

주요 밀 생산국의 품질향상을 위한 밀 수확후 관리실태

작물시험장 : 이춘기*, 손종록, 남중현

Postharvest Management of Wheat in Major Wheat Producing Countries

National Institute of Crop Science : Choon-Ki Lee*, Jong-Rok Son, Jung-Hyun Nam

Abstract

Wheat is one of the most important cereal grain in the world, and also the staple next to rice in Korea based on its consumption. Although wheat planted area was dramatically decreased during late two decades in Korea compared to those of 1960s, fortunately there has been a continuous effort in recent to revive the wheat cultivating in this country by the non-government organizations such as Woorimil, Kanong etc. As the results, the cultivation area has increased to 3,792ha in 2004 from near zero ha of late 1980s. However there are many a pending problem that has to be solve in near future to enlarge the area more and more. The improvement of the postharvest technologies in wheat is one of the homeworks. This paper presents the numerous technologies that are applied to wheat as it moved from the field to final users. It investigated the technologies for harvesting, drying, storing and handling, insect management, and transporting, and blending in advanced wheat producing country..

서 론

밀 품질은 관심분야에 따라 그 평가기준과 중요도가 다르나 일반적으로 가공성, 안정성, 영양성 및 경제성의 4가지 측면으로 고려될 수 있다. 가공성은 제빵, 제면, 제과 등 밀의 용도와 관련된 품질특성, 안정성은 곰팡이, 세균, 저곡해충 등의 발생정도와 잔류농약, 미생물 독소(mycotoxin) 등 유해성분의 함유정도, 영양성은 단백질 및 지방의 양과 조성, 전분과 미량원소 및 기능성물질 등의 함량, 경제성은 수량성, 제분율 및 단백질과 밀가루로 이행되는 회분함량 등이 고려된다. 이러한 품질요소들은 품종, 기후와 토질조건, 재배법 및 재배 관리조건에 따라 영향을 크게 받으나 그에 못지않게 수확 및 수확후 관리에 의해서도 큰 영향을 받는다.

농작물에서 수확후 관리는 수확된 생산물의 이용, 보존, 개량 등과 관계가 있다. 곡물은 생산자로부터 소비자에게 도달되기까지 수확, 건조, 저장 및 취급(handling), 해충관리, 운송과 정선, 블렌딩(blending) 가공 등 여러 과정을 거치게 된다. 따라서 곡물의 수확후 관리는 이들 과정별로 가장 적합한 조건의 부여를 통한 품질발현을 최대화, 품질저하억제나 안전성 확보를 위한 보존성 향상, 가공 또는 개량을 통한 최종소비자 이용편의와 선호도 증대 등을 목적으로 두고 있으며 기저에 항상 경제성을 염두에 두고 있다.

밀은 빵용, 면용, 과자용 등 용도별로 원료 밀을 명확히 구분하고 있다는 점에서 타 곡류와는 특이성을 지닌다. 따라서 세계 주요 밀 생산국가에서는 생산된 자국산 밀의 수확후 관리를 밀 용도와 상관해서 원료별로 엄격히 구분하여 행하고 있다. 우리나라에서 밀은 쌀 다음으로 소비가 많은 식량원이나 99.5%를 외국 수입밀에 의존하는 실정이어서 밀 수출국으로부터 도입된 밀을 밀가

*Corresponding author : Tel: 031-290-6787 E-mail: leeOck@rda.go.kr

루로 제분하기전 단기간 저장 하는 형태로 원료곡 상태의 수확후 관리는 저장중 극히 일부만을 수행하고 있는 편이다. 한편 국내산 밀의 경우는 재배면적도 협소하고 그에 따라 생산물도 많지 않아서 용도별 원료구분은 물론 수확후 관리도 체계적으로 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

본 고에서는 비록 국내 밀 재배면적이 영세하여 외국의 수확후 관리방식을 직접 적용하기에는 부적합한 실정이나 부분적으로 도입할 부분이 많이 존재하는 것으로 판단되어 외국 주요 밀 생산국의 수확후 관리기술에 대한 개괄적인 내용을 소개하고자 하였다.

본 론

가. 수 확

곡물수확은 식물체로부터 물리적으로 종실만을 수집하여 농장으로부터 거둬들이는 작업으로 정의할 수 있다. 밀 수확은 과거 낫 등을 사용한 인력작업에서 현재는 전통식(conventional) 콤바인이나 로터리(rotary) 콤바인과 같은 자주식 콤바인에 의해 주로 이루어지고 있다. 세계최초의 작업용 콤바인은 1836년에 개발되었고, 로터리 콤바인은 1970년대에 등장하였다. 곡물의 수확관리는 양적 및 질적 손실을 최소로 줄이는데 그 목적이 있다. 밀에서도 수확작업 조건이 불량할 경우 수확중 탈립 등에 의해 낱알이 땅에 떨어져 소실되는 양적손실과 콤바인에서 이삭이 탈곡되면서 곡립이 피해를 받아 손상, 절단, 내부균열, 깨짐 등 질적 손실이 증가될 수 있다. 그 밖의 질적 손실로는 잡초씨 등 이물 또는 협잡물의 혼입과 관련된 종실순도이다. 종실의 손상은 콤바인내 탈곡 및 취급과 연관이 있고, 순도는 header의 높이, 분리 및 청소부품의 성능에 의해 영향을 받는다. 요약하자면 수확시 양적 및 질적손실은 밀의 생리적 성숙정도, 수분함량, 잡초혼입율, 작업기 성능 및 그 운영기술 등에 의해 영향을 받는다 할 수 있다.

곡물의 이상적인 수확기는 모든 종실이 생리적으로 성숙되었을 때이다. 생리적 성숙기는 종실 건물중이 최대로 도달되었을 때로 볼 수 있다. 하지만 한 식물체 내에서도 이삭의 출현시기가 다르고 그에 따라 이삭간 성숙도가 다르기 때문에 표 1에서와 같이 실제로는 종실의 평균수분 함량과 그 지역의 기상조건에 준해서 수확시기가 결정되고 있다. 밀의 수확시기와 수확당시 갖는 종실 수분함량은 국가 또는 지역에 따라 큰 차이를 보인다. 예를 들자면 수확기 강우에 의한 수발아 위험 등으로 포장상태로 장기간 유지가 곤란하거나 우리나라와 같이 1년 2작시 후작물 파종기에 쫓겨 수확기간이 짧은 지역에서는 보통 20~30% 범위의 수분함량에서 수확이 이뤄지고, 밀 수확기가 늦가을에 도달되는 캐나다 북부, 호주 남부 등과 같이 극지방과 인접한 지역에서는 30~40%의 고수분대에서 기계로 베어 햇빛에 적당히 예건 시킨 다음 기계적으로 수집 탈곡하는 과정을 거치는 반면에 미국 중남부, 호주 중북부 등 1년 1작으로 재배되면서 수확기에 강수량이 적고 기온이 따뜻하여 수확전 포장상태로 건조가 가능한 지역에서는 저장수분에 가까운 수분함량(13~15%)에서 수확이 이루어진다.

