

전 고구마의 사료화 (1)

한국 과학 기술 연구소

〈김 훈 수 박사, 이 남 형〉

I. 서 언

II. 고구마 사료 제조 시험

1. 고구마 및 즐기 잎 비율결정
2. 잎 즐기의 예비 건조 및 절단
3. 고구마의 분쇄
4. 고구마의 압착
5. 고구마의 건조
6. 고구마 사료제조 과정에서 화학적 성분 변화
7. 고구마 사료의 추정원가

III. 동물사육시험

1. 서 언
2. 부로 일러 및 산란계 사육시험
3. 육성돈 사육시험

IV. 결 론

I. 서 언

최근에 심화된 범세계적인 사료난으로 인하여 배합사료의 주종을 이루고 있는 옥수수(玉蜀黍)의 국제 시장가격이 급격히 상승하였으며 그 영향은 그대로 국내 양축가에게 미치고 있을 뿐만 아니라 옥수수 도입을 위한 외화의 지출이 급격히 증가하고 있는 실정이며 이러한 악순환은 당분간 계속될 듯하다.

특히 배합사료의 경우는 도입옥수수의 의존도가 상당히 높기 때문에 이를 대처할 수 있는 국내 사료자원의 개발이 절실히 요구되는

것으로, 본 연구소에서는 반당 생산량이 옥수수보다 10배나 되는 잎과 즐기를 포함한 천고구마의 사료화에 대한 새마을 단위의 사료제조시험과 그 사료가치를 규명하기 위한 제품에 대한 사육시험이 한국사료협회와 농협중앙회의 협찬으로 실시되었다. 물론 고구마를 절간건조해서 또는 삶아서 가축사료로 일부 농가에서 쓰여져 왔고 또한 즐기잎을 말려 동기(冬期) 조사료로 반추수의 경우에 이용되어 왔으나 이에 대한 영양학적 검토가 미흡했으며 주로 고구마 째이레이지 및 저장사료가 주재였다. 따라서 즐기 잎을 고구마와 통채로 압착 건조시켜 사료화한 시험은 처음으로 시도되는 것이며 그 열량사료화함에 큰 의의가 있다 하겠다.

II. 고구마 사료제조 시험

고구마 사료 제조시험에 앞서 고구마의 연도별 생산량, 지역별 생산량, 연도별 이용상황, 및 고구마의 생산성에 대해서 보면 다음 표 1, 2, 3, 4에서와 같다.

〈표 1〉 고구마의 연도별 생산량

연도별	구분			
	재배면적	단 수	생산량	생산지수
1968	1,375	1,490	2,049	100
69	1,366	1,554	2,123	104
70	1,279	1,670	2,136	104
71	1,122	1,695	1,901	93
72	1,051	1,786	1,877	92
73	—	—	1,972	96

단위 면적 : 100정보
 단수 : kg
 생산량 : 1000%

〈표 2〉

고구마의 지역별 생산량 (1970년도)

구분	주요산지	면적	단수	수확량	대비%	
전	남	여천·고흥·해남·무안·완도	382	1,760	672	31.5
전	북	정읍·고창·익산·부안·김제	283	1,744	473	23.1
경	남	진양·통영·남해·거제·하동	243	1,608	390	18.3
계	주	북제주·남제주	122	1,743	212	9.9
충	남	논산·서산·보령·공주	96	1,425	137	6.4
기	타		154	1,501	232	10.8
전국	계		1,279	1,670	2,136	100.0

단위 면적 : 100정보
 단수 : kg
 생산량 : 1000%

〈표 3〉

고구마의 연도별 이용상황

연도	구분	생산량	공업용				종자용		수용기타		
			주정	소주	전분	소계	대비%	수량	대비%	수량	대비%
1968		2,049	295	14	193	502	24.5	130	6.3	1,417	69.1
69		2,123	337	6	271	614	28.9	136	6.4	1,373	64.7
70		2,136	242	6	149	397	18.6	106	5.0	1,633	76.4
71		1,901	221	6	149	376	19.8	100	5.2	1,425	75.0
72		1,877	302	2	90	394	21.0	100	5.3	1,383	73.7
73		1,972	255	5	129	389	19.7	102	5.2	1,481	75.1
평균		2,010					22.1		5.6		72.3

