

2010 한·미 옥수수 품질 평가 프로젝트



김 동 환
본회 사료기술연구소 차장

「2010년 한·미 옥수수 품질 평가 프로젝트」는 2010년 7월 30일부터 2011년 3월 31일 까지 한국사료협회(KFA)와 북미곡물수출협회(NAEGA)간에 공동으로 수행되었다. 프로젝트 수행과정에 미농무부 연방곡물검사소(USDA FGIS), 미국곡물협회(USGC) 등 국내외 10개 이상의 기관이 참여하였다. 프로젝트의 공동보고서(영문)는 2011년 4월 1일 공개되었으며 본 고에서는 보고서의 주요내용을 요약 정리하였다.

I. 머리말

미산 옥수수의 품질은 BCFM 등이 US No.3등 계약한 품질규격에 적합한 물품만 선적이 되지만 도착항에서의 품질검사 결과는 BCFM 및 수분이 매우 높게 나타나는 경우가 있어서 선적이후의 품질변이과정에 대한 추적 조사 필요성 대두되었다.

2009년도 일부 미산 옥수수의 품질 문제 제기(BCFM, 수분)와 관련하여 NEAGA (북미 곡물수출협회)측의 제안으로 선적이후 품질 변이과정이 대한 추적조사를 3개 모션을 대상으로 실시하기로 합의하고, 한국사료협회와 북미곡물수출협회간에 Project 수행 관련 협약을 체결(2010.7.30) 하였다.

II. 목적

본 프로젝트의 수행은 미산 옥수수 품질과 관련하여 선적지와 도착지의 상이한 시료채취방법과 각 기관에서 사용하고 있는 분석방법을 비교하고 과거 몇 년간 한국사료협회에서 분석한 결과에서 나타난 선적지 결과와의 차이를 규명하는데 의의가 있다. 이를 위해 미국 선적항 엘리베이터의 D/T(Diverter Type) 시료채취단계부터 하역항에서 하역하는 단계에 이르기까지 3개 모션을 대상으로 수분, Test weight 그리고 BCFM 등에 대한 평가를 수행하여 보고서를 작성하였다.

III. 수행과정

1. 조사와 분석의 세부 사항 정리와 관련하여 시료채취방법, 성분분석방법 그리고 결과보고방법을 사전에 협의하여 정리하였다.
2. 검사 시료는 선적항의 FGIS D/T와 별도로 두 가지 방법으로 시료를 채취하였다. 선적항의 D/T이외의 두 가지 방법은 하역항에서도 동일하게 적용하였다.
3. 성분분석은 수분, Test Weight(용적중)과 BCFM의 항목에 대해 FGIS(미농무부 연방곡물 검사소)와 KFA FIRI(한국사료협회 사료기술연구소)에서 수행되었다.

IV. 시료채취방법

1. FGIS D/T

FGIS D/T 방법은 국가검정시료에 사용된다. 전체 곡물을 대상으로 500부셸(bushels, 12.7 M/T)마다 시료채취를 기준으로 하고 있다.

시료채취 및 검사는 구매 당사자간 계약에 따라 Cu-sum 방식으로 진행되었으며 시료채취의 구체적인 방법은 FGIS 핸드북 III의 1장 1.3.b과 1.3.c의 규정에 따라서 수행되었다.

2. FGIS Probe

Probe 시료채취와 투척도구는 같은 위치에서 시료를 채취하도록 계획되었으며 모선 별 지정된 화물칸의 8개의 위치에서 화물이 중간 정도 실렸을 때와 가득 실렸을 때 모두 2번시료가 채취되었다. 매 probe 시료채취마다 약 450g의 시료가 채취되었고 결과적으로

한 화물칸에서 14.4kg의 시료를 채취하였다. 화물칸 평균 화물을 8,000톤으로 가정하였을 때 500톤마다 0.9kg을 채취한 것이 된다.

3. 투척도구

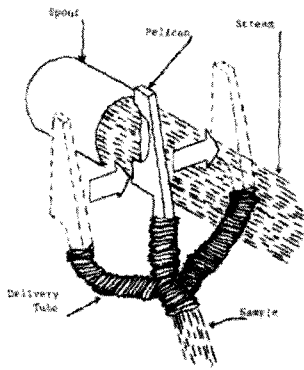
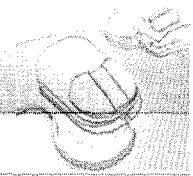
투척도구는 매 투척마다 약 2kg의 시료를 채취한다. 통상적으로 (한국에서)하역할 경우에 개별 모선에서 500톤마다 3~8번 시료를 채취한다. 이는 500톤(19,700부셸)마다 6~16kg을 채취한 것이 된다.

