관되어 있으며 그 생산물과 부산물도 소비까지 연결되어 있다.

바이오매스 흐름 최적화, 생산성 향상, 토양의 이용은 공급자 측면 뿐만 아니라 시스템적 측면에도 연결되어 있기 때문에, 에너지/농업/토양 이용을 통합하는 접근 방법이 감축 시너지를 최적화하고 감축 과정의 부정적 영향을 감소할 수 있도록 한다.

- 소비자 측면(demand-side)

식품과 섬유의 요구 변화 역시 생산 체인(production chain)에서 배출되는 온실가스를 높은 온실가스 배출 식품에서 낮은 온실가스 배출 식품으로 소비 변화, 이용 가능한 토양을 조림(afforestation) 또는 바이오에너지를 위한 작물 생산에 이용하는 것과 같은 방법으로 감축할 수 있다.

식품 요구의 변화는 기근(hunger)이나 영양실조, 식량안보의 위협과 연관되어 있기 때문에 민감한 문제이다. 이러한 식품 요구의 변화는 음식물 손실과 쓰레기 감소, 동물성 단백질을 많이 소비하는 지역에서는 단백질의 질과 양을 유지하면서 일부 동물성 단백질 섭취를 식물성 단백질로 변경한다. 음식물을 과소비하는 지역에서 과소비 감소와 같은 방법으로 식량 문제를 일으키지 않고 온실가스를 줄일 수 있다. 풀사료를 소화할 수 있는 가축은 사람이 소화할 수 없는 풀, 그리고 사람이 먹을 수 있는 작물을 경작할 수 없는 땅에서 자라는 풀을 이용할 수 있기 때문에 식량안보에 기여한다.

## **Agriculture, Forestry and Other Land Use(AFOLU) 외 다른 부문과의 탄소 상쇄**

식물은 태양으로부터 에너지를 받고 이산화탄소를 흡수하며 토양과 물, 미량영양분 등을 이용하여 광합성을 통해 성장하며 가축은 그 식물을 먹고 성장한다. 식물과 가축의 부산물들과 그 본체는 다시 자연으로 돌아가고 다시 그것을 식물과 가축이 이용하는 순환이 일어나면서 식물과 가축은 탄소원(바이오매스)이며 에너지로 이용할 수 있으므로 화석연료를 대체할 수 있다. 바이오매스를 에너지로 사용하기 때문에 감소한 화석연료의 양과 그에 따른 온실가스 감소는 탄소 상쇄라고 할 수 있다.

가축분뇨를 혐기적으로 분해할 때 발생하는 메탄은 에너지원이므로 혐기분해를 최적화/최대화하는 바이오가스 생산시설을 통해 메탄을 에너지원으로 사용한다. 가축 분을 고체 연료로 이용하는 것은 오래된 기술이지만 현대적 공정을 통해 효율적으로 이용하기 위한 노력이 진행중이다.

국내에서 2015년 7월 17일에 '가축분뇨 고체연료시설의 설치 등에 관한 고시(환경부고시 제2015-110)'를 시행, 일부 개정(환경부고시 제2018-114호, 2018.7.12.)하여 가축분뇨를 고형 에너지원으로 사용할 수 있고, 유기물에 열을 가해 화학적 분해를 일으키고 열분해 속도와 온도를 조절하여 고체(charcoal 등)·액체(bio-oil 등)·기체(syngas 등) 연료를 생산하는 열분해(pyrolysis) 방법이 있는데 가축분뇨 역시 그 원료로 사용할 수 있기 때문에 화석에너지 사용을 줄일 수 있다.

## 5) 토양이용 변화 및 생물다양성

### ○ 토양 이용변화

축산물을 생산하기 위해 토지 사용은 매우 높으며, 세계 농업 용지에 방목을 위한 목초지 혹은 사료작물을 재배하기 위한 땅으로 80%를 차지하고 있다 (Humpenöder, Florian et al. 2022).

생산되는 경로를 조사한 결과, 축산물 섭취를 줄이면 산림파괴를 47-55%까지 줄일 수 있으며, 누적 탄소 손실도 34-57% 낮출 수 있다(Weindl Isabelle et al. 2017).

### ○ 생물다양성 손실

축산물은 농업 부분에서 절반 이상의 환경적 영향력을 차지하고 있으며, 예를 들면 78%의 지구생명 다양성 손실을 초래한다(LeipAdrian et al. 2015). 야생동물들은 축산에 의해 대체되거나 혹은 농부가 사용한 밭, 살충제 등에 의해서 죽임을 당하고 있으며, 오염 혹은 서식지의 소멸로 인하여 매년 죽어가는 동물의 수나 전체 동물 종의 수는 고려되지 않는다(Theofanidis et al. 2018).

## 6) 건강

미국의 영양과 식이 학술원에 따르면, 채식주의 식단은 더 나은 건강 결과를 보여주고, 평균 수명의 증가 그리고 관상동맥의 심장질환 위험을 줄여주며, 2유형의 당뇨병과 고혈압, 비만 등의 예방에 도움이 된다(Melina et al. 2016).

## ○ 비만과 심장질환

인슐린 저항성으로 인한 비만 환자는, 완전 채식주의 식단이 인슐린 저항성과 이상지질혈증 중 중성지방을 제외하고 개선시켜 준다(Chen, Peng et al. 2022). 건강을 위한 식이요법에도 불구하고 취약계층 인구들 중 생존자들은 소고기 섭취가 심혈관 질병을 유발하고 대사장애 등의 위험을 높이는데 연관성이 있다고 주장한다(Al-Shaar et al. 2020).

소고기의 지방은 돼지와 닭고기들인 백색육에 비해 포화지방의 함량이 높으며, 적색육은 콜레스테롤수치를 높이는 데 기여하고, 혈중 저밀도 지질 단백질의 콜레스테롤과 중성지방의 농도를 높인다고 한다(Hu, Frank B. et al. 1999). 소고기의 지방은 높은 포화지방산으로 되어 있으며, 팔미트산, 스테아릭산, 작은 미리스트산 등이 심혈관 질환과 연관이 있다고 주장한다(Murimi Mary. 2022).

포화지방산의 과도한 섭취는 저밀도 지질 단백질의 콜레스테롤 수준을 높이고 관상동맥의 심장 질환 위험을 높인다(Siri-Tarino et al. 2010).

## ○ 당뇨

고기 섭취는 당뇨병 위험성과 연관이 있다(Barnard et al. 2014). 반면 인도 성인들 기준으로 락토, 락토오보, 그리고 세미 채식주의자들은 당뇨병 확률이 낮은 것으로 연구 결과가 보도되고 있다(Agrawal et al. 2014).

## ○ 호흡기 질환

축산물 생산이 대기 오염에 관련된 질병인 감염 질병 혹은 산업재해에 4%

정도를 차지한다(Post Pim M. et al. 2020). 몇 가지 연구들은 밀집 축산 농장의 노출 환경 정보와 호흡기 질환의 유의성을 알리고 예방책을 가지고 있다. 유기물 먼지들이 알러지를 유발하고 미생물에 노출되어 바이러스성과 균체 내 독소와 암모니아와 소독제 가스 등에 의해 건강이 악화될 수 있다. 이런 작업 환경 노출은 천식, 비염, 만성 기관지염, 만성 폐쇄성 폐질환 및 FEV1 감소 등에 영향을 주며 위험 요인 관리가 필요하다(Sigsgaard Torben. et al. 2020).

또 다른 연구 결과로 만성 폐쇄성 폐질환 환자들이 주로 밀폐된 축사 환경에서 근무하여 공기 오염으로 인해 폐 기능 상실을 보인다(van Kersen et al. 2020).

## ○ 유해균

Cryptosporidium은 콕시듐류의 원충으로 감염된 사람 혹은 동물의 분에서 발견된다(Vermeulen Lucie C. et al. 2017). Cryptosporidium 오염은 전 세계적으로 발생하고 있으며, 아이티 국가에서는 난모세포들이 표층수와 지하수 등에서 검출되었다(Krumkamp Ralf et al. 2021; Balthazard-Accou et al. 2020). 어린아이들의 공중 보건적 위협을 초래하며 설사를 유발할 수 있다(Vermeulen Lucie C. et al. 2019).

## ○ 암

Oxford 채식주의자 연구와 EPIC-Oxford 집단의 61,647명의 참가자를 대상으로 분석했을 때, 채식주의자들과 부분 채식주의자들은 전체적으로 육류를 섭취하는 사람에 비해서 암에 걸릴 확률이 낮았다. 추가적으로 연구 데이터베이스에서 위암의 위험성이 줄고, 림프계와 조혈조직 그리고 다발성골수종 같은 암 형태들이 채식주의자와 부분 채식주의자들에게서 더 위험성이 낮았으며, 부분 채식주의

의자들은 대장암의 위험도 낮았다(Key Timothy J. et al. 2014).

Adventist Health 연구 2에 참가한 69,120명의 참가자들 대상으로 채식주의자들이 소화기관의 암 발생 확률이 채식주의가 아닌 사람들에 비해서 낮고, 완전 채식주의 식단이 특히 여성 암 위험 유발을 전체적으로 낮춰준다고 한다(Tantamango-Bartley et al. 2013). 고기를 조금 섭취하는 사람들이 대장암에 걸릴 확률이 일반적으로 고기를 섭취하는 사람들에 비해 낮으며, 채식주의자들이 전반적으로 전립선암, 폐경 후 유방암에 걸릴 확률이 낮으며, 부분 채식주의자들이 일반적으로 고기를 섭취하는 사람들에 비해 암 걸릴 위험이 낮았다(Watling et al. 2022).

건강한 식물성 식품을 섭취하는 경우 전립선 암의 걸릴 확률이 낮아진다는 근거 자료가 있으며, 65세 미만의 남성에게는 장점이 더 크다(Loeb Stacy et al. 2022). 식물성 식이요법을 고수하는 것이 생존에 유리하며, 식물성 식이요법은 소화기관이 암에 걸릴 확률을 종류와 상관없이 낮춰준다 (Hardt L. et al. 2022; Zhao Yujie et al. 2022).