Table 1. Moisture content during harvest and for safe storage. (unit : %)

Cereal	Maximum limit for harvesting	Optimum at harvest for minimum loss	Usual when harvested	Moisture content required for safe storage	
				For 1 year	For 5 year
Barley	30	18~20	10~18	13	11
Corn	35	28~32	14~30	13	10~11
Oats	32	15~20	10~18	14	11
Rice	30	25~27	16~25	12~14	10~12
Rye	25	16~20	12~18	13	11
Sorghum	35	30~35	10~20	12~13	10~11
Wheat	38	18~20	9~17	13~14	11~12

Source : Brooker et al, 1974

로타리 콤바인은 원심분리력에 의해 종자선별이 이루어지기 때문에 밀이나 콩에서 종실의 균열을 감소시키는 이점이 있으나, 지면속도가 너무 낮을 경우는 전통식 콤바인에 비해 수확손실이 증대시킬 수 있다. 파손립은 일반적으로 콤바인 탈곡기 드럼이나 실린더 속도가 증가될수록 종실의 수분함량이 지나치게 낮거나 또는 높을수록 발생율이 높아진다. 수분이 높은 상태로 수확될 경우 종실은 유연성이 있어서 외부 힘이나 충격에 대해 쉽게 변형되기 때문에 고수분에서 탈곡할 경우 건조상태보다 더 큰 힘을 필요로 하고 그에 따라 손상감수성도 더 높아지게 된다. 하지만 건조된 종실은 이와 동등한 힘이 부여될 경우 쉽게 깨지게 된다. 따라서 각 종실 조건이나 탈곡기 원통의 회전 속도와 수분이 균형을 이루는 최적조건이 존재하게 되는데(표 1), 콤바인 조정은 작물의 종, 품종 및 수분함량에 따라 다르나 보통 수분이 감소됨에 따라 탈곡기 속도도 낮춰야 한다. 또한 탈곡이 이뤄지는 concave 설정은 항상 탈곡될 종실의 크기보다 약간 크게 하여야 한다. concave 설정이 너무 좁게 될 경우 갈림에 의한 손상을 증가시키고, 반대로 너무 넓게 했을 경우는 이삭에 남아있는 종실비율을 높여 수확손실을 증대시키게 된다.

나. 건조

밀 건조방법으로는 태양열을 이용한 천일건조, 저장고에서 상온의 공기를 송풍하여 서서히 건조되도록 하는 실온송풍건조, 온도를 실온보다 높인 가열공기를 통풍시켜 건조속도를 높이는 열풍건조 방법 등이 널리 이용된다. 종실 수분함량이 20% 이상일 경우는 단시간 내에 18%이하로 낮춰야 하기 때문에 열풍건조가 필요한데, 열풍 건조시 체분용 밀은 밀가루 수율이 저하되지 않도록 건조 공기온도가 60℃를 초과하지 않도록 주의해야 하며, 종자용 밀은 종실온도를 43℃이하로 유지시켜야 한다. 표 2는 일반적으로 수분함량에 따라 권장되고 있는 건조장치에 대해 소개한 것이다.

Table 2. Recommending drying system with the moisture contents of wheat

Wheat moisture content	Recommending drying system
21 ~ 24%	High-speed dryer
15 ~ 20%	Bin dryer with heat/stirring system
Less than 15%	Bin dryer without heat

곡물의 평형수분함량은 주변의 공기의 상대습도에 반응해서 결정되는데, 건조온도는 곡물의 수분함량이 높을수록 주변의 상대습도가 높을수록 낮게 설정하여야 한다. 표 2는 곡류별로 viability가 5% 감소되는 상대습도에 따른 곡물의 임계온도를 나타낸 것이다. 국내의 경우 밀 재배규모가 작고 건조시설의 부족으로 대부분의 밀 건조가 천일건조에 의존하고 있다. 이에 비해 서구의 주요 밀 생산국의 경우 실온송풍건조와 열풍건조방법이 주로 이용되고 있다. 미국의 경우 종실 수분함량을 식물체 상태에서 저장수분에 가깝게 건조되는 시점을 밀 수확기를 잡기 때문에 수확당시 수분함량이 13~15%에 지나지 않는다. 따라서 이들 수확된 종실은 온도와 상대습도가 높지 않을 경우 특별한 가운데리 없이 상온통풍으로 장시간에 걸쳐 건조시킬 수 있기 때문에 미국 등지에서는 농가단위로 수직형 빈(bin)을 갖추고 밀을 장시간에 걸쳐 건조하고 있다. 곡물건조는 주변 공기를 건조매체로 하여 포장에서 직접 이루어지기도 하고 포장이 아닌 상업적 시설을 통해서 이루어지기도 한다. 포장의 건조장치는 보통 상업용 건조장치보다 처리량이 적고 흔히 더 낮은 건조 공기온도를 사용한다. 건조장치는 곡물의 유형에 따라 다르다. 즉, 건조공기의 온도, 공기의 유속 및 건조기내 곡물 체류시간이 밀, 옥수수 및 콩 모두 다르다. 적절한 보정 없이 옥수수 건조기에 밀을 건조했을 경우 밀 품질에 현저한 저하를 초래할 수 있다. 건조과정중에 오작동시 곡물의 품질손실이 대량으로 일어날 수 있다는 것을 널리 알려진 사실이다. 너무 빈번하게 지나치게 높은 건조공기온도와 공기유속이 건조과정을 단축시키기 위해 사용하게 되면 옥수수와 콩의 경우 과도한 stress cracking을 유발하고 밀의 경우에는 체분품질을 저하시키게 된다

Table 3. Critical kernel temperatures (°C) of some small grains as a function of equilibrium relative humidity (Criterion : less than 5% viability decrease)

Type of Grains	Relative humidity (%)			
	60	70	80	90
Wheat	62.8	61.7	58.3	52.2
Oats	58.9	55.0	50.0	-
Corn	51.7	50.6	47.8	46.1
Rye	53.3	50.0	45.0	40.6

Source : J. Kreyger (1972)

Table 4. Equilibrium moisture content of soft and hard wheat at different drying air temperatures and relative humidity

Wheat type	Drying air temperature (°C)	Relative humidity (%)					
		15	30	45	60	75	90
Soft wheat	70	7.5	9.1	10.5	12.0	13.9	16.9
	80	7.1	8.8	10.2	11.7	13.6	16.6
	90	6.8	8.5	9.9	11.4	13.3	16.4
	100	6.5	8.2	9.6	11.1	13.0	16.1
Hard wheat	70	7.1	9.3	11.2	13.2	15.5	19.4
	80	6.8	9.0	10.9	12.8	15.2	19.1
	90	6.4	8.6	10.5	12.5	15.0	18.9
	100	6.1	8.3	10.3	12.3	14.7	18.6

Source : D.E. Maier(1993)

농장단위 건조장치는 크게 3가지 부류로 분류할 수 있다. 즉, bin 건조기, non-bin 건조기 및 이들을 조합한 건조 장치이다.

Bin 건조기는 ① In-bin natural air(저장고 실온 공기송풍식 건조), ② In-bin low temperature(저장고 저온공기 송풍식 건조), ③ Solar(태양열 건조), ④ In-bin storage layer(저장고 다층 건조 방식), ⑤ In-bin counter-flow(저장고 역류 송풍식 건조), 그리고 ⑥ Batch-in-bin(회분식 저장고 건조방식)이 존재한다. 이중 앞의 4가지는 비교적 낮은 온도의 건조공기를 사용하는 반면에 나머지 2 장치는 70°C와 같은 높은 온도의 공기를 건조매체로 사용한다. in-bin natural air, low temperature 및 solar drying 장치에서는 습한 곡물을 2.5~5.0m의 깊이로 저장고내에 적재하고 외부에서 송풍기로 기류(airflow)를 불어넣어 건조가 서서히 이루어지도록 하는 방식이다. 이들 저장고 건조방식은 높은 품질의 종실의 생산을 가능케 해준다. 하지만 이 장치의 성공을 위해서는 최저의 기류속도가 절대적으로 중요한데, 이 기류속도는 곡물의 초기수분함량, 수확시기 및 환경조건에 의하여 영향을 받는다. 기류속도는 지역에 따라 변이가 있으므로 이들 장치의 적절한 운영을 위해서는 밀 생산자는 최적 기류속도를 선정할 수 있는 상당한 기술을 습득하고 있어야 한다. 적절한 속도보다 더 느린 송풍속도는 안전저장 수분조건으로 도달되기 이전에 곡물내 곰팡이의 오염을 초래할 수 있다.

