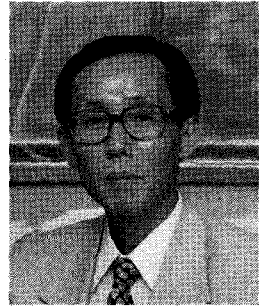


젖소에 있어서 단백질과 아미노산의 중요성



강원대학교 동물자원과학대학
교수 홍 병 주

젖소의 아미노산 요구량은 과거의 개념과는 상당한 차이를 보이고 있다. 반추위내 미생물에 의해 합성된 단백질로는 젖소의 최대성장이나 최고 우유생산을 위해 필요한 아미노산을 공급해주지 못한다. 더우기 단백질의 이용효율은 반추위내에서 미생물작용에 의한 분해를 최소화하고 미분해단백질의 형태로 소장내에 유입되어 아미노산으로 분해되어 흡수되는 양이 증가할수록 높아진다. 단백질은 값비싼 영양성분이기 때문에 그 이용효율을 증가시키는 것이 비용을 절감하는 방안이기도 하

다. 사료단백질의 반추위내 발효양상을 조절함으로써 다량의 단백질이 소장으로 직송되어 아미노산으로 흡수됨으로서 생산성을 제고시키는 기술의 개념이 바로 미분해단백질 또는 통과단백질이라 부르는 것이다.

반추위내 미분해 단백질

〈그림 1〉은 젖소에 대한 단백질의 이용경로를 체계적으로 요약한 것으로서 사료중 미분해단백질의 이용방법과 부위를 이해할 수가 있다. 젖소의 사료는 순단백질과 비단백태질소화합물을 함유하고 있으며 그중 비

단백태질소화합물은 제1위에서 암모니아로 전환된다. 반추위내 박테리아는 자체성장을 위하여 여러종류의 질소와 발효에 의해 생산된 에너지, 그리고 광물질들을 이용하는데 이 모든 인자들은 상호 연관되어 있기 때문에 어느 하나라도 부족하면 박테리아의 성장이 제한된다. 제1위에서 서식하는 박테리아 중에서 80%는 암모니아를 유일한 질소원으로 이용하여 자체성장을 하며, 26%는 절대적으로 암모니아를 필요로 하고 55%는 아미노산과 암모니아 모두를 이용하여 자체성장을 할 수 있다.

그러나 단백질섭취량이 적거나 또는 제1위에서 단백질분해가 낮을 때에는 암모니아 공급량이 부족하게 된다. 제1위내의 암모니아 농도가 낮으면 박테리아의 성장이 떨어지고 반추위내 사료의 이용효율이 감소되어 결과적으로 사료섭취량이 떨어지게 된다.

젖소는 제1위에서 합성된 미생물단백질과 사료단백질중 분해되지 않고 소장으로 유입된 순단백질을 공급받아 이용할 수 있다. <그림 1>에서 표시된 바와 같이 순단백질의 약 40%는 제1위에서 분해되지 않고 소장내에 통과된다. 일반적인 생산조건하에서는 소장으로 유입된 미분해 단백질과 반추위내에서 합성된 미생물단백질로부터 젖소의 단백질요구량을 충족시킬 수 있다. 그러나 성장속도가 빠른 어린반추동물이나 비유량이 높은 고능력우의 경우는 미생물단백질과 일반적으로 급여하고 있는 사료중에 함유된 미분해단백질로는 정상적인 송아지 성장과 산유량에 필요한 단백질 요구량은 부족하게 된다. 이같은 문제를 해결하는 방안으로 반추위내 단백질의 분해율을 낮추고 소장내로 통과되는 사료단백질량을 증가시키기 위한 물리화학적적

처리 방법이 이용되고 있다. 반추위내 미분해단백질의 이용효율을 높이기 위해서는 1) 소장내 유입된 미분해단백질은 소장내에서 흡수되어야 하고 2) 이들 단백질은 가축이 요구하는 아미노산을 공급해야하는 점이 중요하다.

이 분야에 연관된 용어들을 정의하면 다음과 같다.

