

# 사료적 가치 증진을 위한 동·식물성 및 기타 단미사료의 가공법

오 상 집 교수

강원대학교 사료생산공학과

## 연 사 약 력

- 1973 ~ 1977 강원대학교 농학 학사
- 1977 ~ 1981 서울대학교 가축영양학 석사
- 1982 ~ 1986 미국 Kansas State University Feed Processing Ph.D.
- 1987 ~ 현재 강원대학교 조교수, 부교수, 교수
- 1994 ~ 1996 강원대학교 동물자원공동연구소 소장
- 1997 ~ 1998 미국 캔사스주립대 방문연구교수
- 1998 ~ 2000 강원대학교 동물자원과학대학 부학장



## 사료적 가치 증진을 위한 동·식물성 및 기타 단미사료의 가공법

오 상 집 / 강원대학교 사료생산공학과 교수

### I. 서 론

동물자원의 경제적 활용과정에서 사료가 차지하는 비중은 매우 높다. 사료는 생산행위의 경제성을 평가하는데 가장 우선시 되는 생산요소이며, 아울러 축산물의 품질이나 위생 안정성에도 직접적인 영향을 미친다. 따라서 저렴하고 품질이 우수한 사료를 제조 급여하는 것이 무엇보다 우선적으로 고려해야 할 과정이 되었다.

이러한 사료를 제조 급여하기 위해서는 이에 적합한 단미·보조사료가 필요하다. 다시 말하면 단미사료의 가공방법에 따라 달라 질 수 있는 단미사료의 품질이나 가격에 따라서 가축의 생산성이나 생산의 경제성이 크게 달라질 수 있음을 의미한다.

따라서 본고에서는 주요 단미·보조사료의 제조 및 가공방법이 결과적으로 그 사료의 사료적 가치, 나아가 동물의 생산성에 미칠 수 있는 영향을 다각적으로 조명하고 아울러 그 대책을 제시하고자 한다. 이를 위해서 우선 단미·보조사료의 품질요소를 고찰하고 또한 제조가공과정에서의 품질결정요인을 대별화하여 이를 바탕으로 효율적인 제조가공의 방향을 제시하고자 한다. 그 후 주요 단미·보조사료별로 생산가공법과 그 영향을 고찰하고, 유형별로 단미·보조사료의 효율적인 제조 가공법을 제시하고자 한다.

### II. 단미·보조사료의 품질 평가 요인

경제적 축산이라는 관점에서 단미·보조사료의 품질은 근본적으로 영양소 함량 대비 가격으로 평가된다. 그러나 최근 들어 축산물이나 동물자원산업에 대한 사회적 기대치가 다양화되면서 단미·보조사료 및 그 제조과정의 품질 평가요소도 이에 따라 매우 다양화

되었다. 즉 이제까지의 화학적 성분이나 기능적 성질에 따른 평가 뿐 아니라 경제적 또는 사회적 측면에서의 평가도 이루어지고 있음을 의미한다.

### 1. 화학적 평가

- ① 영양소 함량 및 가용 영양소 함량
- ② 위해 성분 및 그 함량
- ③ 위생·안정성
- ④ 생리 활성 물질
- ⑤ 저장성

### 2. 기능적 평가

- ① 사료의 물성 : 밀도, 입자도, 점성 흡습성, 전자성 등
- ② 사료의 가공성 : 열적변화, 수분변화, 혼합성, 열전달 등
- ③ 취급관리성 : 흐름, 침출, 변형, 압축, 팽창, 자극, 부식, 반응성 등

### 3. 경제적 평가

- ① 제조 노동력 : 시간, 기술, 관리
- ② 에너지 비용
- ③ 폐기물 발생 및 처리
- ④ 시설 및 기계
- ⑤ 생산성 : 생산규모, 지속생산

### 4. 사회적 평가

- ① 친환경성
- ② 자원 재활용
- ③ 노동 복지 및 안전성 : 근로자 안전

#### ④ 공공성 : 민원, 공익성

위와 같이 단미·보조사료의 제조과정이 그 품질에 영향을 끼치며 따라서 평가 시 고려해야 할 요소는 매우 다양하다. 그러나 평가요소가 다양해졌다고 해서 각 단미사료마다 이들 요인을 다 평가 할 수 없다. 현실적으로는 특정 단미사료의 제조 과정에서 가장 영향을 받을 수 있는 품질요소를 대별하고 이를 중점적으로 관리제어 하여야 할 것이다.

### Ⅲ. 제조시 품질 결정 요인

타 제조업과 마찬가지로 단미·보조사료의 제조공정이나 기술에 따라 단미사료의 품질은 달라지게 된다. 따라서 특정 단미사료의 제조공정에 따라 이들 과정이 사료의 품질에 미치는 영향을 이해하는 것은 품질관리에 매우 중요하다. 본 장에서는 우선 단미사료제조의 전형적인 공정을 도출한 후 각 공정별로 품질에 미치는 영향을 추론하고자 한다.

현재 우리나라에서 생산되는 단미사료는 대부분 주산물의 생산과정에서 파생되는 부산물이다. 이들 부산물의 특징은 화학적 성질이나 물성이 조악하고 다양하다. 따라서 이들을 사료화 또는 제품화하기 위해서는 특정한 형태의 가공이 필요하다. 이러한 가공과정은 대부분 원재료(raw material)를 목적제품(objective products)화 하는데 일반적으로 통용된다.