## 7) 동물권

동물보호가들의 주요 목표는 동물들 삶의 존엄성 보장이다. 많은 보호가들은 닭 혹은 다른 축산 동물들이 고통을 줄이는 방법을 찾고, 도축되는 과정에서도 존엄성이 보장되어야 한다고 주장한다. 연구 결과에 따르면, 가축들은 통증을 느낄 수 있으며, 고통에 대한 양은 그 동물의 종별로 다양하다. 포유류들은 그 지표에 대한 연구 진행사항이 많지만, 새와 물고기는 연구가 부족한 실정이다(Prunier et al. 2013).

매년 미국의 실험실에서 설치류, 양서류, 포유류 등을 포함하여 1억 마리 이상의 동물들이 생물학적 수업과 의학적 실험 및 궁금증을 해결하기 위해 죽임을 당하고 있다. 동물들을 죽이기 전에, 독성 가스를 주입하기도 하고, 몇 시간 동안 움직일 수 없는 곳에 가두는 등 잔혹한 방법으로 동물을 죽인다 (Iovino, 2021). 많은 동물 실험에서 실험을 진행하는 내적 혹은 외적 타당성을 제시하는 데 실패했고, 인간의 실험 예측 또한 실패한 증거들로 누적되고 있다(Pound et al. 2014).

## 4. 위기의 한우

### 1) 대체식품과 배양육 분석

#### ○ 용어 및 특징

대체식품이란 일반적으로 동물성 단백질원인 육류를 대체할 수 있을 만큼 육류와 유사한 맛과 모양을 갖춘 고기를 의미한다(한국농수산물유통공사, 2020). 그 외 1995년 미식품의약품안전청(FDA) 승인 이후 개발에 속도를 내고 있는(세포) 배양육(cell-cultured meat)도 주요 대체식품의 종류로 분류된다. 최근 대체식품 시장은 채식주의 트렌드 등장과 함께 육류 소비로 야기되는 환경, 건강, 윤리 문제를 해결할 수 있음은 인식의 증가와 함께 급성장하고 있다.

#### ○ 분류

##### • 식물 성분 대체식품

대체식품의 주원료는 콩, 밀, 버섯 등 식물에서 추출한 단백질로 제조한 '식물성 대체식품'과 버섯곰팡이류에서 추출한 '균류 단백질'이 대표적이다.

##### • 곤충 원료 대체식품

식용 곤충을 사용한 곤충 원료 대체식품도 최근 미래 식량 중 하나로 주목 받고 있다.

##### • 동물 세포배양 대체식품

소나 돼지, 닭 등의 동물 세포를 배양해 고기와 비슷한 식감과 맛을 제조하는

배양육은 과학기술의 발전과 함께 급성장하는 종류 중 하나이다.

## ○ 국외 시장동향

세계 대체식품의 시장 규모는 2019년부터 연평균 9.5%씩 성장하고 있다. 2025년 대체식품의 시장 규모는 178억 5,860만 달러에 이를 것으로 전망된다 (박미성·박시현·이용선, 2020).

[표 2] 세계 대체식품 제품유형별 시장규모(2017~2025)

(단위 : 백만 달러)

구분	2017년	2018년	비중	2019년	2025년	CAGR (%)
식물단백질 기반 제품	7,890.8	8,395.8	87.2	8,962.5	14,319.8	8.1
곤충단백질 기반 제품	514.8	607.5	6.3	722.9	2,470.1	22.7
해조류단백질 기반 제품	485.1	517.6	5.4	553.8	894.0	8.3
미생물단백질 기반 제품	98.2	102.2	1.1	106.5	143.1	5.0
배양육	0.0	0.0	0.0	0.0	31.6	19.5
<b>전체</b>	<b>8,989.0</b>	<b>9,623.1</b>	<b>100.0</b>	<b>10,345.7</b>	<b>17,858.6</b>	<b>9.5</b>

주1) CAGR는 2019년부터 2025년까지의 연평균 증가율(Compound Annual Growth Rate)임

주2) 배양육의 연평균 증가율은 2021년(15.5백만 달러)부터 2025년(31.6백만 달러)까지의 증가율임

\* 출처 : Meticulous Research(2019:131)

그 중 식물단백질 기반 제품이 압도적 비율을 차지하고 있으나, 배양육 성장율이 2025년에 급증한다는 점이 주목된다. 세계 대체식품의 지역별 점유 비중은 북미와 유럽이 각각 44.6%, 28.8%로 절반 이상을 차지하고 있다. 그러나 향후 성장률 측면에서 아시아·태평양 지역에서 크게 발전할 것으로 예상된다.

## ○ 국내 시장동향

국내 대체식품의 시장 규모는 2019년 기준 200억 원 정도로 아직 걸음마 단계이다. 시장 점유율 대부분이 식물단백질 기반 제품으로 구성되어 있으며, 국내 대체식품 개발은 미국, 유럽 및 중국 등과 비교해 상대적으로 늦은 것으로 평가되나 몇 년 전부터 벤처기업을 중심으로 원천기술 특허 획득 사례가 증가하고 있다.

최근 대기업을 중심으로 대체식품 개발에 대한 투자가 증가하는 추세로, 국내 식물단백질 기반의 대체식품 시장 규모는 2017년부터 연평균 15.7%씩 성장하고 있다. 2026년 식물단백질 기반 대체식품의 시장 규모는 2억 1,600만 달러에 이를 것으로 전망된다(박미성·박시현·이용선, 2020). 국내 식물단백질 기반 제품은 미트볼, 버거패티, 너겟류, 소시지 순으로 시장점유율을 차지하고 있다.

[표 3] 국내 대체식품(식물단백질 기반 제품) 유형별 시장규모

(단위 : 백만 달러)

구분	2016년	2017년	비중	2018년	2019년	2026년	CAGR (%)
버거패티	9.7	11.8	21.5	13.8	27.3	42.7	15.4
미트볼	14.4	17.6	32.0	21.3	42.6	65.6	15.7
낫토	4.3	5.1	9.3	6.1	12.1	18.2	15.1
소시지	5.5	6.6	12.0	7.9	15.7	23.8	15.3
너겟류	7.9	9.8	17.8	11.7	23.9	39.0	16.6
<b>전체</b>	<b>47.6</b>	<b>58.0</b>	<b>100.0</b>	<b>70.1</b>	<b>140.5</b>	<b>216.0</b>	<b>15.7</b>

주) CAGR는 2017년부터 2026년까지의 연평균 증가율(Compound Annual Growth Rate)임

\* 출처 : Statistics Market Research Consulting(2019:183-187)

국내에는 아직 채식 인구의 비중이 많지 않은 편이라 대체식품을 생산하는 인프라가 충분히 구축되지 못했지만, 향후 채식 인구가 늘어날 것을 생각하면 대체식품 시장 역시 급성장할 것으로 예상할 수 있다.

## ○ 연구동향

[표 4] 대체식품에 대한 국내외 연구 소개

구분	연구명	수행연도	요약
1	대체단백질 식품의 성장과 축산의 지속가능성	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가축의 온실가스 배출량 과대평가</li> <li>• 특정 사육방식이 생태 환경을 건강하게 만들 수 있음</li> <li>• 식물성 대체단백질 식품은 영양, 환경적 영향, 공급체계 측면에서 육류의 대체품이 될 수 없음</li> <li>• 가축의 환경적 영향 및 축산의 경제적 사회적 의의 재검토</li> </ul>
2	대체식품에 사용되는 식물성 단백질의 품질 특성	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대체식품 원료로 사용되고 있는 식물성 단백질이 대체식품의 가공 품질에 미칠 수 있는 영향 파악</li> <li>• 다양한 식물성 단백질들의 이화학적, 기능적 특성을 탐구함으로써 기존에 식물성 단백질 원료의 품질에 대한 심도 있는 연구 제안</li> </ul>

구분	연구명	수행연도	요약
3	Plant-based meat alternatives: Compositional analysis, current development and challenges	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아직 초기 단계에 머물러 있는 식물성 대체식품이 맞닥뜨린 기술적 도전 검토</li> <li>• 대체식품과 관련된 물질과 공정과 같은 현재의 기술적 수준 평가</li> <li>• 식물성 대체식품은 수분을 포함하는 능력이 부족하여 첨가물을 추가해도 조리 시 마른 식감을 가진다는 단점이 있음</li> <li>• 화합물을 첨가함으로써 독특한 향이 나는 단점이 존재, 또한 다양한 첨가물들과 함께 가열하는 방식이 건강에 유해할 수 있기 때문에 이를 해결할 수 있는 기술 보완이 필요함</li> <li>• 대체식품의 대부분이 고기와 비교하며 상대적으로 영양 구성이 불균형적임</li> </ul>
4	Impact of plant-based meat alternatives on cattle inventories and greenhouse gas emissions	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식물성 대체식품이 온실가스 배출에 주는 영향을 분석</li> <li>• 식물성 대체식품 소비가 10% 증가할 때마다 미국 쇠고기 생산이 0.15% 영향을 받음</li> </ul>
5	Flavor challenges in extruded plant-based meat alternatives	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• '맛'은 식물성 대체식품이 시장성을 갖기 위한 중요한 요소</li> <li>• 대체식품의 시장 점유율이 낮은 이유는 기존 고기와 비교해 식감, 향미 등이 떨어지기 때문</li> <li>• 식물성 대체식품에서 나는 독특한 향미를 구성하는 화합물 생성 메커니즘 파악</li> <li>• 식물성 대체식품의 향미 문제를 해결하기 위한 기술적 전략 제안</li> </ul>

