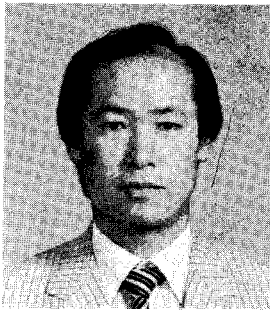


사일리지의 호기적 변패의 원인과 대책



고 영 두

경상대학교 축산학과
교수 / 농학박사

1. 서 론

품질이 좋은 사일리지를 만들기 위하여 발효(醱酵)의 조건을 좋게 하기 위한 연구는 오래 전부터 많이 시험하여 왔다. 최근에는 재료(材料)에 따라서 각각 양질의 사일리지를 만들기 위하여 양질의 재료를 이용하거나 생산량이 많은 시기에 수확하여 수분을 조절하거나 첨가제(添加劑)를 이용하여 좋은 조건을 만들어 주고 특히 이와 같은 조건을 맞추는데 효모(酵母)의 활동을 충분히 할 수 있도록 혐기적(嫌氣的) 조건(공기가 없는 조건)을 만들기 위하여 하베스토어(harvestore)와 같은 특수 사일로도 개발되었으며 값이 싼 비닐을 이용한 보조(補助)사일로도 널리 이용되고 있다.

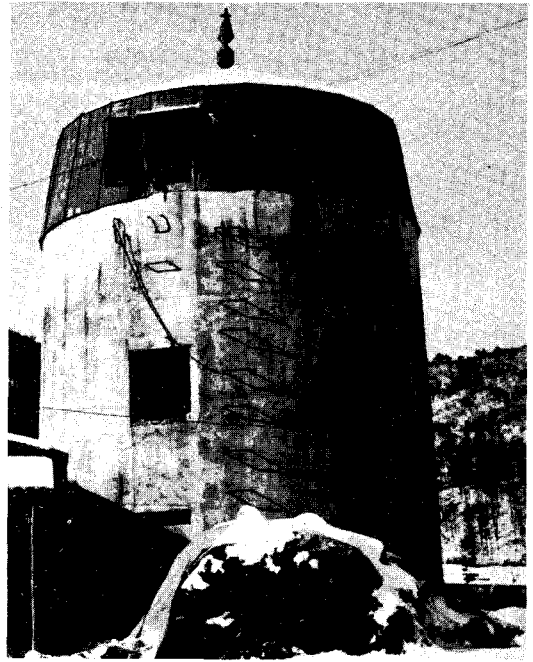
최근에는 사일리지의 제조를 사일리지의 이용과 결부시켜 하나의 문제로 크게 다루게 되었다. 즉, 이 문제가 사일리지의 호기적 발효(好氣的醱酵)라고 한다. 사일리지제조 기본으로 되어 있는 원리의 하나는 혐기적 조건하에서 저장하는 것이다. 그러나 일정기간의 저장후에 이것을 이용하려면 사일로를 개봉(開封)하여야 한다. 이때 양질의 사일리지라 할지라도 외기(外氣)에 접하게 되면 발열하여 품질이 변하기 시작한다. 이러한 현상을 국제적으로 2차발효(二次醱酵: secondary fermentation)라고 불렀으나 본질적으로 볼 때 이것은 발효되는 것이 아니고 부패과정이 진행되고 있는 것이므로 1974년 9월에 영국에서 개최된 제 3회 사일리지 회의에서 이러한 현상을 호기적변패(好氣的變敗: aerobic determination)라고 칭하도록 결정하였다. 그러나 이 분야에 관한 연구가 우리나라에서는 발표된 바가 없으나 본인이 오차드그라스에 개미산과 젓소용 배합사료를 첨가, 시험한 것으로서 처음 호기성 변패에 관한 시험을 하였다. 호기적 변패의 문제로 주목되어 있는 것은 저수분(低水分)사일리지의 제조로서 하베스토어의 도입에 의해서 재료의 수분함량이 점점 줄어들어 과거에 70~75%인 것이 현재는 65~70%로 권장되고 있으며 저수분사일리지의 조제가 국제적으로 많이 이용되고 있는 실정이다. 그러나 저수분 재료는 담는

밀도가 낮아 공기의 침입이 쉬우므로 밀폐가 잘 되지 않는 사일로의 경우는 양질의 사일리지를 기대하기 어려울 뿐만 아니라 호기적 변패를 쉽게 일으키기 때문에 우수한 사일로가 없을 경우에는 어려운 점이 많다.