#### 1. 정선 공정

원재료를 제품화하기 위하여 우선적으로 행해지는 과정으로서 목적이외의 구성요소를 물리적, 화학적 또는 생물학적 수단을 통하여 분리 또는 제거해 나가는 과정이다. 이물질, 가공 부적합물질, 비경제적 물질을 제거하는 것은 사료의 품질을 향상시키는데 매우 중요할 뿐 아니라 이들 불필요 물질의 추가 가공을 차단하여 목적사료의 경제적 생산을 도모한다. 품질 측면에서도 정선과정은 단미사료의 순도 또는 화학적 품질과도 밀접하게 연관되어 있다. 즉 정선공정은 특히 이물질의 함량이 높은 원재료 또는 부산물을 사료화 하는 과정에서 가장 중요한 공정이다. 정선공정에서 추구해야 할 목표는 다양하지만 일반적으로 ① 정선수율과 순도의 향상 ②정선시 소요 비용 및 경제성 향상 등을 들 수 있다.

상기 목표를 달성하기 위해서는 여기에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인들을 이해하

고 그에 따라 공정을 제어하는 것이 바람직하다. 정선에 영향을 미치는 요인 중 가장 큰 요소는 물질의 물리적 성질이다.

정선에 영향을 미치는 물질의 물성적 요인과 그 특성을 요약하면 표 1과 같다. 일반적으로 원료의 크기나 비중 등 외형적 요인이 이물질을 선별하는데 가장 효과적인 요소가 된다. 따라서 크기나 비중으로 선별이 가능할 경우 가장 먼저 이에 따른 선별을 실시하는 것이 생산비용 절감 면에서 유리하다.

<표 1> 정선에 영향을 미치는 물질의 성질

요 인	특 성
크 기(size)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 저렴하고 간편한 체 선별 요인</li> <li>○ 파쇄 bulk의 경우 다단계 체 선별 필요</li> <li>○ 고점성 물질의 경우 선별 단점</li> </ul>
비중(specific gravity)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비중차 선별로 비교적 저렴하고 간편</li> <li>○ 혼합물의 경우 선별 불가</li> <li>○ 고점성물질의 경우 선별 난점</li> </ul>
모 양(shape)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비교적 형태가 일정한 재료의 분리에 용이</li> <li>○ 정선 소요시간이 길고, 정선 수율도 낮은 편임</li> </ul>
전자성(electrostatics)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 집철, 극성 물질의 분리에 이용</li> <li>○ 사료원료의 경우 대부분 이물질의 제거에 활용</li> <li>○ 반복선별 필요</li> </ul>
색(color)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 비교적 큰 입자물질인 경우 활용</li> <li>○ bulk의 경우 미활용</li> </ul>
용 해 도(solubility)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 물이나 용매에 용해되는 성분의 분리에 활용</li> <li>○ 용매수거나 환원으로 고비용 소요</li> </ul>
휘 발 성(evaporation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건조나 통풍으로 인한 휘발성분의 분리에 활용</li> <li>○ 일반적으로 가열비용 소요</li> </ul>
반 응 성(reactiveness)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 물리·화학적 반응에 의한 침전, 부유, 응고 등으로 물질을 분리</li> <li>○ 물성에 따라 반응성 다양</li> <li>○ 혼합물의 경우 적용 난점</li> </ul>

선별이나 분리를 효과적으로 수행하기 위해서는 우선 첫째로 목적 물질을 수거하는 것이 바람직한가, 그렇지 않으면 제거할 물질을 분리하는 것이 바람직한가를 결정하여야 한다. 둘째로는 분리 대상 물질에 고유하게 적용할 수 있는 물리적, 화학적 성질이 있는가를 탐색한다. 그 다음에는 적용방법을 활용할 경우, 경제적 가치가 있는가를 평가하여야 한다. 때로는 경제성 여하에 따라 선별의 수율 또는 순도를 결정하여 선별정도를 정할 수 있다.

정선의 효율을 저해하는 요인도 필요에 따라서는 개선이 가능하다. 예를 들어 정선으로 분리 효율이 떨어질 때 온도 변화, 유힐제 등의 활용으로 이를 순화시킬 수 있을 것이다. 때로는 체선별기의 체공크기, 회전 및 왕복운동의 변화에 의해서 선별효율은 개선될 수 있다.

## 2. 건조 공정

대부분의 단미사료 원료를 단미사료 제품화하는 과정에서 가장 비용이 많이 소요되고, 사료적 가치에 영향을 미칠 수 있는 과정이 건조공정이다. 다즙성 원료의 적절한 건조는 제품의 저장성, 취급성을 개선시킬 뿐 아니라 단미사료의 가공비용 산정에도 중요한 영향을 미친다. 따라서 건조 대상 사료의 적절한 건조 조건이나 방법을 찾는 것이 매우 중요한 관건이 된다. 제조과정에서 적절한 건조란 제품의 품질을 감하시키지 않되 건조에 소요되는 비용을 최소화하는 것이라고 할 수 있다.

단미사료 원료와 같은 bulk 재료의 건조에 영향을 미치는 물성적 요소로는 ① 입자도 ② 운반성 ③ 열 전달성 ④ 수분 이동성 ⑤ 휘발성 등이다. 따라서 효율적인 건조방법이나 건조기란 상기 건조에 영향을 미치는 물성적 요소를 효율적으로 제어할 수 있는 체계를 의미한다. 표 2에는 현재 널리 활용되는 주요 건조기를 유형별로 제시하고 그 특성을 요약하였다.

