



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0045906
(43) 공개일자 2024년04월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 33/02 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)
G01N 33/48 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 33/02 (2013.01)
A61B 5/4866 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0125843
(22) 출원일자 2022년09월30일
심사청구일자 2022년09월30일

- (71) 출원인
대한민국(농촌진흥청장)
전라북도 전주시 덕진구 농생명로 300 (중동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
이슬
전라북도 완주군 이서면 농생명로 166
서성원
대전광역시 유성구 대학로 99 충남대학교
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 6 항

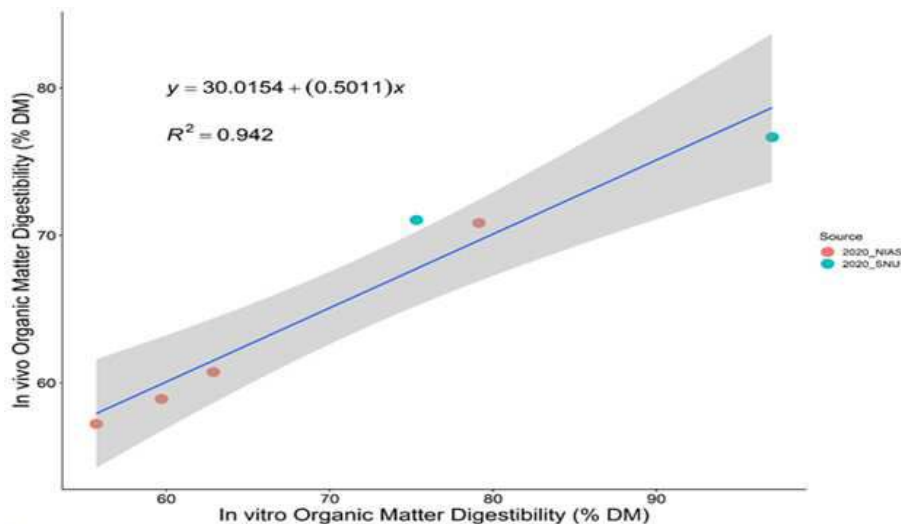
(54) 발명의 명칭 한우 탄수화물성 사료의 실험실 수준 실험 (in vitro Omd)을 이용한 동물 실험 에너지가 (in vivo Omd) 예측 방법

(57) 요약

본 발명은 가축 사료의 에너지 소화율을 예측하는 예측 방법에 관한 것이다.

구체적으로, 본 발명의 목적은 한우 탄수화물성 사료의 에너지가 평가 방법에 관한 것으로, 실험실 수준의 실험을 통해 측정된 사료의 에너지 소화율(in vitro OMD)을 이용하여 동물 실험의 에너지 소화율(in vivo OMD)을 예측할 수 있는 예측 방법을 제공하는 것이다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

G01N 33/48 (2019.01)

(72) 발명자

백열창

전라북도 완주군 이서면 농생명로 166

방한태

전라북도 완주군 이서면 농생명로 166

류채화

전라북도 완주군 이서면 농생명로 166

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1395067707
과제번호	PJ014220012021
부처명	농촌진흥청
과제관리(전문)기관명	농촌진흥청
연구사업명	한국형축산업을위한가축사육신기술개발(R&D)
연구과제명	한우의 영양가 추정 모델 개발 및 사료성분 DB 구축 (사료성분표 4차 개정)(1주관)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	국립축산과학원
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

가축 사료의 에너지 소화율을 예측하기 위한 예측 방법으로서, 하기 수학적 2를 만족하는 것을 특징으로 하는, in vitro 에너지 소화율(OMD)을 이용하여 in vivo 에너지 소화율(OMD)을 예측하는 예측 방법:

[수학적 2]

$$\text{in vivo OMD}(\%) = \text{in vitro OMD}(\%) \times (0.501) + 30.0154$$

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 사료는 탄수화물성 사료인 것을 특징으로 하는 예측 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 가축은 반추가축인 것을 특징으로 하는 예측 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서, 상기 반추가축은 한우인 것을 특징으로 하는 예측 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 수학적 2의 예측력은 0.942인 것을 특징으로 하는 예측 방법.

청구항 6

한우에서 탄수화물성 사료의 in vitro 에너지 소화율(OMD)을 측정하는 것을 포함하는, 한우 탄수화물성 사료의 in vivo 에너지 소화율(OMD) 추정 방법으로서, 상기 in vivo 에너지 소화율(OMD)은 제 1항의 수학적 2로부터 도출되는 것인, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 사료의 에너지가(에너지 소화율이라고도 함)를 예측하는 방법으로, 구체적으로, 실험실 수준의 실험을 통해 측정한 사료의 에너지 소화율(in vitro OMD)을 이용하여 동물 실험의 에너지 소화율(in vivo OMD)을 예측할 수 있는 예측 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 대부분의 동물 사료는 이를 공급받는 동물을 연명시키기 위해 필요한 영양소를 최소 요건으로 공급하는 것을 목적으로 하고 있다. 사료의 영양소 수준을 분석하고 동물이 필요로 하는 에너지 및 영양소 요건을 충족시키는

지 여부를 분석할 필요가 있다. 동물 사료 내의 영양소는 동물의 위장관 내 소화(digestion)에 의해 이용가능하게 된다. 소화된 영양소는 흡수되어 동물의 에너지, 성장 및 발생을 위해 사용된다. 소화되지 않은 영양소는 대부분 동물의 장관을 통과하여 사료의 영양가를 감소시킨다.