구분	연구명	수행연도	요약
6	대체식품 생산기술	2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대체식품 가공기술, 영양 및 기능적 특성을 비롯해 대체식품과 동물복지, 균형 있는 육류 소비 관점에서 대체식품의 현황과 미래에 대해 논의</li> <li>• 현재 배양육을 포함한 대체식품이 기존의 육류 섭취 방식을 완벽하게 변화시킬 수 있는지에 대한 의문 제기</li> <li>• 축산 방식도 현재보다 친환경적인 방법으로 개선</li> </ul>
7	압출성형공정을 이용한 대체식품 제조의 특성과 전망	2021	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 식물성 대체식품의 보완점을 개선, 이를 개선하기 위해 압출성형 공정을 이용한 대체식품의 제조 특성과 전망 고찰</li> <li>• 압출성형 기법을 이용해 식감, 맛, 육즙과 같은 소비자의 관능적 기호를 맞추기 위한 노력 수행</li> </ul>

[표 5] 배양육에 대한 국내외 연구(최신연구 우선 소개)

구분	연구명	수행연도	요약
1	식품위생법상 배양육 관리 방안제	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>배양육을 비롯한 대체식품에 대한 규정이 미흡한 이유로 향후 대체식품 생산업체와 축산업계 간 갈등이 생길 가능성이 큼</li> <li>현행 식품위생법에서 배양육에 대한 정의를 기존의 육류와 다르게 분류하여 신설할 것을 제안</li> </ul>
2	소비자의 혁신 식품 인식에 대한 탐색적 연구 : 배양육을 중심으로	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>배양육 기술과 같은 식품 분야의 혁신적 기술은 사회적 수용이 더디기 때문에 소비자학 관점에서 연구할 필요가 있음</li> <li>한국에서 배양육 관련 온라인 뉴스의 댓글을 수집해 토픽 모델링과 내용 분석</li> <li>살생하지 않아도 됨은 동물복지 측면이나 환경오염, 식량난 해결과 같은 측면에서는 배양육이 긍정적으로 평가됨</li> <li>부정적 의견으로는 배양육이 비자연적이며 자연의 섭리를 거스른다고거나, 불확실성과 연관된 건강에 미칠 영향, 감각적 비호감, 시장에 대한 불신 등을 확인할 수 있었음</li> </ul>
3	Commercialization of cultured meat products	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>배양육의 상용화 현황 분석</li> <li>식물 기반의 대체식품 성장이 배양육 개발을 무의미하게 만들 수 있는 가능성 존재 지적</li> <li>대량생산을 위한 배양육 공정의 한계 지적</li> <li>그 외 풍미나 경제성 측면에서 배양육이 기존 육류 시장을 대체하기 어렵다는 평가</li> </ul>

구분	연구명	수행연도	요약
4	Plant-based meat alternatives : Compositional analysis, current development and challenges	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 아직 초기 단계에 머물러 있는 식물성 대체식품이 맞닥뜨린 기술적 도전 검토</li> <li>• 대체식품과 관련된 물질과 공정과 같은 현재의 기술적 수준 평가</li> <li>• 식물성 대체식품은 수분을 포함하는 능력이 부족하여 첨가물을 추가해도 조리 시 마른 식감을 가진다는 단점이 있음</li> <li>• 화합물을 첨가함으로써 독특한 향이 나는 단점이 존재, 또한 다양한 첨가물과 함께 가열하는 방식이 건강에 유해할 수 있기 때문에 이를 해결할 수 있는 기술 보완이 필요함</li> <li>• 대체식품의 대부분이 고기와 비교하며 상대적으로 영양 구성이 불균형적임</li> </ul>
5	Review of technology and materials for the development of cultured meat	2022	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배양육 생산에 필요한 물질(항생제, 소화효소, 염기성 배지, 형철 등) 검토</li> <li>• 3D 프린팅 기술의 적용으로 육류에 가까운 형태로 발전한 배양육 기술</li> <li>• 그러나 여전히 시장에서 경쟁력을 갖추기 위한 생산비용 절감에는 한계가 있음</li> <li>• 또한 배양육 결과물이 아직 음식 재료로서 적합하지 못하다는 평가가 지배적</li> </ul>

## ○ 대체식품에 대한 국내외 소비자들의 인식 현황

2017년 미국 소비자를 대상으로 한 조사에서 대체식품에 대한 관심 및 구입 이유로 75%가 건강, 31%가 환경보호, 23%가 동물복지를 꼽았다(출처: Elaine Watson, 2018“Plant-based' Plays way better than 'Vegan' With most Consumers”).

[표 6] 식품 혁신의 소비자 인식 관련 선행연구 정리

연구	긍정적 인식	부정적 인식
Tucker(2014)	동물복지 증진; 단백질의 생산성 증가	감각적 비호감; 비자연성 인지; 건강에 대한 우려
Verbeke et al. (2015)	환경오염 감소; 식량난 해결	건강 & 안전에 대한 우려; 사회경제적 부작용; 기술발전에 대한 우려; 위험통제
Hocquette et al. (2016)	환경오염 감소; 동물복지 증진 : 건강 증진	비자연성 인지; 가격; 건강에 대한 우려; 감각적 비호감; 환경오염 감소 미지
Laestadius & Caldwell(2015)	동물복지 증진; 환경오염 감소; 식량난 해결	가격; 건강에 대한 우려; 영양성 부족; 감각적 비호감; 비자연성 인지; 사회부작용; 불신; 윤리적 문제(인육)
O'Keefe et al. (2016)	지속가능성 증진 : 동물복지 증진	안전 & 영양에 대한 우려
Wilks & Phillips (2017)	종교, 환경	감각적 비호감; 윤리적 우려; 가격; 경제적 영향
Bryant & Barnett (2018)	동물복지 증진; 환경오염 감소; 식량난 해결 : 유행	비자연성 인지; 안전에 대한 우려; 비건강성; 가격; 감각적 비호감
Weinrich et al. (2020)	동물복지 증진; 자연에 덜 무례; 환경오염 감소; 지구적확산 최적화 (기아문제 : 지구온난화; 합리적 가격)	비자연성 인지; 감각적 비호감

\* 출처 : 이화옥, 소비자의 혁신식품 인식에 대한 탐색적 연구 - 배양육을 중심으로, 2022

2020년 국내 소비자들은 건강상 이유, 환경, 동물보호 순서로 대체식품을 선호하는 것으로 그 이유를 제시했다(김선영, 2022). 채식을 많이 할수록 대체식품에 대한 인지도가 높았고, 또한 윤리적 소비와 동물복지에 관심이 높은 소비자일수록 향후 대체식품 소비를 추구할 의향이 높았다. 저연령층에서 상대적으로 새로운 식품에 대한 적극적인 성향을 보였다.

[표 7] 대체(축산) 식품 소비를 현재보다 증대하려는 이유

(단위 : %)

구분		사례수 (명)	건강 증진을 위해	비위생 적인 사육· 도축 환경 때문에	윤리성 또는 동물복 지 문 제 때 문에	자원· 에너지 절약과 환경 보호를 위해	가족 중에 채식주 의자가 있어서	기타
전체		(495)	34.1	14.9	20.4	25.3	1.6	3.6
채식주 의자 여부	채식주 의자	(26)	50.0	7.7	26.9	15.4	0.0	0.0
	준채식 주의자	(150)	38.0	18.7	20.0	15.3	4.0	4.0
	비채식 주의자	(319)	31.0	13.8	20.1	30.7	0.6	3.8

주) 소비자 1,000명 중 대체식품의 향후 소비 의향을 현재보다 증대(4점), 현재보다 크게 증대(5점) 하겠다고 응답한 495명을 대상으로 조사한 결과임

자료 : 소비자(1,000명) 대상 설문조사(2019. 9. 16 ~ 10. 4)

\* 출처 : 박미성·박시현·이용선, 2020

한편, 대체식품을 경험한 소비자 중 불만을 표시한 이들은 그 이유로 맛과 식감 및 향과 같은 감각 평가에 대한 요소를 꼽았다(한국농수산식품유통공사,

2020). 그러나 대체식품을 먹어본 경험이 있는 집단이 상대적으로 해당 식품에 긍정적 인식을 나타낸다는 점도 유의할 점이다(소비자공익네트워크, 2021).

## ○ 한우가치 재규명을 위한 대체식품 및 배양육 산업 개선 방안 제안

대체식품을 둘러싼 식품의 용어 정립이 시급하다. 대체식품 및 배양육과 축산업을 둘러싼 오해를 정리하고 홍보를 통해 소비자 대상으로 올바른 정보 제공이 필요하다.

# III

## 후속연구 제안

### 1. 분야별 후속연구

#### 1) 배양육 및 수입육 대비 한우의 우수성 연구

##### ○ 배양육 대비 한우고기 우수성 연구

세계인구는 지속적으로 증가하고 있으며 2067년에 100억 명이 넘을 것으로 예측되며 (Britt 등, 2018) 인구 증가에 따라 전 세계 육류 공급 대안으로 세포 배양육이 부상하고 있다. 배양육은 전통적인 식육생산 방식과 다른 세포공학 기술로 만들어지는 단백질 공급원으로 채식주의자들에게도 동물성 영양소를 줄 수 있을 것으로도 기대되며, 환경적으로 생산하는 데 제약사항이 많지 않기 때문에 다양한 산업분야에서 활용할 수 있는 발전 가능성이 높은 산업으로 유망하다.



대체식품 사진

\* 출처 : Discovery Magazine

대체 단백질 식품의 시장 규모는 2018년 96.2억 달러로 2025년까지 연평균 9.5%의 성장을 이룰 것으로 전망하였으며 식물단백질 기반 제품 시장이 전체 시장규모의 87.2%로 가장 많으며 연평균 성장률은 곤충단백질 기반 제품 (22.7%)과 배양육(19.5%)이 증가하는 추세이다(박미성 등, 2020).