<표 2> 건조기의 종류와 특성

건 조 기	특 성
적재 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건조실에 건조물을 적재하여 순환(열)기로 건조</li> <li>○ 시설이 저렴하고 단순</li> <li>○ 소규모 수작업 건조에 유리(batch 식)</li> <li>○ 고온 소량 건조에 유리(저온 통풍건조에 불리)</li> <li>○ 노동집약적 공정</li> </ul>
이동 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건조관 내로 물질과 연기를 이동하면서 건조</li> <li>○ 연속식 자동화 공정에 유리</li> <li>○ 에너지 효율 우수(단계별 건조 가능)</li> <li>○ 고온건조에 불리, 이동 벨트 관리 난점, 분립형 물질의 건조에 불리</li> </ul>
화관 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건조관내로 물질과 연기를 이동하면서 건조</li> <li>○ 에너지의 전달성 유리</li> <li>○ 열민감 재료의 건조에 유리</li> <li>○ 공간적용성 유리</li> <li>○ 재료 역류가능성, 에너지 소모 과다, 시설마모</li> <li>○ 내재수분이 많은 재료의 건조에 불리</li> </ul>
유동층 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 건조물을 열류로 유동시킨 상태에서 건조</li> <li>○ 혼합물 통한 열전달 유리, 단계별 건조 가능</li> <li>○ 유동화 에너지 및 집진 소요 에너지 과다</li> <li>○ 유동층 파괴시 유지관리 난점</li> </ul>
회전통 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 회전 건조실 내 이동열기로 건조, 내부회전형과 외부회전형</li> <li>○ 건조 속도가 빠르고 관리가 간편한편</li> <li>○ 건조상태 불균일, 열효율 불량</li> </ul>
분사 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 액상 물질을 건조실 내부로 분산시켜 건조</li> <li>○ 액상물질의 건조에 유리, 열전달 유리,</li> <li>○ 열 민감성 물질의 건조에 유리</li> <li>○ 에너지 과소모 건조, 시설 및 가동비용 고가</li> </ul>
적외선 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 적외선 조사에 의하여 건조</li> <li>○ 신속 고효율 건조에 유리, 단백질 건조 가능</li> <li>○ 건조 및 온도 균일성 불량, 유리 수분제거 체계 불리</li> </ul>
연소실 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 고온 연소열을 활용한 건조시설</li> <li>○ 열 활용성 우수, 단계별 건조가능</li> <li>○ 작동 불량시 시설이나 재료 파손</li> </ul>
간접 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 열 전도보다 대류열 전달에 의하여 건조</li> <li>○ 드럼 건조기, 관형 건조기, 팬형 건조기, 교반형 건조기, 증기관 건조기 등이 있음</li> <li>○ 건조물 적용성 우수, 진공 건조 도입 가능</li> <li>○ 대규모 건조 적용 불리, 부속 시설(보일러, 진공펌프 등) 필요</li> </ul>
특수 건조기	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 마이크로파 건조기 : 신속, 소량건조에 활용, 시설 고가, 유리수분제거 장치 필요</li> <li>○ 동결 건조기 : 열 민감성 재료의 건조시 제품품질 유지</li> </ul>



건조기를 적절하게 선택하느냐에 따라 제품의 가공비용이나 사료적 가치는 큰 영향을 받는다. 표 3에는 건조시설에 따른 혈분의 사료적 가치를 평가하여 보았다. 표에서 보는 바와 같이 분사건조나 링건조방식이 혈분 건조에 유리한데 이때 건조 소요 비용을 아울러 비교하여 보는 것이 중요하다.

<Table 3> Effect of drier type on blood meal quality

Item	Drier			
	Batch	Rotary	Ring	Spray
Drying temp (°C)	120~150	90~110	120~340	95
Drying time (min)	180~240	15~90	0.5~5.0	0.5
Feed intake, rat (g)	64	78	76	74
Body wt, (g)	1.1	16.9	17.4	18.9
Ileal dig (%)	47.8	64.2	84.1	94.6
Pronase sol (%)	9.3	18.1	33.5	63.0
FDNBlys (%)	73.4	82.0	89.5	98.8

건조대상 물질에 적합한 건조시설을 선택하기 위해서는 우선 건조하고자 하는 단미사료의 경제적 가치를 평가하고 이에 적합한 건조 방법이나 건조 정도를 결정하여야 한다. 그 다음 건조과정이 제품의 품질에 영향을 미칠 수 있는가를 평가하고 그에 따라 건조 온도를 결정하는 것이 바람직하다.

건조의 속도는 bulk 내부의 수분이 표면으로 이동하는 속도에 준하여 결정하되 필요에 따라 단계별 건조방식을 선택하는 것이 유리하다. 아울러 건조시간도 제품의 저장성에 문제가 없다면 건조속도가 완만해지기 전으로 설정하는 것이 바람직하다. 사료와 같은 유기성 bulk의 건조는 최종 수분의 함량보다는 수분 활성도를 평가하여 결정하는 것이 바람직하다.

이 밖에 건조에 영향을 미칠 수 있는 과정으로는

- ① 건조 대상 원료의 혼합을 통한 이동성 개선 및 수분이동 활성화
- ② Bulk의 교반과 이동, 열 전달을 도와주는 영구 열 전달 매체의 활용
- ③ 고점성 물질의 건조전 처리 등이 있다.

### 3. 입자도(크기) 조절공정

단미사료의 입자도를 조절하는 공정은 일견 단순해 보이는 과정이나 사료의 외양이나 품질에 큰 영향을 미칠 수 있는 공정이다. 특히 분쇄가 어려운 고지방물질, 고점성물질, 고섬유조사료의 경우 입자(크기)의 조절 공정이 가장 중요한 품질 결정 과정이 된다(표 4 참조)

단미사료 입자의 분쇄과정에서 분쇄에 영향을 미치는 요인은 다음과 같다.

- ① 원료입자의 경도
- ② 원료의 수분 함량
- ③ 원료의 지방 함량
- ④ 원료입자의 크기

<Table 4> Effect of alfalfa particle length on steer feedlot performance

Item	Fine	Medium	Coarse
FI	9.31	9.43	9.28
ADG	1.62 <sup>ab</sup>	1.59 <sup>a</sup>	1.67 <sup>ab</sup>
F / G	5.76 <sup>b</sup>	5.95 <sup>c</sup>	5.57 <sup>a</sup>

분쇄기는 그 분쇄기전이나 가동조건에 따라 매우 다양하다. 일반적으로 혼합재료의 분쇄시 햄머 분쇄기가 널리 활용되며, 고 섬유 조사료의 크기를 조절하기 위해서는 절삭분쇄기가 사용되고 있다. 여기서 일반적인 분쇄기의 사용시 분쇄기능에 영향을 미칠 수 있는 요인을 도출하여 보면 다음과 같다.