반추위내 미분해 단백질 (undegraded intake protein(UIP) ; bypass protein ; protected protein ; escaped protein)이란 사료순단백질중 반추위내에서 미생물에 의해 소화되지 않고 곧바로 소장내로 통과되어 그곳에서 소화 흡수되는 단백질을 뜻한다. 모든 통과단백질은 일정기간동안 반추위내에 머물게 됨으로 보호단백질 또는 우회 단백질(bypass protein)이라 칭하는 것이 더욱 적절한 표현이라 할 수 있다. 단백질의 분해율이란 반추위내에서 미생물에 의해 분해되는 속도와 분해되는 양의 합을 의미하는 것으로써 다음의 두가지 이유 때문에 분해율은 매우 중요하다. 1) 반추위내에서 분해된 단백질은 미생물에게 펩타이드, 아미노산 그리고 암모니아를 공급하며 2) 미분해단

백질은 반추위를 통과하여 제4위와 소장으로 들어가며 그곳에서 펩타이드와 아미노산으로 분해 및 흡수되기 때문이다. 단백질의 분해율은 많은 인자에 의해 영향을 받는다. 첫째, 사료에 함유된 여러 가지 형태의 질소용해도, 둘째, 소화관내 사료내용물의 입자도(입자가 작을수록 반추위 통과속도 빠름)이다. 셋째, 사료섭취량(섭취량이 많으면 적을때보다 반추위 통과속도 빠름)이다. 또한 ionophore계 항생제인 lasalocid나 monensin등은 반추위박테리아에 의해 천연단백질의 분해를 감소시키는데 매우 효과적으로 작용한다.

뇨소(NPN급원)는 반추위내에서 100% 분해가 되며 양질의 단백질인 카세인도 90%로 분해율이 높으나 단백질의 품질이 우수한 어분의 경우는 분해율이 낮다. 소장으로 유입된 어분 단백질은 대부분 그곳에서 분해 흡수되며 메치오닌이나 라이신 같은 필수아미노산을 다량 공급한다.

단백질의 용해도는 반추위에서 신속히 분해되는 단백질을 추정하는 방법으로서, 단백질이 극도로 불용성이라면 반추위에서 거의 분해되지 않는다. 예를

들어 옥수수의 자인(zein)단백질은 40-60%가 반추위에서 분해가 되지 않는 극도의 불용성이거나 반면에 카제인은 높은 가용성으로 거의 모두가 반추위에서 분해된다. 미생물단백질은 반추위의 미생물에 의해 생산되는 단백질이다. 즉 미생물 단백질에는 암모니아와 아미노산 또는 펩타이드 등을 지닌 혐기성박테리아, 프로토조아 및 곰팡이 등의 많은 종류의 미생물이 해당된다. 암모니아는 여러 가지 방법으로 공급할 수 있으나, 급여량과 급여수준이 미생물에게 유용하여야만 한다. 일반적인 NPN급여권장은 총사료단백질의 1/3까지 대체할 수 있다.

젓소의 경우 아미노산의 이용은 매우 복잡하다. 섭취된 사료는 반추위로 들어가며 그곳에서 사료의 대부분은 박테리아에 의해 소화된다. 그 다음에는 입으로 다시 보내져 되새김된 후 다시 위내로 유입된다. 이러한 과정을 통하여 섭취한 많은 양의 단백질은 반추위에서 미생물단백질로 전환되기 때문에 원래 사료에 함유된 아미노산을 반추동물이 실제로 이용하지 못하게 된다.