단위 : 1000%

〈표 4〉 고구마의 생산성

〈300평당 kg〉

품명	생산량	구분				열량 (1000 kcal)
		조단	조지방	당질	열량	
백미	300	19	1	232	1,014	
대맥	201	21	4	142	688	
대두	59	24	10	13	242	
옥수수	94	9	4	61	316	
고구마	1,758	22	4	408	1,756	
고구마잎줄기	2,148	28	13	140	789	
고구마줄기합계	3,906	50	17	548	2,545	

표1에서 보면 그 생산량이 1971년부터는 증

가되지 않고 있고, 지역별 생산도 기후가 따뜻한 전남북지방에서 전 생산량의 약 55%를 생산해 가장 많으며 북쪽인 경기, 충북, 강원도는 모두 합해도 전체의 10%에 불과하다. 또한 생산된 고구마의 국내 이용 현황을 보면 표 3에서 보는 바와 같이 한때에는 공업용으로 전체 생산량의 30%를 소비한 적도 있으나 최근에는 20% 정도이며 70% 이상이 식용 및 기타 용도로 이용되고 있다. 또한 국내자원의 자급자족면에서 농작물의 생산성을 비교해 보면 다른 작물에 비교될 수 없이 월등히 높다. 즉 고구마의 단위면적당 생산량은 쌀에 비해서 1.8배이고 옥수수에 비하면 5배 이상이나 된다. 한편 영양성분면에서 단위 면적당 생산

량을 보면 단백질은 곡류와 비슷한 수준이나 열량은 월등히 높아서 백미의 1.7배 다른 곡류나 두류에 비해서는 3~6배에 달한다. 이와 같이 다른 농작물에 비해서 생산성이 월등히 높음에도 불구하고 널리 보급되지 않고 있음은 저장성, 경제성등의 여건때문이라 생각된다.

1. 고구마 및 줄기, 잎 비율 결정

고구마 사료를 제조함에 있어서 잎 줄기를 활용하기 위해서는 우선 고구마와 잎 줄기간의 생산비율이 얼마인가를 알지 않으면 안된다. 왜냐하면 잎 줄기는 고구마와 영양성분 함량이 판이하게 다를 뿐만 아니라 물리적 특성도 달라서 건조가공이나 사양가가 그비율 여하에 따라서 달라지기 때문이다. 고구마와 잎·줄기의 비율은 고구마의 품종 시비조건 수확시기 및 기후 조건등에 따라 현저히 다르다. 여기서 공시된 고구마 품종은 오끼나와 100호를 제외하고는 시중에서 주로 구입했기 때문에 일정치 않으나 여러 품종별 줄기 잎, 비율을 보면 다음 표 5와 같다. 즉 고구마에

〈표 5〉 품종별 전 고구마의 생산량

구 분		고구마 (A)	잎·줄기 (B)	B/A
품 종				
550032*		27,895	113,675	4.08
천 미(千美)		24,998	18,268	0.73
570020*		23,039	15,665	0.68
도 입	1 호	21,833	16,095	0.74
층 승	100 호	21,343	12,868	0.60
유	십	21,040	19,093	0.91
수 원	147 호	19,489	16,888	0.87
수 원	118 호	17,140	16,900	0.99
칠	복	14,553	19,808	1.36
호	국	14,538	26,050	1.79
고 계	14 호	13,835	19,758	1.43
농 립	1 호	13,001	24,803	1.91
원	기	12,842	23,013	1.79
태 농	45 호	12,468	18,423	1.48
도 입	2 호	9,080	21,838	2.41
평	균			1.45

* 육종계통

비해서 잎줄기의 무게가 품종에 따라서는 1/2에서 부터 4배에 달하는 큰 차이를 나타내고 있으며 평균 1:1.45로서 잎 줄기가 고구마에 비해서 많은 편이다.