국내 대체식품 기술 수준은 해외에 비해 4~5년 늦은 것으로 평가되고 있으며 우리나라에서는 한정적인 단백질 소재를 사용하고 있으며 실제 육류의 조직감·맛·풍미 등 육류의 특성을 모방한 제품까지의 기술 수준은 미흡한 상황이다. 소비자 1,000명을 대상으로 진행한 설문조사에서 윤리적 소비와 동물복지에

대한 관심도가 많을수록 향후 대체식품의 소비를 증대하고자 하는 의향이 높은 것으로 나타났다(박미성 등 2019).

현실적인 환경에 대한 경각심과 동물복지에 대한 소비자의 인식으로 향후 대체식품 시장은 지속적으로 성장할 것으로 예상되나, 현재까지 국내에서 배양육 대비 한우육의 경쟁력을 확보할 수 있는 연구는 전무한 상황이다. 단기적인 측면에서 배양육이 한우산업에 큰 영향을 미치지 못할 것으로 보이나, 향후 생명과학 기술 발전과 대단위 생산장치 개발로 경쟁력을 갖춘다면 한우산업을 위협할 가능성은 충분할 것으로 예측된다.

장기적 관점에서 배양육이 경쟁력을 확보하기 이전에 철저한 준비를 통해 배양육 대비 한우육의 경쟁력을 확보할 수 있는 기초 연구를 수행하는 것이 중요할 것으로 판단된다.

## ○ 수입육 대비 한우고기 우수성 연구

한-미 FTA(2012년 3월) 및 한-호주 (2014년 12월) FTA 발효에 따른 수입 축산물의 가격 경쟁력이 높아지며 쇠고기 수입량은 2013년 256.6천 톤이던 수입량이 2021년 452.8천 톤으로 증가했다(한국육류유통수출협회, 통계자료). 정경수 외 (2018)에서 우리나라 정부에서 한우고기의 수입육과의 품질 차별화를 위하여 한우고기의 육질(마블링)을 향상시키는 것을 우선 정책으로 수립하고 지속적인 노력을 진행하고 있다고 분석했다.

이에 한우의 개량, 사양관리 기술의 선진화 등 생산기술이 향상되어 2021년 기준 한우 육질 1등급 이상 출현율은 74.9%, 도체중량은 413.8kg으로(2021 축산물등급판정 통계연보) 해마다 한우의 고급육 생산 진척이 상당수 이루어졌다.

매년 2.6%씩 인하되는 관세로 인하여 미국산 쇠고기 수입은 급속도로 잠식될 우려가 있으며 관세율이 2022년 10.6%에서 2026년에 0%가 되면 미국산 쇠고기 수입량은 큰 폭으로 증가하여 쇠고기 자급률은 지금보다 더 떨어질 우려가 있다.

한우자조금에서 다양한 부문에 있어 한우고기의 건강기능성 입증을 위한 연구들은 다수 진행된 바 있으나, 수입 쇠고기 대비하여 한우의 영양학적으로 강점인 성분을 발굴하는 연구는 다소 부족한 상황이다. 추후 수입산 쇠고기의 무관세 유입에 따른 한우고기의 입지 확보를 위해서라도 수입 쇠고기에 대비하여 한우고기에 많이 함유되어 있는 건강기능 성분들에 대한 추가적인 연구 수행을 통하여 과학적이고 객관적인 한우의 건강 기능성 입증이 필요하다.

## 2) 마블링 논란 관련 연구

### ○ 소비자 지향적 적정 마블링 수준 도출

FTA 체결에 따라 국내에 수입육 유입 증가에 따라 근내지방(마블링)이 높은 고급육 생산 위주의 사양 방식을 한우에 접목하여 품질 차별화를 이루고 있다. 소고기 내 높은 포화지방으로 인해 심장병과 대장암의 발병 확률이 높아질 수 있다는 연구 결과(Cross 등 1973)에 따라 소고기 섭취는 건강에 이롭지 못하다는 인식이 소비자들에게 높아지고 있다.

신정섭(2020)은 2012년과 2019년 농촌진흥청에서 진행한 '소비자의 축산물 소비패턴 및 니즈' 조사 결과를 분석했을 때 모든 연령대와 소득계층의 소비자에서 소고기의 근내지방이 증가할수록 건강에 해롭다고 인식한다고 했다. 웰빙

열풍에 의한 소비자 선호도의 변화에 따라 기존 육질 등급으로 시작된 소고기 등급판정제도 또한 2019년에 마블링(근내지방도) 기준을 완화하고 육색, 조직감 등의 평가 기준을 강화하는 방향으로 변경하도록 개정되었다.

향후 근내지방도 관련 개선방향에 대한 소비자 응답 결과에서도 마블링 섬세도(42.3%), 마블링 함량 감소(28.5%), 마블링 함량 증가(24.2%) 순으로 나타나 마블링 함량의 증가와 감소 의견 모두 소비자의 요구가 있는 것으로 조사되었다(농식품 소비자 패널 설문조사). 소비자의 마블링 수요 추세 변화와 마블링에 대한 다양한 의견으로 적정 수준의 마블링을 도출하고자 하는 연구가 수행될 필요가 있으나, 현재까지는 이렇다 할 연구가 진행되지 않은 실정이다.

한우자조금에서 수행한 연구에서도 지방과 건강기능성 규명을 위한 연구들이 주로 수행되었으나, 정작 소비자 추세를 반영한 한우의 적정 마블링 수준 도출을 위한 연구는 진행되지 않았다. 한우자조금에서 마블링에 대한 소비자 선호 조사 및 수요 조사를 진행하고 본 자료를 토대로 최적의 마블링 형성을 위한 기술연구를 위한 참조용 연구자료 제작을 수행할 필요가 있다.

### **3) 저탄고지 식단에 있어 한우의 인식평가 연구**

#### **○ 저탄고지 한우 연구**

국내 언론과 미디어를 통해 탄수화물을 제한하고 고지방 음식을 제한 없이 섭취하는 이른바 '저탄수화물-고지방식'이 체중감량에 효과적이라는 내용이 소개되며 소비자들의 관심이 높아지고 있다(오현우 외 2017). 1865년 William Banting이 설탕과 탄수화물 섭취를 제한한 저탄수화물 식단을 처음

제안한 이래로(Banting W, 1865) 1900년대 Osler의 교과서에 수록되었으며, 유럽 전역에서 선호되던 비만 치료법의 하나였다(Osler W, 1978).

다수의 선행연구에서 저탄수화물 식이요법이 다른 식이요법에 비해 체중감소에 효과적이었다는 연구가 보고되어 있다(Nordmann AJ 등 2006). 소고기 지방과 콜레스테롤이 암, 심장병 및 비만과 관련이 있다는 보고도 있으나(Micha 등, 2010; Pan 등, 2012) 해당 연구에는 몇 가지 방법론적인 문제가 있음이 지적되고 있다.

소고기 적당량 섭취는 장기적인 건강에 긍정적인 효과가 있다고 보고한 연구도 존재하며(McAfee 등, 2010) 소고기 내 주요 지방산 중 올레인산은 LDL-콜레스테롤을 감소시키고 HDL-콜레스테롤은 증가시킨다는 연구도 보고되어(Grundy 등, 1988) 소고기 지방이 건강에 유해하다는 편중된 의견에 대해서는 논란이 있다.

주선태 외(2017)는 한우고기의 지방산 구성에 있어 인체의 건강에 유익하다고 알려진 올레인산, 단가불포화지방산의 함량이 수입쇠고기 대비하여 높은 것으로 보고하였으며, 임상실험에 있어도 한우고기를 섭취했을 때 콜레스테롤 개선 효과가 있는 것으로 보고하여 혈관건강에 도움을 줄 수 있는 것으로 보고하였다.

한우고기 내 지방이 건강에 유해하다는 논란을 잠재우기 위한 연구들은 지속적으로 수행되었으나, 매년 마블링이 건강에 해롭다는 인식이 높아 한우고기의 지방이 인체에 미치는 건강기능성 입증에 위한 추가적인 임상 연구는 수행되어야 할 필요가 있다.

저탄고지 식단에 대한 높은 소비자 관심에 맞춰 한우육 내 함유된 지방이 인체 건강에 미치는 영향을 평가하는 임상연구들을 추가적으로 수행하여

건강기능성을 입증하고 저탄고지 식단에 있어 한우육을 활용할 수 있는 점을 홍보하는 것이 요구된다.

## 4) 한우산업 스마트팜 활성화 연구

### ○ 한우산업 스마트팜

권경석(2017)은 축산스마트팜은 ICT 기술 및 자동화된 설비를 이용하여 사람 없이 원격으로 가축의 성장과 생육 환경을 진단하고 적정 수준으로 축사를 유지하고 관리할 수 있는 농장 시스템의 구축을 의미한다고 보고했다. 전체 축산농가에서 65세 이상의 경영주가 차지하는 비율이 2005년 43.2%에서 2019년에는 62.0%로 18.8%가 증가하였으며, 같은 기간 축산농가 경영주의 고령화 비율은 25.2%에서 43.6%로 18.4%가 증가하였다(통계청).

한·육우 산업에 있어서 '05년' 이후 쇠고기의 수요 증가 및 가격 상승에 따라서 한우 사육 농가는 점점 규모화·전업화가 이루어짐에 따라 농가 수는 점점 줄어드는 반면, 100마리 이상 사육하는 농가수는 연평균 12.7% 증가하였다. 국내 한우산업은 규모화와 대형화의 형태로 변모하고 있으나 2019년 기준으로 한우 농가의 60.6%는 60~70대가 경영하고 있어 고령화 현상은 점차 심해질 예정이다(농협축산경제 한우국, 2019).

(단위: 천 마리, 가구, %p)



[그림 6] 국내 축산농가 수 및 65세 이상 경영주 분포 현황자료

\* 출처 : 통계청 「농림어업조사」 국가통계포털(KOSIS, <http://kosis.kr>)

이러한 문제를 해결하기 위해 ICT 기술 및 자동화 설비를 도입한 스마트팜을 축산분야에 적용하여 노동력 감소 문제를 해결하고자 하는 추세가 늘어나고 있다. 농업 분야에 있어 스마트팜 도입으로 생산량(27.9%)과 1인당 생산량(40.4%)이 증가하였으며, 고용노동비(15.9%)와 질병 및 병해충 피해(53.7%)만큼 수치가 감소하였다.