그러나 사료단백질의 일부는

반추위내 박테리아의 작용을 피하여 미생물과 더불어 하부 소화관으로 이동되기 때문에 반추동물은 두 개의 단백질 공급원을 갖고 있다고 할 수 있다. 즉 미생물단백질과 통과 단백질이며 그중 미생물 단백질이 주기능을 한다. 최근까지 반추동물의 생산활동 즉 빠른 성장이나 최고유생산량 등에 필요한 단백질은 반추미생물단백질에 의해 필수아미노산을 공급받는 것으로 알려져 왔다. 이같은 점은 가축의 유전적개량, 영양 및 사양관리기술의 발달로 인하여 가축의 생산성이 향상되어 미생물이 합성하는 단백질로서는 부족하여 더 많은 양의 단백질이 필요하다라는 점을 인식하기까지는 사실로 인정되어 왔다. 이같은 새로운 인식이 점차 확산되면서 반추미생물은 경우에 따라 낭비적이라는 사실도 알게 되었다. 사료단백질의 분해과정에서 발생된 대부분의 질소는 비단백태질소화합물로 합성된다. 예를 들어 반추위내 미생물의 조단백질 질소중 20%는 실제로 핵산에서 유리된 질소이다. 이러한 조단백질의 대부분은 소장내에서 요소를 합성하기 위해 분해되어 핵산과 같은 형태로 손실

된다.

● **반추위 통과 단백질(Rumen bypass)** : 오스트리아의 Ferguson은 사료단백질의 반추위통과량을 증가시키기 위하여 새롭고도 흥미있는 연구를 실시하였다. 그는 포름알데히드로 처리된 단백질은 반추위에서는 분해되지 않고 제4위나, 소장에서 소화 흡수된다는 사실을 입증하였다. 또한 1960년대와 70년대에는, 조단백질에 대한 기존의 이론들이 전적으로 공고하지 못하다는 것을 지적하였다. 여러나라의 과학자들은 어떤 사료는 비록 시험사료간의 단백질함량이 동일하더라도 다른 사료보다 성장율이 높고 최고비유기의 젓소에 있어서는 생산성이 증가됨을 입증하였다.

1970년대 초반에는 몇몇 학자들이 단백질과 이미노산을 제4위에 직접 주입시킴으로써 산유량을 현저히 증가시킬 수 있음을 밝히게 되었다. 이같은 관점에서 볼 때 생산능력이 우수한 젓소의 경우 특정 아미노산이 결핍된 상태에서 사육이 되는데 특히 미생물단백질로부터 일부 아미노산의 공급이 부족하게 되면 최고 생산능력을 발휘할 수 없게 된다. 따라서 이들 결핍된

아미노산을 추가로 공급하면 산유량은 증가하게 되며 이 같은 점은 결국 반추동물의 아미노산 요구량도 단위동물과 동일하다는 것을 입증하는 것이다.

● **Bypass 단백질의 실용성** : 단백질은 비싼 영양성분이므로 이용효율을 증진시키는 것은 매우 중요하다. 통과단백질함량을 증가시키면 미생물의 과잉발효에 의한 단백질의 손실을 줄이게 되고 단백질 섭취량도 감소하게 되므로 비용을 절감할 수 있다.

다음과 같은 사양전략에 의해서 이 같은 잇점을 이룰 수 있다.

1) 반추위내에서 미생물단백질 합성에 필요한 암모니아원으로 싸 값이 싼 NPN을 최대로 활용하고 반면에 반추위 분해단백질의 양을 최소한 줄이는 것이다. 2) 그리고 값이 비싼 단백질은 반추위에서 소장내로 유입되도록 하여 통과단백질량을 증가시킨다.

비유초기에 있는 고능력우의 경우는 NPN과 보호단백질의 혼합급여가 필요하다. 그렇게 하면 반추위 미생물에 필요한 암모니아는 값비싼 단백질보다는 값싼 요소를 공급할 수가 있다. Southern Illinois 대학의

Young은 육우에 대한 연구에서 대두에 0.4%의 포름알데히드를 처리할 때 1일 두당 0.34~0.68 kg정도 대두급여량을 줄일 수 있다고 발표하였다. 그러나 Young은 이같은 단백질 절약기술을 적용할때는 반드시 처리단백질의 첨가수준을 낮추어야 한다고 지적하였다. 또한 이 경우에도 반추미생물에 필요한 질소원(요소같은 NPN과 일부 순단백질)은 반드시 광물질, 비타민 및 기타 첨가제와 함께 급여하는 것이 필요하다.