In-bin storage layer 건조방식은 In-bin natural air 건조 방법과 약간 다르다. 이 방법은 저장고를 습한 곡물로 한번에 다 채우기보다는 시간을 두고 여러 층 쌓아가면서 건조하는 방식으로 이전 층이 원하는 저장수분에 도달된 후 다음 층을 쌓아 건조하는 방식이다. In-bin natural air 건조방식과 마찬가지로 본 방법 역시 작은 용량의 저장고에서 행해지고, 열효율이 높으나 상당한 전문기술을 필요로 한다. 이 방법 역시 잘 운영될 경우 우수한 품질을 보장한다. In-bin counter-flow 건조방법은 비교적 새로운 방법으로서 두개의 bin으로 구성되어 있다. 하나는 가열

된 공기를 사용한 저장고내 역류 송풍식 건조기(Heated air in-bin counter-flow dryer)이고 다른 하나는 저장고내 실온공기 송풍식 건조기(natural air in-bin dryer)로서 온도가 더 낮다. 높은 수분함량의 종실이 첫 번째 bin 내로 투입되어서 밑바닥으로부터 10cm가 16~18%의 수분함량에 도달될 때까지 건조시킨다. 부분 건조로 높은 온도를 지닌 종실은 다시 두 번째 bin으로 이송되어 냉각된 다음 최종 건조상태로 도달될 때까지 서서히 건조된다. 이 공정은 작업이 자동으로 진행되고 비교적 좋은 품질을 낼 수 있어서 In-bin counter-flow 건조기의 상업적 성공에 기여를 하고 있다. Batch-in-bin 건조방식은 두 번째 냉각건조 bin이 없다는 점에서 In-bin counter-flow 건조기와 차이가 있다. Batch-in-bin 건조방식은 기류속도와 건조온도는 In-bin counter-flow와 비슷하지만 에너지 효율과 건조종실의 품질은 떨어진다.

상업적 저장고 건조기는 이동형 회분식(Potable batch)과 연속순환식(Continuous-flow)가 있다. 미국에서는 생산된 밀의 절반이상이 이들 두 방법에 의해 건조되고 있는데, 건조 공기온도를 10°C 또는 그 이상으로 하고 기류속도(airflow rate)는 밀 1톤에 대하여 110m³/분 이상으로 운용하는 편이다. 따라서 건조속도는 높으나 얻어진 종실의 품질은 종종 저급을 보이기도 한다. 이동형 회분식 건조기는 10~40cm 곡물이동관이 충분한 공간으로 되어 있다. 열풍은 종실 층을 신속하게 통과되기 때문에 열 받은 부위와 과도하게 건조된 부위가 발생될 수 있다. 회분식에서는 원하는 최종 수분함량과 온도가 도달되자마자 꺼내는 방식을 취한다. 이동형 회분식 건조기는 곡물층의 얇기 때문에 고온에서 건조되고 기류의 속도도 더 높다. 연속순환식 건조기는 주로 횡류식(crossflow type)으로 되어 있어서 건조공기의 흐름방향이 건조기내에서 종실의 흐름방향과 직각을 이룬다. 냉각은 건조통의 1/3 하층에서 일어난다. 기류의 속도와 건조온도는 두 유형이 서로 비슷하고 유일한 차이는 종실의 유속이다. 횡류형 연속순환식 건조가 중단될 경우 곡물이송관을 부위별로 큰 수분분포의 구배(gradient)를 갖기 때문에 균일한 수분분포를 갖지 못한다. 냉각주기 동안 수분의 불균일이 어느 정도 감소되나 종실이 건조기로부터 배출된 후에조차 종실사이로 명확한 수분차이가 존재하게 된다. 표 5에서 처럼 횡류식 건조기내 종실의 일부가 건조공기 온도와 근접함으로서 과건조와 급속한 파손을 증가를 초래하였다.

Table 5. Grain temperature, moisture content, and breakage susceptibility at different locations in the grain column of a cross-flow dryer

Distance from air inlet(cm)	Grain temperature(°C)	Moisture content (%)	Breakage susceptibility (%)
1.25	102	10	48
7.50	78	20	11
13.75	51	24	10

Source : R.J. Gustafson et al. (1981)

조합형 건조(combination drying)는 고온 고속 회분식 또는 연속순환식 건조와 냉각이 뒤따르는 저온 저속 In-bin 건조시스템으로 되어있다. 이러한 배치는 두 시스템의 이점은 최대화하고 단점은 최소화하고자 하는데 있다. In-bin 건조기는 보통 실온공기건조방식이다. 가장 잘 알려진 유형의 배합형 건조로서 Dryeration이 있다. 비 저장고 건조기중에서 조합형건조기의 두 가지 주요 장점은 에너지 효율을 증대시키고 종실의 품질을 향상시키는데 있다.

상업적 곡물건조기는 비 저장고형 연속순환식 모델이다. 현재 3가지 유형이 이용되고 있는데, 횡류식(cross-flow), 혼류식(mixed flow) 및 병류식(concurrent flow)이 있다. 횡류식 건조기는 농장형 건조기부문에서 소개된 것과 같다. 종실과 기류방향이 직각을 이루고 있고, 단점으로는 불균일한 건조문제를 안고 있다. 이것은 농장형 횡류식 건조기에서 에너지 효율 및 곡물의 품질에서의 문제점을 개량하였다. 즉, 재순환부를 두어 전통적인 횡류식 건조기에서 부분 포화된 배출 공기를

재순환시키는 방식으로 에너지 요구량을 크게 감소시켰다. 높은 수분차이의 상쇄를 위해서는 공기의 재순환과 동시에 기류의 역류방식이 병합되었다. 또한 곡물수송관내에 반전기를 설치하였는데, 이것은 공기 주입구측의 과열을 받은 곡물을 공기 배출구쪽으로 돌려놓음으로서 overheating을 최소화해준다. 기류 역류기나 곡류반전기가 없는 횡류식 건조기는 곡물수송관내 수분차이를 20%까지 나게 하고 곡립과손을 50%까지 증가시킬 수 있다. 기본적인 횡류식 고안에 최근에 추가된 곡류의 차등흐름장치와 템퍼링장치가 도입되었는데 이들 두 특성은 종실의 품질을 향상시키는 역할을 하고 있다. 혼류식(mixed-flow) 건조기는 cascade 또는 rack-type 건조기로도 불리는데 이 장치에서는 횡류식, 병류식 및 역류식(counterflow) 과정을 거쳐 곡물건조가 이루어진다. 곡물은 공기주입관과 배출관이 교대로 연결된 수송관으로 이송된다. 이것은 상당히 균일한 건조가 일어나도록 해서 비교적 균일한 수분함량과 품질을 갖게 해준다. 이 건조기에서는 고온에 종실이 접촉하는 시간이 짧기 때문에 횡류식 건조에서보다 높은 건조온도를 채택한다. 단점으로 혼류식 건조기는 제조비용이 더 높고 대기오염을 증대시킬 수 있는 설비를 필요로 한다. 이들 이유 때문에 미국에서는 혼류식 건조기 제조대수가 현재 감소추세에 있으나, 일부 국가에서는 아직도 대형 연속식 건조기로 우세한 위치를 점하고 있다. 병류식(concurrent flow) 건조기에서는 종실과 공기의 흐름이 같은 방향으로 이루어진다. 상업적 병류식 건조기는 2~3개의 병류식 건조구역(drying zone)과 1개의 역류형(counter-flow) 냉각부(cooler)로 구성되어 있다. 이 건조기의 가장 두드러진 특징은 공정의 균일성에 있다. cross-flow나 mixed-flow 건조기와는 달리 이 건조기에서는 모든 낱알이 동일한 가열/건조/냉각 과정을 거치게 된다. 종실이 열풍과 접촉해 있는 시간이 횡류식에서 몇 시간, 병류식에서 몇 분 소요되는데 반해 이 건조기에서는 몇 초에 지나지 않기 때문에 다른 건조기보다 온도를 훨씬 더 높게 설정한다. 하지만 다른 유형에서처럼 종실이 건조공기 온도까지 도달되지는 않는다. 병류식 건조기는 곡물에서 균일하면서 비교적 부드러운 건조 및 냉각과정을 거치게 설계됨으로서 건조후 곡물이 우수한 품질을 갖게 해준다. 피해립 발생을 볼 때 병류식 건조는 혼류(mixed-flow)형의 절반, 횡류형(cross-flow)의 1/4에 지나지 않는다.