〈표 6〉 고구마와 잎·줄기의 생육시기별 수량변화

단위 : a당kg

시 기	8.10	8.20	9.4	9.15	9.25	10.9	10.25
구 분							
잎 · 줄 기 (B)	89.2	168.9	289.8	278.6	294.8	216.8	313.6
고 구 마 (A)	2.9	9.0	48.6	48.0	129.5	125.0	165.8
총 중 량	92.1	177.9	338.4	326.6	424.3	341.8	479.4
비 율 $\frac{B}{A}$	30.8	18.8	6.0	5.8	2.3	1.7	1.9

한편 고구마 재배 기간중 생육기간별로 고구마 및 잎줄기의 중량변화를 농림 1호에서 관찰해 보면 다음 표 6과 같다.

표 6에서 총중량의 증가를 보면 9월 25일까지는 급격히 증가하여 a당 400kg을 넘고 그 이후에는 완만한 증가율을 보이고 있다. 이때 고구마와 잎줄기의 비율은 2배외로 떨어졌다.

또한 생육기간중 잎과 줄기의 중량비를 보면 처음에는 줄기가 잎에 비해서 훨씬 많으나 점차 그 비율이 좁아져서 9월 25일경까지는 1.7로 감소하였다가 그 이후에는 잎의 양이

줄기에 비해서 급격히 감소하였다. 이상의 결과를 종합해 보면 품종에 따라 다르기는 하지만 평균 고구마:잎줄기의 비가 1:1.2로서 잎줄기가 다소 많은 편이나 잎줄기는 야외에서 건조함으로써 다소간의 손실을 고려한다면 1:1정도로 보는 것이 타당하다 한 것이다. 한편 수확시기는 고구마 총 생산량이 10월 20일경에 최고에 달하나 천일전조 조건 기타 영양분이 좋은 잎줄기 등을 고려한다면 9월 하순부터 수확하는 것이 좋을 것으로 생각되며 늦어도 서리가 내리기전에 수확해야 한다.

2. 잎 줄기의 예비건조 및 절단

잎줄기를 고구마와 함께 분쇄 압착하는 경우 분쇄시에 많은 분량의 잎 줄기를 처리하는 것이 대단히 어려울 뿐만 아니라 신선한 잎에 함유된 점질성 물질 때문에 압착효율이 아주 좋지 않다. 따라서 2~3일간 천일 건조시켜 수분 함량을 40% 내외로 되게 한다. 또한 압착과정에 앞서 절단이 필요한데 마른잎 줄기를 분쇄하는 일은 기계의 마모가 크고 효율도 좋지 않을 뿐만 아니라 절단 하지 않고는 압착이 안된다. 따라서 동력식과 수동식 사료절단기를 사용해 2~3cm길이로 찌른후 고구마 분쇄물과 혼합해 압착과정으로 들어갔다.

3. 고구마의 분쇄

고구마를 분쇄함은 고구마 입자의 표면적을 넓히므로써 다음 공정인 압착건조시 탈수를 용이하게 하는데 목적이 있다. 따라서 입자의 크기가 작을 수록 비표면적이 커져서 건조가 잘 될 것이나 너무 미세한 입자는 압착시에 표면의 갑작스런 탈수작용으로 내부 수분의 압착이 어려워져 건조시에도 덩어리를 형성하여 건조속도가 오히려 늦어진다. 분쇄기와 쇠절기를 사용하여 고구마를 절단 분쇄하고 압착 효과를 시험한 결과는 다음 표 7과 같다.

〈표 7〉 입자의 크기 및 형태에 따른 압착효과

시 료	절 단 분 쇠					
	1	2	3	4	5	6
착즙량(ml)	23	45	63	63	66	61

※ 시료량 200gr, 5,000psi, 5분

- 1: 두께 2mm의 절편 4: 직경 5~8mm의 입자
 2: 두께 2mm, 폭 13mm 5: 직경 2~4mm의 입자
 3: 두께 2mm, 폭 7mm 6: 직경 2mm 입자

즉, 재래식 고구마 절단기를 이용하여 여러 가지 두께의 절편 (두께 2mm의 철썰, 두께 2mm 폭 13mm, 두께 2mm 폭 7mm)을 만들고 한편 분쇄기를 이용하여 굵기가 다른 입자를 분쇄한 서로 각각의 200gr씩을 50,000PSI의 압력으로 5분간 압착하여 착즙량을 조사한

결과 재래식절간 고구마와 같이 평결한 시료는 착즙량이 23cc로서 전체 무게의 약 10%밖에 되지 않은 반면 세결한 시료는 63ml로서 전체 무게의 30%나 되었다.