텍사스대학의 Preston박사는 여러종류의 사료를 급여할 때 가축의 생산성을 향상시키기 위하여 다음과 같은 규칙을 제시하고 있다. 즉 조단백질량이 사료건물량의 10%를 초과한다면 이 이상의 모든 조단백질은 통과단백질로 공급해야 된다는 것이다. 즉 최종 사료단백질함량이 16%인 경우에는 총 16%중에서 6% 또는 전체 단백질의 37.5%는 반드시 통과단백질로 급여해야 된다는 것이다. 이러한 관계가 양적으로 정립된다면 특히 고단백수준에서는 조단백질 요구량을 줄일 수가 있다.

● **단백질 용해도** : 단백질의 용해도란 사료단백질이 반추위

내에서 분해되는 속도를 나타내는 지표라 할 수 있다. 이러한 특징은 가용성 단백질이 비가용성 단백질보다 반추위 미생물에 의해 쉽게 분해되기 때문에 중요하다. 반추위내에서 초기에 쉽게 분해되는 단백질 즉 용해도가 높은 경우는 제4위나 소장내로 유입되는 단백질량이 매우 적어 고능력우에 있어서는 충분한 양의 단백질을 소장으로부터 공급할 수 없게 된다. 예를 들어 Clark는 비유중인 소들의 최대우유생산은 일반적으로 사료가 10-25%의 가용성 질소를 포함할 때 얻어질 수 있다고 하였다. 이 수준의 가용성 단백질량은 박테리아 성장에 필요한 암모니아를 충분히 제공하는 반면 사료단백질의 대부분을 반추위에서 소장으로 통과시키게 된다. 그러나 단백질의 용해도는 다른 요인과 더불어 고려되어야 한다. 예를 들어 사일로에 저장되어 발효된 사료는 발효하지 않은 사료와 비교해 볼 때 가용성 질소의 양이 증가되지만 이러한 가용성 질소는 반추위에서 이용되지 않을지도 모른다. 아직까지 대부분 사료의 미분해 단백질함량이 측정되지 못한 실정이나 일반적으로 많이 사용되

는 사료의 미분해단백질함량을 보면 표<1>과 같다. 몇종의 부산물사료와 건조알팔파는 미분해단백질함량이 높게 나타났다. 보통 반추위에서 분해되지 않는 단백질의 양은 주로 사료단백질의 반추위내 체재시간에 의해 크게 영향을 받는다. 사료섭취량과 급여횟수를 증가시키고 또는 사료입자도를 작게 해주면 반추위 통과속도가 빠르게 할 수 있다. 또한 소금을 많이 급여하면 물을 많이 섭취하게 됨으로서 반추위 통과속도가 빨라진다. 따라서 사료의 반추위 통과속도가 빠를수록 그만큼 소장내로 유입되는 사료단백질의 양은 증가하게 된다.

● **반추위내 분해로부터 단백질을 보호하는 방법** : 반추위내에서 박테리아에 의해 분해과정을 거친 후 남은 사료중의 아미노산을 더 많이 이용하기 위하여 반추동물의 단백질 소화작용을 조절하는 방안 등을 연구하여 왔다. 이 같은 기술이 통과단백질(bypass protein) 또는 보호단백질(protected protein)로 알려져 있다. 그러한 단백질이 반추위를 사실상 통과한다면 아미노산은 박테리아에 의해 분해되지 않는다. 반추동물의 분해

작용으로부터 단백질을 보호하는 방법을 보면 다음과 같다.

① **천연 보호 단백질(Naturally protected protein)** : 일부의 단백질은 가공처리시 열처리로 인하여 보호단백질로 반추위에서 분해율이 낮아지게 된다. 이러한 것에는 옥수수글루텐밀, 대두박, 맥주박, 주정박, 압착 또는 볶은 대두 및 대두박, 육분, 혈분, 어분, 가수분해된 우모분 등이 있다. 일반적으로 용매추출 대두박의 경우 미분해단백질이 28%정도이나 열처리 대두박은 미분해단백질 함량이 65%정도로 높아진다.

