

# 질 좋은 옥수수사일리지의 제조방법



손 용 석  
고려대학교 교수

## 1. 머리말

조사료로 벧짚이나 질이 낮은 건초를 급여할 때 소는 체중을 유지하고 젖이나 고기를 생산하기 위하여 농후사료(배합사료)를 많이 먹게 되는 것이 당연하다. 단위영양소당 가격이 조사료보다 비싼 농후사료를 더 먹는다는 것은 곧 같은 양의 우유나 고기를 생산하는 데 비용이 더 든다는 것을 의미한다. '낙농과 육우사업의 성패는 풀농사에 달려 있다'라든가 '양질의 조사료 확보가 소기르기에 있어 성공의 열쇠다' 등등의 말이 자주 되풀이되는 이유는 여기에 있다.

낙농비육농가가 소유한 경지면적이 충분치 못한

우리나라의 경우 단위면적당 건물생산량이 가장 높은 사료작물에 승부를 걸어야 하는 만큼, 이제 청예 옥수수의 재배는 상당히 보편화되어 있고, 근래에는 각종 청예용 품종이 도입되고 재배기술도 눈에 띄게 향상되었다. 그런데 아무리 혼신의 노력과 기술을 다하여 재배를 성공적으로 하였다하더라도 마무리단계인 사일리지 담그기를 제대로 하지 못한다면, 이는 좋은 배추를 가져다가 김장을 잘못담가 겨우내내 입맛을 잃는 꼴이 되고 말 것이다.

청예옥수수는 본래 당분(가용성 탄수화물)이 많이 들어 있기 때문에 사일리지를 담그기에 매우 적합한 작물이며, 구태어 첨가제를 넣지 않아도 발효가 잘 되는 특성을 가졌음에도 불구하고, 담그는 단계에서

의 기술미흡으로 인하여 질이 좋지 않은 사일리지가 만들어진 농가를 종종 보게 된다.

양질의 사일리지란, 가소화영양소의 함량이 높고 그 고유의 향미를 가지고 있어, 기호성이 좋은 사일리지를 가리키는 바, 이러한 사일리지를 만들기 위해서는 무엇보다도 먼저 제조과정에서 어떠한 변화가 일어나는지를 이해하고, 그와 관련된 효과적인 제조요령을 알아야 하겠다.

## 2. 사일리지제조의 원리

풀사료를 수확하여 저장해 두고 장기간 이용하기 위한 방법으로는 크게 건조를 만드는 방법과 발효사료화하는 방법의 두가지가 있다. 전자가 재료의 수분을 제거시켜 저장성을 갖게 하는 건식(乾式)방법이라면, 후자는 수분이 보존되는 습식(濕式)저장의 형태라고 할 수 있다. 즉 사일리지란, 재료의 수분을 대부분 보존하되 재료를 부패시키는 유해미생물은 억제하고, 유용한 미생물인 유산균(乳酸菌)의 작용에 의해 유산발효(乳酸發酵)를 촉진시켜 산도(酸度)를 높임으로써 저장성을 갖게 한 발효사료를 말한다. 이러한 발효과정의 진행과 일어나는 현상을 알아보면 다음과 같다.