본 프로젝트에서 선적항에서의 시료채취는 이번 실험의 목적에 맞추기 위해 500톤마다 1회 투척방식으로 2kg시료를 얻었다. 실제 진행과정은 화물칸의 중간과 상부에서 8번의 투척시료를 취하였다. (중간부위의)시료는 작업하기 적합한 양으로 나누고 화물칸이 가득 찼을 때 채취한 시료와 합쳐지기 위해 보관되었다.

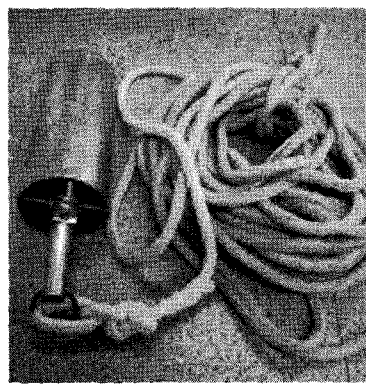
4. 아래의 [표 1]은 매500톤을 기준으로 환산할 경우의 채취된 시료의 양을 요약한 것이다.

[표 1] 채취된 시료의 양

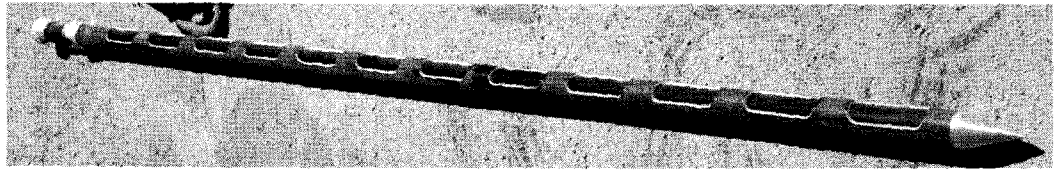
채취방법	모선	500톤당 채취당 시료무게(kg)
FGIS D/T	1	289
	2	482
	3	463
투척도구	이번 프로젝트	2
	일반적인 하역시	6 to 16
FGIS Probe	이번 프로젝트	0.9



[그림 1] D/T



[그림 2] 투척도구



[그림 3] Probe

V. 시료채취도구

1. FGIS Diverter type : [그림 1]은 FGIS D/T로 선적 화물에 대한 시료채취 방법을 나타낸 것이다.
2. Probe : 6 피트의 개방형 홈이 있는 시료채취봉을 사용하였다. 시료채취봉 내부가 별도의 칸으로 구분되어 있는 것은 아니다. 옥수수의 밀도에 따라 다르겠지만 1회 채취로 500g의 시료를 취하였다. [그림 3]
3. 투척도구 : 이 도구로는 한 번에 약 2,000g의 시료를 채취하였다. [그림 2]

1. Test Weight(용적중량)

Test weight per bushel 장비를 사용하였으며 형식과 모델이 FGIS에 승인된 것을 사용하였다.

2. 수분측정(Moisture Meter, AOAC 수분)

FGIS에서 공인 분석을 위해 사용하는 수분측정장비는 DICKEY-john Grain Analysis Computer GAC2100이다. 본 프로젝트를 위해 NAEGA에서는 한국사료협회에 GAC 2100Moisture Meter를 제공하였고 FGIS와 동일하게 측정하였다.

일반적으로 한국사료협회에서는 AOAC 930.15 Air oven법(건조감량법)을 사용한다. FGIS에서도 일부 시료에 대해 AOAC 방법에 의한 수분측정을 병행하였다.

VI. 분석장비

3. Broken Corn and Foreign Material (BCFM)

FGIS와 한국사료협회 모두 FGIS 규정에 따라 Carter Dockage Tester를 사용하였다.

다. 시료채취 및 검정계획에 따라 검정을 마치고 FGIS의 승인이 나면 곡물은 shipping bin에서 이송되어 배로 보내진다.

