

# 곡류 가공이 돼지 성장과 도체 특성에 미치는 영향

WU, JIH-FANG

(대만양돈 연구소)

## 1. 서 론

곡류는 돼지사료의 우수한 에너지와 아미노산 공급제로서 곡류의 영양가에 영향을 주는 가공 처리는 경제적으로 상당히 중요한 위치를 차지하고 있다. 통알곡이 햄머밀이나 로울러밀로 분쇄한 곡류에 비해 가치가 낮다는 것은 주지의 사실로서 곡류에 파쇄, 크림핑, 로울링 또는 마쇄를 하여 입자도를 감소시키면 소화효소에 노출되는 표면적이 증가되어지는데 입자도가 작아질수록 총 표면적은 기하학적으로 증가되어진다.

곡류의 입자도가 가공능력에 영향을 미치는 정도는 곡류의 형태와 가축의 능력에 좌우되어 지는데, 비육말기의 돼지(55kg-출하체중)는 저작능력이 떨어져 몇몇 시험에서는 통알곡의 저조한 이용성을 보여주었지만, 육성돈은 보다 저작능력이 우수한 것 같았다. 그러나 이들 두 연령의 돼지에서 곡류의 분쇄나 로울링은 모두 사료이용효율이 개선되어진다(Allee, 1983).

모든 사료제조업자는 최소한의 비용으로 가장 바람직한 사료를 생산하려고 하는데, 햄머밀이 돼지에 대한 곡류의 입자도를 감소시키기 위해 가장 널리 이용되는 방법이지만, 오늘날은 사료 제조업자 사이에서 로울러밀에 대한 관심이 점차 증가하고 있는 것 같다. 그러나 돼지에 대한 곡

류의 영양가에 로울러밀과 햄머밀의 효과를 비교한 정보는 거의 없다.

본고는 곡류 가공이 돼지의 성장능력과 도체 특성에 미치는 효과에 대한 최근의 자료를 조사 검토코자 한다.

## 2. 가공 방법

돼지에서 곡류를 급여시키기 위해 많은 가공 방법이 이용되고 있는데 근본적으로 곡류는 두 가지 방법에 의해 가공될 수 있다. 첫째 건식이든 습식이든 어떠한 형태의 열을 동반하지 않는 냉각상태에서의 가공방법이 있으며, 둘째 열과 가압을 포함하는 갖가지 방법에 의한 가공방법이 있다. 냉각상태에서의 방법에는 파쇄, 크림핑, 로울링, 분쇄가 있으며 열처리방법에는 팽화, 큐브, 후레이크, 볶기, 마이크로나이징 등이 있다(Lawrence, 1972).

### 가. 햄머밀

돼지에게 급여되는 대부분의 곡류는 냉각가공 방법에 의해 만들어지는데 햄머밀 방법이 업체에서 곡류 입자도를 감소시키기 위해 가장 널리 이용하고 있는 방법이나 기계가동 에너지 비용이 가장 많이 드는 방법 중의 하나이다. 햄머밀은

일반적으로 충돌 분쇄기로 분류되는데 Rumpf (1959)는 충돌 분쇄기내에서 입자가 감소되는 것은 입자가 분쇄기 표면에 높은 속도로 부딪히기 때문이라고 하였다.

Stevens(1961)는 사료제조 공정상 입자도를 감소시키는 것은 다음과 같은 이유에 기인한다고 하였다.

- ① 소화효소에 노출되는 표면적 증대
- ② 몇몇 원료사료의 취급 간편
- ③ 원료간 배합특성 증진
- ④ 펠렛의 품질 및 결합력 증진
- ⑤ 양축가의 선호도 만족

햄머밀 능력을 좌우하는 요인에는 분쇄원료의 물리적 특성, 회전속도, 햄머폭, 햄머끝과 체의 청결도, 분쇄기에 유입되는 공기속도, 체구멍의 직경 등이 있다.