1) 건조성능에 영향을 주는 요인

건조성능은 물리적, 생물학적, 경제적 및 인적 요인에 의해 영향을 받는다. 이들 각각은 곡물의 품질에도 영향을 준다. 물리적 요인은 기후(climate)와 기상(weather)이 해당된다. 기후는 특정지역에서 자랄 수 있는 식물 종을 결정하고 수분함량 분포와 수확기의 기상을 결정한다. 건조기로 주입되는 종실의 초기수분은 건조성능에 명확한 영향을 미친다. 건조용량 뿐만 아니라 에너지 소모량과 가동비용 모두 초기수분함량에 의해 영향을 받고 곡물의 품질 역시도 초기수분에 의해 영향을 받는다. 농가형 bin 건조기 성능은 기상상태에 직접적인 영향을 받는 반면에 상업용 대형 건조장치에서는 기상의 영향을 덜 받는다. 전자의 저용량 체계에서는 습한 곡류의 경우 곰팡이의 번식을 방지하기에는 건조능력이 너무 빈약하다.

생물학적 요인으로는 두 가지 요소가 건조성능에 영향을 주는데, 종실형태와 유전자형 그들이다. 밀은 옥수수보다 건조가 빠르는데 병류식 건조기에서 동일시간 같은 온도로 건조가 진행될 경우 옥수수에 비해 밀의 경우 처리량이 23%가 더 높았다. 실제로 옥수수의 최고 건조온도는 밀보다 더 높게 책정되어서 건조가 이뤄지고 있다. 또한 에너지 사용도 곡류형태에 따라 다르다. 유전자형은 단립상태의 건조속도를 결정한다. 일부 유전자형은 느리게 건조되는 반면에 또 다른 유전자형에서는 훨씬 빨리 건조가 이뤄진다. 하지만 밀과 대두내에서는 유전자형에 의한 영향이 적다. 건조 후 과손에 대한 감수성 역시 유전자형에 따라 달리 나타날 수 있다.

경제성은 연료가와 이용성에 영향을 줌으로서 건조능에 영향을 주게된다. 천연가스, 연료용 오일, 액체프로판 및 전기의 상대적 비용은 현재로서는 천연가스가 가장 저렴하고 전기가 가장 높은 비용이 든다. 사용되는 유형 역시 버너의 효율성과 건조공기의 품질에 영향을 주기 때문에 전조작업에 영향을 줄 수 있다.

곡류건조는 생물학적 산물의 복잡한 열/물질/모멘텀 전달과정인 반면에 보통 건조기술자들은 이

들 원리에 대해 문의한인 경우가 허다하다. 대부분 상업적인 처리시설에서 건조기 가동작업은 계절적인 특성을 갖는데, 1주 7일 하루 12시간의 작업기준으로 볼 때 연간으로 2~3개월 기간만의 일거리가 존재한다. 급료도 최저수준에 가깝기 때문에 작업훈련은 보통 시행착오를 통해 이뤄지고 있다. 따라서 건조기의 유지, 관리 및 가동이 최적으로 이뤄지기에는 여건이 갖추어져 있지 않다 하겠다. 이들 모든 요소가 용량, 에너지효율 및 곡류품질면에서 특정 건조기의 성능에 영향을 주게 되는데, 가장 흔한 실수는 건조성능을 높이기 위해 과도한 고온을 사용하는 경우이다.

2) 건조 보조기기

몇몇 보조설비 항목이 곡물건조능을 유지하는데 영향을 준다. 여기에 포함되는 것이 곡물수분 측정기, 공기온도측정기 및 건조기의 조절장치이다. 수분측정기는 곡물건조장치에 없어서는 안 될 중요한 요소이다. 전자측정기가 곡물취급시설에서 널리 사용되고 있다. 상업적으로 사용되는 측정기는 13~16% 수분함량 범위에서 $\pm 1\%$ 의 오차를 보이고 그 이상의 수분에서는 $\pm 2.5\%$ 범위를 갖는다. 온도계나 thermistor도 온도감시를 위해 필요하다. 건조기 내부온도가 균일하여야 적합한 실시로 판정하게 된다. 하지만 많은 농가나 비농가 건조기 모두 이것을 지키지 못하고 있다. 20~35°C의 온도차이가 나는 경우가 드물지 않은 편으로서 그 경우 곡물수송관 일부에서는 overheating 현상과 평균적인 품질열화 현상을 초래하게 된다. 수동 통제 건조기에서 특히 그러한 경우가 많은데 최근에는 자동 조절장치가 도입되어 그러한 경우가 감소되고 있다.

다. 저 장

곡류는 한정된 shelf life를 갖는 부패하기 쉬운 상품이다. 저장은 shelf life를 연장시킬 수 있을 뿐 그것을 향상시킬 수는 없다. 표 6과 7은 각각 발아율과 곰팡이 발생율을 판단기준으로 하여 저장 온도와 수분함량에 따른 밀과 보리의 안전저장기간을 나타낸 것이다. 두 표 모두에서 저장온도와 저장수분이 낮을수록 안전저장이 길어짐을 알 수 있다.

곡물은 건물내 저장되어 있거나, 판매를 위해 임시 적재되어 있거나 목적지까지 운반중인 상태로 존재한다. 다양한 크기와 구조가 존재하나 곡물 저장고의 기본형태는 목재, 콘크리트 또는 금속성 재질의 직립형저장고(vertical storage), 수평 또는 평지형 창고 및 지상 퇴적형태의 야적저장(on-ground piles)으로 분류된다. 각 형태별로 사용되는 handling 설비는 비슷하다.

Table 6. Safe storage period (weeks) of wheat and barley grains at different temperature (°C) and moisture contents (% W.B.) based on germinability

Type of Grains	Storage Temp.	Moisture content (% Wet basis)								
		12.0%	13.0%	13.5%	14.5%	15.5%	16.5%	17.5%	19.5%	23.0%
Wheat	20°C	55	40	28	19	13	7	3.5	1.5	0.5
	15°C	100	75	50	30	30	12	6	3	1
	10°C	200	140	95	60	38	20	11	4.5	1.5
Barley		11.0%	12.0%	13.0%	14.0%	15.0%	16.0%	17.0%	19.0%	23.0%
	20°C	110	80	50	32	19	10	5	2.5	0.5
	15°C	240	170	100	65	40	20	10	4	1
	10°C	600	400	260	160	90	60	21	3.5	2

Table 7. Safe storage period (weeks) of wheat and barley grains at different temperature (°C) and moisture contents (% W.B.) based on visible mold development

Type of Grains	Storage Temp.	Moisture content (Wet basis)							
		16.1%	16.6%	17.1%	17.6%	18.4%	19.6%	21.0%	23.0%
Wheat	25°C	20	7	3	2	1.5	1	0.75	0.5
	20°C	-	30	6	3	2	1.5	1	0.5
	15°C	-	-	30	6	2.5	1.5	1	1
	10°C	-	-	-	30	5	2	1.5	1
		15.6%	16.1%	16.6%	17.2%	18.3%	19.4%	20.7%	22.7%
Barley	25°C	90	40	20	10	6	3.5	2.5	1.5
	20°C	-	100	45	20	10	5.5	3.5	2
	15°C	-	-	120	50	20	9	5	3
	10°C	-	-	-	160	50	20	9	5

Source : Kreyger (1972)

곡물취급시설은 곡물의 이동방향과 관련하여 수직형과 수평형 두 가지로 대별할 수 있다. 상업용 곡물 취급설비에서 수직방향으로 곡물을 이송시키는 일차 수단은 elevator leg를 사용하는 벨트식 버킷 엘리베이터이다. leg는 일정한 간격으로 bucket이 부착된 연결벨트로 구성되어 있다. 버킷은 leg의 밑에서 곡물을 퍼 올리는 방식으로 충전된다. 곡물은 버킷이 정점의 도르레를 통과할 때 원심력에 의해 상부에 내용물을 쏟게 된다. 최근의 엘리베이터 디자인은 곡물이 수직으로 이송될 수 있도록 경사형 벨트(inclined belt)를 채택함으로써 전통적인 엘리베이터 leg의 필요성을 제거할 수 있게 해주었다. 수평방향으로 곡물을 이송하는 장치로는 수평형 콘베이어 벨트, drag flight(paddle 이나 flighe이 장착된 chain이 움직이는 밀폐된 튜브), 스크류 오거(auger), 압력공기(pneumatic) 운송장치 등이 있다. 곡립의 취급과정에 파손립이 발생할 수 있는데, 파손립은 버킷의 형태, 크기, 벨트속도, 버킷의 운반적재량에 의해 영향을 받는다. 과도한 적재는 곡립이 쏟아지는 양을 많게 하여 곡립의 파손을 증가시킬 수 있다.

