



FOSS 기술백서

표준분석용 기기 Dumas 또는 Kjeldahl 분석 기법?

질소/단백질 사료 성분 분석을 위한 비교 및 고려 항목

작성 박사 요르겐 물러

Dumas 방법

Dumas 연소 방법은 총 질소 성분에 대한 정보를 메트릭스 형식으로 표시하는 절대적인 방법입니다. 샘플은 산소 공급 환경의 고온에서 연소됩니다. 질소는 부차적인 산화 및 환원 튜브를 통해 정량적으로 N_2 으로 변환됩니다. 기타 휘발성 연소 제품이 트랩되거나 분리됩니다. 열 전도 검출기는 질소 가스를 측정합니다. 결과는 % 또는 mg(질소) 단위로 표시되며, 변환계수(표 1) 항목에 따라 단백질 수치로 변환됩니다.

표 1 – 질소 - 단백질 변환계수(ISO 16634-1:2008 기준에 따른 사례)

Commodity	환산계수
보리	5.88
야자박	5.30
귀리	5.50
쌀	5.95
호밀	5.83
해바라기(씨, 껍질)	5.30
대두(씨, 전분 또는 제품)	5.71
라이밀	5.78
밀(통밀가루, 전분 또는 불거(bulgur))	5.83
밀(겨)	5.26

ISO/TS 16634-2:2009 기준에 따른 분석 제품의 변환계수는 호밀, 밀, 제분 5.7, ISO 표준 범위에 속하는 기타 제품은 6.25입니다.

1990년대, Dumas 분석법은 100년 이상 조단백질 분석법으로 활용되어 오던 전통적 방식의 Kjeldahl 법과 차별성 있는 특성으로 주목을 받았습니다.

Dumas 법은 간편하고 자동화된 장점을 갖고 있습니다. 또한 Kjeldahl 법에서 1시간 이상 소요되는 분석시간이 분 단위로 현저하게 단축되었습니다. 독성 있는 유해 성분이 포함된 화학약품 또는 촉매제를 사용할 필요가 없습니다. Kjeldahl 법은 시료 분해를 위해 진한황산 및 촉매제를 사용합니다. 1990년대 대부분의 국가에서는 실험실에서 수은과 카드뮴을 사용할 수 없도록 규정했으며, 많은 실험실은 Dumas 기법을 대안으로 평가하고 다양한 비교 연구를 수행했습니다. 평가 결과에 따라 한 가지 결과가 여러 개의 국제 표준이 되었습니다(표 2). 또한 미국, 캐나다, 호주에서 곡물 검사 과정에 Dumas 법이 도입되었습니다.

Dumas 법은 아질산염과 질산염과 같은 무기물 성분을 포함한 총 질소를 측정하며, Kjeldahl 법은 유기 질소와 암모니아만을 측정합니다. 두 가지 방법의 비교 연구를 통해 결과의 차이점이 확인되었습니다. Kjeldahl 법은 모든 유기 질소 성분을 회수하지 못하며 복소환식 N-화합물(예: 니코틴산)의 회수에 문제가 있었습니다. 조단백질 분석 과정의 핵심적인 문제점은 아미노산을 암모니아로 변환하는 알파아미노 질소의 변환이었지만, 특별한 문제가 없는 것으로 간주되었습니다. 기존 방식의 Kjeldahl 기법에서 질소의 단백질 환산계수는 시료의 아미노산 형태를 기반으로 결정되었습니다. 다양한 합성물이 포함된 시료 및 사료 샘플의 일반적인 변환계수는 6.25로 결정되었습니다. 다른 질소 회수를 위해 동일한 변환계수를 적용하는 경우에는 결과가 달라질 수 있습니다.