따라서 양질의 사일리지제조도 중요할 뿐만 아니라 개봉후(開封後) 일어나는 호기적 변패에 의한 영양적(營養的) 손실이 또한 중요시 되게 되었다. 호기적 변패가 일어나기 쉬운 조건은 ① 사일로의 형태 ② 사일리지의 종류 ③ 수분함량 ④ 품질 등에 의해서 약간씩 다르게 변패를 일으키고 있는데 이에 관한 원인과 대책에 대해 설명하고자 한다.

2. 변패(變敗)의 원인

양질의 사일리지를 만드는 원칙은 좋은 재료를 사용하여 ① 밀봉(密封)을 잘 하여 호기성균(산소가 있는 곳에서 증식하는 미생물)의 증식을 방지하고 ② 혐기적(嫌氣的) 조건하에서 증식하기를 좋아하지 않는 미생물 즉 낙산균(*clostridium*)의 증식을 방지하는 두가지가 있다. ②의 방법의 하나로서 유산발효를 촉진시켜 유산에 의해서 pH를 낮추게 하는 방법이 있다. 그러나 사일리지제조에 근본적인 조건을 밀봉이라고 할 수 있으나 밀봉한 채로 사일리지를 이용할 수 없으므로 꺼내 먹일 때는 반



드시 외부공기와 접촉하게 되므로 호기성 미생물이 번식하게 된다. 이 호기성균(好氣性菌)은 곰팡이(사상균), 효모와 호기성 세균으로 나눌 수 있다. 효모가 호기적 변패에 관계하고 있는 종류는 *candida krusei*, *pichia fermentans*, *hansenula anomala*(유산에 이용한다)와 *torulopsis*이다.

옥수수 사일리지에 있어서 호기적 변패를 일

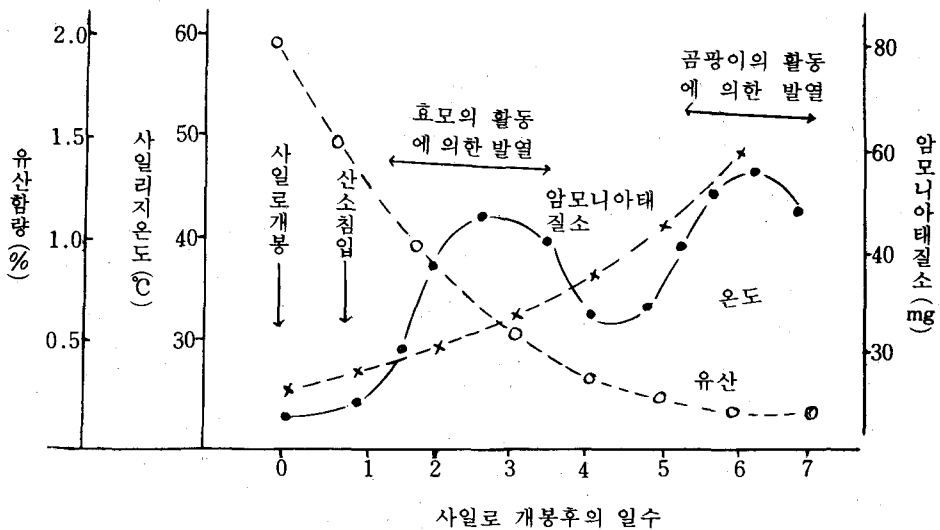


그림 1. 사일리지의 호기성 변패의 모델

오키기 쉬운 사일리지에는 효모의 수 또는 호기성 세균의 수가 많고 호기적 조건을 일으킨 경우에 효모 또는 *geotrichum* (효모와 곰팡이의 중간에 위치한다)의 수가 증가한다. 사일로 개봉후 발열(發熱)에 과정에서 세균 또는 효모가 증가하고 후기에는 *penicillium*, *aspergillus* 등의 곰팡이가 증가한다. 변패한 사일리지에는 *saccharomyces exiguus*, *candida k rusei*, *pichia membranaefaciens* 등의 효모 및 *monascus*, *mucor*, *geotrichum* 등이 나타난다. 다음에 알팔파 사일리지의 호기적 변패를 일으킨 미생물을 조사한 결과 고수분의 경우에는 효모와 단백질분해균의 수가 많고 곰팡이가 적으나 저수분 사일리지는 그 반대현상이 일어나는 것을 인정하였다. 또 옥수수 사일리지의 경