국내 축산분야 스마트팜 보급률은 타 농업에 비해 낮은 수준으로 조사되었으며 축산업 내에서도 한우·젖소 분야의 스마트팜 보급률을 전체 두수의 0.02%로 다른 축종에 비해서도 낮은 것으로 조사되었다.

[표 8] 축산부문 스마트팜 비중 현황

(단위 : 마리)

축종	전체두수	스마트축산 두수	스마트축산 비중 (%)
한우	10,835,791	2,571	0.02
젖소	1,671,856	389	0.02
돼지	40,508,863	365,927	0.9

\* 출처 : 농림축산식품부, 2016

한우산업의 스마트팜 활성도는 낮은 편으로 조사되었으나 경영주의 고령화에 대비하여 미래 한우산업의 경쟁력 활성화를 위해서 스마트팜 도입은 필연적으로 이루어져야 할 필요가 있다. 한우자조금위원회에서 진행한 조사연구사업의 경우 현재까지 한우산업의 스마트팜 활성화를 위한 연구는 수행된 전례가 없기에 스마트팜 활성화 연구를 강화하여 미래 한우산업의 경쟁력 강화를 이루어야 한다고 판단된다.

## 5) 동물복지 논란 관련 연구

### ○ 저스트레스 한우생산 연구

최근 소비자 트렌드는 축산물의 맛과 가격을 넘어 건강한 축산물을 소비하고자 하며, 건강하게 사육되는 과정에서 행복감을 느낀 축산물에 대한 관심이 점점 높아지고 있다(농림축산식품부, 2021). 2010년 기혼 여성 500명을 대상으로 동물복지형 축산물에 대한 인지도를 조사한 결과에서 조사 대상의 78%가 동물복지형 축산물을 향후 구매할 의사가 있다고 응답하였으며, 구매 이유로는

'자연적으로 기른 축산물의 건강기능성 이점'(52.1%), '스트레스를 적게 받아 맛이 더 좋다'(6.2%)는 응답 의견을 통해 소비자는 건강 및 안전성의 이유로 더욱 중요하게 고려하는 것으로 나타났다(우병준, 2001).

동물복지의 경우 가축에 쾌적한 사육환경을 제공하고 스트레스와 불필요한 고통을 최소화시켜 동물의 스트레스로 인한 면역력 저하, 질병 발생, 축산물 품질 저하 등의 문제를 해결하기 위해 고려해야 할 사항이다(나인지, 2014). 현재까지는 동물복지 축산물에 대하여 소비자들이 신뢰할 수 있을 만한 과학적이고 객관적인 고기 내 스트레스 지표에 대한 마커는 발굴되지 않은 상태이다.

특히, FTA 체결로 인하여 수입 쇠고기와의 경쟁력 강화를 위해 우리 한우는 고급육 생산을 방향으로 정책을 수행하였으며 연구 역시 고급육 생산을 위한 사양기술 개발이 주를 이루었다. 수입육과 한우를 비교하였을 때 사육환경에 있어 수입 쇠고기에 비해 우수한 동물복지 시설 및 관리가 가능하다는 장점이 있어 특히 한우의 동물복지 우수성을 강조하는 것이 필요하다.

쇠고기 주요 수입국인 미국, 멕시코, 호주, 남아메리카 등은 넓은 토지로 인하여 지붕이 없는 비육장(feedlot) 사양방식을 택하여 육우의 생산이 이루어지며, 지붕이 없는 특성상 직사광선을 직접적으로 받을 수 있어 고온 스트레스에 취약한 사육 형태이다.

Grandin(2017)의 선행연구에서는 비육장 사양방식은 분뇨처리 미흡으로 인한 불청결한 사육환경문제, 그늘이 없어 직사광선에 취약한 사육형태, 밀집사육으로 인한 공장식 축산을 유지하고 있어 동물복지 문제가 거론된 바 있다. 반면, 한우 사양시스템의 경우 지붕을 갖춘 사육시설로 더위와 추위를 피할 수 있는 장점과 적은 규모로 사육된다는 점에서 해외 비육장 사양시스템에 비하여 동물복지 측면에서 우수한 장점이 있다. 특히 온실가스 발생으로 인한 지구온난

화는 점차 심각해지고 있으며 이로 인한 기후변화가 발생하여 폭염 발생 일수를 증가시키고 있다.

일반적인 여름철 외기 환경에 사육되는 경우 직사광선, 대기온도, 상대습도 등이 더해져 가축의 열 부담을 증가시켜 생산성 저하를 이끌어낼 수 있는 것으로 조사되었으며, 동물의 복지 역시 감소시켜 심하게는 폐사에 이를 수 있는 것으로 보고되고 있다(Mader 등 1997).



비육장(Feedlot) 사양방식

일반적인 한우 사양방식

[그림 7] 해외 비육장과 한국의 일반적인 한우의 사양방식 비교

이러한 측면을 고려하였을 때 한우는 한국 고유종이라는 특성을 넘어 수입육 대비 동물복지에 있어서도 우위를 가져갈 수 있기에 이를 확인할 수 있는 객관적인 동물복지 지표의 발굴은 수입육 대비 한우를 더욱 차별화시킬 수 있는 전략으로 판단된다.

추후, 한우자조금에서 저스트레스 한우를 위한 스트레스 지표 발굴 및 마커

개발 연구를 진행한다면 한국 고유의 종인 한우라는 장점을 넘어 동물복지가 보장된 축산물을 인증하여 고품질 축산물로의 인증이 가능할 것으로 예상된다.

## 6) 한우산업의 분뇨·메탄 저감 연구

### ○ 친환경 한우산업

우리나라 축산업은 생산성 향상 및 비용절감 등의 방법을 통해 지속적으로 성장해 왔으며, 축산업의 성장으로 인하여 농업생산액 중 축산업 비중은 2010년 38.2%에서 2019년 39.8%로 증가하였다. 국민들의 경제 성장에 따른 육류소비 가 증가하여 우리나라 축산업은 빠르게 전업화와 대규모화로 변화하고 있으며 이 과정에서 밀집사육에 따른 가축질병이 빈발하고 있으며 수질 및 토양오염, 악취 발생의 문제들이 발생하고 있다.

축산악취 민원의 경우도 2014년 2,838건에서 2019년 12,631건으로 많이 증가하였으며, 전체 악취 민원에서 축산업이 차지하는 비중이 19.2%에서 30.9%로 증가하였다(환경부, 환경통계포털).

이외에도 축산부문에서 발생하는 온실가스 역시 축산업 성장의 제약요인이 되고 있으며 지구온난화의 주요 원인이 되는 온실가스로 이산화탄소, 메탄, 아산화질소 등이 있는데 축산부문 장내 발효와 가축분뇨의 처리에 따라 발생하는 메탄과 아산화질소는 문제로 작용하고 있다. '국가 온실가스 인벤토리 보고서'에 따르면 농업 분야의 2019년 온실가스 배출량은 국가 총배출량의 3.0%를 차지한 21.0백만 톤으로 1990년 대비 0.03% 감소하였다(환경부, 기후변화홍보포털).

농업 분야 온실가스 배출량을 세부적으로 살펴보면 장내발효가 '18년' 4.5백만 톤에서 '19년' 4.6백만 톤 가량으로 증가하였으며 농업분야 온실가스 배출량의 21.9%를 차지하고 있다.

[표 9] (1990~2019년) 농업 분야 온실가스 배출량

(단위: 백만톤 CO<sub>2</sub>eq., %)

항목	1990	2000	2010	2017	2018	2019
농업 분야 총 온실가스 발생량	21.0	21.4	22.1	21.0	21.1	21.0
A. 장내발효	3.0 (14.3%)	3.4 (16.2%)	4.3 (20.5%)	4.4 (20.1%)	4.5 (21.4%)	4.6 (21.9%)
B. 가축분뇨처리	2.8 (13.3%)	3.9 (18.6%)	4.8 (22.9%)	4.7 (22.4%)	4.9 (23.3%)	4.9 (23.3%)
C. 벼재배	10.5	8.9	7.8	6.5	6.3	5.9
D. 농경지토양	4.6	5.2	5.2	5.3	5.5	5.5
E. 작물잔사소각	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02

\* 출처 : 환경부, 국가 온실가스 인벤토리(1990-2019)

축산분야 총 온실가스 배출량은 농업분야 온실가스 배출량의 44.3%를 차지하여 지구온난화에 기여하고 있으며, 가축 분뇨 발생량 증가로 인한 토양의 양분 과잉이 문제가 되고 있다. 축산업에서 야기되는 환경문제로 인해 축산업 규제강화는 이어지고 있으며 지속가능한 발전을 위해서 환경과 조화로운 축산으로의 전환은 반드시 요구되므로 추후 분뇨저감·저탄소 한우를 위한 기초 연구를 수행해야 할 필요가 있다.