② **가열 압착 처리** : 보통 압력하에서 단백질 사료에 열을 가하면 단백질 분자 사이에 유리 아미노산 그룹간에 교차결합이 형성된다. 더우기 단백질의 용해성질을 바꾸어 주고 효소와 결합하는 단백질의 표면을 줄여줌으로써 효소공격 부위를 차단하는 효과가 있다. 여기서 주의할 점은 너무 과잉열처리 하게되면 효소의 갈변화반응을 일으켜 반추위와 소장내에서 단백질의 소화율이 떨어진다는 점이다.

③ **단백질의 탄닌처리** : 탄닌처리방법에 대한 명확한 기전은 밝혀져 있지 않으나 탄닌이 단

백질과 강한 수소결합을 함으로써 단백질을 박테리아의 분해로부터 보호한다는 것이다. 이렇게 처리된 단백질은 소화관을 따라 이동할 때 산도사 변화되어 탄닌과 단백질결합부위가 해리되어 이용이 된다.

④ **단백질의 포름알데히드 처리** : 이 방법은 가장 널리 사용되는 단백질 보호방법으로써, 알데히드는 유리 아미노산 그룹과 N-terminal 그룹과 반응하여 교차결합을 형성한다. 이렇게 결합되면 단백질의 용해도가 감소되고 또한 박테리아의 분해작용으로부터 단백질을 보호하게 된다. 그후 산도가 높은 조건에서 가역반응을 하여 단백질이 분해가 된다. 이밖에 알데히드 처리와 열처리를 병행하는 방법이 있다.

⑤ **지방처리** : 이 방법은 지방을 단백질로 유화시킨 후 포름알데히드로 처리하는 방법이다. 이렇게 하면 포름알데히드가 단백질에 결합하기 때문에 반추위내에서 소화될 수가 없다. 그러나 제4위의 pH는 단백질과 포름알데히드결합이 분해될 정도로 낮기 때문에 단위동물처럼 소화 흡수하게 된다. 그리고 더욱 중요한 것은 지방으

로 보호된 단백질사료를 급여하면 체지방과 유지방의 포화지방산과 불포화지방산의 비율을 전환할 수가 있다. 또한 지방과 탄닌으로 단백질을 보호하는 처리방법도 이용되고 있다.

⑥ 벤토나이트 처리 : 벤토나이트는 펠렛의 강도를 증가시키기 위해 사용되는 첨가제인데, 이것을 또한 단백질 분해율을 감소시키기 위해서 사용하고 있다.

⑦ 아미노산의 캡슐화 : 이것은 반추위통과량을 증가시키기 위해 특정아미노산에 막을 입히는 것을 의미하며, 이러한 도포물질로서는 kaolin, tristearin, pH sensitive copolymer, cellulose propionate-3-morpholino butyrate 및 indamine 중합체 등이 사용되고 있다. 대부분의 사료에서 제1제한 아미노산인 메치오닌과 라이신을 처리하기에 적합한 방법이다.

⑧ 유사 아미노산의 이용 : 만약 이러한 유사물질들이 반추동물 사료로 성공적으로 이용될려면 반추미생물의 분해작용을 피해야만 되는데 아직까지는 생물학적으로 활성상태로 흡수되고 있다. 다양한 제품이 생산되지만 그 효과가 뚜렷한 유사물은 methionine hydroxylanalog(MHA)이다. MHA는 메치오닌보다 반

추위에서 덜 용해되어 결국 MHA의 대부분이 반추위내에서 분해가 되지 않는다.

⑨ 반추위내 미생물의 활성증진 : 단백질 이용성을 높이는 또 다른 방법으로 반추미생물의 수를 증가시키는 것이라고 생각된다. 이렇게 하기 위해서는 다음과 같은 조건들을 구비해야만 된다. 첫째, 암모니아의 최대이용을 위해 적당한 에너지의 공급이 필요하고 둘째, 박테리아의 성장을 촉진시킬 수 있는 조건 즉, pH가 5.6~6.7은 유지되어야 한다.

⑩ Ionophore의 첨가 : 보바텍(bovatec 또는 lasalocid)과 루멘신(rumensin 또는 monensin)의 두 아이노포로계 항생제는 단백질사료의 반추위내 분해작용을 감소시키고 반추위 통과율을 증가(약25%이상)시키는데 효과적인 것으로 알려지고 있다.