우 재료에는 효모의 수가 곰팡이 보다 많으나 사일리지 조제중에 효모가 감소하고 개봉후 변패과정 중에는 효모가 증가한다고 한다.

예건(豫乾) 사일리지에 프로피온산 나트륨(SP)과 니트로 프라손(NF)을 혼합하여 변패의 발생상황을 조사한 결과 SP첨가로서 변패를 억제한다는 것을 인정하였으나 그 효과는 SP와 NF를 병용하므로써 강하게 나타났으나 NF단독의 첨가에는 효과가 없다고 밝혔다.

곰팡이 효모를 특별히 억제하는 약제(藥濟)와 세균을 특별히 억제하는 항생물질을 단독 또는 혼합 첨가하여 호기적 변패의 원인균을 추정하는 시험을 한 결과 옥수수 사일리지에는 세균이 목초 사일리지에는 효모가 변패의 원인으로 나타났다고 하였다

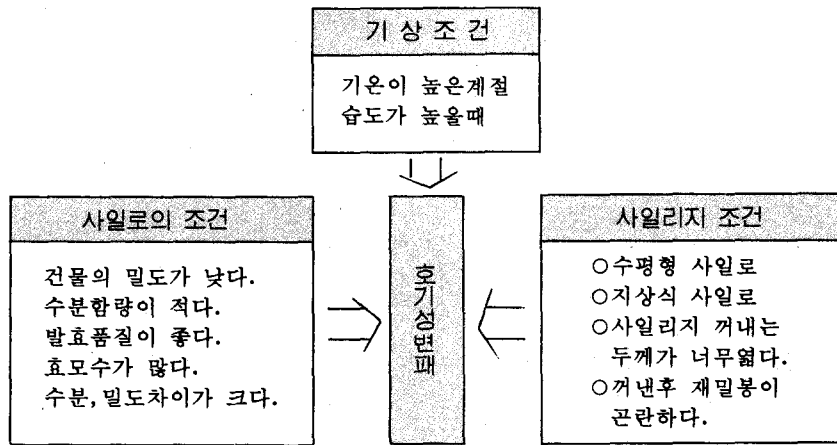


그림 2. 호기성 발효를 일으키기 쉬운 요인

또 방카사일로에 제조한 목초 사일리지에 있어서 변패의 제 1단계는 내산성(耐酸性)의 세균이 증식하고 여기에 계속하여 곰팡이가 증대한다고 한다. 사일리지를 호기적 조건하에 두게 되면 미생물의 호흡에 의한 온도가 상승하고 최고에 오르면 차츰 내려가게 되며 이러한 경우에는 최초의 발열이 효모에 의해서 일어나고 다음에는 곰팡이에 의해서 온도의 상승을 나타내게 된다. 즉, 사일리에 밀봉(密封), 저장된 사이에는 사일리지의 효모가 휴면상태(休眠狀態)에 있으나 산소를 공급받게 되면 사일리지의 유산등을 영양원으로 활발하게 증식된다. 그림 1은 이와 같은 현상을 보여 주고 있다.