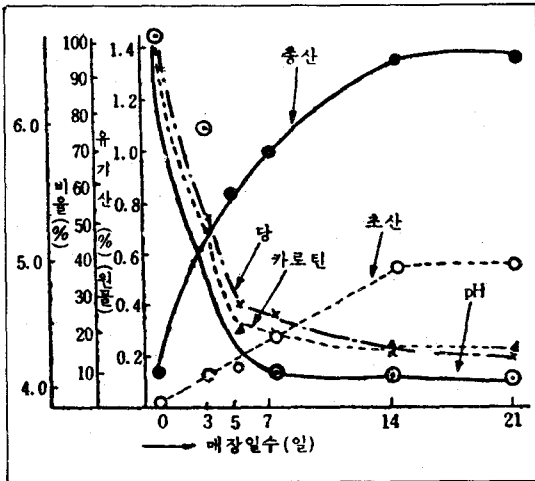
우선 풀사료를 베어 사일로에 담으면 초기에는 식물조직이 여전히 살아 있기 때문에 재료중의 산소(酸素)를 이용하여 호흡을 함으로써 사일로내의 온도가 높아진다. 이때 재료에 함유된 당(糖)은 분해되어 탄산가스와 물이 생성되는데, 호흡은 계속 진행되어 양분손실이 계속적으로 일어날 수 있다. 예를 들어 재료를 채울 때 진압(鎮壓)을 덜 하거나 밀폐가 잘 안되었을 때에는 공기가 스며 들으로써, 식물체효소가 불활성화된 후에도 각종 호기성(好氣性)균들이 영양소분해에 참여하게 된다. 동시에 호흡으로 발생하는 열이 재료중에 누적되어 온도가 상승하는데, 여름철에는 이러한 고온으로 인하여 호냉성(好冷性)유산균이 사멸될 우려가 있다.

초기발효단계에서 이렇게 일어나는 양분손실은 발효의 진행상태가 정상적인 경우에는 전체양분손실의 대부분을 차지하게 된다. 양호한 조건하에서는 발효가 시작되지 1일이 지나면 이미 재료중에 존재하는 공기중의 산소가 소모되어 버림과 동시에 호기성미생물의 작용은 곧 종료되지만, 유산균의 경우에는 영향을 받지 않으므로 유산균에 의한 발효가 본격화되어, 다량의 유산과 약간의 초산( 초산), 기타 유기산들이 미량 생성된다. 발효초기에는 유산균중에서도 구균(球菌)들이 주로 활동하지만, 5일 정도가 지나서부터는 유산간균(桿菌)들의 증식과 함께 생산된 유산으로 pH값이 4.2이하로 저하됨으로써, 산에 약한 다른 미생물들, 특히 당이나 단백질을 분해하는 균들이 억제된다. 발효의 진행과 함께 사일로를 채운지 10일 전후가 되면 유산의 농도는 1%이상으로 증가하고, 사일로내 호흡도 종료되어 온도가 내려가기 시작한다. 그리하여 20일경부터는 담은 재료중의 모든변화가 그치고 안정된 상태를 이룩하는데, 이러



한 상태는 외기를 완전 차단한 밀봉상태에서 장기간 계속될 수 있어 저장성이 보장되는 것이다(그림 1).

〈그림 1〉 충전(充填)한지 20일째까지의 옥수수사일리지의 화학적 성분변화



이와 같이 발효초기, 즉 사일로를 채운지 3-5일 동안에 생기는 유산은 전체발효기간을 통하여 생기는 총량의 대부분을 차지하는 것이 보통이다. 그러므로 풀사료의 영구적인 저장성을 보장하리 만큼 충분한 양의 유산이 발효초기에 생성될 수 있도록 유산균이 증식하기에 적합한 조건을 제공해야한다. 그리하여 재료중의 당과 단백질, 생성된 유산을 분해하여 유산균과 결합하는 낙산균(酪酸菌)이나 초산균 등을 양질의 사일리지를 만들 수가 있다. 발효초기 단계에 유산생성이 불충분하여 사일리지발효가 실패하게 되는 주요 원인들을 종합해 보면,

- 1) 재료중의 당분함량 부족
- 2) 호기성 미생물의 호흡과 발효로 인한 당분 고갈
- 3) 발효과정의 고온으로 인한 유산생성과정의 결함

4) 공기잡입의 방지소홀로 인한 잠행성(潛行性) 유산분해

등을 들 수 있다.