- ① 분쇄기내 재료의 투입장치는 균등한 투입을 지원할 수 있어야 하며 투입 방향은 분쇄기의 이동 방향에 가역적이어야 한다.
- ② 분쇄된 재료와 추가 분쇄가 필요한 재료의 분리가 원활하여야 한다.
- ③ 분쇄 작용을 거친 재료의 배출이 신속하고 흐름에 막힘이 없어야 한다.
- ④ 분쇄 중 온도상승, 먼지발생, 이물질 투입가능성이 적어야 한다.
- ⑤ 분쇄 입자의 조절이 편리하고 시설이 간편하여 작업정지시간이 적어야 한다.

그렇지만 아직까지도 동물성 부산물 사료와 같이 고수분, 고지방물질을 효과적으로 분쇄하거나, 고 섬유질 사료의 크기를 균일하고 적절하게 절단하기는 기술적으로 매우 어렵다. 따라서 이들 분쇄 곤란 물질을 효과적으로 분쇄하기 위해서는 계단식 분쇄, 분리 차별 분쇄, 전처리 분쇄 등으로 분쇄체계를 변화시킬 필요가 있다.

#### 4. 혼합공정

단미사료중 섬유질 혼합사료나 각종 첨가제의 경우 서로 물리적 성질이 다른 원료를 균일하게 혼합하는 공정이 필요하다. 서로 물성이 다른 원료를 혼합하거나 크기나 모양이 다양한 섬유질 사료를 균일하게 혼합하기 위해서는 혼합에 영향을 미치는 요인과 기전을 파악하고 그에 따라 혼합기의 기능을 조절해 주어야 한다.

균일하게 혼합된 단미사료는 배합사료의 제조과정에서 품질관리상의 파생문제를 줄이고 균일한 최종 배합사료를 제조 가능하도록 한다. 또한 사료자체의 기호성 make up 효과를 도모한다던가, 재분리 현상을 줄이기 위해서도 일부 단미사료의 균일 혼합은 매우 중요하다.

의도적인 혼합공정은 결국 물성이 서로 다른 구성 원료를 혼합기를 이용하여 균일하게 혼합하고자 하는 과정이므로 혼합대상 원료에 대한 물성을 파악하여야 한다. 특히 ① 물질의 크기 ② 물질별 비중 ③ 물질간 교착성 ④ 흡습성 ⑤ 전자성을 파악하여 이에 따라 혼합전 처리를 실시하고 혼합조건을 조절해 주어야 한다.

일반적으로 재료가 가지는 교착성, 흡습성 및 전자성적 성질을 혼합기의 조건 변화로 제어하기 매우 어렵다. 따라서 이들의 경우 혼합전 전처리로 혼합에 미치는 악영향을 둔화시켜야 한다. 예를 들어 적절한 부형제의 선정, 표면 개질 가공, 전자성 완화제, 흡습제, 흡착제, 윤활제 등을 적절히 활용하는 것이 이에 속한다.

대부분의 혼합기의 성능은 크기나 비중이 다른 물질들이 혼합기 내에서 자유낙하 및 공간 이동 속도가 상이할 때 이를 보정해 주는 기계적 작용에 의하여 좌우된다. 따라서 기계적 작용에 영향을 미치는 요인이 매우 다양하기 때문에 동종 혼합기라도 성능은 매우 다르게 나타날 수 있다. 일반적으로 연속식이나 선입선출형 혼합기의 경우 물성이 까

다른 물질의 혼합에 불리하다.

이 밖에도 혼합은 혼합시간에 따라서도 달라지며, 재료의 투입 순서에 따라서도 달라질 수 있다. 뿐만 아니라 혼합기내 투입정도, 교반의 속도, 배출의 방법에 따라서도 혼합정도는 영향을 받는다. 그러나 무엇보다도 중요한 것은 혼합기의 유지관리라고 할 수 있다. 즉, 투입장치의 기능이상, 혼합기내 재료 침적, 부품의 파손, 배출시 잔량 상존 등은 혼합공정의 down time을 연장시키고 단미사료의 품질을 저하시켜 결과적으로 혼합공정의 소요비용을 상승시키기 때문이다.

## IV. 주요 단미사료별 적정 가공방법

### 1. 식물성 단백질 단미사료의 적정 가공

식물성 단백질 단미사료는 주로 종실에서 식물성유를 추출하고 남은 박류가 여기에 속한다. 대두의 경우 주요 생산 공정, 특히 hexane 추출법이 이미 정형화되어 있어 대두박의 품질도 매우 균일한 편이다. 그러나 일부 소량 가공되는 종실의 경우 산업화된 공정을 적용하기 어렵고 따라서 이에 따라 생산되는 박류의 품질도 다양하다.

원칙적으로 식물성 종실로부터 기름을 짜는 과정은 크게 물리적 압착법과 용매 추출법으로 나눌 수 있다. 물리적 압착법은 압착의 기계적 수단에 따라 screw, hydraulic, press bar 등의 방법이 있고 또한 사전 분쇄 및 가열정도에 따라서 박류의 품질이 매우 다양하다. 화학적 방법의 경우에도 용매의 종류에 따라 수매 추출, hexane 추출, 초임계 추출법으로 구분된다. 일반적으로 수매추출을 제외한 화학적 추출은 시설설비 비용이 과다하여 소규모 박류 제조과정에서는 활용하기 어렵다.

식물성 박류의 사료적 성분은 식물유의 착유 방법에 따라 달라진다. 표 5와 6에서는 착유 방법에 따른 주요 박류의 영양소 함량과 아미노산 함량을 제시하였다. 물리적 착유인 경우 생산된 박류의 지방 잔유량이 높아 타 영양소의 상대적 함량이 낮아진다. 따라서 사료의 산패 가능성이 높아 저장성이 떨어진다. 수매추출박의 경우에도 잔유 함량이 높고

수용성 성분이 함께 추출되어 일부 아미노산 및 단순당의 함량이 감소한다.