표 2 – Dumas 방법에 따른 식품 및 사료의 총 질소 및 단백질 측정을 위한 표준

참조 방법	타이틀(메트릭스)
ISO 16634-1:2008	식품류 - Dumas 원리 및 조단백질 함량 계산에 따른 연소를 통한 총 질소 함량 측정 -- 파트 1: 지방종자 및 동물 사료
ISO/TS 16634-2:2009	식품류 - Dumas 원리 및 조단백질 함량 계산에 따른 연소를 통한 총 질소 함량 측정 -- 파트2: 시리얼, 두류, 분쇄된 시리얼 제품
ISO 14891:2008 (IDF 185:2008)	밀크 및 밀크 제품 — 질소 성분 측정 — Dumas 원리에 따라 연소 방법을 사용하는 일상적인 기법
AACC Method 46.30	조단백질 — 연소 방법(동물 사료, 시리얼, 지방종자)
ICC Standard No. 167	Dumas 연소 원리에 따라 식품 및 사료용 곡류 및 곡류 제품의 조단백질 측정
AOAC 990.03)	동물 사료의 (조)단백질 — 연소 방법
AOAC 992.23	곡물 및 지방종자의 조단백질
AOAC 997.09)	맥주, 맥아, 양조용 곡류의 질소 성분 — 총단백질 산출 — 연소 방법
AOCS Ba 4e-93	조단백질 측정을 위한 일반 연소 방법(지방 종자 부산물)
AOCS Ba 4f-00	대두류의 조단백질 측정을 위한 연소 방법
OIV-MA-AS323-02A	Dumas 기법에 따른 발효전 포도주 및 와인의 총 질소 수량화(유형 II 기법)

AOAC = AOAC International, Washington DC/USA , AOCS = American Oil Chemists' Society, Champaign IL/USA, AACC = American Association of Cereal Chemists, St. Paul MN/USA, ISO = International Organization for Standardization, Geneva/Switzerland, IDF = International Dairy Federation, Brussels/Belgium, ICC = International Association for Cereal Science and Technology, Vienna/Austria, OIV = International Organisation of Vine and Wine, Paris/France

Dumas 방법과 Kjeldahl 방법의 결과는 분석 시료에 대한 비 단백태 질소 성분에 따라 결과와 회수량이 다를 수 있습니다. 예를 들어 33 000 mg/kg 건조 성분의 질산염 성분이 포함된 상추 시료의 경우 , 0.75% 질소 또는 4.7% 조단백질(요소 6.25)과 일치합니다.

AAFCO(American Association of Feed Control Officials) PTS는 300개의 실험실에서 활용하고 100가지 이상의 기법을 적용할 수 있는 가장 광범위한 신뢰도를 갖춘 분석 기법 중 하나입니다. 표 3은 일부 시료에 대한 분석 결과입니다. AOAC 2001.11이 Kjeldahl 표준분석법으로 채택되었습니다. 측정 결과의 표준 편차(괄호 표시)는 비교 가능하지만, Dumas 방법의 결과치가 더 높습니다.

표 3: AAFCO 신뢰도 분석 시료의 조단백질 수치 비교

시료	형태	Kjeldahl	Dumas
AAFCO 200921	닭	17.29(0.15)	17.64(0.33)
AAFCO 200922	젓먹이 돼지 사료	23.94(0.33)	24.51(0.39)
AAFCO 200923	Chow	12.3(0.52)	12.51(0.65)

지난 5년간 추수기간(2000 – 2004) 동안 독일 데트몰트 소재 Max Rubner Institute는 Kjeldahl 및 Dumas 방법에 따라 800개 이상의 호밀 시료에 대한 광범위한 조단백질 분석을 수행했습니다. “Dumas 단백질”의 2%는 Kjeldahl 방법에 따라 측정되지 않았으며, Dumas 및 Kjeldahl 단백질 측정값 간의 상관 관계는 다음과 같습니다.

$$\text{Kjeldahl} = 0,959 \times \text{Dumas} + 0,258$$

두 기법의 결과치는 재배 기간 및 생산자는 물론 재배 조건(예: 강수량, 비료) 에 따라 달랐으며, 계산에 대입한 결과와 변환 수치는 동일하지 않았습니다.