**나. 로울러밀**

로울러밀은 곡류의 크립핑 또는 압착에 이용된다. 이 목적을 위해 이용되는 이중 로울러밀은 같은 속도로 서로 반대 방향으로 회전하는 두개의 로울러를 가지고 있다. 만약 이들 로울러의 속도가 서로 다르게 되면 곡류가 절단만 될 것이나, 회전속도가 같으면 압착에 의해 입자가 감소될 것이다. 입자의 감소정도는 cm당 홈의 수 또는 로울러간 간격에 의해 조절될 수 있다. 로울러의 주름은 곡류를 두 로울러가 만나는 접합점으로 끌어 당길 수 있도록 도와주며, 효율적인 입자 감소를 위한 절단력을 제공할 뿐만아니라, 과도한 곡류의 압착 및 입자감소가 일어나지 않고 분쇄기를 빠져 나오게 함으로서 입자도를 일정하게 유지하고 너무 곱게 분쇄되는 것을 방지하는 역할을 한다.

입자도와 효율을 조절하는 가장 쉬운 방법이

로울러간 간격을 조절하는 것이다. McElhiney (1983)는 로울러밀이 전통적으로 사용해왔던 햄머밀 분쇄기보다 유리한 점을 다음과 같이 제안하였다.

- ① 낮은 에너지 요구 및 비용
- ② 낮은 초기 장비 및 설치비용
- ③ 먼지 발생 감소
- ④ 소음 감소
- ⑤ 입자도 조절 용이
- ⑥ 수분 손실 감소
- ⑦ 유지비용 절감

**다. 햄머밀 : 로울러밀**

Heimann(1983)은 곡류 입자도 감소에 드는 에너지 소모와 비용에 관해 햄머밀과 로울러밀을 비교한 연구에서 로울러밀은 햄머밀보다 더 효율적으로 곡류를 가공할 수 있다고 지적하였다. 이것은 특히 700마이크론 이상의 입자도를 제조할 경우 사실로서 1,800마이크론 이상의 입자도에서 로울러밀은 에너지 비용을 5배 이상 효율적으로 이용하였다(표1).

〈표1〉 입자도와 에너지 비용(KWH당 0.1 \$ 기준)

기 계	입자도 (μm)	Tyler체 통과(%)	톤당 비용 (에너지 절약 %)
햄머밀	399	28 통과 73%	\$ 1.56 (16%)
로울러밀	432	28 통과 72%	\$ 1.31
햄머밀	647	20 통과 65%	\$ 0.81 (27%)
로울러밀	659	20 통과 69%	\$ 0.59
햄머밀	718	14 통과 74%	\$ 0.65 (28%)
로울러밀	709	14 통과 87%	\$ 0.47
햄머밀	928	10 통과 76%	\$ 0.49 (27%)
로울러밀	810	10 통과 82%	\$ 0.36
햄머밀	2,040	8 통과 46%	\$ 0.37 (86%)
로울러밀	1,813	8 통과 89%	\$ 0.05

(1) Heimann, 1983.

Wu와 Cheng(1989)은 로울러밀은 햄머밀보다 옥수수를 분쇄하는데 26% 만큼의 에너지를 절약할 수 있기 때문에, 돼지 생산지와 사료제조업

자는 옥성비육돈 사료를 만들기 위해 로울러밀을 이용해야 한다고 하였다.

### 3. 입자도 표현방법

입자도를 더 정확하게 표현하기 위해서 Pfof와 Headly(1976)는 로그 정규분포 방법을 개발하였는데, 입자도 결정은 체에 의해 사료의 입자를 결정하고 표현하는 A.S.A.E. 표준방법을 이용하였다. 사료 100그램을 Ro-top체에 10분간 체질하였고 사용한 체는 표준 Tyler체 번호 4, 6, 10, 14, 20, 28, 35, 48, 65, 100, 150, 200, 270이었다. 사료의 기하학적 입자도(dgw)와 기하학적 표준편차(sgw)는 각 체에 수집된 분쇄에 이용된 에너지를 한수치로 조합하여 양쪽 입자도를 한번에 볼 수 있도록 하였다(표2).