대부분의 식물성 종실은 트립신 저해인자와 같은 열에 약한 항영양성 물질을 포함하고 있다. 그렇지만 적절한 열처리로 이들을 불활성화 시킬 수 있으며 아울러 식물성유의 착유수율도 증가시킬 수 있다. 그러나 과도한 열처리는 단백질 사료의 용해도를 감소시켜 사료의 소화이용율, 아미노산 이용율을 감소시키므로 적절한 열처리 조건을 찾는 것이 무엇보다도 중요하다.

<Table 5> Chemical composition of some oilseed meals

Material Analyzed	Moisture (%)	Protein (%)	Ether Extract(%)	Fiber (%)	Ash (%)	Nitrogen-Free Extract(%)
Rapeseed meal, expeller	6.0	35.2	7.0	15.5	6.8	29.5
Rapeseed meal, solvent	8.0	40.5	1.1	9.3	7.2	33.9
Sesame meal, hydraulic	7.8	38.7	10.8	6.4	9.7	26.9
Sesame meal, solvent	3.8	45.1	0.7	5.2	13.2	32.0
Sunflower meal, expeller	7.0	41.0	7.6	13.0	6.8	24.6
Sunflower meal, solvent	7.0	46.8	2.9	11.0	7.7	24.6

<Table 6> Amino acid content of some oilseed meal<sup>a</sup>

Item	Arg	His	Ileu	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Try	Val
Rapeseed meal, expeller	5.09	2.04	3.71	6.45	4.39	1.88	3.74	4.08	0.94	4.76
Rapeseed meal, solvent	5.50	2.69	3.65	6.72	5.39	1.93	3.82	4.24	1.23	4.84
Sesame meal, expeller	11.91	2.21	4.27	6.92	2.76	2.65	4.73	3.64	1.91	5.06
Sunflower meal, expeller <sup>b</sup>	9.4	2.1	4.0	6.1	3.3	1.6	4.2	3.2	1.0	4.8
Sunflower meal, expeller <sup>b</sup>	8.7	2.1	3.9	5.9	2.8	1.5	4.3	3.2	1.0	4.9
Sunflower meal, solvent	8.2	1.7	5.2	6.2	3.8	3.4	5.7	4.0	1.3	5.2

<sup>a</sup> low temperature

<sup>b</sup> high temperature

## 2. 동물성 단백질 단미사료의 적정 가공

주요 동물성 단백질 사료에는 어류나 육부산물로부터 지방을 제거하고 남는 어분, 육(골)분 등과 혈분, 잠용박, 가금부산물, 우모분, 피혁분 등 직접 제조 산물이 있다.

지방의 제거 과정이 필요한 대부분의 어분 또는 육분 제품의 경우 그 품질은 바로 착유 또는 착즙과정에 달려있다고 해도 과언이 아니다. 즉, 착유과정은 제품의 신선도 및 저장성, 사료적 가치 특히 단백질 및 아미노산의 이용성, 폐수의 처리, 에너지 소모 등 가공에 따른 품질결정의 전반적 요소에 모두 영향을 미치게 된다. 더군다나 어유나 동물성 지방의 경우 대부분 경제적 가치가 낮아 화학적 추출법을 사용하기가 쉽지 않다. 따라서 물리적 압출방법, 열수추출법을 활용하고 있는데 이 과정이 대부분 노동 집약적이고 시간 제약적 과정이어서 품질의 변이 폭이 매우 크다.

지방의 착유과정에서 가장 중요한 과정은 처리전 원료의 정선과 분류과정이다. 특히 부패원료, 다즙원료, 고지방원료, 이물질, 장내용물, 다골원료 등을 구분하여 이들의 특성에 따라 가공하는 것이 필요하다. 그러나 이들의 분류는 매우 노동집약적이고 특히 여러 곳의 재료를 혼합하여 가공하는 경우 사실상 분류가 불가능하다. 따라서 원료의 분류는 수집단계에서부터 체계화하는 것이 필요하다.

지방의 착유과정은 폐수를 적게 생산하는 과정을 도입하여야 한다. 주로 냉동 또는 다즙상태의 원료를 처리하기 때문에 물의 사용량이 증가할수록 폐수처리 및 활용이 가장 중요한 관건이 되기 때문이다. 수분을 건조하거나 농축시켜야 함으로 에너지 소모가 많다. 따라서 적절한 열처리 수준을 결정하는 것이 무엇보다 중요하다.

다즙성 재료의 열처리는 무엇보다도 입자의 크기와 습식 bulk의 교반정도, 열원의 침투 전달 정도에 따라 영향을 받는다. 따라서 재료 투입전 습식 bulk의 분쇄에 주의를 기울여야 하며, 교반을 원활하게 유지 할 수 있도록 bulk의 점성인 교착성 조절에 유의하여야 한다. 특히 저수분 공정의 경우 동물성 collagen으로 교반이 원활하게 이루어지지 않을 수 있다. 따라서 재료의 정선과정에서 이들을 분리하도록 유의하여야 하며 일부 효소제를 사용하여 점성을 떨어트릴 수가 있다.

어분의 제조시에는 어육의 특성에 따라 습재료의 입자를 세밀하게 조절해 주어야 한다.

입자가 너무 작아지면 온도에 따라 조직이 와해되어 어유 추출을 오히려 저해 할 수 있으므로 입자의 크기에 주의를 기울여야 한다.