저장중 곡류 품질저하와 손실은 취급과정중 물리적인 손상과 저장중 미생물, 해충, 조류, 서류 등에 의한 생물학적 손실, 호흡손실 등과 같은 화학적 손실로 구분할 수 있다. 취급중 물리적 손상에 의해 발생된 파손립과 미세분말은 해충이나 미생물의 번식을 조장한다. 세계적으로 저곡해충에 의해 손실되는 비율은 전체 생산량중 3~40%나 되고 밀 저장중에도 가장 심각한 문제중 하나가 바로 해충 발생피해이다. 해충발생은 곡물의 섭취에 따른 물량감소, 곡물내 이들 해충의 배설물과 사체 부스러기의 오염, 이들 해충의 대사작용에 따른 발열 과 수분함량 증대 및 곰팡이 등 미생물 발생촉진 등 많은 문제를 유발한다. 또한 해충을 방제하기 위해 처리된 살충제의 잔류독성도 중요한 문제로 부각되고 있고 미생물의 번식에 의해 발생된 mycotoxin은 저장곡물의 안정성과도 직결된다.

수분, 온도 및 상대습도는 곰팡이 성장을 촉진시키고 해충의 활력을 증가시킨다. 이론적으로는 65% 상대습도와 평형을 이루는 곡물수분도 곰팡이의 활력을 지탱할 수 있다. 곰팡이는 온도보다 수분함량에 더 민감한데, 일부 곰팡이의 경우 상대습도가 높을 경우 어느점에서도 여전히 생존할 수 있다.

1) 저장곡의 반전(Turning)

이것은 한 저장고로부터 또 다른 이웃하는 저장고로 곡물의 물리적인 이송작업을 말한다. 이 작업은 서로 연결되어 있는 수직형 저장시설에서 주로 행해진다. 반적작업(Turning process)는 곡물

을 혼합시키고 온도와 수분함량의 균일도를 높여준다. 저장곡내 Hot spot이 검출될 경우 이 저장고의 내용물을 쏟아내어 다른 저장고로 옮김으로서 인위적으로 Hot spot가 붕괴되게 된다. 통기장치 없는 시설에서는 Turning이 저장곡물을 냉각시키는 전통적인 방법으로 사용되어 왔다. 하지만 이 방법은 통기방법보다 훨씬 많은 에너지를 필요로 하고 Turning과정중 물리적인 손상을 유발함으로써 곡립의 파손율을 증대시키는 부작용을 초래하기도 한다. 수평형 저장고나 야적형 저장고에서는 곡립운송작업의 어려움 때문에 Turning 작업이 실질적으로 불가능하다.

곡물이 수출 또는 내수용 소비를 위해 농장으로부터 다양한 운송시설을 거쳐 이동되는 과정에서 특정 lot의 곡물이 약제처리된 것으로 identity를 유지시키는 것은 비 현실적이다. 따라서 약제처리된 lot의 곡물이 유통망을 통해 운송되는 과정에 중복된 살충제 또는 훈증제처리를 받을 수도 있는데, 이 경우 과도한 살충제 약제의 잔류로 곡류 또는 최종제품의 규격미달을 초래할 수도 있다. 따라서 유통과정에는 예방처리가 없다는 조건에서 해충이 발생하는 정도를 기준으로 그때그때 사항별로 약제처리가 행해지는 편이다. 훈증처리하더라도 해충의 100% 사멸을 기대하기란 곤란하다. 개체수를 미검출 수준까지 줄일 수 있어도 해충의 만연이 관찰되기까지는 여러 세대가 진전되었을 수도 있다. 어쨌든 상당한 미발달 해충과 심지어 성충까지 곡물내부에 존재할 수 있다. 이들 중 많은 수가 제분공정 전처리과정에서도 제거되지 못하고 최종제품에까지 부스러기 형태로 잔류될 수 있다. 살아있는 해충을 제거하는데 현 기술로는 살충제 처리만이 가장 손쉽고 만족스런 결과를 얻을 수 있는 방법이다. 다른 방제법으로는 곡물내부까지 침투시키기 어렵고 살충하는데 드는 시간, 처리량 및 경비면에서도 심한 제약을 받고 있다.

2) 해충방제

살아있는 해충을 통제하기 위해 사용되는 약제는 크게 살충제(insecticide)와 훈증제(fumigant) 두 종류로 대별된다. 이중 살충제는 설비 또는 곡물에 직접 투여하게 된다. 해충방제와 관련하여 곡물 예방보호제(grain protectant)가 있는데 이것은 저장고내 곡물을 적재할 때 종실에 투여하게 된다. 이 처리는 곡물에 잔류함으로써 저장중 해충으로부터 곡물의 침해를 보호하는 잠재력을 가진다. grain protectant는 이미 침해받은 곡물에서는 더 이상 추가적인 손상발생을 억제하고, 해충 침해를 받지 않은 깨끗한 곡물에서는 침해를 예방하고자 하는데 목적을 두고 있다. grain protectant는 빈 저장시설에도 투여될 수 있다. 훈증약제는 원하는 온도 및 압력조건에서 특정 해충을 치사시킬 만큼 충분한 농도로 기체상태로 존재할 수 있는 화합물을 말한다. 이 용어가 의미하듯이 훈증제는 엄밀한 의미에서 기체로 작용하게 된다. 훈증제는 대상물질내로 침투될 수도 있고 통기에 의해 제거될 수도 있다. 따라서 훈증처리는 독성이 강한 독특한 살충제 처방을 포함하는 고도로 전문화된 기술이고 이것의 처리를 위해서는 훈증제와 목표 유기체 두 가지에 대해 잘 이해하고 경험을 가진 전문가를 필요로 한다. 해충침해가 발생될 경우 복잡한 해충 종들이 관련되어 있고 각 종별 및 발달단계별로 살충제와 훈증제에 대한 감수성에서 차이를 보이기 때문에 보통 처방량 설정은 발달단계중 가장 약한 약제감수성을 보이는 단계를 기준으로 정하고 있다.

(1) 살충

Pyrethrins이 한때 많이 사용되었는데 이것은 가장 오래된 약제중 하나로 독성작용과 기피제 역할을 하며 해충의 내성발달이 적은 편이나 100% 치사율을 보이지 않기 때문에 malathion이 등장하면서 경쟁력을 소실하였다. malathion은 지난 20년간 사용된 해충 살충제로서 1960년대 중반에 최초로 이 약제에 대한 해충의 내성이 보고된 이후 지난 15년간 줄기차게 내성수준이 경고되어 왔다. 그러나 그동안 이 약제를 대체할 살충제가 부재상태여서 내성 의혹제기에도 불구하고 지속적으로 사용되어 왔다. 최근 상품명으로 Actellic이란 pirimiphos-methyl이 개발되었는데 이 살충제는 malathion에 저항성을 보이는 것들을 포함하여 광범위한 해충종류에 대한 방제력을 가진다. 미국에서는 pirimiphos-methyl이 1986년 수출용 옥수수과 밀에 최초로 사용승인되었고, 내수용에 대해서도 1987년도에 승인되었으며, 현재 소수의 국가에서도 저장 곡류에 사용되고 있다. 하지만 콩

에 대하여는 사용을 금하고 있다. chloropyrifos-methyl 역시 최근 소개되었는데 이것은 Reldan 4E란 상품명에 부여되었다. 이 약제 역시 malathion에 내성을 갖는 해충을 포함해서 광범위한 종류의 해충들에 대해 방제력을 보인다. 미국의 경우 1986년도에 밀에 이 약제의 사용이 허용되었고, 옥수수나 콩에 대해서는 사용을 금하고 있다.