## 2. 세부 연구과제별 추진내용

[표 10] 연구 필요분야 분석

전략 목표 (Mission)	과제 (Target)	이슈/문제 (Issues/Problems)	추진내용 (Actions)	기간
깨끗한 한우 (Clean)	온실가스 기후 변화	온난화의 주범 축산 - 온실가스 배출량	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 정부 연구비가 많이 투입되고 있기 때문에 한우자조금관리위원회(자조금)에서 특정연구를 할 필요는 없음(중복성 또는 특혜 우려)</li> <li>- 자조금 외 지원 과제 정리</li> <li>▶ 한우자조금관리위원회(자조금)에서 정리하여 발표할 필요는 없음</li> <li>- 자조금 지원 과제 정리</li> </ul>	-
	미세먼지	봄철 농번기 기간 중 농업 지역 미세먼지 발생 농도 증가 - 반복적 미디어 노출 및 정책부서 자료 등장	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 한우퇴비 토양 시용에 따른 암모니아 발생 영향 분석</li> <li>- 요소비료 시용과 한우퇴비와의 관계 분석</li> <li>- 암모니아 발생 억제 기술 및 방법</li> <li>- 농업지역 미세먼지 발생 기작 및 기타 미세먼지 발생원(중국, 차량 등) 정리/연구</li> <li>- 축산 유래 암모니아와 미세먼지에 대한 자료가 나오게 된 이유(연구결과, 미디어, 설문조사 등) 분석</li> </ul>	2년
	약취	축산농가 주변 민원 발생	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 정부 연구비가 많이 투입되고 있기 때문에, 한우자조금관리위원회(자조금)에서 특정연구를 할 필요는 없음(중복성 또는 특혜 우려)</li> <li>- 자조금 외 지원 과제 정리</li> <li>▶ 한우자조금관리위원회(자조금)에서 정리하여 발표할 필요는 없음</li> <li>- 자조금 지원 과제 정리</li> </ul>	-

전략 목표 (Mission)	과제 (Target)	이슈/문제 (Issues/Problems)	추진내용 (Actions)	기간
	분노 처리	악취 및 양분 총량 과 연결되어 분노처 리문제가 지속 제기 됨	<p>▶정부 연구비가 많이 투입되고 있기 때문에, 한우자조금관리위원회(자조금)에서 특정연구 를 할 필요는 없음(중복성 또는 특혜 우려)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자조금 외 지원 과제 정리</li> </ul> <p>▶한우자조금관리위원회(자조금)에서 정리하 여 발표할 필요는 없음</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 자조금 지원 과제 정리</li> <li>- 올해 농식품부의 분노처리 시스템 전수 조사 통계를 보고 차후 대응 방향 결정</li> </ul>	-
앞으 로도 한우 (Contin uous)	축산 경영	정부예산 투입되나 그 효과에 대한 의 문이 제기됨 - 한우 후계농 - 인구감소와 한우 산업 - 축산경영지원 방 법(직불금 등)	<p>▶정부 정책성 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되므로 연구 제외</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요하다면, 자조금 및 자조금 외 지원 과제 정리한 후 그 결과를 보고 차후 대응 방향 결정</li> </ul>	-
	유통	유통 단순화를 통한 소비자 가격 인하 의견 지속 제기됨 - 유통단계 단순화	<p>▶정부 정책성 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되므로 연구 제외</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요하다면, 자조금 및 자조금 외 지원 과제 정리한 후 그 결과를 보고 차후 대응 방향 결정</li> </ul>	-
	안전	안전 관련 뉴스 지 속 발생 - 종사자 안전 - 외국인 노동자 관리 - 식품 안전	<p>▶정부 정책성 연구가 진행되어야 할 것으로 판단되므로 연구 제외</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 필요하다면, 자조금 및 자조금 외 지원 과제 정리한 후 그 결과를 보고 차후 대응 방향 결정</li> </ul>	-

전략 목표 (Mission)	과제 (Target)	이슈/문제 (Issues/Problems)	추진내용 (Actions)	기간
	대체 식품	동물복지, 친환경 이슈와 함께 동물성 식품 대체재에 대한 발생 - 대체식품, 배양 육	▶대체식품/배양육의 생산과정 및 그 장·단점 비교 - 기존 한우 식품 생산과정과의 차이점 (안전성, 기술적 성숙도, 자원이용, 불확실성 등) 비교 - 소비자 단체와 함께 정리된 자료의 홍보방안 마련 및 홍보(shorts, factsheet 등 짧은 자료도 생성 필요)	2년
앞으 로도 한우 (Contin uous)	복지	동물복지 시설 및 정책	▶한우 시설 등과 관련한 정책적 방향은 국가과 제로 진행하므로 자조금 연구 제외	-
		동물 철학	▶동물권과 동물복지 차이에 대한 소비자의 구 분/인식 효율화 연구 - 동물권과 동물복지의 차이점 교육 방안 - 소비자 단체와 함께 정리된 자료의 홍보방안 마련 및 홍보(shorts, factsheet 등 짧은 자료도 생성 필요)	1년
		동물매개 치료의 가 능성에 대한 미디어 노출 - 사람들이 왜 소 를 꺼안고 있지?	▶팜 스테이(farm stay), 한우이용 교감치료 가 능성 연구 - 해외 팜 스테이, 동물 이용 교감치료 방법 조사 - 조사된 방법의 한국 적용 가능성 평가 및 그 방안 적용 후 결과 분석 - 소비자단체와 함께 정리된 자료의 홍보방안 마련 및 홍보(shorts, factsheet 등 짧은 자료도 생성 필요)	2년

전략 목표 (Mission)	과제 (Target)	이슈/문제 (Issues/Problems)	추진내용 (Actions)	기간
	안티 축산	축산이 많은 자원을 비효율적으로 사용 하고 있다는 주장 증가	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 안티축산의 발생 원인 및 그 대응방안 조사</li> <li>- 안티축산의 역사(시대별 활동/주제/참여그룹 변화 분석)</li> <li>- 안티축산의 순기능 및 역기능 조사</li> <li>- 우리나라 소비자들의 축산에 대한 인식 생성 과정에 대한 조사 및 향후 인식개선 방향/방법 연구</li> <li>- 소비자단체와 함께 정리된 자료의 홍보방안 마련 및 홍보(shorts, factsheet 등 짧은 자료도 생성 필요)</li> </ul>	2년
		한우식품은 만병의 근원	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 한우식품을 이용한 올바른 식생활 개선</li> <li>- 축산 분야 외 전문가가 바라보는 한우(의학자, 영양학자 등)</li> <li>- 올바른 정보의 올바른 전달 방법</li> <li>- 소비자와 함께하는 한우 식품을 이용한 올바른 식생활</li> </ul>	3년
순환 바이 오경 제의 주춧 돌 한 우 (Circular)	식량 안보	우리나라 자급률이 떨어지고 있음	▶ 정책적 결정사항이기 때문에 자조금 연구 제외	-
		한우가 많은 사료를 소비하고 있음	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 식량자원으로서의 한우 위치 (홍보만화 제작)</li> <li>- 인간 소화 불가능 바이오매스(풀자원 등)를 소화할 수 있는 고급식품으로 변화 과정</li> <li>- FAO 등에서 바라보는 축산의 식량적 가치</li> <li>- 생물 다양성을 높이는 한우</li> </ul>	1년

전략 목표 (Mission)	과제 (Target)	이슈/문제 (Issues/Problems)	추진내용 (Actions)	기간
	영양	한우의 영양적 가치에 대해 미디어에 자주 나오고 있으나 총괄적 자료 없음	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 한우 산물의 영양학적 이점(review)</li> <li>- 기존 한우의 영양학적 이점에 대한 자료 정리</li> <li>- 소비자 단체와 함께 정리된 자료의 홍보방안 마련 및 홍보(shorts, factsheet 등 짧은 자료도 생성 필요)</li> </ul>	1년
	자원	한우는 고기가 주된 산물이라는 인식 팽배	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ '순환바이오경제'에서 한우의 가치 재규명</li> <li>- (에너지화) 소각, biogas, syngas, 바이오에탄올 등 생산 가능성</li> <li>- (원자재) 산업 자원으로서의 한우 재규명</li> <li>- (치유) 동물매개치료, 조용한 휴가, etc</li> </ul>	3년
	ESG	한우산업의 ESG는 명함, 빨대 바꾸기	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 한우산업에 접목가능한 ESG 연구</li> <li>- 해외 축산의 EGS 관련 활동 조사</li> <li>- 한우산업의 목적성(생산물) 등과 관련한 ESG 방법론</li> </ul>	1년

- \* 본 연구는 현안 대응을 위한 긴급 연구보다는 아래에 대한 종합적 연구 수행
- 현재까지의 한우산업을 되돌아보고 그간의 성과를 정리/집대성
  - 미래한우 산업에 닥칠 위기를 피하고 기회에 대응하기 위한 기본 자료 생성

## ■ 참고문헌

- Agrawal, Sutapa, et al. "Type of vegetarian diet, obesity and diabetes in adult Indian population." *Nutrition journal* 13.1 (2014): 1-18.
- Al-Shaar, Laila, et al. "Red meat intake and risk of coronary heart disease among US men: prospective cohort study." *bmj* 371 (2020).
- Audsley, Eric, and Mike Wilkinson. "What is the potential for reducing national greenhouse gas emissions from crop and livestock production systems?." *Journal of Cleaner production* 73 (2014):263- 268.
- Balthazard-Accou, Ketty, et al. "Pollution of water resources and environmental impacts in urban areas of developing countries: case of the City of Les Cayes (Haiti)." *Environ Health Manag Prev Pract*(2020).
- Banting W. *Letter on corpulence addressed to the public*. 3rd ed. San Francisco: A. Roman & Co.,(1865):1-64.
- Barnard, Neal, Susan Levin, and Caroline Trapp. "Meat consumption as a risk factor for type 2 diabetes." *Nutrients* 6.2 (2014): 897-910.
- Beauchemin, K.A., et al. "Nutritional management for enteric methane abatement : a review." *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48.2 (2008): 21-27.
- Bosire, Caroline K., et al. "Livestock water and land productivity in Kenya and their implications for future resource use." *Heliyon* 8.3 (2022): e09006.
- Britt JH, Cushman RA, DechowCD, Dobson H, Humblot P, Hutjens MF, Jones GA, Ruegg PS, Sheldon IM, Stevenson, JS. Invited review: Learning from the

future: A vision for dairy farms and cows in 2067. *J Dairy Sci* (2018) 101:3722-3741.