지방의 추출과정이 필요하지 않은 저지방 동물성 부산물의 경우 대부분 단백질의 소화율이 매우 낮은 편이다. 따라서 단백질의 가치는 열처리 및 가공방법에 따라 매우 달라지게 된다. 특히 구조적 단백질을 다 함유하는 결착조직, 외피, 피모, 우모 등의 부산물은 단백질 구조를 파열 할 수 있는 물리적 조건이 필요하다. 따라서 열처리와 함께 가압처리, 기계적 파쇄 때로는 화학적 처리가 동반되어야 한다. 이때 고열 가압 상태에서 탄화현상이 나타나지 않도록 주의를 기울여야 하며, 단백질의 구조는 와해 → 재결합을 반복하므로 적정 가공시간을 도출하는 것이 바람직하다. 특히 단백질의 구조에서 불가역의 재결정이 형성되지 않도록 주의를 기울여야 한다.

혈분의 경우에도 건조과정에서 아미노산의 이용성을 떨어뜨리는 단순당을 제거하거나 산화가능성을 낮출 수 있는 항산화제 처리가 필요하다(표 7 참조).

<Table 7> FDNB-lysine availability and TBA values of blood meal as affected by the addition of antioxidant and deglucosing.

Treatment	FDNB-lysine(g/kg) <sup>b</sup>	TBA value <sup>b</sup>
Control	88.6 B	0.296 B
Control + antioxidant <sup>c</sup>	88.7 B	0.112 C
Glucose oxidase <sup>d</sup>	92.9 A	0.649 A
Glucose oxidase + antioxidant	93.5 A	0.290 B
SEM <sup>e</sup>	0.6	0.009

<sup>a</sup> Mean of four replications.

<sup>b</sup> Means within a column not followed by the same letter are different(p<0.05)

<sup>c</sup> Antioxidant, Tenox II(20% BHT, 6% Propylgallate, and 4% citric acid in propylene glycol), was added 0.02%(W/W).

<sup>d</sup> Glucose oxidase(7200 units/g solid, Sigma, St, louis, MO) was added and incubated at 120 cycles/min at 21.5°C.

<sup>e</sup> Standard errors of mean.

### 3. 다즙성 식물부산물성 단미사료의 가공처리

우리 나라의 식품가공현실에서 가장 많이 발생하는 부산물사료는 대부분 다즙성 고부피 원료들이다. 예를 들어 두부공장에서 발생하는 비지박, 주스 제조시 발생하는 과일박, 맥주제조시 발생하는 맥주박, 사탕무우부산물 그 외 야채 및 과일 처리 부산물 등이 이에 속한다.

이들 다즙성 단미사료는 식품 제조과정에서 일정한 과정의 정선과정을 거쳤기 때문에 일반적으로 그 균일성은 우수하다. 그러나 수분의 함량이 높고 일시적으로 또는 지역적으로 생산되는 경우가 많아 때로는 유통사료화가 필요하다. 이들 부산물을 유통사료화 하는데 중요한 가공과정은 이들의 건조이다. 그러나 너무 수분이 많아 이들을 적정 수준으로 건조하기에는 경제적 타당성이 낮아 혼합발효, 농축혼합, 혼합건조 등의 방법을 활용하고 있다.

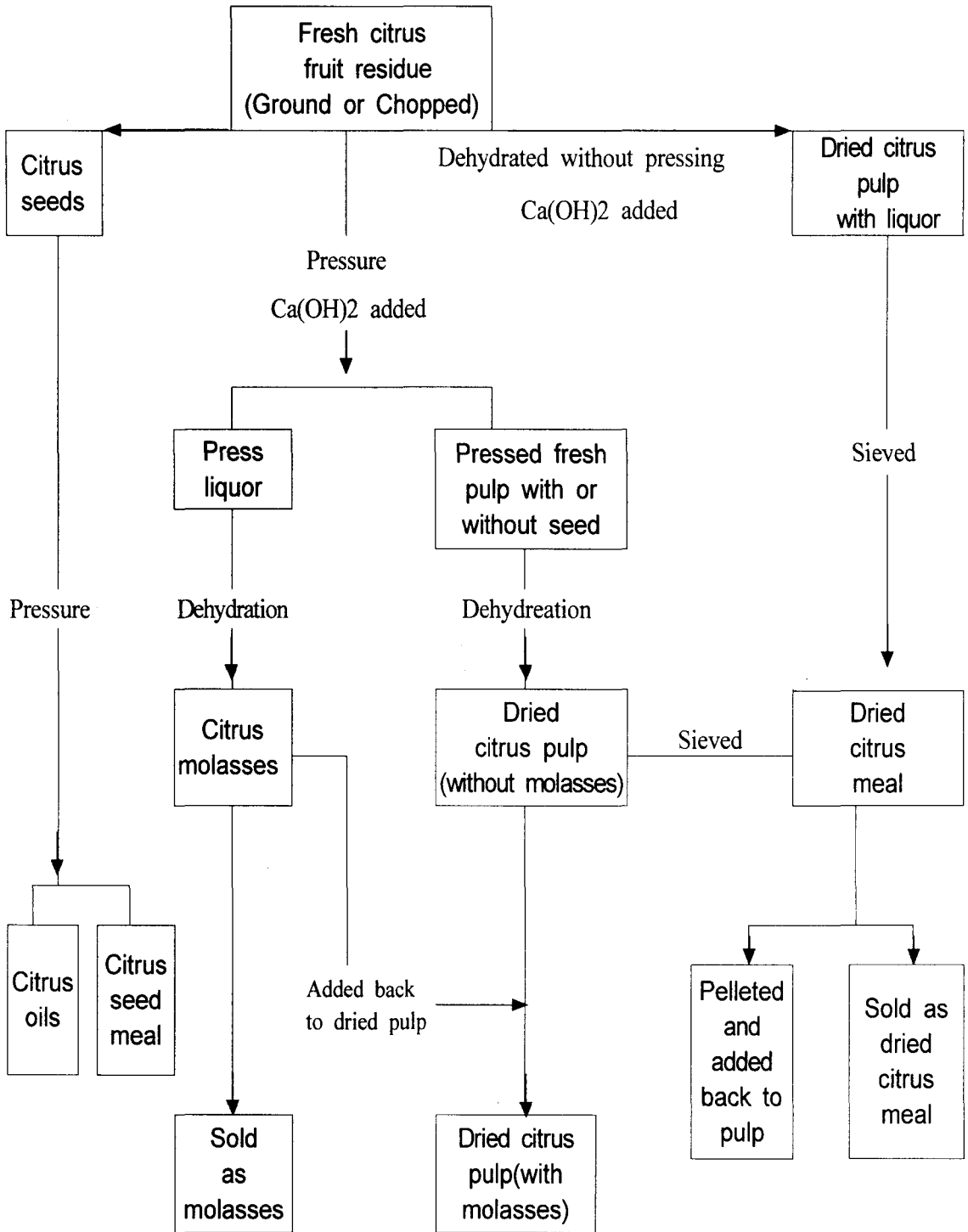
이들의 건조과정에서 그 관련 비용을 경감시키기 위해서는 초기 고액분리 시설이 우수하여야 한다. 그 후에 수분 조절제를 혼합하더라도 그 혼합효과를 증대시키기 위해서는 적절한 수분 유지가 필요하기 때문이다. 이들은 발효시킬 경우 역시 초기 수분과 영양소의 균일 공급이 매우 중요하기 때문에 수분의 함량, 입자의 크기는 매우 중요하다.