- [0005] 국내 축산물 생산에서 가장 큰 비용이 발생하는 항목은 사료비이다. 송아지의 가격이 비싸기 때문에 생산비에서 가축비가 차지하는 비중이 39%에 달하는 한우 비육우 생산비에 있어서도 사료비는 37%를 차지하며, 송아지 생산에 필요한 사료비를 감안한다면 한우 비육우 생산에서도 사료비의 구성비는 50%를 상회한다고 할 수 있다. 에너지 공급원인 원료사료는 사료비에서 가장 큰 부분을 차지한다. 그러므로 원료사료의 정확한 에너지가 측정이 중요하다.
- [0006] 사료의 에너지가를 평가하는 방법에는 동물을 이용하는 평가법, 실험실에서 반추위액 배양을 통해 평가하는 방법, 그리고 사료의 화학 성분을 이용한 평가 방법이 있으며, 이 중 동물을 이용하는 평가 방법이 가장 기본적인 방법이다.
- [0007] 동물을 이용하는 평가법으로서 체내실험방법(in vivo)은 동물실험을 통해 직접적으로 영양소 이용성을 측정하므로 신뢰도가 높은 실험 결과를 얻을 수 있다는 장점이 있지만, 시간, 돈 그리고 노동이 많이 소모된다는 단점이 있다.
- [0008] 한편, 체외실험방법(in vitro)은 동물 체내에서 일어나는 소화과정을 실험실에서 재현하여 간접적으로 영양소 이용성을 측정하므로 동물실험보다 시간, 돈 그리고 노동이 적게 소모되며 비교적 정확하고 효율적으로 영양소 이용성을 측정할 수 있다.
- [0010] 영양학적으로 사료의 에너지 함량은 균형있는 영양 관리 측면에서 매우 중요하다. 사료의 에너지 함량 표현체계는 대사에너지(metabolizable energy, ME)가 가장 많이 사용되고 있는데, 이는 사료를 열량계로 태워 측정하는 총에너지(gross energy)에서 분 에너지(fecal energy), 뇨 에너지(urinary energy) 및 소화과정 중 발생하는 가스에너지(gaseous energy)를 제거한 일반 대사에너지(apparent metabolizable energy, AME)와 일반 대사에너지(AME)에서 대사성 분 에너지(metabolic fecal energy)와 대사성 뇨 에너지(metabolic urinary energy)가 제거된 순 대사에너지(true metabolizable energy, TME)로 나뉜다.
- [0011] 영양학에서는 에너지는 변형될 수 있으나 창조, 파괴되지 않는다는 개념(열역학 제1법칙)에 따라, 우선 가소화 에너지(digestible energy, DE) 또는 가소화영양소총량(total digestible nutrients, TDN)을 구하고, 이후에 대사에너지(metabolic energy, ME)를 구한 후 정미에너지(net energy, NE)를 추정하는 방식을 이용한다(도 1).
- [0012] 가소화에너지(DE)를 올바르게 평가하는 것은 사료 에너지가를 정확히 평가하는 첫 단계이며, 이 때 총 에너지에서 분으로 나오는 에너지를 제하여 가소화에너지(DE)를 구한다.
- [0013] 또한, 영양소 평가를 위한 소화를 실험은 원료 사료를 배합할 때 정확한 영양소 함량을 측정하여 최소한의 사료 비용으로 최적의 생산성을 얻기 위해 필요하다. 동물에게 영양소 요구량보다 적은 양의 사료를 공급하는 경우, 질병 발생 및 생산량 저하로 인해 소득이 크게 감소하기 때문에, 안전 여유를 두고 더 많은 양의 사료를 급여하는 실정이다. 따라서 사료비를 절감하기 위해서는 급여되는 잉여 사료의 양을 줄일 필요가 있으며, 이를 위해서는 동물의 생리 단계별 영양소 요구량을 정확하게 파악하는 것이 중요하고, 사료로부터 공급될 수 있는 영양소의 양, 즉 사료의 영양적 가치를 정확히 예측해야 한다.
- [0014] 특히, 동물의 유지, 성장, 생산 등 생명 현상을 유지하기 위해 반드시 필요한 에너지를 정밀하게 공급하는 것이 무엇보다 중요하며, 이를 위해서 사료를 통해 공급할 수 있는 에너지 함량을 정확히 예측하는 것이 무엇보다 중요하다.
- [0016] 동일한 사료라 하더라도 어느 축종에게, 어느 시기에, 어떤 형태로 공급 하느냐에 따라 그 사료를 통해 동물에게 공급할 수 있는 에너지의 양은 달라진다. 사료의 에너지가를 가장 정확히 평가하는 방법은 동물에게 직접 사료를 급여하는 in vivo 소화 대사 실험을 실시하는 것이지만 모든 원료에 대해 in vivo 실험을 실시하는 것은 비효율, 비현실적일 뿐만 아니라 불가능한 경우도 있다.
- [0017] 또한, 동물 실험은 시간, 비용, 인력의 소모가 많아 현실적으로 측정할 수 있는 사료의 양에 한계가 있다. 따라

서 사료의 에너지가를 추정하기 위하여 사료의 화학 성분 분석치를 이용하여 가소화영양소총량(TDN)을 추정하는 방법 또는 추정식이 다수 개발되어 왔다.

[0018] 축산 선진국에서는 반복된 실험을 통해 자국에 맞는 사료의 에너지가를 영양소 분석과 in vitro 분석법을 이용하여 평가하는 시스템을 개발하고, 일정한 간격으로 이를 업데이트하여 현장에 적용하고 있다. 국내에는 아직까지 사료의 에너지가 평가 시스템이 확립되지 않았고, 해외의 에너지가 평가 시스템은 각자 자국의 상황에 맞는 사양 조건 하에서 자국의 가용 사료 자원을 이용해 구축되었기 때문에, 국내 사료 자원에 이를 그대로 적용하기에는 무리가 있다.

[0019] 또한 올바른 에너지가 평가에는 사료의 내재적(intrinsic) 특징만이 아니라 함께 공급되는 다른 사료 원료, 섭취량, 사양 관리 방법 등의 외재적(extrinsic) 요인까지 고려되어야 하므로, 국내 환경에 맞는 에너지가 평가 시스템의 구축은 반드시 필요하다.