따라서 이 열에 의해서 곰팡이가 자극을 받고 활동을 개시하게 된다. 여기에 수반되어 사일리지의 발효물질은 유산함량의 저하, 휘발성 염기태 질소(揮發性塩氣態窒素) 비율의 증가나 품질의 저하현상이 일어나게 된다. 어떤 사일리지가 변패하기 쉬운가를 알고 또 변패방지를 위하여 약제를 첨가하여 효과를 규명하기 위해 연구한 결과 목초 사일리지는 개봉후 7일간 온도가 상승하고 비교적 천천히 곰팡이에 의한 발효를 인정하였으며 또 효모의 증식에 의한 발효가 일어나는 것을 알았다. 이러한 현상에 있어서 건물함량(乾物含量)이 높은 사일리지에는 효모의 수가 많고 발열개시까지의 시간이



산물형태의 볏짚
사일리지 제조광경

짧은 경향인 것을 인정하였다. 또한 옥수수 사일리지에는 개봉후 빨리 발효의 최고점이 인정되며 효모의 수가 증가하는 것이 많았다.

3. 호기성 변패의 요인

기본적으로는 기온이 높고 발효품질(醱酵品質)이 좋은 사일리지에 일어나기 쉽다.

그 외에 호기성 발효는 그림 2에서 나타난 바와 같이 사일리지의 조건, 기상조건과 사일로(Silo)의 조건등 복잡한 영향으로 일어난다. 사일리지쪽의 조건으로는 ①재료의 밀도가 낮은 경우 ②저수분인 재료 ③효모수가 많은 경우 ④수분, 밀도가 고르지 못한 것 등이 일어나기 쉽다.

사일로지쪽의 호기성 변패를 일으키기 쉬운 조건은 ①하루에 꺼내 먹이는 사일리지의 두께로서 너무 얇게 꺼내게 되면 공기와 접촉하여 변패를 일으키게 되므로 하루에 10cm정도의 두께로 꺼낼수 있도록 사일로를 적당한 규격으로 하여야 할 것이다. ②호기적 변패는 사일리지를 꺼내 먹이는 도중에 산소와 결합하여 일어나게 되므로 꺼낸 후 다시 밀봉을 하게 되면 이를 방지할 수 있으므로 쉽게 할 수 있는 방법을 개발되어야 할 것이다. 사일리지의 호기적 변패가 일어나게 되면 사일리지중에 남아있는 당(糖)을 영양으로 하여 이것을 소비하게 되고 또 발효로 인하여 생성된 유산(乳酸)이 이용되게

된다. 이러한 물질대사(物質代謝)는 산소를 소비함으로써 일어나게 되고 최종적으로 탄산가스와 물을 생성하게 되고 아미노산은 분해되어 암모니아(ammonia)를 생산하며 이 암모니아는 고온과 높은 pH를 만들게 된다. 이와 같은 현상을 표시하면 그림 3과 같다.

호기적 변패의 원인은 효모나 곰팡이등 호기성 미생물에 의한 것이나 조건이 맞지 못하면 억제된다. 이와 같은 조건은 물리적인 것과 화학적인 것으로 나눌 수 있다.

가. 물리적 조건

① 사일리지의 밀도(密度)

사일로를 개봉한 후에 표면이 공기와 접촉하게 되면 이 공기는 어느 정도 사일리지의 내부에 침투하여 호기성 균의 증식(增殖)을 촉진하게 된다. 이 경우 사일리지의 밀도가 높으면 공기의 침투가 어느 정도 방지되므로 밀도가 낮은 사일리지는 변패가 많이 생기게 된다. 따라서 탑형(Tower)사일리에 절단길이를 짧게 하고 수분함량은 낮게 하고 잘 밟아 늘림돌을 하여줌으로써 밀도를 높일 수 있다.

② 공기에 접촉되는 시간

사일로를 개봉한 후에 표층부분이 공기에 접하게 되는 시간이 길어질수록 호기성균의 증식이 계속된다. 이것은 물론 매일 꺼내지 않고 방치하는 경우는 더욱 심하다. 따라서 꺼내는 속도와 꺼내는 두