다즙성 부산물의 부가가치가 높고 그 생산량이 과다할 경우 운반저장성을 증대시키기 위해서 건조와 그에 따른 이들의 성형가공이 수반된다. 예를 들어 감귤 부산물의 성형 펠렛화(그림 1 참조) beet pulp의 성형(그림 2 참조), 알팔파 큐브 및 펠렛 그 외 성형조사료 제품 등이 여기에 속한다.

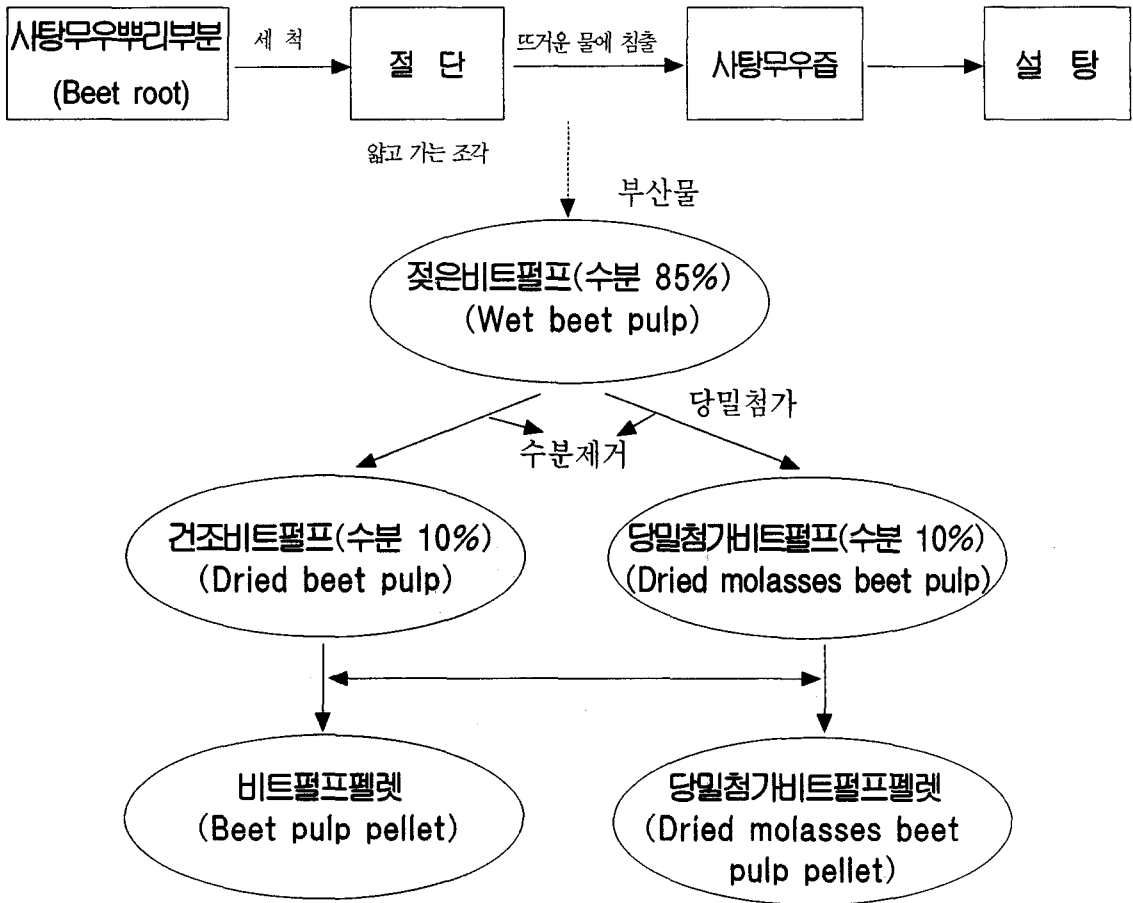
다즙산물을 건조하여 성형하기까지는 많은 시설과 에너지소모가 필요하다. 따라서 이들 산물의 사료적 가치가 가공비용을 상쇄할 만한 가치가 있는가를 판단하는 것이 중요하다. 알팔파의 경우 녹즙까지도 사료제품화 할 가치가 있으므로 가공의 타당성이 존재하나 이 역시 시설이 특정 계절에 한정하여 이용된다는 제약요건이 있다(표 8 및 표 9 참조).

대부분의 다즙부산물 처리 과정에서는 아울러 배출되는 유기폐수의 처리를 염려하여야 한다. 이들을 농축하여 고부가 산물을 산출할 수 있는가를 검토하고 그러한 타당성이 없다면 전체 처리과정에서 폐수 배출액을 줄일 수 있도록 노력하여야 한다.