한편 분쇄한 시료는 모두 30% 내외의 착즙량이 나오며 그 중에서도 직경 2~3mm의 크기로 분쇄하였을때 압착 효과가 가장 좋아서 66ml의 즙액을 얻었다.

4. 고구마의 압착

수분함량이 많은 어떤 물질을 건조하여야 할 경우 어떤 형태의 건조방법과 기계를 선택할 것인가 하는 것은 대상물질의 수분함량의 다소가 중요함은 물론이거니와 그 물질에 함유되어 있는 수분의 분포형태, 수분의 결합형태 및 그 물질의 특성에 따라 결정되어야 한다. 즉 수분함량이 높고 고형분과 수분의 분리가 비교적 용이한 경우에는 원심분리나 여과공정등으로 대부분이 수분을 제거할 수 있으며 높은 온도에 의해서 품질이 손상되는 물질들은 동결건조나 분무건조등을 이용하는 것이 합리적일 것이다 (R.DE Giacom 1973).

본 실험에서 분쇄된 고구마를 건조하기에 앞서 행하는 압착공정은 70%나 함유된 고구마의 수분의 일부를 기계적인 방법으로 탈수하여 다음의 건조시간을 단축시키는 데에 목적이 있다. 따라서 압착공정은 고구마 사료의 건조에 있어서 시간과 경비를 절약하는데에 가장 중요한 요인이라 하겠다. 먼저 분쇄된 고구마(입자의 크기 : 직경 2~4mm) 300gr씩을 광목천에 싸서 Carver press에서 3,000~8,000psi의 압력으로 1~10분간 압착하여 착즙량을 조사한 결과는 다음 표 8과 같다. 즉 압력이 3,000psi와 4,000psi에 비해서 5,000~8,000psi에서는 착즙량이 거의 두배나 되며 5,000psi와 8,000psi 압력간에는 큰 차이가 없다.

한편 압착시간에 따른 착즙량은 초기 3~5분만에 전 착즙량의 80%이상이나 되고 그후 5분간에는 전체의 20%에 해당하는 완만한 증가를 보이고 있다. 이와같은 압착효과는 압력이나 시간 이외에도 투입되는 고구마의 양에

〈표 8〉 압착도 및 압착시간에 따른 고구마의 착즙량

압착 (psi)	3,000	4,000	5,000	8,000
시간(분)				
1	34	34	64	76
2	42	46	80	89
3	48	52	90	99
4	52	58	96	107
5	56	64	103	112
6	59	68	108	116
7	62	70	111	119
8	64	72	116	124
9	68	74	118	127
10	70	78	124	129

시료 : 300g

단위 : ml

〈표 9〉

고구마 투입량에 따른 착즙량

압착시간(분)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
시료량(g)										
200	39	51	59	64	67	71	74	76	79	82
300	51	71	80	87	92	98	104	106	111	113
400	52	66	74	81	87	93	98	102	108	112
500	56	70	78	88	99	105	110	114	119	122

압력 5,000psi 단위 : ml

〈표 10〉

잎, 줄기 첨가량에 따른 고구마의 착즙량

단위 : ml

압착시간(분)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
시료(g)										
고구마+잎줄기 275+25	80 (87)	92 (100)	98 (107)	101 (110)	108 (118)	110 (120)	113 (123)	116 (126)	119 (130)	120 (131)
250+50	40 (48)	47 (56)	50 (60)	53 (64)	56 (67)	59 (71)	62 (74)	64 (77)	66 (79)	68 (82)
225+75	36 (48)	40 (53)	44 (59)	46 (61)	49 (65)	50 (67)	52 (69)	54 (72)	55 (71)	56 (75)
200+100	30 (45)	35 (53)	38 (57)	40 (60)	42 (63)	43 (65)	44 (66)	44 (66)	44 (66)	44 (66)
300+0	64	80	90	96	103	108	111	116	118	924

압력 5,000ps:

(고구마 300g 기준)

()의 숫자는 고구마만의 착즙량으로 비례한다. 토하였다. 즉 건조 잎 줄기(수분 5.4%)의 첨가량을 달리하여 50,000psi에서 압착한 후에 착즙량을 조사한 결과는 표 10과 같다. 잎, 줄기 첨가량이 증가 할수록 착즙량은 감소하나 잎, 줄기를 소량 첨가시에는 고구마만을

따라서도 다를 것이 예상된다. 여기서는 고구마의 투입량을 200gr, 300gr, 400gr 및 500gr으로 구분하여 5,000psi의 압력으로 압착하여 착즙량을 조사한 결과는 표 9와 같다.