[0021] 특히 한우에게 공급되는 사료의 70% 이상을 탄수화물성 사료(조사료, 곡류, 강피류)가 차지하므로 이들에 대한 에너지가 평가 시스템의 구축이 필요하다. 이를 위해 탄수화물성 사료원의 정밀한 영양소 분석에 근거하여 가소화영양소총량(TDN), 가소화에너지(DE) 등을 분석하고 이들의 체내 에너지(대사에너지(ME), 정미에너지(NE)) 변환 효율을 예측할 수 있는 방법의 개발이 우선적으로 요구되며, 이를 이용해 국내 탄수화물성 사료의 내재적(intrinsic) 에너지가의 분석이 필요하다.

[0023] 총 가소화 영양소(TDN: Total Digestible Nutrients)는 가축의 대사 작용에 의해 이용되는 에너지를 의미하는 단위이다. 반추가축의 경우 각 영양소의 소화율에 기초를 두고 계산하는데, 각 영양소의 함량에 따라 각 영양소의 소화율을 곱해서 산출하게 된다. 에너지 표시 단위는 %이며, 하기 수학적 1에 의해 그 값을 구할 수 있다.

[0024] [수학적 1]

[0025] 가소화영양소 총량(TDN) = 가소화단백질 + 가소화탄수화물 + 가소화지방 $\times$ 2.25

[0026] 이때, 각 가소화 영양소는 각 영양소 함량에 각 영양소의 소화율을 곱한 것으로, 가소화영양소 총량을 계산하기 위해 각 영양소의 소화율을 이용하게 된다.

[0027] 유기물 소화율(OMD: Organic Matter Digestibility)이란 사료의 구성물 중 탄소를 포함하는 물질(예: 탄수화물, 단백질, 지방 등)이 체내에서 소화되는 비율을 의미하며, 이 때 소화되지 않은 유기물은 분으로 빠져나가는 것을 의미한다.

[0028] 각 영양소의 소화율은 동일한 사료라 하더라도 축종, 공급시기 및 공급형태 등에 따라 달라지며, 정확한 평가를 위해서는 직접 동물에게 사료를 급여하여 in vivo 소화대사 실험을 실시하는 것이지만, 실제 급여하는 사료는 혼합 사료인 경우도 많기 때문에 단일 사료에서 각 영양소의 소화율을 모든 원료에 대해 in vivo 실험을 하는 것은 비효율적이다.

[0029] 또한, 국내 사료의 에너지 가치 평가 시스템이 확립되지 않은 실정이므로 일본, 미국, 유럽 등 해외의 사료 에너지 평가 시스템을 이용하고 있으나, 이는 국내 사양 조건과 상이한 환경에서 구축된 시스템이기 때문에 국내 사료 자원에 이를 그대로 적용하는 경우에 정확한 평가가 어렵다.

[0031] 이에, 본 발명은 국내 한우 사료의 대부분을 차지하는 탄수화물성 사료의 에너지 평가 시스템을 구축하고자 가소화영양소총량을 예측하기 위한 예측식(수학적 2)에 이용되는 에너지 소화율(OMD: Organic Matter Digestibility)을 제공한다.

[0033] 또한 사료의 소화율은 동물의 사료 섭취량에 따라 크게 달라지는 바, 에너지 평가 시스템이 현장에서 이용되기 위해서는 동물의 사료 섭취량에 따라 변화되는 소화율에 근거하여 사료의 에너지를 보정할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다.

- [0035] 대한민국 공개특허 제 10-2020-0021163호는 미니 돼지를 이용하여 측정된 사료의 에너지 소화율을 이용하여 일반 돼지의 사료 에너지 소화율을 추정할 수 있는 방정식에 관한 것으로, 가축 사료의 에너지 소화율을 추정하는 추정식에 대해 개시하고 있다. 다만, 동물실험(in vivo) 에너지 소화율에 대해서만 개시하고 있을 뿐, in vitro 에너지 소화율에 대해서는 개시하고 있지 않은 점에서 본 발명과 차이가 있다.
- [0036] 또한, 대한민국 공개특허 제 10-2015-0131190호는 동물 사료를 분석하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것으로, 동물 사료의 샘플을 소화 효소를 이용하여 시험관 내에서 소화시키고, 소화된 영양소별 소화율을 실험실 수준에서 측정하는 시스템 및 방법에 대해 개시하고 있다. 다만, 사료의 소화 후 잔여 성분 함량을 측정함으로써 사료의 in vitro 소화율을 측정하는 점에서 가스 생산을 측정하는 본 발명과 차이가 있다.
- [0037] 또한, 대한민국 등록특허 제 10-2130245호는 부화 부산물을 포함하는 자돈 사료의 에너지 소화율을 추정할 수 있는 방정식에 관한 것으로, in vitro 소화율을 이용하여 in vivo 소화율을 추정하는 방정식을 개시하고 있다. 다만, in vitro 건물 소실(IVDMD)과 in vitro 에너지 소실(IVED)을 이용하여 in vivo 에너지 소화율(ED)을 예측하는 것인 점에서 본원 발명과 차이가 있다.
- [0038] 이처럼, 종래기술에는 실험실 수준 실험 에너지 소화율(in vitro OMD)을 이용하여 동물 실험 에너지 소화율(in vivo OMD)을 예측하는 방법에 관한 연구는 개시된 바가 없다.
- [0040] 이에, 본 발명자들은 상기 종래 기술의 문제점을 개선하고자 예의 노력한 결과, 본 발명에 의해 실험실에서 분석한 원료 사료의 영양소 소화율(in vitro OMD)을 통해 원료 사료의 동물실험 영양소 소화율(in vivo OMD)을 신속하게 예측할 수 있음을 확인하고, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0042] 본 발명의 목적은 반추가축의 탄수화물성 사료의 실험실 수준 실험을 이용하여 동물 실험의 에너지 소화율을 예측할 수 있는 예측 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0044] 본 발명은 가축 사료의 에너지 소화율을 예측하기 위한 예측 방법으로서, 하기 수학적 2를 만족하는 것을 특징으로 하는, in vitro 에너지 소화율(OMD: Organic Matter Digestibility)을 이용하여 in vivo 에너지 소화율(OMD)을 예측하는 예측 방법을 제공한다:

- [0045] [수학적 2]

- [0046]
$$\text{in vivo OMD}(\%) = \text{in vitro OMD}(\%) \times (0.501) + 30.0154$$

- [0048] 또한, 본 발명은 한우에서 탄수화물성 사료의 in vitro 에너지 소화율(OMD)을 측정하는 것을 포함하는, 한우 탄수화물성 사료의 in vivo 에너지 소화율(OMD) 추정 방법으로서, 상기 in vivo 에너지 소화율(OMD)은 상기 수학적 2로부터 도출되는 것인, 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0050] 본 발명에서 제공하는 방법을 이용하면 실험실에서 분석한 원료 사료의 영양소 소화율을 통해 원료 사료의 in vivo 영양소 소화율을 신속하게 예측할 수 있다.
- [0051] 또한, 본 발명에서 제공하는 방법을 이용하면 국내 탄수화물성 사료의 에너지가 예측 시스템을 구축하고, 우수한 예측력에 의해 사료의 영양소 소화율을 보다 정확하게 평가할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0053] 도 1은 총에너지, 소화에너지, 대사에너지 및 순에너지의 다양한 에너지 분율을 포함하는, 동물을 통한 전통적인 에너지 흐름을 나타내는 모식도이다.
- 도 2는 한우에게 사료를 급여한 후 분뇨를 분리 채취 및 샘플링하는 사진을 나타낸다.
- 도 3은 전분 채취법을 활용하여 in vivo 전장 소화율을 분석하는 사진을 나타낸다.
- 도 4는 in vitro OMD, in vivo OMD 실험 결과를 통한 예측식을 보여주는 그래프를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0054] 반추동물은 포유류 소목에 속하는 동물로 소화 형태상 한 번 삼킨 먹이를 다시 게워 내어 씹는 특성을 가진 동물로서 되새김 동물이라도 불리며, 낙타과, 애기사슴과, 사슴과, 기린과, 소과 등의 동물이 이에 해당한다.
- [0055] 반추 동물은 제1위 내지 제4위까지의 복위를 지니는데, 이처럼 여러 개의 위를 반추위라고 한다. 구체적으로, 반추위는 먹은 음식을 넣어두는 제1위, 별집과 같은 모양의 벽이 있는 제2위, 점막이 주름 모양으로 된 제3위 및 위선이 분포된 제4위로 구성되어 있다. 반추위에는 세균, 원생동물 및 진균 등의 혐기성 미생물이 다수 서식하고 있는데, 이들은 반추 동물이 섭취한 사료를 발효 과정을 통해 소화시키는 작용을 한다.
- [0056] 본 발명에 있어서, 상기 “반추 동물”은 반추위가 있어 되새김질을 하여 음식을 소화시키는 동물을 말한다. 상기 반추 동물은 낙타과, 애기사슴과, 사슴과, 기린과, 소과에 속하는 소, 염소, 황소, 물소, 들소, 사슴, 낙타, 양 등의 반추위가 있는 동물이라면 이에 제한되지 않으며, 바람직하게는 소, 더욱 바람직하게는 한우이다.
- [0057] 본 발명에 있어서 “사료”란 동물에 의해 소비되고 동물의 규정식(規定食)에 에너지 및/또는 영양소를 제공하는 재료(들)를 지칭한다. 사료의 예는, 비제한적으로, 완전 배합 사료(TMR), 여물, 펠렛, 농축물, 프리믹스, 부산물, 그레이н, 디스틸러(distiller) 그레이н, 당밀, 섬유소, 풀(fodder), 그라스, 건초, 커넬, 잎, 가루(meal), 가용성 물질 및 보충물을 포함한다.
- [0058] 한우는 반추동물로, 단위동물이 소화시킬 수 없는 조사료 즉, 볏짚이나 풀을 소화시켜 단백질 등의 영양분을 섭취할 수 있다. 따라서 농후사료와 조사료를 통해 주 영양소를 얻고 부족한 부분은 보조사료로 보충하는 것이 가능하다. 또한, 대부분의 영양소를 충분히 섭취했다고 해도, 한 가지 영양소가 부족할 경우 문제가 생길 수 있다. 무엇보다 영양소의 균형이 중요하므로 모든 영양소가 결핍되지 않도록 급여할 필요가 있다.
- [0059] 한우의 사료라 함은 소에게 먹여 영양을 공급하고 건강을 유지 또는 성장하도록 하는 먹이를 말한다. 사료는 일반적으로 단미사료와 보조사료, 배합사료 등으로 구분할 수 있다. 또한 영양적 가치를 기준으로 농후사료와 조사료, 보조사료로 구분할 수 있다.
- [0060] 단미사료는 배합사료의 원료로서 농후사료(옥수수, 수수, 밀, 맥주박, 대두박, 면실박, 소금)와 조사료(볏짚, 생초, 사일리지)로 탄수화물이나 단백질, 조단백질, 무기태 영양소 등의 공급원이 된다.
- [0061] 보조사료는 비타민제, 생균제, 향미제, 항산화제, 효소, 키토 산, 유기산제, 레시틴, 산미제 등 비영양성 물질로서 사료 전체의 영양소 균형 개선을 위해 사용되는 사료를 말한다.
- [0062] 배합사료는 단미사료와 보조사료 등을 특정 동물에 필요한 영양소에 따라 적절한 비율로 배합 또는 가공한 사료를 말한다.
- [0063] 농후사료는 보리나 옥수수 등의 곡류, 쌀, 쌀겨, 밀기울 등과 같은 사료이다. 농후사료는 조사료와 반대되는 특성을 갖고 있어 부피가 적고 섬유질의 함량이 낮으며, 단백질이나 지방의 함량이 높다.
- [0064] 조사료는 목초, 건초, 사일리지 등 섬유질을 많이 포함하는 사료이다. 지방, 단백질, 전분의 함량이 낮으며, TDN(Total Digestible Nutrients: 총 가소화 영양소)의 함량이 적은 것이 특징이다. 국내 생산 조사료는 볏짚과 총채보리, 이탈리아안라이그라스, 호밀, 옥수수, 수수류, 총채벼 등이 있다.
- [0066] 본 발명은 한우에게 공급되는 사료의 70% 이상을 차지하는 탄수화물성 사료(조사료, 곡류, 강피류)의 에너지가를 평가하는 시스템을 구축하기 위해 탄수화물성 사료원의 에너지 소화율을 예측하는 방법을 제공한다.