다양한 비교 연구에 대한 결과가 도출되었습니다. Simonne et al. (1)의 결과에 따르면 Dumas 방법은 적절한 환산계수를 사용하는 경우 선택한 식품 그룹의 조단백질 성분에 대한 분석 결과를 대체할 수 있다는 결론을 보여주었습니다. Dumas 방법에 따른 조단백질 함량 산출 시 환산계수의 추천 수치는 유제품 1.01, 지방종자 1.00, 사료 0.99, 유아용 조제분유 0.98, 시리얼 0.95, 육류 0.94, 야채 0.89, 생선류 0.80, 과일 0.73입니다.

일부 분석가들은 과대 예측을 통한 통상 분쟁을 피해야 한다고 결론 내렸습니다. 유럽연합 집행위원회는 Kjeldahl 방법을 공식적인 관리를 위한 표준 방법으로 인정했습니다(Commission Regulation (EC) No 152/2009).

Dumas 방법은 선택, 간섭도, 불순물 오염도와 관련하여 정량적으로 모든 형태의 질소, 유기물 및 무기물(구체적으로 질소)을 회수하는 것에 중점을 두기 때문에 단백질 분석법 선택시 부족함이 있을수 있습니다. 결과적으로 이 기법은 질소 성분이 함유된 모든 유기물 및 무기물 합성물에 의한 불순물 오염의 위험이 있습니다.

Kjeldahl 방법과 마찬가지로 비 단백질 질소를 측정하여 진정한 단백질 측정값을 제공하지는 않습니다. 아미노산과 시퀀스가 동일하지 않기 때문에 다른 단백질을 위한 상이한 수정계수가 필요합니다(2). 실제로 수정 알고리즘은 일상적인 분석에서는 거의 사용되지 않습니다. 대부분의 경우, Dumas 및 Kjeldahl 측정값을 조단백질 수치로 변환하기 위해 동일한 환산계수가 사용됩니다.

곡물 교역에서 데이터가 상충하는 상황이 발생하지 않도록 조단백질 분석방법을 명확하게 명시하는 것이 중요합니다. 공식적으로 Kjeldahl 방법은 여전히 가장 권위 있는 방법입니다. Dumas 기법은 분석 시료 유형의 차이가 크지 않을 경우 사용할 수 있습니다. NIR 분석기의 데이터베이스 구축 및 검증시 이들간에 차이가 있다는것을 인지하고 있는 것이 중요합니다.

요약

식품과 사료의 조단백질 성분을 측정하는 경우 Dumas 연소 방법에 대한 명확한 트렌드가 있습니다. Kjeldahl 방법과 비교할 때 분석 시간을 단축하고 과정을 단순화하여 간편하고 안전합니다. 두 가지 방법의 정확성은 비슷하지만 Kjeldahl 방법은 배치 단위 분석 시 효율성과 신뢰도가 높습니다. 두 가지 방법 모두 불순물 오염의 위험이 존재합니다.

참조:

(1) A H Simonne, E H Simonne, R R Eitenmiller, H A Mills, C P Cresman: 식품의 질소 및 조단백질 분석을 위해 Kjeldahl 방법을 Dumas 방법으로 대체할 수 있는가? Journal of the Science of Food and Agriculture, Volume 73, Issue 1, 39–45 페이지, 1997년 1월

(2) Jeffrey C. Moore, Jonathan W. DeVries, Markus Lipp, James C. Griffiths, Darrell R. Abernethy: Total Protein Methods and Their Potential Utility to Reduce the Risk of Food Protein Adulteration, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Volume 9, Issue 4, 330–357 페이지, 2010년 7월

FOSS

FOSS
Foss Allé 1
DK-3400 Hilleroed
Denmark

전화: +45 7010 3370
팩스: +45 7010 3371

info@foss.dk
www.fossanalytics.com