⑪ 비효소 갈 변화 : 비효소 갈변화 반응으로 네브라스카대학 연구자들은 대두박의 통과단백질량을 2.5배 이상 증가시켰었다. 이 처리방법은 대두박이나 다른 단백질 사료를 자이로스(xylose)와 93-121°C의 온도에서 열처리 하는 것이다.

● 보호되는 정도를 측정하는 방법 : 단백질의 분해도를 측정하는데 사용되고 있는 방법을 보면 다음과 같다. 첫째, 온수나 냉수, 반추위액, 완충제, 알칼리나 산 용액등으로 추출하여 용해도를 측정하는 방법이 있고 (이 방법은 용해도가 분해도와 일치하지 않는다는 문제가 있다) 둘째, 십이지장 캐놀라를 시술한 가축을 이용하여 반추위를 통과한 미분해 단백질을 측정하는 방법(이 방법은 시술상 어려움과, 두종의 액상과 고체상 표시물이 필요하고, 수술의 영향으로 섭취량이 정상치와 다르며 단백질의 대사량을 측정할 수 없는 문제점이 있다)과 셋째, 가축의 생산성을 직접 측정하는 방법이다(이 방법은 사료 단백질중에서 반추위분해단백질과 기타 영양소를 공급할 수 있다는 점과 개체에 따라 측정이 어렵다는 점이다).

● 시판 보호단백질 : 많은 사료회사는 보호단백질사료를 상품으로 개발해 왔으며 이들 중 몇 개는 특허가 나있다. 반추위 통과율이 높은 이들 보호단백질 사료의 대부분은 요소와 단백을 배합한 것으로 천연보호단백질을 주원료로 사용하고 있다.

● **통과단백질과 아미노산의 미래** : 통과단백질에 대한 전망은 희망적이나 많은 실험과 경험을 통해 이들 개념이 정립되어야 한다. 단백질분해도는 반추위 박테리아의 양과 종류 또한 단백질의 체재시간에 따라 사료종류별로 달라진다. 통과단백질의 급여효과는 성장속도가 빠른 어린가축이나 비유절정기에 있는 고능력우에 크게 나타난다. 연구자들은 체중이 적게 나가고 스트레스를 받은 송

아지, 새로이 사육장에 도착한 가축, 황소, 생시체중이 큰 가축에 있어서 보호단백질의 급여는 매우 유용하다고 믿고 있다. 이런 가축들은 통상적인 미생물단백질 합성만으로는 단백질 요구량은 충족시킬 수 없기 때문이다. 그러나 곡류를 다량급여하는 체중340-360kg의 비유기의 소에게 보호단백질을 급여할 때 잇점이 있을지는 불확실하다. 그러나 사료와 마찬가지로 앞으로의 보호단백질과 아미노산의

사용도 경제적인 측면에 의해 크게 좌우될 것이다. 만약 보호단백질이나 아미노산의 급여량을 최소화하고 값싼 NPN을 반추미생물의 단백질급원으로 최대한 공급하여 사료단백질의 가격을 낮출 수 있다면 보호단백질과 아미노산은 중요한 단백질사료로 사용할 수가 있다. 결국 통과단백질사료는 사료비의 절감과 생산성의 향상 또는 이 두가지 요인을 모두 충족시키는 방향으로 개발되어야 할 것이다. ■