### 3. 사일로의 선택 및 준비

사일로는 풀사료의 유산발효가 일어나는 현상이므로, 재료를 충전(充填), 진압(鎮壓), 밀봉(密封) 및즙액배출(汁液排出)의 기능을 효과적으로 할 수 있어야 할 것이며, 그 외에 급여하기에 편리한 형태와 위치, 내구성(耐久性)과 경제성문제를 고려하여 신축하여야 한다. 사일로는 간지로 설치한 경우를 제외하고는 한번 건축하면 변동이 불가능하므로 사일로를 신축할 때에는 적어도 10년 이상의 사용을 목표로 사료포 보유면적, 장차의 가축사육규모 등을 고려하여 어떤 형태로, 어떤 크기의 것을, 어느장소에, 몇 개 설치할 것인지를 결정해야 한다. 일시적인 경제적 절약에 착안하여 신축한 사일로는 장기적으로는 오히려 손해인 경우가 있으므로, 기왕 고정투자를 할 바에는 장기적인 측면에서 고려할 것을 권장한다.

준비해야 할 사일로의 크기와 보유갯수는 특히 중요한 의미를 가진다. 이를 결정하는데는 우선 원료 풀사료의 수확량을 가늠해야 하는데, 일반적으로 청예옥수수수의 경우 100m<sup>2</sup>의 사일로용적에 해당하는 재배면적은 10%의 사일로공간손실을 고려할 때 약 1.5ha를 기준으로 한다. 또한 급여할 가축의 마리수와 급여수준 및 급여기간을 감안하고 손실율을 적용하여 필요한 사일로의 용적을 계산해야 한다.

예를 들어 하루에 마리당 25kg의 옥수수사일리지를 20두의 소에 200일간 급여하는 사양계획을 가진 농가에서는 총 100,000kg(25kg×20두×200일)의 사일리지가 소요된다. 여기에 표 1에 제시된 자료를 기준으로 옥수수사일리지의 용적당 무게 700kg/m<sup>3</sup>를 적용하면 총 142m<sup>3</sup>(100,000kg÷700kg)의 사일로 용적이 필요하며, 손실율10%를 추가로 적용하여 계산하면 최소한 156m<sup>3</sup>(142m<sup>3</sup>×1.1)의 사일로 용적이 필요한 셈이 된다.

수직식이든 수평식 사일로든간에 재료의 충전작업이 2일 이내에 끝낼 수 있는 규격이어야 하는데, 너무

〈표 1〉수확시기 및 사일로 형태별 옥수수사일리지의 움직임 무게

(단위: kg/m<sup>3</sup>)

수확시기	수직식 사일로		수평식 사일로	
	생체중	건물중	생체중	건물중
유숙기	750-780	130-150	650	110-125
황숙기	750-780	160-180	650	135-150

사일로를 크면 적재량부족으로 발열량(發熱量)이 증가하여 영양분의 손실이 크며, 반대로 너무 작은 사일로를 여러개 설치하면 면적을 더 차지할 뿐만 아니라 작업의 기계화가 어려운 결점이 있다.

사일로의 종류에는 여러가지가 있으나, 국내에서 가장 흔히 볼 수 있는 형태를 보면 수평식으로는 병커사일로와 트렌치사일로, 수직식으로는 탑형사일로와 기밀식(氣密式)사일로를 들 수 있으며, 농가에 따라서는 토굴식의 간이트렌치사일로를 보조용으로 운용하는 경우도 있다.

일반적으로 수직식 사일로는 충전된 재료 자체의 중압(重壓)으로 공기의 배제효과가 좋아 수평식에 비하여 발효가 잘 되는 장점이 있으나, 사일로 상하의 부위별로 제품의 수분함량에 있어 변이가 크므로(최고 20%), 완전혼합사료(TMR)의 사양체계에서는 정기적(적어도 2주 간격)으로 사일리지제품의 수분농도를 측정하여 사료배합시 보정(補正)해 주어도 보다 정확한 영양공급을 할 수가 있다.