[0068] 본 발명의 일 실시양태에서, 동물실험에 의한 에너지 소화율(in vivo OMD)을 구하는 것이 비현실적이고 비효율적인 문제점을 해결하고자, 실험실 수준 실험에 의한 에너지 소화율(in vitro OMD)과 동물실험의 에너지 소화율(in vivo OMD)을 측정하고, 이들의 상관관계를 확인하였다.

[0070] 나아가 상기 상관관계를 통해 실험실 수준 실험에 의한 에너지 소화율(in vitro OMD)을 이용하여 동물실험의 에너지 소화율(in vivo OMD)을 예측할 수 있는 예측 방법 또는 예측식을 개발하였다.

[0072] 또한 상기 예측식의 예측력을 평가함으로써 높은 예측력 수준의 예측 방법 또는 예측식을 제공한다.

[0075] 이하, 본 발명은 하기 실시예 및 실험예에 의해 상세히 설명한다.

[0076] 단, 하기 실시예 및 실험예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기 실시예 및 실험예에 한정되는 것은 아니다.

[0078] <실시예 1> 시험 사료의 준비

[0079] 1-1. 시험 조사료

[0080] 시험 사료의 선정 기준으로는 국내에서 유통되는 조사료, 배합사료 중 사용 물량이 많은 순으로 선발하였다.

[0081] 조사료로서 알팔파, 알팔파 짚, 티모시, 티모시 짚, 톨페스큐, 연맥, 라이그래스, 사료용 피를 사용하였다.

[0083] 1-2. 시험 사료(곡류, 강피류)

[0084] 시험 사료의 선정 기준으로는 국내에서 유통되는 조사료, 배합사료 중 사용 물량이 많은 순으로 선발하였다.

[0085] 곡류, 강피류 사료로서 옥수수 후레이크, 대두피, 밀기울을 사용하였다.

[0088] <실험예 1> 탄수화물성 원료의 in vitro 소화율(OMD) 측정

[0089] 1-1. 실험 방법

[0090] 기초사료는 라이그래스와 배합사료를 4:6의 비율로 혼합하여 사용하였으며, 배합사료는 옥수수, 밀기울, 단백피를 2:1:1로 혼합하여 사용하였다.

[0091] A 사료는 옥수수, 호밀 사일리지, 대두피, 밀기울, 티모시(저단백), 사료용 피를 사용하였으며, B 사료는 연맥, 티모시(고단백), 알팔파(저단백), 라이그래스, 톨페스큐, 알팔파(고단백)를 사용하였다. 하기 표 1은 실험에 사용한 사료를 나타낸다.

표 1

	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
A 사료	옥수수	호밀 사일리지	대두피	밀기울	티모시 (저단백)	사료용 피
B 사료	연맥	티모시 (고단백)	알팔파 (저단백)	라이그래스	톨페스큐	알팔파 (고단백)

[0094] 실험 처리구는 기초사료 100%(standard), A사료 100%, 기초사료 50% + A사료 50%, B사료 100%, 기초사료 50% + B사료 50%, 기초사료 50% + A사료 25% + B사료 25%로 하였으며, 모든 배치에 동일한 기초사료를 사용하였다.

[0095] 자동가스생산시스템(automated gas production system)을 이용하여 실험을 실시하였으며, 48시간 배양 후, NDF(neutral detergent fiber) 소화율 및 OM(organic matter) 분석을 통한 진정건물소화율(true dry matter digestibility, TDMD, %)과 진정유기물소화율(true organic matter digestibility, TOMD, %)을 분석하였다.

[0096] $TDMD = [Initial\ DM - (Residue\ aNDF - blank\ aNDF)] / Initial\ DM \times 100$

[0097] $TOMD = [Initial\ OM - (Residue\ aNDFom - blank\ aNDFom)] / Initial\ OM \times 100$

[0099] 1-2. 결과 분석

[0100] Automated gas production system을 이용하여 in vitro 소화율 분석 실험을 실시하였고, 사료 별 조합 효과를 고려하여 사료 별 진정 유기물 소화율(TOMD: true dry matter digestibility)을 도출하였다.

[0101] 하기 표 2 및 표 3은 in vitro 실험을 통해 도출한 소화율과 그 실험 결과를 나타낸다.

표 2

[0102]

사료 ³	진정유기물소화율				
	조합효과				
	평균 ± SE	예측치	관측치	SEM	P-value
CF	96.8 ± 0.82	88.9	87.6	1.54	0.50
OH	79.3 ± 2.93	79.3	79.9	2.38	0.80
RS	65.9 ± 2.90	73.3	74.2	2.12	0.69
TH	72.1 ± 1.97	76.5	76.8	1.40	0.85
SH	93.9 ± 1.54	87.3	85.8	1.87	0.48
AL	71.3 ± 0.90	76.1	76.2	1.40	0.96
WB	75.5 ± 1.55	78.3	78.8	1.48	0.79
AR	59.9 ± 1.46	70.8	70.6	1.25	0.86
TL	68.9 ± 3.29	75.2	73.5	2.70	0.56
TF	55.9 ± 1.39	68.8	68.6	1.33	0.91
BM	63.4 ± 2.73	73.0	72.5	3.38	0.89
AH	72.3 ± 3.04	77.2	76.4	3.52	0.85

[0103] CF, 옥수수 후레이크; OH, 귀리 건초; RS, 라이그래스 사일리지; TH, 티모시_고단백; SH, 대두피; AL, 알팔파_저단백; WB, 밀기울; AR, 애뉴얼 라이그래스; TL, 티모시_저단백, TF, 톨페스큐; BM, 사료용피; AH, 알팔파_고단백

[0104] 예측치는 [A사료 소화율×A사료 함량 + B사료 소화율×B사료 함량]이며, 관측치는 실제 in vitro 발효 실험 결과값을 나타낸다.