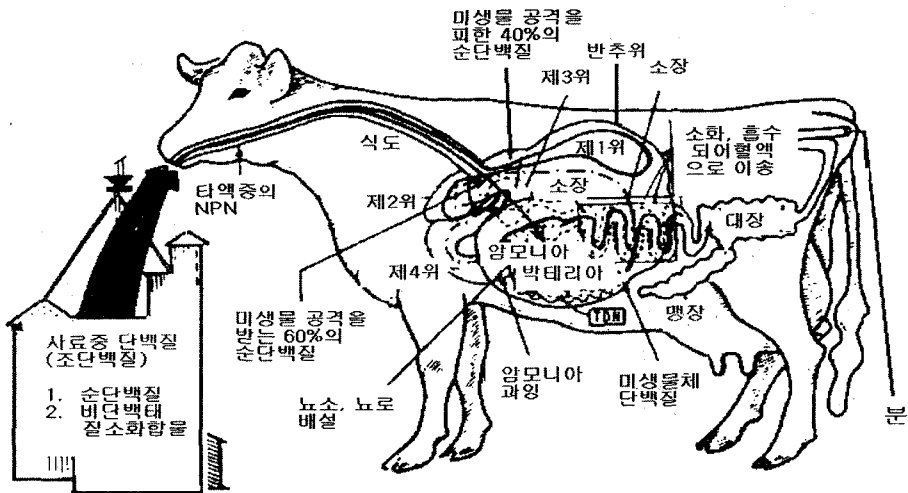


그림1 젖소의 단백질 이용 모식도

〈표 1〉 사료종류별 보호단백질(by-pass)함량

사료명	보호단백질, %	사료명	보호단백질, %
알팔파, 미건	20	어분	60
알팔파, 인공건조, 17% 단백질 ⁴	59	화분과목초 사일리지	29

사료명	보호단백질, %	사료명	보호단백질, %
알팔파, 개화초기	18	아마박, 용매추출	35
알팔파, 개화중기	22	육골분	49
알팔파, 개화말기	28	육분	63
알팔파건초, 성숙	35	연맥	17
알팔파 큐브	35	연맥, 그로우트(Groats)	25
알팔파 줄기	40	연맥 미들링	20
알팔파 사일리지 ⁴	23	연맥 사일리지	25
알팔파 사일리지, 예건	22	오차드그라스, 미건, 미성숙	25
제과 생산품, 건조	20	오차드그라스, 건조	30
보리 ⁴	27	땅콩박, 용매추출	25
보리, 박편처리	67	완두	22
보리 사일리지	25	채종박, 용매추출(캐놀라밀)	28
보리 사일리지, 성숙	35	호밀	19
비트 펄프, 미건	30	라이그라스, 미건	48
비트 펄프, 건조	35	수수, 분쇄	60
비트 펄프, 당밀함유, 미건	25	수수, 박편	50
비트 펄프, 당밀함유, 건조	25	수수사일리지	50
혈분	82	전지대두	26
맥주박, 미건	57	대두박, 용매추출 44% 단백질	26
맥주박, 건조 ⁴	49	대두박, 용매추출 49% 단백질	23
코코넛박 ⁴	63	대두박, 120°C	59
옥수수, 황색종 ⁴	52		
옥수수, 고수분 ⁴	80	대두박, 130°C 건조	71
옥수수, 증기박편 ⁴	68	대두박, 140°C 건조	82
옥수수와 속대분 ⁴	50		
옥수수 속대	50	대두박, 포름알데히드 처리	80
옥수수 글루텐피드 ⁴	25	해바라기박, 용매추출	26
옥수수 글루텐밀 ⁴	55	해바라기박, 외피포함	40
옥수수 사일리지, 유숙기	25	티모시, 미건, 개화전	20
옥수수 사일리지, 성숙기	40	티모시, 개화초기	25
전옥수수 식물, 펠렛	45	티모시, 개화말기	35
옥수수 포더	45	티모시, 사일리지	25
면실박, 스크류압착 41% 단백질	50	트리트케일	25
면실박, 압착	36	밀	22
면실박, 용매추출, 41% 단백질	41	밀, 경질	35
면실파	40	밀, 연질	35
보리 주정박	60	밀, 발아	20
옥수수 주정박	57	밀기울	29
주정박	47	밀, 미들링	21
옥수수 증류 스틸레이지	65	휘트밀린(밀분 + 밀기울)	20
우모분, 가수분해	71		
페스큐, 켄터키 31, 미건	30	밀, 쇼트	20
페스큐, 켄터키 31, 건조 개화초기	30	밀짚	80
페스큐, 켄터키 31, 건조 성숙기	35	밀짚, 암모니아 처리	25