즉 고구마 투입량이 증가함에 따라 착즙량은 감소하고 200gr과 300gr은 큰 차이가 없으며 400gr 이상의 경우는 크게 감소하였다. 이는 곧 내부수분이 밖으로 나오는 거리가 멀어 질수록 방해받기 때문이다. 여기서는 200~300gr을 압착하는 것이 좋다 하겠으나 압착통의 크기에 따라서 조절해야할 것이다.

또한 고구마에 건조된 잎, 줄기를 첨가해 압착한 착즙량을 조사함으로써 그 효과를 검

압착하는 경우보다 오히려 그 효과가 좋았으며 압착속도 또한 빨라서 2분간 압착한 착즙량이 고구마만의 경우 5분간 압착하는 것과 비등하다. 이는 곧 고구마 분쇄물의 내부에 공간을 형성시켜 주므로서 즙액의 침출을 쉽

게 해주는 것이라 생각되며 반면에 다량 첨가하는 침출되는 즙액이 건조된 잎 줄기에 다시 흡수되기 때문인 것으로 추정된다. 이상 몇가지 실험으로 고구마의 압착조건을 검토하였는데 압력은 5,000psi 정도가 좋고 압착시간은 5분 내외로 실시하는 것이 경제적이라고 판단된다. 또한 건조 잎 줄기의 첨가는 생고구마의 10%에 해당하는 잎 줄기를 첨가하는 것이 좋으며 이를 생체량으로 환산하면 대략 고구마 3에 대해서 잎, 줄기가 2정도가 되는 셈이다. 이상과 같은 조건을 실제 농가에서 적용할 때는 압착기의 형태가 크기 및 기타 현지의 형편에 따라 조정되어야 할 것이다.

5. 고구마의 건조

본 실험에서는 고구마의 분쇄정도를 달리한 시료와 잎줄기가 포함된 시료등을 압착한 다음 콘크리트 바닥에 펼쳐서 일광건조하면서 건조속도 및 제품의 건조상태를 조사하였다.

(표 11) 즉 건조속도가 가장 빠른 것은 잎 줄기를 약간 첨가한 시험구로서 7시간 건조후에는 수분함량이 이미 15%로 떨어졌으며 직경 2~4mm 정도의 크기로 분쇄한 시료와 세절간 (두께 2mm, 폭 7mm) 한 시료 또한 위의 실험기구에 다소 떨어지기는 하나 비슷한 결과였다. 너무 거칠거나 고운것은 건조속도가 훨씬 느려서 7시간 건조후에도 수분함량이 30% 이상이나 되었다. 여기서 입자의 크기가 너무 큰 것은 질량에 비해서 표면적이 적기 때문이며 미분쇄된 것은 압착이 덜 되어서 수분함량이 많아 덩어리를 형성하기 때문이다. 대조구로서 압착을 하지 않은 시료는 7시간 건조후 수분함량이 45%내외로 압착한 시료를 1시간 건조후의 수분함량과 비슷하다. 이상과 같은 건조 시험은 자연 건조에 의존하기 때문에 온도 습도 및 기타 건조 조건을 엄격하게 조절할 수가 없는 것으로 현지 사정에 맞는 기상 조건 건조장소등을 택해야 할 것이다.