- Calculi, Crescenza, et al. "Evaluating people's awareness about climate changes and environmental issues: A case study." *Journal of Cleaner Production* 324 (2021): 129244.
- Carr, Neil, and Donald M. Broom. *Tourism and animal welfare*. CABI, (2018).
- Chen, B., Koziel, J. A., Nanik, C., Ma, H., Lee, M., Wi, J., Meir Khanuly, Z., O'Brien, S. C., Li, P., Andersen, D. S., Biatowiec, A., & Parker, D. B., Mitigation of odor, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, GHG and VOC emissions with current products for use in deep-pit swine manure storage structures. *Frontiers in Environmental Science* 8, (2020): 613646
- Chen, Peng, Ying Zhao, and Yan Chen. "A vegan diet improves insulin resistance in individuals with obesity: a systematic review and meta-analysis." *Diabetology & metabolic syndrome* 14.1 (2022): 1-8.
- Choi, W. J., Chang, S. X., Kwak, J. H., Jung, J. W., Lim, S. S., Yoon, K. S. & Choi, S. M., Nitrogen transformations and ammonia volatilization losses from 15N-urea as affected by the co-application of composted pig manure. *Canadian Journal of Soil Science* 87, (2007): 485-493.
- Claudine, Hendrik, and Taylor Hart. "Livestock production and livelihood of people in Australia." *Journal of Agriculture* 4.1, (2020).
- Costa, A. Borgonovo, F., Leroy, T., Berckmans, D., & Guarino, M., Dust concentration variation in relation to animal activity in a pig barn. *Biosystems Engineering* 104. (2009): 118-124.

- Costa, A., & Guarino, M. Definition of yearly emission factor of dust and greenhouse gases through continuous measurements in swine husbandry. *Atmospheric Environment* 43, (2009): 1548-1556.
- Cross, A. J., Leitzmann, M. F., Gail, M. H., Hollenbeck, A. R., Schatzkin, A., & Sinha, R. (2007). A prospective study of red and processed meat intake in relation to cancer risk. *PLoS Medicine*, 4, (1973).
- Dai, X. & Karring, H. A determination and comparison of urease activity in feces and fresh manure from pig and cattle in relation to ammonia production and pH changes. *PLoS ONE* 9, (2014): e110402.
- Elaine Watson, Plant-based' Plays way better than 'Vegan' With most Consumers. (2018).
- Encyclopedia Britannica, (2019). International Symposium: Ammonia and odour control from Animal Production Facilities, Vinkeloord, CIGR and EurAgEng publ. Rosmalen, The Netherlands. (1997): 101-110.
- European Commission(2013). Bioeconomy. Available online at: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/bioeconomy>
- Fakhoury, K. J., Heber, A J., Shao, P., & Ni, J. Q., Correlation of odor detection thresholds with concentrations of hydrogen sulfide, ammonia and trace gases emitted from swine manure. In ASAE Annual International Meeting. Milwaukee, Wisconsin.(2000): 1-13
- FAO, Animal Production,(20220).

- Gerber et al,(2013)
- Grundy, S. M., Florentin, L, Nix, D., & Whelan, M. F. Comparison of monosaturated fatty acid and carbohydrates for reducing raised levels of plasma cholesterol in man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, (1988): 47, 965-969.
- Hagmann, Désirée, Michael Siegrist, and Christina Hartmann. "Meat avoidance: Motives, alternative proteins and diet quality in a sample of Swiss consumers." *Public Health Nutrition* 22.13 (2019): 2448-2459.
- Hammond, E. G. & Smith, R. J. Survey of some molecularly dispersed odourous constituents in swine house air. *Iowa State Journal of Research* 55(4), (1981): 393-399.
- Hardt, Luisa, et al. "Plant-Based Diets and Cancer Prognosis: a Review of Recent Research." *Current Nutrition Reports* (2022): 1-22.
- Hartung, J. Dust in livestock buildings as a carrier of odours. In Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. and l'Hermite, P. (eds), *Odour Prevention and Control of Organic Sludge and Livestock Farming*. Elsevier Applied Science, New York, (1986): 321–332.
- Herrero, Mario, et al. "Greenhouse gas mitigation potentials in the livestock sector." *Nature Climate Change* 6.5 (2016): 452-461.
- Hoff, S. J., Bundy, S. & Li, X.W. Dust effects on odor and odor compounds. In *Proceedings of the International Symposium: Ammonia and odour control from Animal Production Facilities*, Vinkeloord, CIGR and EurAgEng publ. Rosmalen, The Netherlands. (1997): 101-110

- Hopwood, Christopher J., et al. "Health, environmental, and animal rights motives for vegetarian eating." *PloS one* 15.4 (2020): e0230609.
- Hristov, A. N. Technical note: Contribution of ammonia emitted from livestock to atmospheric fine particulate matter (PM2.5) in the United States. *Journal of Dairy Science* 94, (2011): 3130-3136.
- Hu, Frank B., et al. "Dietary saturated fats and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women." *The American journal of clinical nutrition* 70.6 (1999): 1001-1008.
- Humpenöder, Florian, et al. "Projected environmental benefits of replacing beef with microbial protein." *Nature* 605.7908 (2022): 90-96.
- Iovino, Serenella. *Italo Calvino's Animals:Anthropocene Stories*. Cambridge University Press, (2021).
- IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Published: IPCC, Switzerland. (2020).
- IPCC, (2013)
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., (2007): 499~532.

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlomer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx(eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. (2014): 816~886.
- IPCC, Climate Change. "The physical science basis; summary for policymakers." Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (2007).
- IPCC. Climate change 2014: Synthesis report. In Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Pachauri, R.K., Meyer, L.A., Eds.; IPCC: Geneva, Switzerland, (2014); Available online: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/> (accessed on 28 March 2020).
- KBCSD. 순환 바이오 경제에 대한 CEO 가이드. 2020.
- Key, Timothy J., et al. "Cancer in British vegetarians: updated analyses of 4998 incident cancers in a cohort of 32,491 meat eaters, 8612 fish eaters, 18,298 vegetarians, and 2246 vegans." *The American journal of clinical nutrition* 100.suppl\_1 (2014): 378S-385S.
- Kim, K. Y. & Ko, H. J. Indoor distribution characteristics of airborne bacteria in pig buildings as influenced by season and housing type. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 32(5), (2019): 742-747.

- Klein, Tamir, and William RL Anderegg. "A vast increase in heat exposure in the 21st century is driven by global warming and urban population growth." *Sustainable Cities and Society* 73 (2021): 103098.
- Kostrakiewicz-Gierałt, Kinga. "Plants, algae, cyanobacteria and fungi in diet of vegan and vegetarian sportsmen-a systematic review." *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine* 37 (2022): 23-43.
- Kotzmann, Jane, and Nick Pendergrast. "Animal rights: time to start unpacking what rights and for whom." *Mitchell Hamline L. Rev.* 46 (2019): 157.
- Kovalakova, Pavla, et al. "Occurrence and toxicity of antibiotics in the aquatic environment: A review." *Chemosphere* 251 (2020): 126351.
- Krumkamp, Ralf, et al. "Transmission of *Cryptosporidium* species among human and animal local contact networks in sub-saharan Africa: a multicountry study." *Clinical Infectious Diseases* 72.8 (2021): 1358-1366.
- Kumari, P., Woo, C., Uamamoto, N., Choi, H. L. Variations in abundance, diversity and community composition of airborne fungi in swine houses across seasons. *Scientific Reports* 6, (2016): 37929.
- Kwon, K. S., Lee, I. B., & Ha, T. Identification of key factors for dust generation in a nursery pig house and evaluation of dust reduction efficiency using a CFD technique. *Biosystems Engineering* 151, (2016): 28-52.
- Lalmangaihsangi, R. "Livestock Value Chain in Mizoram: A Study of Piggery in Aizawl District." , (2018).

- Lee, Sang-Hun, and Sunghyun Bae. "A strategy for ammonia odor monitoring, prediction, and reduction from livestock manure wastes in Korea: a short review." *Geosystem Engineering* (2022): 1-9.
- Leip, Adrian, et al. "Impacts of European livestock production: nitrogen, sulphur, phosphorus and greenhouse gas emissions, land-use, water eutrophication and biodiversity." *Environmental Research Letters* 10.11 (2015): 115004.
- Leng, Yifei, et al. "Biotransformation of tetracycline by a novel bacterial strain *Stenotrophomonas maltophilia* DT1." *Journal of hazardous materials* 318 (2016): 125-133.
- Li, Yanan, et al. "Multi-pollutant assessment of river pollution from livestock production worldwide." *Water Research* 209 (2022): 117906.
- Loeb, Stacy, et al. "Association of plant-based diet index with prostate cancer risk." *The American Journal of Clinical Nutrition* 115.3 (2022): 662-670.
- Mackay, Caroline ML, et al. "Connection to nature and environmental activism: Politicized environmental identity mediates a relationship between identification with nature and observed environmental activist behaviour." *Current Research in Ecological and Social Psychology* 2 (2021): 100009.
- Mader, T. L., J. M. Dahlquist, and J. B. Gaughan. Wind protection effects and airflow patterns in outside feedlots. *J. Anim. Sci.* (1997): 75:26–36.
- Maurer, D .L, Koziel, J. A., Harmon, J. D., Hoff, S. J., Rieck-Hinz, A. M., & Andersen, D.S., Summary of performance data for technologies to control gaseous, odor, and particulate emissions from livestock operations: air management practices

assessment tool (AMPAT). Data in Brief 7, (2016): 1413-1429.