〈표2〉 옥수수의 입자도 분석

항 목	햄머밀 체크기(mm)			SE
	1.6	6.4	12.8	
입자도 직경, $\mu\text{m}$	460 <sup>a</sup>	784 <sup>b</sup>	1,107 <sup>c</sup>	21.23
기하학적 표준편차	1.6 <sup>a</sup>	2.35 <sup>b</sup>	2.65 <sup>c</sup>	0.06
표면적, $\text{cm}^2/\text{g}$	113 <sup>a</sup>	84 <sup>b</sup>	67 <sup>c</sup>	4.83
표준 생산율, $\text{kg}/\text{Hph}$	40.5 <sup>a</sup>	99.5 <sup>b</sup>	125.5 <sup>c</sup>	2.88
분쇄효율, $\text{Kwh}/\text{MT}$	12.55 <sup>a</sup>	4.81 <sup>b</sup>	3.70 <sup>c</sup>	0.17

(1) Wu, 1984.

### 4. 곡류 종류와 입자도가 돼지성장 능력에 미치는 효과

옥수수과 수수는 돼지의 이상적인 에너지 공급원이다. 옥수수의 대사 에너지가 수수보다 높기 때문에 일반적으로 옥수수 위주의 사료를 섭취한 돼지는 약 5% 이상 정도 사료효율이 더 높다. 그러나 일당증체량은 영향을 받지 않는다. 사료중 옥수수 비율은 수수보다 껍질이 딱딱하고 작기 때문에 이용율을 최대화하기 위해서는 분쇄하거나 곱게 로울링 하여야 한다.

밀은 모든 연령의 돼지에 우수한 곡류사료이지만 다른 곡류와 가격 경쟁력이 없는 편이다. 옥수수보다 기호성이 높으며 옥수수 대비 사료 가치는 95~105%로 평가되어진다. 성장능력에 영향을 받지 않고 수수와 부분적 또는 완전대치를 할 수 있고, 옥수수와는 동등한 kg 대치 또는 라이신 기준으로 대치할 수 있다. 밀은 글루텐 함량이 높기 때문에 분쇄되어야 하지만, 너무 곱게 분쇄하면 사료섭취량이 감소될 수 있다.

〈표3〉 비육돈의 성장능력에 옥수수 사료의 입자도가 미치는 효과

항 목	입 자 도			SE
	체(mm)	1.6	6.4	
직경( $\mu\text{m}$ )	509	844	1,147	
평균 일당증체량(kg)	0.60	0.60	0.61	0.01
일일 사료 섭취량(kg)	2.06	2.20	2.22	0.05
사 료 효 율	3.44 <sup>a</sup>	3.65 <sup>b</sup>	3.62 <sup>ab</sup>	0.06

〈표4〉 옥수수 사료의 입자도가 비육돈의 소화율에 미치는 효과

항 목	입 자 도			SE
	체(mm)	1.6	6.4	
직경( $\mu\text{m}$ )	509	844	1,147	
건 물(%)	88.36	88.29	86.61	0.58
질 소(%)	87.45 <sup>a</sup>	85.75 <sup>a</sup>	82.77 <sup>b</sup>	0.80
에너지(%)	88.81 <sup>a</sup>	87.71 <sup>a</sup>	85.78 <sup>b</sup>	0.53

### 5. 곡류 공급원과 입자도가 돼지 건강에 미치는 효과

곡류 입자도와 위의 식도 부분의 궤양 증상은 어떠한 관계가 있는데, 궤양은 많은 종류의 가축의 장관내에서 자주 발생한다. 돼지에서 2종류의 위궤양 증상을 볼 수 있다. 위의 선(腺) 부분에 영향을 미치는 위궤양과 식도부분을 공격하는 식도궤양이 그것인데, Reiman등(1968)은 옥수수의 입자도를 감소시키면 위 내용물의 펩신활성과 유동성이 증가하여 위의 손상을 증가시켰다고 하였다. Waxwell등(1970, 1972)는 미세

하게 분쇄한 옥수수를 섭취한 돼지의 위 내용물은 과쇄한 옥수수를 섭취한 돼지의 그것보다 혼합이 더 잘 되는데, 이것은 위 내용물의 유동성과 관계가 있는 것 같다. 내용물의 혼합이 증가되면 위 아랫부분에 산과 펩신이 비교적 비보호적인 식도점막과 접촉하게 되면 식도궤양 증상을 증가시켰다고 하였으며, 미세하게 분쇄한 사료급여에 의한 궤양 발생빈도는 <표5>에 나타난 바와 같다.