표 3

[0106]

	Basal 사료와 조합 효과 ¹			
사료 ²	진정유기물소화율, %			
	예측치	관측치	SEM	P-value
CF+OH	84.6	84.2	2.07	0.86
RS+TH	74.8	75.2	2.43	0.89
SH+AL	81.8	81.5	1.63	0.83
WB+AR	74.6	77.9	1.71	0.13

TL+TF	72.0	70.7	1.26	0.54
BM+AH	75.1	74.5	3.40	0.87

- [0107] CF, 옥수수 후레이크; OH, 귀리 건초; RS, 라이그래스 사일리지; TH, 티모시_고단백; SH, 대두피; AL, 알팔파_저단백; WB, 밀기울; AR, 애뉴얼 라이그래스; TL, 티모시_저단백, TF, 톨페스큐; BM, 사료용피; AH, 알팔파_고단백
- [0108] 예측치는 [A사료 소화율×A사료 함량 + B사료 소화율×B사료 함량]이며, 관측치는 실제 in vitro 발효 실험 결과값을 나타낸다.
- [0109] 사료의 영양적인 가치 분석을 위해 단독 배양 시의 진정유기물소화율과 다른 사료와 혼합 배양 시의 소화율을 분석하였다.
- [0110] 기초 사료와 실험 사료 2종의 혼합 발효 시 조합 효과의 평가 결과, 사료 조합 효과로 인한 차이가 발생하는 것으로 나타났으며 이러한 효과를 반영하여 개별 사료의 in vitro 진정유기물소화율과 in vivo 소화율의 연관성을 확인하였다.
- [0112] <실험예 2> 탄수화물성 원료의 in vivo 소화율(OMD) 측정
- [0113] 1-1. 실험 방법
- [0114] 실험대상으로 한우에 대해 사료를 급여하고, 한우 분뇨를 샘플링하여 in vivo 외관상 전장 영양소 소화율을 측정하였다.
- [0115] 하기의 각 대사실험의 대상이 된 한우는 동일한 한우를 cross over 방식으로 실시하였으며, 각 실험의 사이에 10일간 사료 적응기를 두고, 4일간 분뇨를 채취하여 샘플링하였다.
- [0116] 도 2는 한우에게 사료를 급여한 후 분뇨를 분리 채취 및 샘플링하는 사진을 나타내며, 도 3은 전분 채취법을 활용하여 in vivo 전장 소화율을 분석하는 사진을 나타낸다.
- [0118] 대사실험 1
- [0119] 한우 거세우 5두(평균 연령 28개월, 평균 체중 $676 \pm 55\text{kg}$)를 대상으로 하였다. 실험 사료는 기초사료(농후사료 85%, 연맥15%), 알팔파_고단백, 알팔파_저단백, 티모시_고단백, 티모시_저단백을 사용하였다.
- [0120] 사료는 1일 2회로 하여 오전 9시 및 오후 4시에 급여 하였으며, 한우사양표준 유지에너지 수준으로 급여하였다.
- [0121] 분석 항목으로는 실험 사료별 in vivo 전장 영양소 소화율 및 사료 에너지가(TDN, DE)를 분석하였다.
- [0122] 통계 분석은 SAS의 mixed procedure를 이용하여 tukey's range test 방법으로 처리구별 분산분석을 시행하였으며, 통계적 유의성은 $P < 0.05$ 수준에서 검증하였다.
- [0124] 대사실험 2
- [0125] 한우 거세우 4두(평균 연령 38개월, 평균 체중 $634 \pm 77.4\text{kg}$)를 대상으로 하였다. 실험 사료는 한우용 배합사료, 연맥(호주), 애뉴얼라이그래스(미국), 톨페스큐(미국), 사료용 피(한국)를 사용하였다.
- [0126] 사료는 1일 2회로 하여 오전 9시 및 오후 4시에 급여 하였으며, 체중 대비 1% 로 제한 급여 하였다.
- [0127] 각 실험에서 배합사료와 연맥의 혼합비율은 배합사료(70%)+연맥(30%), 배합사료(85%)+연맥(15%) 및 배합사료(80%)+실험 조사료(연맥, 애뉴얼라이그래스, 톨페스큐, 사료용 피 각 20%)로 하였다.
- [0128] 분석 항목으로는 실험 사료별 in vivo 전장 소화율 및 사료 에너지가(TDN, DE)를 분석하였다.
- [0129] 통계 분석은 연맥 및 배합사료의 전장 영양소 소화율(total tract nutrient digestibility) 및 에너지가는 SAS의 proc mixed를 이용하여 동물을 랜덤효과로 하는 단순회귀 분석을 실시($y_i = a_1X_1 + a_2X_2$ (y_i 는 실제 측정 한 영양소 소화율(DM: Dry matter, OM: Organic matter, CP: Crude protein, EE: Ether extract, NFC: Non-

fiber carbohydrate, NDF: Neutral detergent fiber) 혹은 TDN(Total digestible nutrients), X1은 사료 중 배합사료의 비율, X2는 사료 중 연맥의 비율)), 각 평균간 유의성 검정은 SAS 의 general linear model (GLM) procedure를 이용하여 분산분석을 실시하고 처리에 의한 평균간 비교는 tukey's range test 방법으로 통계적 유의성은 $P < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

[0131]

1-2. 결과 분석

[0132]

In vivo 소화율 측정은 Church의 방법론(substitution method, Church, 1988)을 활용하였으며, 하기 수학적 3의 식으로 계산하였다.