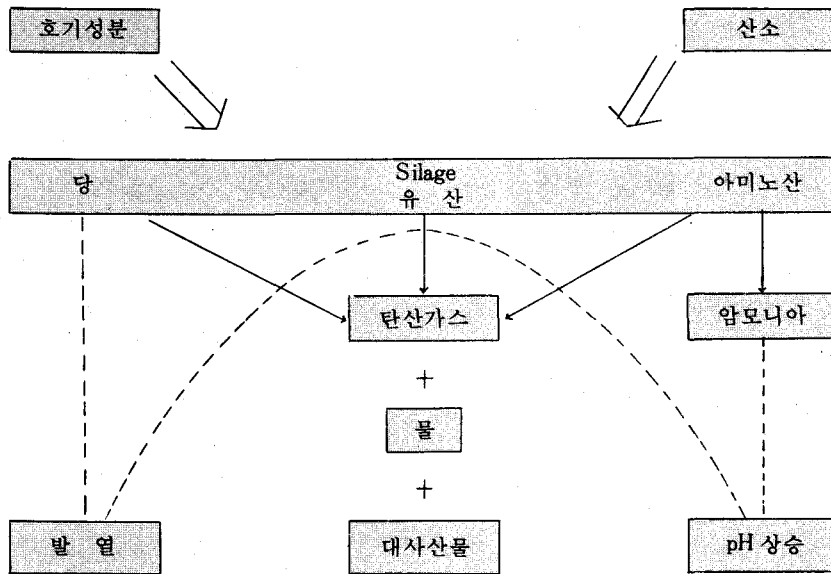


그림 3. 호기성 변패에 의한 변화

께에 크게 영향을 받는다.

오차드그라스를 재료로 한 사일리지에서 하루에 꺼내는 두께는 약 10cm와 20cm, 또 10cm와 16cm를 비교한 결과 어느 것이나 꺼내는 것이 지연된 쪽이 변패가 현저하였다. 그러므로 매일 일정량을 꺼내는 것이 변패를 막는 길이 된다.

③ 기 온

미생물은 그 종류에 따라 각각 적당한 생육온도를 가지고 있는데 대부분의 중간온도에 자라는 미생물은 25~30℃에서 생육이 잘 된다. 그러므로 환경온도는 여름철이 변패(變敗)의 적기라고 하겠으며 겨울에는 온도가 낮기 때문에 미생물의 번식이 불량하므로 변패가 잘 일어나지 않는다.

④ 수 분

사일리지의 수분함량은 밀도에 크게 영향을 미치며 또한 수분 그 자체도 몇가지 의미를 가지고 있는데 즉, 미생물은 수분함량이 높으면 보다 잘 증식하는 성질을 가지고 있으며 보통 곰팡이는 효모(酵母)보다도 효모는 세균보다도 낮은 수분함량에서 생육이 잘 된다.

일반적으로 수분이 너무 적으면(65%이하) 발효가 억제되어 총산량(總酸量)이 적게 되어 낙산(酪酸)은 없으며 pH는 그다지 낮지 않게 된다. 한편 수분이 많은 재료는 젖산이 많고 pH가 낮아지는 경우와 낙산 등이 많고 pH가 비교적 높은 경우가

있다. 불량균(不良菌)은 pH가 낮은 경우에 억제되므로 이 점을 중요시 해야 할 것이다.

나. 화학적인 조건

① 당분(糖分)과 전분(澱粉)

처음부터 발효가 잘 되지 못한 사일리지 즉, 저수분 사일리지는 변패하기 쉽다고 생각된다. 그 이유는 미발효의 당이 남아 있어 이것이 효모나 곰팡이의 영양원(營養源)으로서 이용될 것이며 옥수수의 홀크롭(Whole crop) 사일리지가 변패하기 쉬운 것도 전분함량이 많기 때문이 아닌가 생각된다. 그러나 실험의 결과 포도당 또는 전분(澱粉)을 첨가하면 변패가 빨리 일어나는 것은 아니었다고 하는 보고도 있으나 남아있는 탄수화물의 양은 변패에 직접 영향하지 않는다고 한다. 단 탄수화물 함량이 많은 사일리지에는 일단 변패하게 되면 그 손실은 크게 일어나는 것은 사실이다.

② 젖산함량과 pH

양질의 사일리지를 만드는데 필수적인 조건이 혐기적(嫌氣的) 환경을 만들어 주어야 한다는 것은 먼저 설명하였는데 이와 같은 조건에서는 유산(乳酸)이 생산되어 그 결과 pH가 낮아지게 되면 좋지 않은 미생물(이 경우는 혐기성 포아균-clostridium)의 증식을 억압하는 효과가 있다.

다음호에 계속