- McAfee, A., McSorley, E.M., Curkelly, G.J., Moss, B.W., Wallace, J.M.W., Bonham, M.P., & Fearon, A.M. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. *Meat Science*, (2010): 84, 1-13.
- Melina, Vesanto, Winston Craig, and Susan Levin. "Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: vegetarian diets." *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 116.12 (2016): 1970-1980.
- Micha, R., Wallace, S. K., & Mozaffarian, D. Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus. *Circulation*, (2010): 121, 2271-2283.
- Murimi, Mary. "What is the Place of Beef in a Healthful Sustainable Homo sapiens Diet?" *American Journal of Health Promotion* 36.5 (2022): 898-900.
- Nahm, K. H. Feed formulations to reduce N excretion and ammonia emission from poultry manure. *Bioresource Technology* 98, (2007): 2282-2300.
- Nordmann AJ, Nordmann A, Briel M, et al. Effects of low-carbohydrate vs low-fat diets on weight loss and cardiovascular risk factors: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Arch Intern Med* (2006);166:285-293.
- O'Neil, D. H. & Phillips, V. R. A review of the control of odour nuisance from livestock buildings: Part 3, properties of the odorous substances which have been identified in livestock wastes or in the air around them. *Journal of Agricultural Engineering Research* 53, (1992): 23-50.
- Osler W. *The principles and practice of medicine*. New York: D. Appleton and

Company, (1978):2-1079

- Pan, A., Sun, Q., Bernstein, A. M., Schulze, M. B., Manson, J. E., & Stampfer, M. J. Red meat consumption and mortality: Results from 2 prospective cohort studies. *Archives of Internal Medicine*, (2012): 172, 555-563.
- Pereira, J., Barneze, A. S., Misselbrook, T. H., Coutinho, J., Moreira, N., & Trindade, H., Effects of a urease inhibitor and aluminium chloride alone or combined with a nitrification inhibitor on gaseous N emissions following soil application of cattle urine. *Biosystems Engineering*, 115(4), (2013): 396–407.
- Post, Pim M., et al. "Effects of Dutch livestock production on human health and the environment." *Science of the Total Environment* 737 (2020): 139702.
- Pound, Pandora, and Michael B. Bracken. "Is animal research sufficiently evidence based to be a cornerstone of biomedical research?." *Bmj* 348 (2014).
- Prunier, Armelle, et al. "Identifying and monitoring pain in farm animals: a review." *Animal* 7.6 (2013): 998-1010.
- Qian, Xiaoyong, et al. "Heavy metals accumulation in soil after 4 years of continuous land application of swine manure: a field-scale monitoring and modeling estimation." *Chemosphere* 210 (2018): 1029-1034.
- Rahamtalla, Nasreldin Atiya. "ROLE OF LIVESTOCK IN THE ECONOMY OF GEDARIF STATE, SUDAN.", (2019).
- Rira, Moufida, et al. "Effects of plants containing secondary metabolites on ruminal methanogenesis of sheep in vitro." *Energy Procedia* 74 (2015): 15-24.

- Rzeźnik, Wojciech, and Paulina Mielcarek-Bocheńska. "Odour emissions from livestock buildings." *Atmosphere* 13.2 (2022): 254.
- Sandford, Juliana. "Reduce, Reuse, Go Vegan." *Penn Sustainability Review* 1.9 (2017): 3.
- Sigsgaard, Torben, et al. "Respiratory diseases and allergy in farmers working with livestock: a EAACI position paper." *Clinical and Translational Allergy* 10.1 (2020): 1-30.
- Siri-Tarino, Patty W., et al. "Saturated fatty acids and risk of coronary heart disease: modulation by replacement nutrients." *Current atherosclerosis reports* 12.6 (2010): 384-390.
- Slade, Eleanor M., et al. "The role of dung beetles in reducing greenhouse gas emissions from cattle farming." *Scientific reports* 6.1 (2016): 1-9.
- Spoelstra SF. Volatile compounds in anaerobically stored piggery wastes. *Landbouwkundig Tijdschrift*. (1979).
- Steinfeld, Henning, et al. *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. Food & Agriculture Org., (2006).
- Stokal, Maryna, et al. "Global multi-pollutant modelling of water quality: scientific challenges and future directions." *Current Opinion in Environmental Sustainability* 36 (2019): 116-125.
- Sun, Zhongxiao, et al. "Dietary change in high-income nations alone can lead to substantial double climate dividend." *Nature Food* 3.1 (2022): 29-37.

- Sutton AL, Kephart KB, Verstegen MW, Canh TT, Hobbs PJ. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. *Journal of animal science*. (1999);77(2):430-9.
- Tantamango-Bartley, Yessenia, et al. "Vegetarian Diets and the Incidence of Cancer in a Low-risk PopulationCancer and Vegetarian Diets." *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention* 22.2 (2013): 286-294.
- Theofanidis, Dimitrios, and Antigoni Fountouki. "Limitations and delimitations in the research process." *Perioperative Nursing-Quarterly scientific, online official journal of GORNA* 7.3 September-December 2018 (2018): 155-163.
- van Kersen, Warner, et al. "Acute respiratory effects of livestock-related air pollution in a panel of COPD patients." *Environment international* 136 (2020): 105426.
- Vanham, Davy, et al. "The water footprint of different diets within European sub-national geographical entities." *Nature Sustainability* 1.9 (2018): 518-525
- Vermeulen, Lucie C., et al. "Cryptosporidium concentrations in rivers worldwide." *Water Research* 149 (2019): 202-214.
- Vermeulen, Lucie C., et al. "Global Cryptosporidium loads from livestock manure." *Environmental science & technology* 51.15 (2017): 8663-8671.
- Wang, K. Wei, B. Zhu, S. & Ye, Z., Ammonia and odour emitted from deep litter and fully slatted floor systems for growing-finishong pigs. *Biosystems Engineering* 109, (2011): 203-210.

- Watling, Cody Z., et al. "Risk of cancer in regular and low meat-eaters, fish-eaters, and vegetarians: a prospective analysis of UK Biobank participants." *BMC medicine* 20.1 (2022): 1-13.
- Wei, Xiaocheng, et al. "Biochar addition for accelerating bioleaching of heavy metals from swine manure and reserving the nutrients." *Science of the Total Environment* 631 (2018): 1553-1559.
- Weindl, Isabelle, et al. "Livestock and human use of land: Productivity trends and dietary choices as drivers of future land and carbon dynamics." *Global and Planetary Change* 159 (2017): 1-10.
- WHO. (2019). Drinking-water. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water> (accessed May 7, 2021).
- Wilber, C. & Murry, C., Odor source evaluation. *Biocycle*. (1990): 68-72.
- Xu, Xiaoming, et al. "Global greenhouse gas emissions from animal-based foods are twice those of plant-based foods." *Nature Food* 2.9 (2021): 724-732.
- Zhang, Qian-Qian, et al. "Comprehensive evaluation of antibiotics emission and fate in the river basins of China: source analysis, multimedia modeling, and linkage to bacterial resistance." *Environmental science & technology* 49.11 (2015): 6772-6782.
- Zhang, Xiaorong, et al. "Environmental risks caused by livestock and poultry farms to the soils: Comparison of swine, chicken, and cattle farms." *Journal of Environmental Management* 317 (2022): 115320.

- Zhao, Yujie, et al. "The relationship between plant-based diet and risk of digestive system cancers: A meta-analysis based on 3,059,009 subjects." *Frontiers in public health* (2022): 1596.
- Zhou, Xian, et al. "Antibiotics in animal manure and manure-based fertilizers: Occurrence and ecological risk assessment." *Chemosphere* 255 (2020): 127006.
- Zhu, Yong-Guan, et al. "Diverse and abundant antibiotic resistance genes in Chinese swine farms." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110.9 (2013): 3435-3440.
- 김기연, 서성철, 고한종, 이용진, 한수환, 오성업, 김승규, 이해안, 한준호, 송관필, 김지영. 농장범위의 축산 약취 및 분진의 저감기술 연구. 농촌진흥청. (2014): 223.
- 김기연, 최정학, 김대근. 계사 유형별 약취물질의 시간적 실내 농도 분포 특성. 한국실내환경학회 10(2), (2013): 69-82
- 김기연, 최정학. 돈사 유형에 따른 약취 물질의 농도 분포 특성. 한국냄새환경학회 12(1), (2013): 27-37.
- 나인지, 국내 동물복지정책 동향, 해외 농업 농정 포커스, 한국농촌경제진흥원. (2014).
- 농림축산식품부 한국농수산식품유통공사, 2020 가공식품 세분시장 현황 식육가공품, (2020).
- 박미성, 박시현, 이용선. 2020. 대체식품 현황과 대응과제. 한국농촌경제연구원.

- 박미성·이용선·김경필·박시현·한정훈. 식품산업의 푸드테크 적용 실태와 과제 – 대체축산식품과 3D 프린팅을 중심으로. 한국농촌경제연구원. (2019).
- 신정섭. 소고기 소비성향 변화와 숙성육 인식에 관한 연구. 한국산학기술학회논문지, (2020): 21(9), 373-379.
- 우병준, 허덕, 김현중. 동물복지형 축산의 동향과 정책 과제. 한국농촌경제연구원 기본연구보고서, (2010): 1-166
- 이화옥, 소비자의 혁신식품 인식에 대한 탐색적 연구 – 배양육을 중심으로, 2022.
- 정학균, 임영아, 강경수. 경축순환농업 실태 분석과 활성화 방안, 한국농촌경제연구원. (2021).
- 주선태, 한우고기 지방의 혈중 콜레스테롤 개선 효과 구명, 2017년 한우자조금 연구용역과제 최종보고서, (2017).
- 한국농촌경제연구원 (KREI), 농업전망 2017: 미래를 향한 농업 농촌, 변화와 도전, 제 5장 식품소비 구조 변화와 트렌드 전망, (2018).
- 한우자조금관리위원회, 2020년 한우자조금 성과분석 연구, 2021.
- 한우자조금관리위원회, 2021년 한우자조금 성과분석 연구, 2022.
- 환경부 국가미세먼지정보센터. 2017 국가 대기오염물질 배출량. 환경부 국가미세먼지정보센터. (2020): 39-55.

2022년도 소비자단체 협력사업

## 한우 가치 재규명 사전연구

---

발행처 (사)소비자공익네트워크  
한우자조금관리위원회

주관 연구자 최윤재 교수, 이흥구 교수, 박규현 교수

발행일 2023년 3월

홈페이지 <http://sobo112.or.kr/>

---