[0133]

[수학적 3]

[0134]

시험사료의 영양소 소화율(%) = {(A)-(B)(C)}/D

[0135]

- 상기 A는 시험사료의 영양소를 의미한다.

[0136]

- 상기 B는 기초사료(basal feed)의 영양소를 의미한다.

[0137]

- 상기 C는 총 사료 중 기초사료의 비율을 의미한다.

[0138]

- 상기 D는 총 사료 중 시험사료의 비율을 의미한다.

[0140]

대사실험 1의 결과

[0141]

하기 표 4은 실험사료의 한우 in vivo 전장 영양소 소화율을 평가한 결과를 나타낸다.

표 4

[0142]

in vivo 전장 영양소 소화율 분석 결과 (건물, 전체 급여사료 기준)

항목	기초사료 (배합사료85%+ 연맥15%)	기초(85%)+ 알팔파고단백 (15%)	기초(85%)+ 알팔파 저단 백(15%)	기초(85%)+ 티모시 고단 백(15%)	기초(85%)+ 티모시 저단 백(15%)	SEM	p-value
Dry matter (DM)	72.7	73.3	72.8	70.9	69.8	0.59	0.28
Organic matter (OM)	75.1	75.3	74.8	72.8	72.2	0.55	0.26
Crude protein (CP)	75.8 ^{abc}	77.3 ^a	76.4 ^{ab}	72.4 ^{bc}	72.3 ^c	0.59	0.01
Ether extract (EE)	86.4	86.1	88.6	85.5	86.4	0.41	0.16
Non-fiber carbohydrate (NFC)	87.9	88.0	85.9	85.7	88.4	0.63	0.56
Neutral detergent fiber (NDF)	59.4	60.4	62.3	60.6	56.4	0.99	0.45
Gross Energy(GE)	73.7	74.5	74.2	72.0	71.3	0.57	0.32
Total digestiblenutrien ts (TDN)	72.4	72.2	72.0	70.1	69.5	0.51	0.25
Digestible Energy (DE)	3.22	3.24	3.23	3.13	3.09	0.03	0.26

[0144]

분석 결과, TDN에 영향을 주는 CP의 외관상소화율은 75.8 ~ 72.3%, EE의 외관상 소화율은 86.4 ~ 86.1%, NDF의 외관상소화율은 56.4 ~ 62.3%, NFC 소화율은 85.9 ~ 88.4%로 측정되었다. 또한, NFC 외관상소화율이 영양소 소화율 중에서 가장 높게 측정되었으며, 전체 급여사료 TDN은 72.1 ~ 72.4%로 측정되었다.

[0146] 기초사료 소화율을 활용하여 실험 조사료의 외관상 영양소 소화율과 에너지가를 산출하였다. 하기 표 5는 in vivo 전장 영양소 소화율을 분석한 결과를 나타낸다.

표 5

[0147] *in vivo* 전장 영양소 소화율 분석 결과 (건물, 개별 급여사료 기준)

항목	알팔파 고단백	알팔파 저단백	티모시 고단백	티모시 저단백	SEM	p-value
Apparent digestibility of nutrient (% of dry matter)						
Dry matter (DM)	76.6	73.0	60.6	53.1	4.38	0.20
Organic matter (OM)	76.4	73.1	60.1	55.8	3.95	0.19
Crude protein (CP)	86.2 ^a	80.1 ^a	53.5 ^b	52.3 ^b	4.51	0.01
Ether extract (EE)	84.6	100	80.7	86.7	3.22	0.11
Non-fiber carbohydrate (NFC)	88.3	74.5	73.4	91.1	3.95	0.27
Neutral detergent fiber (NDF)	66.0	79.0	67.3	39.4	8.08	0.38
Gross Energy (GE)	78.7	77.0	62.3	57.8	4.16	0.19
Total digestible nutrients (TDN)	70.7	69.6	56.9	53.0	3.64	0.22
Digestible Energy (DE)	3.37	3.28	2.64	2.38	0.183	0.16

[0149] 분석 결과, 외관상 DM 소화율은 각각 알팔파_고단백, 알팔파_저단백, 티모시_고단백, 티모시_저단백에서 각각 76.6%, 73.0%, 60.6%, 53.1%로 측정되었다. CP 소화율은 알팔파_고단백, 알팔파_저단백이 티모시_고단백, 티모시_저단백보다 유의적으로 높게 측정되었다. NFC 소화율은 73.4%~88.3%로 측정되었으며 티모시_저단백이 가장 높고, 알팔파_고단백, 알팔파_저단백, 티모시_고단백 순으로 측정되었다.

[0150] *in vivo* 실험 결과 TDN 수치는 시험조사료 중 알팔파_고단백이 70.7%로 가장 높고, 알팔파_저단백이 69.6%, 티모시_고단백이 56.9%, 티모시_저단백이 53.0%로 각각 산출되었다.

[0151] 알팔파의 경우 단백질 수준에 따라서 TDN 함량이 큰 차이가 나타나지 않았지만, 티모시의 경우에는 3.9%P 차이가 나타났다.

[0152] 따라서 조사료 배합 시 TDN을 단백질 함량에 따라서 따로 적용할 필요가 있음을 확인하였다.

[0154] 대사실험 2의 결과

[0155] 하기 표 6은 실험 사료의 한우 *in vivo* 전장 영양소 소화율을 평가한 결과를 나타낸다.