Bacillus thuringiensis (BT)는 곡물 예방보호제로 사용되는 유일한 해충 병원균이다. 이것이 살충 효과를 내기 위해서는 포자가 해충에 의해 섭취되어하고, 나방류(moth) 저곡해충에 대해서만 살충 효과를 지닌다. 이것은 딱정벌레류나 바구미류 해충에 대해서는 효과가 약하거나 전혀 없다.

그 밖에 silica aerosols, magnesium oxide, aluminum oxide, diatomaceous earth, clay와 같은 비활성 분말이 곡물예방보호제로 잠재력이 있는 것으로 보고되고 있다. 이들은 느리게 작용하며 주로 연마작용으로 해충을 사멸시키는 것으로 나타났다.

(2) 훈 증

훈증처리가 성공적으로 이뤄지기 위해서는 밀폐할 수 있는 구조물이 필요하다. 훈증개스 처리는 관련된 해충이 가장 내성을 보이는 발육단계의 해충조차 치사시킬 만큼 고농도로 처리하여 충분한 기간 유지시켜야 한다. 훈증제 처리 실패의 대부분은 저장시설의 불충분한 밀폐조건에서 온다. 고농도 처리라 하더라도 그러한 결점을 보상할 수 없다.

이상적인 훈증처리는 ① 목표해충의 전 발육단계에서 고도의 독성을 지닐 것, ② 사람과 가축에는 비교적 무해할 것, ③ 고도의 휘발성을 띠고 침투력이 좋을 것, ④ 금속의 부식성이 없을 것, ⑤ 사용조건에서 발화나 폭발위험이 없을 것, ⑥ 제품과 반응성이 없을 것, ⑦ 종자의 발아력에 손상을 입히지 않을 것, ⑧ 경제적이고, 쉽게 입수가 가능하며 사용이 간편할 것, ⑨ 신속히 작용하고, 신속히 휘산되며 환경에 해작용이 없을 것, ⑩ 쉽게 검출이 가능하고 적당한 경고특성을 지닐 것 등이다. 하지만 불행히도 아직까지 이상적인 훈증제가 밝혀져 있지 못하다. 현재 사용되고 있는 곡물 훈증제는 이들 특성중 일부만을 만족시킨다. 따라서 훈증처리자는 안전하고 효과적인 방식으로 훈증처리가 이루어질 수 있도록 훈증제 특성을 잘 숙지하고 사용하여야 한다.

훈증제로서 methyl bromide와 hydrogen phosphide가 이용가능하다. 이들 중 hydrogen phosphide가 널리 사용된다. methyl bromide는 전 발달단계의 저곡해충과 인간 모두에게 높은 독성을 지닌다. 이 약제는 본질적으로 무취하기 때문에 노출에 극도의 주의가 필요하다. methyl bromide는 고압에서 액체로 존재하며 고도의 휘발성을 보이나 곡물침투를 좋게 하기 위해서는 강제적인 재순환이 필요하다. 금속에는 부식을 주지 않으나 액상태로 산소가 없는 조건에서 알루미늄과 반응하여 산소공급시 우발적으로 발화되어 래금 compound를 형성한다. 하지만 실제 훈증조건에서는 발화나 폭발가능성이 극히 희박하다.

이 훈증제는 대부분 식품과 반응하고 매 처리시마다 곡물에 무기성 bromide 잔류물을 영구적으로 축적시킨다. 또한 비식품성 황화합물을 함유하는 것과도 반응할 수 있다. 반응정도는 투여량, 제품온도, 훈증처리기간 및 처리회수와 관련된다. 무기성 bromide는 한계농도 이상으로 되면 불쾌취 또는 냄새를 발할 수 있다. methyl bromide는 신속히 반응하기 때문에 반응이 16~24시간내에 완료된다. 비 반응 methyl bromide는 3~4시간내 통풍시킬 수 있지만 상압에서 통풍시킬 경우 곡물의 운송전 48시간이 지나야 한다.

Hydrogen phosphide는 최근 선호되고 있는 훈증제로서 이상적이지는 않으나 다른 훈증제에는 없는 유용한 특성을 지니고 있다. 이것은 해충 발달 전 단계에서 높은 독성을 내며 사람에게도 독성이 강하다. 이 훈증제는 aluminum 또는 magnesium phosphide와 같은 고체형태로 제도된다. 이 고체는 대기습도에 노출될 경우 gas를 방출시키게 된다. 구리, 금 및 은과 같은 특정 금속을 부식시킬 수 있고 높은 발화성을 지녀서 극도로 고농도로 잘못 사용되었을 경우 폭발 위험성도 있다. 곡물과는 반응하지 않으나 불쾌한 냄새나 향을 낼 수 있으며 지나치게 많은 폐기물을 생성한다. 이 약제는 경제적이고 쉽게 구입이 가능하며 처리가 가장 쉬운 훈증제이다. 이 훈증제는 곡물표면에 흩뿌리거나 체계적으로 배치할 수 있고, 곡물층 내부로 주입할 수도 있다. methyl bromide보다

신속하게 반응하는 화합물은 아니어서 온도에 따라 2~5일정도 처리후 유지기간이 필요하다. hydrogen phosphide는 검출관을 사용하여 쉽게 검출이 가능하고 냄새를 갖기 때문에 낮은 농도에서도 검출이 가능하다. 하지만 냄새가 유용한 경고표시이기는 하나 혼증처리 전기간에 걸쳐 지속해서 나지는 않기 때문에 통기과정중 적절한 경고를 표시하여야 한다.

살충제로 사용되는 화합물중 혼증제는 처리할 수 있는 마지막 보루로 사용하여야 한다. 허용수준을 초과해 지나치게 많이 처리하거나 할 경우 해충의 내성을 발달시켜 효력상실을 초래할 수도 있다

다. 운 송

그림 1은 밀의 수확후 이동경로를 나타낸 것이다. 모든 항만시설은 수직형 곡물저장시설을 구축하고 있다. 이들 시설은 저장용 시설이라기보다는 handling용 시설로서 주 기능을 한다. 서로 다른 유형 및 등급의 곡류가 처리되기 때문에 가장 큰 항구에서조차 1회 선적할 만큼 충분한 곡물을 비축하기 곤란하다. 대신 충분한 곡물은 배에 선적이 개시되고 난 다음 railcar와 바지선으로부터 곡물이 연속해서 시설내로 하역되어 직접 선박내로 운송된다. 그 과정에서 유입되는 곡물중 해충이 발생된 lot는 한쪽에 제쳐놓은 채로 혼증처리가 이뤄지지만 배에 선적된 다음 발생하는 저곡해충은 보통 운항도중 배에서 hydrogen phosphide도 혼증처리 된다. 각종 운송과정에서 곡물이 지체하는 시간은 매우 짧다. 하지만 이들 운송도구가 해충오염을 일으키는 중요한 출처가 될 수 있다. 특히 해운선박과 같은 독특한 상황에서 장기저장은 운송이라기보다는 저장이라고 간주될 수 있다. 소수의 운송기구는 혼증처리를 지원할 수 있도록 적절히 밀폐구조로 구축되어 있다. 한편 선박은 운송중 곡물을 혼증하는데 효과적인 장소인 것으로 입증되었다.