<표5> 장 손상에 옥수수 사료의 입자도가 미치는 효과

항 목	입 자 도			
	체(mm)	1.6	6.4	12.8
	직경( $\mu$ m)	509	844	1,147
도 살 두 수		8	8	8
정 상 두 수		0	4	5
상피조직 변화 두 수		2	3	3
급 성 괴 사 두 수		2	1	0
급 만 성 궤 양 두 수		3	0	0
만 성 궤 양 두 수		1	0	0

## 6. 곡류공급원과 입자도가 도체 특성에 미치는 효과

Lawrence(1967a)는 높은 수준(70%)의 밀을 함유한 사료를 섭취한 돼지의 성장에 수분수준과 곡류 가공방법이 미치는 효과에 대하여 보고하였던바, 도체 평가시험 결과 및 가공방법간 도체율, 등심근 단면적, 등지방두께 또는 도체장에 유의적 차이가 없었다고 하였다. Lawrence(1976b) 또한 고수준(70%)의 옥수수, 수수 및 보리를 함유한 사료를 섭취한 돼지의 능력에 곡류 가공이 미치는 효과를 보고하였는데, 도체 평가 및 도살 자료에서 곡류간 도체율은 옥수수, 수수, 보리의 순으로 높았으나 도체장과 등심근 단면적에는 유의적 차이를 볼 수 없었다. 등심, 중간부분, 어깨부분의 지방 두께는 옥수수, 수수, 보리의 순으로 낮았으며, 곡류 가공방법 간에는 단지 도체율의 경우 분쇄 처리구에서 유의적 차이를 볼 수

있었으며 도체장, 등심근 단면적, 등지방두께에서는 유의적 차이를 볼 수 없었다고 하였다. 또한 어떤 자료에서도 곡류×가공방법간 유의적인 상호작용을 볼 수 없었다. 최근 대만 돼지 연구소의 Wu등은 곡류 가공시의 입자도가 육성 비육돈의 성장능력과 도체 특성에 미치는 효과를 평가하기 위한 일련의 연구에서 어떤 가공방법에서도 입자도가 도체 특성에 미치지 않았다고 하였다.

<표6> 옥수수 사료의 가공방법간 입자도가 육성비육돈의 도체 특성에 미치는 효과

항 목	햄머밀 입자 직경 (mm)		로울러밀 입자 직경 (mm)	
	757	1,284	890	1,368
도 체 율 (%)	77.67	77.19	76.55	76.85
도 체 장 (cm)	78.76	79.41	78.66	79.60
등 지방 두께 (cm)	2.65	2.77	2.86	2.63
등심근 단면적( $cm^2$ )	35.95	34.20	36.85	36.28

## 7. 결 론

- ① 곡류 공급원 또는 가공방법에 관계없이 입자도가 증가함에 따라 표면적이 감소하였다.
- ② 곡류 공급원 또는 가공방법에 관계없이 입자도가 증가됨에 따라 생산율과 분쇄효율이 증가하였다.
- ③ 어떤 곡류 공급원 가공 방법에서도 평균 일당증체량은 입자도에 의해 영향 받지 않았다.
- ④ 사료 섭취량은 입자도가 증가함에 따라 많아지는 경향이었고 햄머밀로 분쇄된 고운 입자도에서 사료섭취량이 가장 낮았다.
- ⑤ 곡류 형태에 관계없이 사료효율은 입자도가 감소함에 따라 개선되는 경향이었다.
- ⑥ 건물, 질소, 에너지 소화율은 입자도가 감소함에 따라 개선되었다.
- ⑦ 입자도가 감소됨에 따라 위의 식도궤양 증상은 감소하였다.
- ⑧ 돼지의 도체특성은 어떤 가공방법하에서도 입자도에 의해 영향받지 않았다.