청예옥수수와 같이 유산발효가 잘 되는 재료이면 건축이 간단하고 건축비도 저렴한 병커 또는 트렌치 형태의 수평식 사일로가 적합하다고 볼 수 있다. 수평식의 경우에는 최소한 80m<sup>3</sup> 이상의 크기를 가지는 것이 좋으며, 이보다 작으면 노출표면적에 비하여 내용물이 적은 관계로 벽면에 접한 가장자리 부분에서 손실율이 높아 덜 효율적이다.

한편 기존의 사일로를 그대로 또는 보수하여 사용할 경우에도 금년의 옥수수 수확량을 예측하여 사전에 준비해 두는 것이 중요하다. 벽에 균열이 있거나 칠이 벗겨진 사일로는 보수하고 방수액 등을 첨가하

여 칠을 해야 하며, 오랫동안 방치했거나 특히 내부에 곰팡이 등이 많이 발생하였을 때에는 물로 깨끗이 씻어낸 후 포르말린용액을 10-15배로 희석하여 1m<sup>3</sup>당 46ml 정도로 분무기로 뿌려 하루 정도 밀봉하여 두면 효과적이다. 토굴식 간이트렌치를 재사용하는 농가의 경우에는 흙벽의 안전성(암석 등으로 인하여 비닐이 상할 우려여부)을 확인하고 배수로 등을 재 정비해야 한다.

#### 4. 수확시기의 결정

우수한 제품을 생산해 내기 위하여 우수한 재료를 사용해야 하는 만큼, 좋은 품질의 사일리지를 제조하려면 유산발효에 가장 필요한 성분인 당(糖)의 함량은 물론, 영양분이 풍부한 재료를 사용하여야 한다. 일반적으로 작물은 생육시기가 진행됨에 따라 잎의 비율과 단백질함량은 감소하고 반대로 초장(草長)과 섬유질함량은 증가하며 일정시기가 지나면 급격히 목질화(木質化)가 되면서 소화율이 저하되는 것이 보통이다. 옥수수의 경우, 자루가 생기고 종실(鍾實)이 맺기 시작하면 종실의 성숙정도에 따라 유숙기(乳熟期), 호숙기(糊熟期), 황숙기(黃熟期) 및 완숙기(完熟期)로 구분하는데, 재료옥수수의 수확을 어느 시점에 하느냐는 제품사일리지의 영양소함량면에서나 기호성면에서 대단히 중요한 의미를 가진다. 표 2에서 보면 양질의 옥수수사일리지를 생산할 수 있는 수확적기는 단위면적당 가소화양분총량(TDN)의 생산이 가장 높은 황숙기(黃熟期)임을 알 수 있다.

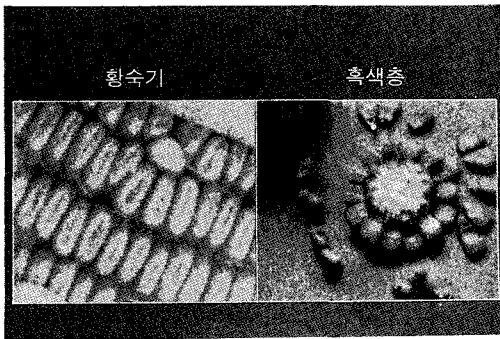
황숙기는 옥수수자루에 수염이 나온 후 대략 40-45일이 되는 시기에 해당하므로, 포장에 있는 전체 옥수수의 절반 이상이 수염이 나타난 시점을 기준으로 수확일을 예정할 수가 있다. 보다 정확하게 수확적기를 파악하는 방법은 이시기에 포장안으로 들어가 종실이 익어가는 상태를 점검하여 판단하는 것인데, 손톱으로 알곡을 눌렀을 때 약간 자국이 날 정도가