표 6

[0156] *in vivo* 전장 영양소 소화율 분석 결과 (건물 기준)

항목	배합사료(85%)+연맥(15%)	배합사료(70%)+연맥(30%)
Apparent digestibility of nutrient (% of dry matter)		
Dry matter (DM)	72.96 ± 1.24	72.3 ± 0.83
Organic matter (OM)	75.08 ± 1.25	74.37 ± 0.81
Crude protein (CP)	72.85 ± 1.35	71.35 ± 1.1
Ether extract (EE)	91.22 ± 0.55	90.33 ± 0.58
Non-fiber carbohydrate (NFC)	91.94 ± 2.99	93.12 ± 1.07
Neutral detergent fiber (NDF)	62.67 ± 3.36	62.24 ± 2.23
Gross Energy (GE)	76.29 ± 1.25	75.53 ± 0.67
Total digestible nutrients (TDN)	74.03 ± 1.17	72.89 ± 0.77

[0157] 분석 결과, TDN에 영향을 주는 CP의 외관상 소화율은 71.35 ~ 72.85%, EE의 외관상 소화율은 90.33 ~ 91.22%, NDF의 외관상 소화율은 62.24 ~ 62.67%, NFC 소화율은 91.94 ~ 93.12%로 측정되었다.

[0158] NFC 외관상소화율을 제외하고 연맥 15% 급여구에서 영양소 소화율이 전반적으로 높게 측정되었으며, 전체 급여 사료 TDN은 72.89 ~ 74.03%로 측정되었다.

[0159] 연맥의 비율이 증가함에 따라서 단백질의 소화율에 악영향을 미치는 ADICP의 함량이 높아지고, 지방함량이 낮아짐에 따라서 조지방의 소화율이 낮게 측정됨을 확인하였다.

[0161] 하기 표 7는 in vivo 전장 영양소 소화율 분석한 결과를 나타낸다.

표 7

[0162] in vivo 전장 영양소 소화율 분석 결과 (건물, 전체 급여사료 기준)

항목	배합+연맥(20%)	배합+애뉴얼라이그라스(20%)	배합+틀페스큐(20%)	배합+사료용피(20%)	SEM	p-value
Apparent digestibility of nutrient (% of dry matter)						
Dry matter (DM)	72.37	69.86	70.11	70.20	0.458	0.18
Organic matter (OM)	75.12	72.77	72.75	73.14	0.475	0.24
Crude protein (CP)	74.65	74.14	74.66	73.93	0.469	0.94
Ether extract (EE)	89.60	89.99	89.10	89.37	0.416	0.91
Non-fiber carbohydrate (NFC)	91.25	90.59	90.55	91.00	0.501	0.96
Neutral detergent fiber (NDF)	63.01	60.09	60.85	61.74	0.828	0.68
Gross Energy (GE)	74.66	72.64	72.55	72.27	0.464	0.25
Total digestible nutrients (TDN)	73.82	71.81	71.84	70.92	0.455	0.13

[0164] 분석 결과, TDN에 영향을 미치는 영양소인 CP, EE, NFC, NDF의 외관상소화율은 각각 72.75 ~ 75.12, 89.10 ~ 89.99, 90.55 ~ 91.25, 60.09 ~ 63.01%로 측정되었으며, TDN은 70.92 ~ 73.82%로 측정되었다. 조사료 첨가에 따른 외관상영양소 소화율 및 TDN은 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$).

[0166] <실시예 2> 탄수화물성 원료의 in vitro 소화율(OMD)을 이용한 in vivo 소화율(OMD) 예측식 개발

[0167] 본 발명의 상기 실험예에 의해 측정된 실험실 수준에서 측정된 영양소 소화율(in vitro OMD)을 활용한 동물 실험의 영양소 소화율(in vivo OMD) 추정모델을 회귀분석을 통하여 산출하였다.

[0168] in vivo 소화율 실험 결과를 황금 표준으로 하여, in vitro 소화율 실험을 통해 도출된 OMD를 적용한 3종의 모델을 개발하였다. 모델 개발을 위하여는 연속형 변수들에 대한 두 변수 사이의 모형을 구한 뒤 적합도를 측정해 내는 분석법인 회귀분석을 활용하였다.

[0170] 도 4는 in vitro OMD, in vivo OMD 실험 결과를 통한 예측식을 보여주는 그래프이다.

[0171] 그 결과, 본 발명은 하기 수학식 1의 예측식을 개발하였다.

[0172] [수학식 1]

[0173] $\text{in vivo OMD(\%)} = \text{in vitro OMD(\%)} \times (0.501) + 30.0154 \quad (R^2 = 0.942)$

[0175] <실시예 3> 에너지 소화율(OMD) 예측식의 예측력 확인

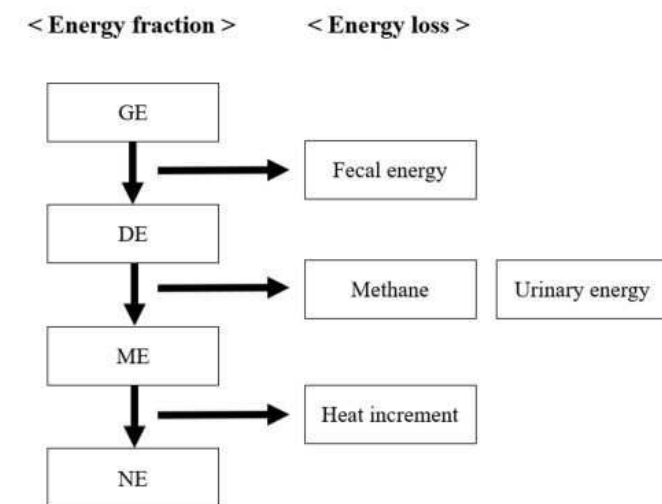
[0176] 상기 실시예 2에 개시된 본 발명에 의해 개발된 OMD 예측식의 예측력이 0.942로 확인되었다.

[0177] 이는 종래 사용해오던 예측식에 비해 높은 예측력을 보이는 것으로서, 프랑스(INRA)에서도 유기물 소화율의 추정을 위하여 화학 성분 및 in vitro 소화율 결과를 이용하여 예측식을 활용하고 있으나, 예측력이 조사료 종류에 따라 0.44~0.79, 곡류 종류에 따라 0.65~0.85로 비교적 낮다.

[0178] 본 발명의 에너지 소화율 예측식을 활용하면 보다 정확하게 OMD를 추정할 수 있을 것으로 기대된다.

도면

도면1



도면2



도면3



도면4