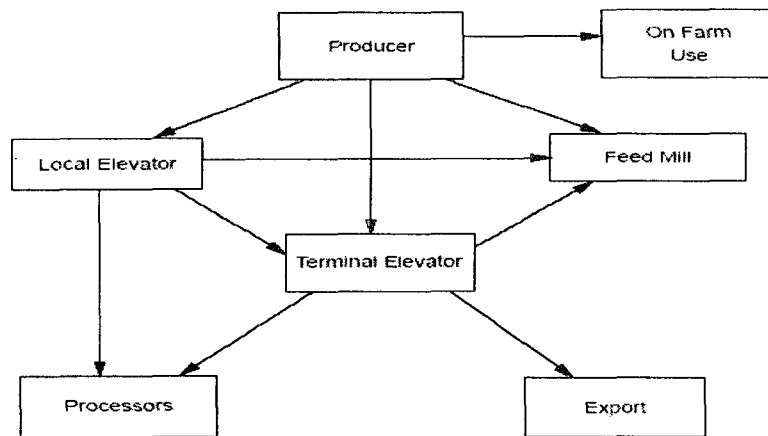


Figure 1. Wheat postharvest market channel

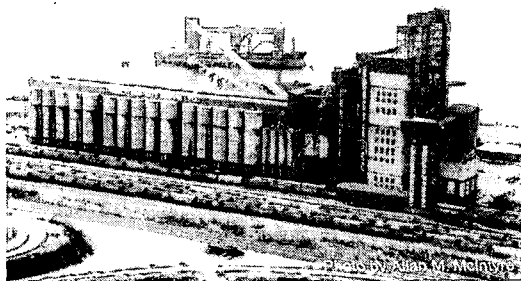


Figure 2. The terminal elevator at Prince Rupert, British Columbia

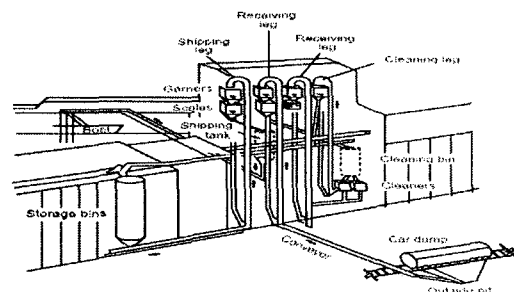


Figure 3. Schematic diagram of a traditional rail-to-ship terminal elevator

라. 제 분

제분은 다른 화학공업 등의 가공형태와는 본질적으로 큰 차이가 있다. 즉, 제분의 경우는 원료에다 화학적 처리를 할 수 없기 때문에 사용되는 원료 밀의 성질에 따라 생산되는 제품인 밀가루의 성질이 결정되게 마련이다. 따라서 주요 밀 생산국에서는 각 용도별로 원료성질이 적합하도록 유사한 품질을 갖는 밀 품종별로 그룹화한 밀 Class 개념을 사용하고 있는데 미국, 호주 및 캐나다 국가별로 간단히 나타내자면 다음과 같다.

1) 미국 : HAD 등 총 14개의 class 또는 subclass가 존재

- (1) Durum wheat (듀럼 밀) : 모든 백색 또는 호박색 듀럼밀이 포함하며 Hard Amber Durum(HAD), Amber Durum(AD) 및 Durum의 3개 subclass로 세분된다. HAD는 75%이상 초자질인 호박색 듀럼밀이고, AD는 60~75% 초자질 듀럼밀이며, Durum은 60%이하의 초자질을 갖는 듀럼밀을 말한다. 스파게티, 마카로니 및 기타 파스타 제품용 세몰리나를 생산한다.
- (2) Hard Red Spring wheat (춘과형 적색 경질밀) : 춘과형 적색 경질밀 전 품종이 포함된다. 제빵용으로서 Dark Northern Spring(DNS), Northern Spring(NS) 및 Red Spring(RS)의 3가지 subclass를 갖는다. DNS는 75% 이상이 경질 초자질인 진한 색의 밀이고, NS는 25~75%가 경질 초자질인 진한 색 밀이며 RS는 25% 미만이 경질 초자질을 갖고 진한 색을 갖는 밀을 말한다.
- (3) Hard Red Winter wheat (추과형 적색 경질밀) : 제빵용 밀로서 동서로는 미시시피강 서쪽에서 로키산맥까지, 남북으로는 텍사스 주에서 다코타와 몬태나 남쪽까지 이르는 Great Plains에서와 캘리포니아에서 상당되는 추과형 적색 경질밀을 말한다.
- (4) Soft Red Winter wheat (추과형 적색 연질밀) : 단백질이 10%정도로 낮은 케이크, 과자류, 납작 빵 생산용 밀이다.
- (5) Hard White wheat (백색 경질밀) : 모든 백색 경질밀 품종으로 구성되고 국수, 효모 빵 및 납작 빵 생산에 사용된다.
- (6) Soft White wheat (백색 연질밀) : 모든 백색 연질밀 품종을 포함하고 납작 빵, 케이크, 과자류 및 국수용으로 선호된다. 단백질함량이 10% 정도로 낮으며 Soft White(SW), White Club(WC) 및 Western White(WW) 밀의 3개 subclass로 세분된다. SW는 백색 클럽밀이 10% 미만 함유된 백색 연질밀을 말하고, WC는 다른 백색 연질밀이 10% 미만 함유된 백색 연질 클럽밀을 말하며, WW는 10% 이상의 백색 클럽밀과 10%이상의 다른 백색 연질밀이 혼합된 백색 연질밀을 말한다.
- (7) Unclassed wheat (미분류 밀) : 밀 규격에서 정한 기준으로 분류할 수 없는 일부 밀 품종들을 일컫는데, 이 class에는 red나 white 이외의 색깔을 지닌 품종들이 모두 포함된다.
- (8) Mixed wheat (혼합밀) : 한 가지 class가 90% 미만, 타 class가 10% 이상 함유된 혼합물을 일컫거나 밀의 정의를 충족시키는 class 조합을 말한다.

2) 호 주 : 호주산 밀의 51% 정도는 ASW, 20%정도는 AP, 12% 정도는 AH, 5%정도는 APH가 각각 점유하고 나머지 12%는 Specialty Soft, Noodle 및 기타 등급이 차지하고 있다. 호주의 주 정부에서는 AWB와 공동으로 ASW, Australian General Purpose(AGP), Australian Feed(AF) 등 몇 가지 대표적인 밀을 대상으로 등급기준과 허용수준을 매년 새로 설정한 다음 그 내용을 AWB 밀 수매규격표(AWB receival standards)로 공지하고 있다. 호주산 밀은 매년 재배지대와 품종 및 품질차이에 근거해서 20여 부류로 분류되어 유통되고 있으나, 미국이나 캐나다와 같이 class와 등급이 독립적으로 고정되어 있기보다는

생산년도에 따라 가변적인 특징을 보이고, 등급개념과 class개념이 서로 중속되어 있는 특색을 보인다. 대표적인 호주산 밀 종류를 소개하자면 다음과 같은 것들이 존재한다.

3) 캐나다 : 서부산과 동부산을 합쳐 총 14 class가 존재

Table 8. Canadian wheat classes

Western wheat class	Eastern wheat class
Canada Western Red Spring (CWRS)	Canada Eastern Red (CER)
Canada Western Amber Durum (CWAD)	Canada Eastern Red Spring (CERS)
Canada Western Red Winter (CWRW)	Canada Eastern Hard Red Winter (CEHRW)
Canada Western Soft White Spring (CWSWS)	Canada Eastern Soft Red Winter (CESRW)
Canada Western Extra Strong (CWES)	Canada Eastern Amber Durum (CEAD)
Canada Prairie Spring White (CPSW)	Canada Eastern White Winter (CEWW)
Canada Prairie Spring Red (CPSR)	Canada Eastern Soft White Spring (CESWS)

따라서 제분에 있어서의 원료선택과 배합의 적정성이 제품인 밀가루의 2차 가공적성을 결정하게 된다. 한 가지 종류의 밀로부터 단백질 함량이 다른 몇 가지의 밀가루를 생산하거나 또는 밀을 종류별로 제분하여 제품인 밀가루로 배합하는 경우도 없는 것은 아니나 이것은 보편적인 방법은 되지 못한다. 일반적으로 경·연질 밀을 적당한 비율로 미리 배합하여 제분하는 방법이 선택된다. 다음 표 9는 우리나라와 일본에서 사용하고 있는 제품의 용도에 따른 제분용 원료 밀의 평균적이 배합 예를 나타낸 것이다.