(표 2) 사일리지용 옥수수(수원 19호)의 생육시기별 특성비교

구 분	생 육 기			
	유숙기	호숙기	황숙기	완숙기
수 분 함 량(%)	81.6	77.5	72.2	65.6
건물수량(kg/10a)	1534	1875	2137	2020
부위별 구성비율(%)				
잎	41.6	36.3	33.7	22.9
줄 기	38.6	31.9	25.9	27.8
종 실	19.8	31.8	40.4	49.3
가소화양분총량(kg/10a)	1019	1156	1383	1152
조단백질 함량(%)	10.5	9.7	7.6	8.2

수확적기이다. 아직 시기가 이른 유숙기라면 손톱으로 눌렀을 때 흰 즙액이 터져 나오는 것을 보게 된다. 한편 옥수수가 황숙기에 도달하면서부터 종실 끝부분의 세포들은 짙은 자주색으로 변하는 성질이 있어, 사진에서와 같이 자루를 잘라 보면 절단면에 흑색의 층(Black Layer)을 볼 수가 있는데, 이것도 좋은 판단기준이 된다. 이때의 옥수수는 수분함량도 약 70% 정도로서 사일리지제조에 적당한 시기가 된다.

(사진) 옥수수의 수확적기



## 5. 사일리지의 제조기술

### 가. 재료중의 수분조정

수분의 조절은 재료중의 당분농도를 유지하고 발효를 억제하며 수분함량은 대개 65-70%의 범위로서 사일리지를 담그기에 적당한 농도이지만, 수확일 전에 비가 왔거나, 토양의 수분농도가 높은 때에는 다소의 예건(豫乾)이 불가피한 경우가 있다. 수분의 농도가 뚜렷이 높을 때에는 투입시에 밀기울 등을 적당비율로 첨가해 줌으로써 수분조절과 동시에 발효효율을 높이고 영양소의 보충효과도 기대할 수 있다. 반대로 과도한 예건(豫乾)등으로 수분이 부족한 경우에는 식염(識鹽)을 첨가함으로써 재료로부터의 즙액삼출(汁液蔘出)을 촉진하여 초기발효를 좋게 하고, 동시에 방부(防腐)의 효과도 기대할 수가 있다. 그 첨가량을 재료의 0.2% 이하로 제한하면 발효미생물에는 별 영향을 미치지 않는다.

### 나. 재료의 절단과 충전(充填)

사일리지의 발효는 재료를 절단하여 사일로에 채우는 순간부터 시작된다. 따라서 사일로 충전은 신속하고 끊임이 없이 진행이 되어야 하는 작업특성상 단기간에 많은 노동력을 투입해야 한다. 기계의 고장이나 재료의 부족, 기상의 변동 등으로 인하여 장시간 작업이 중단되어야 하는 경우에는 바로 비닐 등을 임시로 덮어 빗물이나 공기의 유입을 막아 이상발효가 일어나는 것을 최소한도로 줄여야 한다.

사일로에 투입시 재료를 절단하는 목적은, 재료투입 후 진입작업에 의한 공기배제를 용이하게 하고, 즙액의 유출을 촉진시켜 발효과정중에 유용미생물의 활성을 높임으로써 유산의 생성을 증대시키는 데 있다. 절단길이는 짧을수록 발효효율상 유리하기는 하지만, 재료를 너무 잘게 자르면 기계작업에 시간과 노력소모가 많고, 또 사일리지를 소에게 급여했을 때 반추위내 통과속도가 빨라 소화율이 저하되거나

유지율이 낮아지는 경향이 있다 표3.

〈표 3〉옥수수의 절단길이가 소화율 및 반추위내 발효에 미치는 영향

절단길이 (mm)	소화율(%)			휘발성지방산 (mg/%)	휘발성지방산(%)		
	전분	단백질	섬유질		초산	프로피온산	낙산
6.3	72	64	73	7.9	63	22	12
12.7	71	61	76	11.7	66	19	11
91.1	68	62	72	6.3	67	18	10

옥수수사일리지의 경우 절단길이에 따른 시험결과 1-2cm의 것이 가장 우수한 것으로 나타났다. 특히 다음의 경우에는 절단길이를 짧게 하는 편이 효과적이다.