<Fig 1> Schematic processing diagram of citrus by-products.



〈그림 2〉 비트펄프(Beet Pulp)의 제조 과정

〈Table 8〉 감글부산물 건조수준에 따른 영양소 함량의 변화(%)

건조수준 (색)	조 섬유	ADF	ADL	조단백질	건 물
황 색 (적절)	14.7	26.4	2.0	8.2	91.7
갈 색 (약과)	17.8	31.5	3.0	9.4	91.0
흑갈색 (초과)	19.3	33.6	8.1	8.7	90.3

〈Table 9〉 Fiber, fiber remaining, and TDN as a percentage of beet pulp dry matter averaged across four location and dried by three methods.

Drying Method <sup>a</sup>	NDF	NDF-6 <sup>b</sup>	NDF-12 <sup>b</sup>	NDF-24 <sup>b</sup>	TDN
Sun	62.66	46.43	25.26	10.93	66.26
	2.473 <sup>c</sup>	2.978	2.613	1.374	1.173
Freeze	57.94	37.52	16.73	9.70	67.66
	3.319	4.252	2.708	0.808	0.995
Air	60.21	41.91	17.85	9.93	66.59
	2.688	4.105	2.077	0.853	0.819

<sup>a</sup> Method : sun=sun-dried, Free=freed-dried, Air=air-dried

<sup>b</sup> NDF-6, NDF-12 and NDF-24 : the NDF remaining after 6, 12, 24 h fermentation.

<sup>c</sup> S.D

#### 4. 조악한 고부피 사료의 가공처리

섬유질 사료의 제조과정에서 그 품질에 영향을 미칠 수 있는 가공요인은 입자의 크기와 구성 원료들간의 혼합이라고 할 수 있다. 이들 재료들은 비중이 낮고 부피가 크기 때문에 기존 분쇄기나 혼합기를 활용하여 가공하기가 매우 어렵다. 이들의 혼합에 영향을 미치는 요소는 입자크기의 균일도라고 할 수 있는데 대량 취급과정에서 섬유질 사료를 균일하게 절단할 수 있는 가공시설을 찾기가 매우 어렵기 때문이다.

섬유질 사료를 효율적으로 파쇄하기 위해서는 이들의 절단이나 파쇄공정 자체보다는 재료의 투입에 주의를 기울여야 한다. 즉, 절단이나 파쇄실로 재료가 일정하게 연속적으로 공급될 수 있도록 제어하는 것이 필요하다. 이러한 투입시설은 건조나 압착공정에도 매우 중요한 역할을 수행한다.

섬유질 사료의 혼합기는 교반의 속도조절과 교반 구조물의 모양과 설치 각에 주의를 기울여야 한다. 즉, 교반시 일정방향으로의 회전운동을 탈피하고 난류혼합이 가능한 구조물과 그 교반속도를 유지하는 것이 바람직하다. 입자의 크기가 작을수록 균질 혼합에 유

리하며 수분 조절을 통하여 입자의 적정 밀도를 유지하는 것도 혼합에 도움이 된다.

미량원료를 혼합할 경우 적절한 부형제와의 혼합이 우선되어야 하며, 섬유질원료에 표층 수분이 존재할 때는 미량원료의 혼합을 피하는 것이 바람직하다. 액상원료의 혼합도 원료 표면적이 넓은 섬유질 사료에 소량을 혼합하는 경우를 피하고, 부득이한 경우 적절한 혼합물질에 액상원료를 먼저 혼합한 후 이물질을 섬유질 사료와 혼합하는 것이 바람직하다. 섬유질 사료와 추가 혼합하는 부형제는 비중이 너무 높은 것을 피하고 입자가 너무 작거나 교착성, 흡습성 물질을 피하는 것이 바람직하다.

## V. 결 언

이상으로 사료적 가치 증진의 관점에서 동·식물성 및 기타 단미사료의 제조 및 가공 방법에 대하여 개괄적으로 살펴보았다. 우수한 단미사료를 제조하기 위해서는 특정한 방법이나 가공시설을 찾는 것도 중요하지만 전체적인 가공과정을 통하여 품질이 좌우되므로 이들 과정을 빠짐없이 점검하는 것이 필요하다. 특히 정선 및 분류공정에 세심한 주의를 기울여 초기부터 불필요한 가공을 줄이는 것이 필요하다. 또한 입자크기의 효율적 제어가 건조나 혼합에 중요한 영향을 미침으로 분쇄나 파쇄 또는 절단시설의 세심한 제어가 필요하다.

건조나 열처리는 에너지 효율이나 경제성을 근간으로 실시하되 과열처리가 발생하지 않도록 주의를 기울여야 한다. 그러나 무엇보다도 심각한 사료의 품질이상은 공정의 결함이나 이물질 오염에 의하여 발생하는 것이 대부분이다. 따라서 가공시설의 유지 관리를 철저히 하고 이물질의 오염이 발생하지 않도록 허실원료처리, 잔량검사, 공정별 물질수지에 주의를 기울여야 할 것이다.

이 밖에 현재의 단미사료제조 공정은 친환경, 친위생 공정이어야 한다. 따라서 폐수나 폐기물 발생량을 줄일 수 있는 공정을 개발하고 이에 대한 관리 감독을 철저히 하여야 한다. 또한 대부분의 제조 공정이 국제적 기준에 따라 규격화하고 있으므로 이에 대비한 위생안전관리를 철저히 하는 것도 필수적이다.

세계적으로 위생안전 축산식품에 대한 기대가 급증하고 있다. 이는 사료의 품질, 나아가 이를 구성하는 단미사료의 품질과 밀접하게 연관되어 있다. 향후 축산물의 품질이 위생·안전성을 우선으로 하기 때문에 단미사료에서 가장 중시해야 할 품질은 사료의 '위생·안전성'임을 인식하여야 할 것이다.