〈표 11〉

고구마의 일광건조중의 중량변화

단위 : g

시료	구분	시료량	압착후	건조시간 (분)						최종부분 %
				30	60	120	210	300	420	
1		200	—	181	170	152	140	124	109	45.5
2		"	—	174	166	156	142	120	112	43.2
3		"	152	138	130	115	101	94	88	32.1
4		"	142	124	118	106	97	90	82	30.0
5		"	139	126	112	92	83	74	70	17.2
6		"	137	120	104	86	77	72	69	17.0
7		"	134	122	106	82	73	68	66	15.3

- 1) 기온 18~21°C 상대습도 76~83%
- 2) 시료 1: 두께 2mm의 평절
2,3: 5~8mm의 분쇄
4: 직경 2mm 이하의 미분쇄
5: 두께 2mm 폭 7mm의 절간
6: 직경 2~4mm의 분쇄
7: 고구마 (직경 2~4mm 분쇄) 275+건조 잎줄기 25

6. 고구마 사료 제조과정중 화학적 성분변화

고구마를 분쇄 압착 및 건조하는 동안에 일

어나는 화학성분의 변화는 화학반응에 의한 성분의 파괴나 부패에 의한 변화는 거의 없고 그 보다는 물리적인 압착에 의해서 수용성 물질과 미세입자가 착즙액으로 용출되는 것이 가장 큰 변화를 가져온다고 할 수 있다. 원료

고구마로 부터 압착과정에서 일어나는 변화를 살펴보면 다음 표 12와 같다. 즉 착즙으로 이행된 성분중 가장 많은 것은 역시 수분으로 전체에 약 40%에 달한다. 다음 이행율이 높은 것은 조지방인데 이는 순수지방보다도 카로틴등 색소물질이나 기타 지용성 물질이 침출되는 것으로 추정된다. 한편 착즙액중의 성분을 보면 2/3 이상을 차지하는 것이 당질인

<표 12> 전고구마의 압착에 의한 화학성분의 변화

성분(1)	시료 전고구마 (2)	압착된 고구마	착즙액	
			성분	이행율 (3)
수분	78.5	55.7	88.0	37.4
조단백질	6.5	6.7	6.2	3.8
조지방	2.1	1.9	14.3	27.2
조섬유	11.9	11.9	2.5	0.8
조회분	5.6	5.5	3.5	2.5
당질	73.9	74.0	73.5	4.0

- 1) 수분 이외의 성분은 건물 환산치
- 2) 고구마에 일 줄기를 1:1로 혼합
- 3) 전고구마로 부터 용출된 성분을 전고구마 성분에 대해서 비례 환산한 수치임

바 그 중의 약 5%는 전분의 미세입자가 즙액과 함께 나온 것이며 나머지는 가용성당류이다. 이와 같이 상당량의 영양성분이 용출되어 나오기는 하였지만 제품의 성분 비율에는 큰 변화는 없다. 여기서 문제되는 것은 전체의 4%나 되는 고형분을 활용하는 것이다. 농가 단위의 경우에는 전체 착즙액이 많지 않기 때문에 다른 사료와 혼합하여 가축에 먹일 수 있으나 대규모 공장의 경우는 직접회수 또는 발효가공등을 통하여 활용하는 것이 수질오염 방지를 위해서도 필요하다.

7. 고구마 사료의 추정원가

1일 1톤 생산규모에 소요되는 기계 구입 자금은 절단기, 분쇄기, 압착기 모두 300,000원에 불과하다. 이들 기계를 사용하여 고구마 사료를 제조할 경우 그의 추정원가는 표 13과 같다. 1973년도에 생산된 고구마의 정부 구매 가격중 2등급품을 기준으로 할때 제품 톤당 가격은 44,345원이며 원료비와 가공비가 거의 비슷하게 소요된다.

<표 13> 고구마 사료의 추정원가 내역 (1톤당 가격 : 원)

항 목		구 분		소 요 량	단 위	단 가	금 액	비 고
재 료 비	고 구 마	인 건 비	구 줄 기	2	톤	11,124	22,248	1973년 정부구매 가격 2등급품 전북익산군현지가격
	있			2	톤	472		
	소 계			4				
가 공 비	인 건 비	전 력 류	감 가 상 각 비	남 17	인 인 KWH	1,000	17,000	천일전조
	여 3			500		1,500		
	20			15		300		
	450			450		윤활유		
소 계					611	611	기계수명6년으로 가정	
경 비						1,292	제조원가의 3%	
총 계						44,345		

※ 원료의 수송비는 포함안됨

<동물 사육시험은 다음호에 계속>