- 1) 사일로의 형태가 수평식일때
- 2) 수직식사일리지지만 높이(또는 깊이)가 낮거나, 누름돌을 사용하지 않을 때
- 3) 재료의 수분함량이 적을 때
- 4) 효과적인 진압작업을 하지 못할 때

옥수수줄기의 경우에는 끊어진다기 보다 부서지는 경우가 대부분인데, 배즙의 효과면에서는 오히려 부서지는 쪽이 우수하다고 볼 수 있다. 절단작업을 효율적으로 하려면 절단기(切斷機)의 정비가 사전 준비사항으로 필요한데, 이가 빠진 날은 갱신하여야 소기의 절단길기와 효율을 달성할 수 있다.

### 다. 진압(鎮壓)과 밀봉(密封)

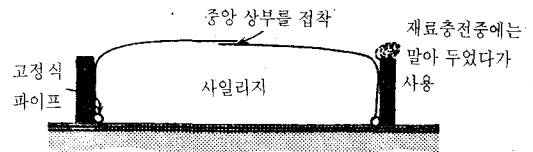
사일로에 재료를 채울 때는 밟아 누르는 진압작업이 동시에 진행된다. 진압을 하는 목적은 채운 재료 사이에 존재하는 공기를 최대한 배제시킴으로써, 재료자체의 호흡과 호기성(好氣性)미생물의 작용을 억제시켜 유산발효가 효과적으로 일어나도록 유도하는데 있다. 또한 진압으로 재료간에 간격이 없어지면 폐기(廢棄)부분이 적어지며, 용적도 적어지므로 저장량도 증가한다. 짧게 절단한 재료는 진압하는 노력이 비교적 덜 필요하지만, 수분이 적거나 줄기가

많은 재료는 사일로벽에 닿는 부분에 압착이 잘 안되는 경우가 보통이므로 주의깊게 진압작업을 해야 한다

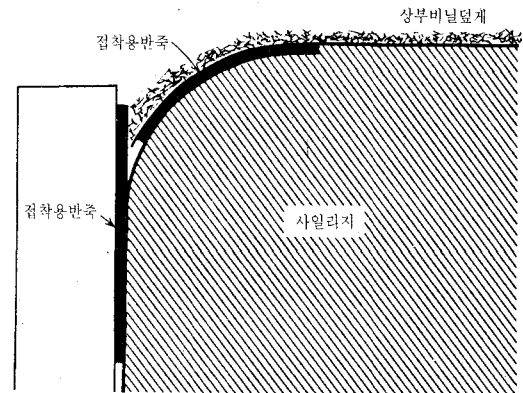
진압작업을 하는 인력은 운반이나 기타작업을 하는 인력과 분리하여 오로지 진압만을 담당케 하는 것이 작업능률상 효과적이다. 수직식사일로는 재료자체의 무게가 있어 인력을 이용할 수 있으나, 수평식인 경우에는, 무겁고 이중바퀴를 부착한 트랙터를 이용하여 펼치기와 진압작업을 동시에 수행하게 된다. 수평식사일로에서 인력을 이용한 진압의 효과는 별로 기대하기 어렵다.

특히 재료의 마지막 충전은 가능하면 수분함량이 아래층에 비하여 많은것이 진압에 효과적이며, 사일로의 가운데 부위가 볼록 올라오도록 해야 좋다. 충전과 진압이 끝났으면, 수직식의 경우 사일로 상부

〈그림 2〉수평식 사일로의 비닐피복과 밀봉부위



〈그림 3〉병커사일로의 파이프와 비닐을 이용한 피복 밀봉 방법



를 가마나나 거적 등으로 덮고 비닐(0.1mm두께)로 주의깊게 피복 밀봉(密封)하고, 판자를 칸 다음에 누름돌을 그위에 올려 놓는다. 수평식의 경우엔 넓은 비닐을 이용하여 피복 밀봉한 다음에 모래주머니나 건조단 등을 올려 놓는 것이 보통인데, 비닐을 잇는 방법에는 벽쪽에서 접착하는 방법 그림2과 중앙 상부를 접착하는 방법 그림3이 있다. 비닐위에는 현 자동차 타이어로 눌러놓으면 잘 미끄러지지않고 내구성도 좋다.