Table 9. An example of blending formula of wheat in Japan for production of various uses of special flour (unit : %)

Class of wheat	Uses					
	Bread	Macaroni	Chinese noodle	Instant noodle	General purpose	Biscuit & cookie
Canadian Red Spring	80		25	20		
Dark Northern Spring	10		25	20		
Dark Hard Winter	10			20		
Hard Winter			50	40		
Western White					50	100
Soft White					20	
Durum		100				
Japanese wheat					30	

그림 4는 국내에 수입되는 밀의 구매과정을 나타낸 것이다. 밀의 구매방법은 한국제분공업협회에서 각 회원사의 월별 소요물량을 신청 받아 전량 국제입찰방법에 의하여 적정한 시기에 가장 유리한 가격으로 구매하여 왔으며, 1984년부터는 일반회사에서 직접 실수요 구매를 병행하고 있다.

국내에서 2001년과 2002년도에 국별로 수매한 밀의 물량이 표 10에 제시되어 있다. 이들 2개년 평균하였을 때 밀 용도별 구성에서 경질밀이 36.9%, 중간질밀이 27.8%, 연질밀이 35.2% 정도 차지하는 것으로 나타났다.

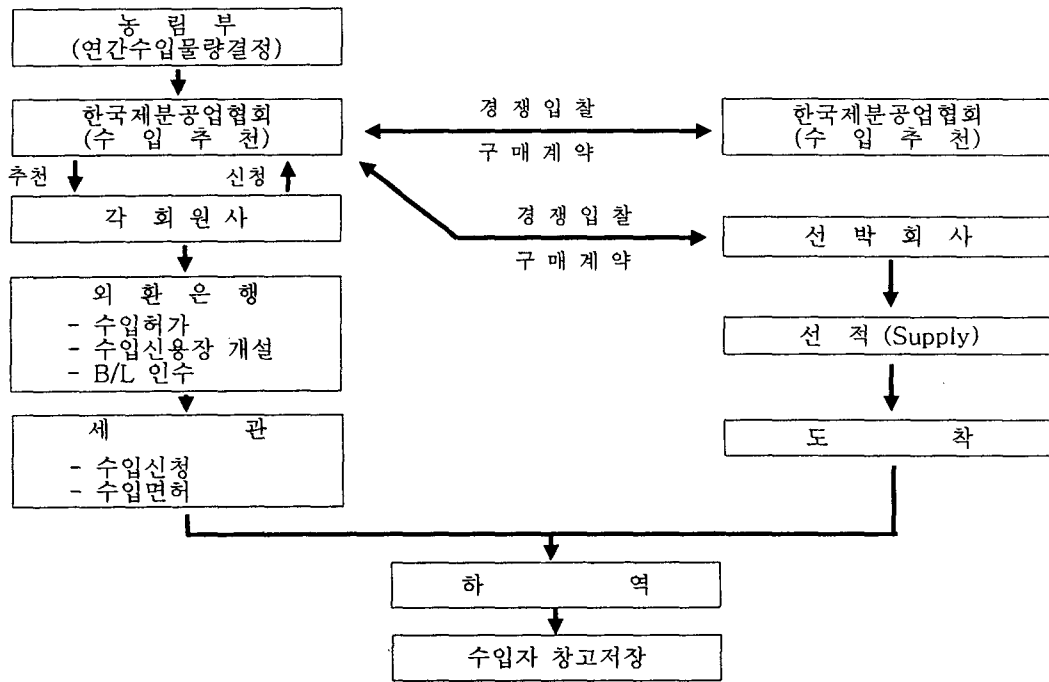


Figure 4. Flow chart for wheat import contraction

Table 10. Milling wheat imports by class

Origin	Class [†]	2001		2002	
		(1000 MT)	%	(1000 MT)	%
U.S.A	WW	658.0	27.3	637.9	26.9
	HRW	312.8	13.0	256.1	10.8
	DNS	342.4	14.2	364.7	15.4
	Subtotal	1,313.2	54.5	1,258.7	53.2
Australia	AS	22.9	0.9	9.7	0.4
	ASW	825.6	34.3	860.5	36.3
	AH	108.0	4.5	97.2	4.1
	Subtotal	956.5	39.7	967.4	40.8
Canada	CWRS	140.4	5.8	142.9	6.0
Grand total		2,410.1	100	2,369.0	100

† WW : Western white, HRW : Hard red winter wheat, DNS : Dark northern spring

AS : Australian soft, ASW : Australian standard white, AH : Australian hard

CWRS : Canada western red spring

Source : Korea Flour Mills Industrial Association (KOFMIA)

결론

미국이나 캐나다 호주 등의 주요 밀 생산국의 수확후 관리 실태는 우리나라 경우와 상당한 차이를 보인다. 우선 단계별로 볼 때 수확시기가 우리나라의 경우는 후작으로 재배되는 벼나 콩, 옥수수 등의 파종기를 앞당기기 위해서 밀이 성숙기가 도래한 직후 고수분상태로 수확이 이루어지

는 반면에 미국이나 호주의 저위도 지역에서는 단작으로 후작물에 쫓기지 않고, 우리나라와 같은 수확기 장마가 없기 때문에 밀을 성숙후 상당기간·베지않고 포장에 세운 채로 저장수분에 가깝게 건조시킨 다음 수확함으로써 낮은 수분에서 수확이 이뤄지고 있는 실정이다. 건조단계를 보면 우리나라의 경우는 건조기 보급률이 낮아 천일건조에 의존율이 높은 반면 미국 등 국가에서는 농장 규모로 통풍장치가 갖춰진 중·소형의 저장고를 비치하고 있어서 저수분 상태로 수확된 밀을 곧바로 적재하여 건조와 저장을 동시에 수행하는 방법이 통용되고 있다. 이에 비해 우리나라의 경우는 밀 전용 저장고를 따로 갖지 않아 톤백이나 40kg PP 포대에 담아 창고 등에 적재하는 형태로 저장이 이루어지고 있어 구조적으로 인력이 많이 들고 외국과 같은 가공적성에 근거한 class개념으로 밀 품질구분 저장이 어려운 상태이다. 밀 주요생산국에서 저장중 해충방제는 저장고에 밀을 적재하면서 해충방제용 곡물예방보호제를 처리하고 해충발생 정도에 따라 9월경에 훈증처리 등으로 살충하는 것으로 나타났다.

밀 최종용도와 관련해서는 외국의 경우 밀 종피색, 재배습성, 경도, 재배지역 등에 기준해서 용도별로 원료밀이 일정한 품질을 유지할 수 있도록 엄격한 구분저장 및 취급관리가 이뤄지는 반면에 우리의 경우는 너무 영세한 규모로서 그러한 구분저장은 현실적으로 불가능하게 나타나 국내 밀 경쟁력을 높이기 위해서는 어떤 대안이 필요한 것으로 생각되었다. 저수분 상태로 수확되는 미국 등 밀 주요 생산국의 경우 고수분 상태로 수확되어 장마기와 겹칠 우려가 높은 우리나라에 비해 건조기에 대한 절대적 필요성이 적을 수도 있으나, 대면적 재배에 따른 대량의 생산물을 저장 관리해야 한다는 측면 때문에 다양한 건조기가 개발 상용화 되고 있음을 알 수 있다.

참고문헌

1. Brooker, D.B., Bakker-Arkema, F.W., Hall, C.W. 1974. Drying cereal grains. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Company, Inc. pp 12~23
2. Gustafson, R.J. et al. 1981. Study of efficiency and quality variations for cross-flow drying of corn. ASAE Paper No. 81-3013
3. Kreyger, J. 1972. Drying and storing grains, seeds and pulses in temperate climates. Bulletin 205. Institute for Storage and Processing of Agricultural Produce. Wageningen, The Netherlands
4. Maier, D.E. 1994. Drying wheat to prevent spoilage and sprout. Purdue University, Cooperative Extension Service, West Lafayette, Indiana, Grain Quality Fact Sheet #11
5. 김희갑, 김성곤. 1985. 소맥과 제분공업. 한국제분공업협회 pp 273-288