## 6. 사일로작업중의 안전관리

사일로작업과 관련하여 종종 안전사고가 발생하는데, 대개 두가지로 나눌수가 있다. 하나는 사일로에 재료를 채우는 작업중에 발생하는 사고들로서, 옥수수절단기에 의한 상해가 가장 흔하므로 작업할 때에는 기계조작이나 가동시 안전관리에 신경을 써야 할 것이다. 또 다른 하나는 발생이 빈번하지는 않지만 다수의 인명피해를 동반하는 사일로내 유독가스에 의한 중독사고이다. 전자가 주로 부주의에 의해 당하는 사고인데 반하여, 후자는 인식부족에서 오는 사고라고 볼수 있다. 1983년에 전남 고흥에서 사일로가스로 질식되어 5명의 인명피해가 발생한 데에 뒤이어 작년에는 충남 당진에서 4명이 또 목숨을 잃는 연쇄중독사고가 있었다.

사일로내에 발생하는 가스가 탄산가스를 비롯하여 여러가지 종류가 있는데, 그중 가장 유독하여 중독원이 되는 가스는 산화질소류이다. 이들 가스는 반응성이 매우 높아서 흡입하는 즉시 기도(氣道)에 존재하는 수분과 반응하여 질산(窒酸)으로 변하여 조직을 부식시킨다. 이들 유독가스의 원천은 식물조직에 존재하는 질산염(窒酸鹽)으로서, 이것은 식물이 흡수하는 질소성분의 주형태이기 때문에 때때로 식물조직중에 고농도로 축적되어 있어 사료로 섭취하는 가축은 물론, 사람에게까지 중독으로 인한 피해를 입힌다. 이들 기체는 본래 공기보다 무겁고 무색의

기체로도 많이 존재하기 때문에, 비교적 밀폐되어 있는 수직식사일로의 경우에는 들어갈 때 일단 의심을 해보는 게 안전하다. 특히 사일로에 재료를 새로 채운 지 15일 이내에는 진입을 금하고, 오랫동안 비워 두었던 사일로의 경우에는 진입시에 각별한 주의를 기하도록 해야 한다. 방독면을 착용한다든지, 동물을 미리 넣어 안전여부를 시험한 후 들어 가는 방법 등도 생각할 수 있다.

## 7. 맺는말

어떤 사료에 저장성을 부여하기 위해서는 처리과정에서 어느 정도의 영양소 손실을 감수해야 한다. 사일리지의 경우에도 발효과정중 미생물의 작용에 의해 원재료에 함유되어있던 에너지와 단백질, 카로틴 등이 감소되는 것을 피할 수는 없으나, 유산발효의 성격을 이해하고 효율적인 방향으로 유도하여 피할 수 있는 영양소의 손실은 최소한으로 줄인다는데 목표를 두어야 할 것이다.

따라서 우수한 품질의 옥수수사일리지를 제조한다는 것은 곧, 적정시기에 수확한 좋은 품질의 재료를 가지고, 사일로내에서 초기단계에 유산균의 왕성한 증식을 도모하고 유해미생물을 억제하여, 적절한 유산발효를 유도함과 동시에, 유산생성과 함께 낮은 pH를 유지하게 함으로써, 본래의 풍부한 영양소가 큰 손실 없이 보존 이용될 수 있게 함을 의미한다. 이렇게 만들어진 옥수수사일리지는 영양가치가 높음은 물론이고, 그 고유의 냄새와 함께 기호성도 우수한 조사료로서 오랜 기간동안 효과적인 사양을 가능케 할 것이다.