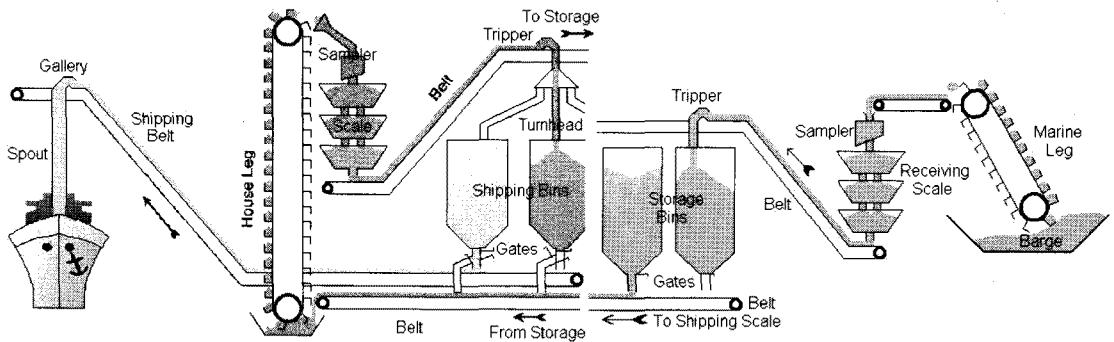
VII. 선적항 엘리베이터와 도착항 사일로

Shipping Bin을 갖춘 미국의 일반적인 곡물 엘리베이터의 구조는 다음 [그림 4]과 같다.(USDA 자료)

VIII. 실험결과

1. 실험 결과 비교

[표 2]에 전체 검사시료에 대한 평균값으로 FGIS와 한국사료협회(KFA)의 검정기관간 결과를 비교하였다. 두 실험실은 동일한



[그림 4] 일반적인 곡물 엘리베이터 구조

이런 방식의 엘리베이터는 시료채취 도구 (sampler)를 통해 옥수수를 USDA FGIS 담당자에게 보내고 특정한 bin에 곡물을 보관한

결과를 보이고 있으며 이러한 결과는 평균치와 표준편차를 보면 분명해지고 분석방법 간에도 차이가 없다.

[표2] FGIS와 한국사료협회 사료기술연구소 비교 (전체 시료)

	Moisture Meter (%)		Test Weight				BCFM (%)		Moisture (AOAC) (%)	
	FGIS	KFA FIRI	(lb/bu)		(kg/hl)		FGIS	KFA FIRI	FGIS	KFA FIRI
			FGIS	KFA FIRI	FGIS	KFA FIRI				
Average	14.1	13.9	56.6	56.5	72.8	72.7	4.5	4.4	14.2	14.2
SD	0.24	0.2	0.6	0.6	0.78	0.81	1.38	1.37	0.23	0.32



[표 3] 선적항과 도착항 비교(Probe와 투척도구 종합)

	Moisture Meter (%)		Test Weight				BCFM (%)		Moisture (AOAC) (%)	
			(lb/bu)		(kg/hl)					
	L	D	L	D	L	D	L	D	L	D
Average	13.93	14.04	56.4	56.7	72.6	73.0	4.0	5.0	14.04	14.22
SD	0.23	0.26	0.60	0.64	0.73	0.83	1.38	1.25	0.37	0.29

L; Load port, D; Discharge port

2. 선적항 시료와 도착항 시료의 비교

[표 3]에서는 Probe방법과 투척도구 방법을 합쳐서 선적항과 도착항의 시료 결과를

리베이터에서 채취한 sub-lot시료의 결과와 투척도구에 의해 채취된 시료의 비교이다. Moisture Meter로 측정한 수분 분석 결과와

[표 4] FGIS D/T 시료와 투척도구 시료의 비교

	Moisture Meter (%)		Test Weight				BCFM (%)		Moisture (AOAC) (%)	
			(lb/bu)		(kg/hl)					
	FGIS	Throw	FGIS	Throw	FGIS	Throw	FGIS	Throw	FGIS	Throw
Average	13.9	13.9	56.5	56.4	72.7	72.5	3.3	4	14.30	14.19
SD	0.13	0.26	0.40	0.61	0.53	0.77	0.30	1.31	0.14	0.30

FGIS; FGIS D/T, Throw; 투척도구

비교하였다. Moisture Meter로 측정한 수분 결과와 T/W 결과는 평균값과 표준편차 모두 거의 같았다. 하지만 BCFM과 AOAC 수분의 평균값은 다소 차이가 있었다. 이 차이는 BCFM과 수분이 항해기간 동안 증가하는 것으로 이해될 수 있다. 이 같은 변화는 시료의 채취방법의 다양성과 화물의 취급 및 항해 상황에 따라 발생한 것으로 볼 수 있다.

3. FGIS D/T 시료와 투척도구 시료의 비교

[표 4]는 FGIS D/T 시료의 결과(선적시 열

T/W의 결과는 시료채취 방법 간에 거의 차이가 없었다. FGIS D/T의 평균 BCFM 값은 3.3%이고 투척도구의 값은 4.0%였다. BCFM의 경우 FGIS D/T의 표준편차는 0.3이었고 투척도구의 표준편차는 1.31이었다. 투척도구의 표준편차가 상대적으로 큰 것은 선적되는 동안 가루(BCFM)가 분리(Segregation)되는 것 때문으로 보인다. AOAC 수분 분석 결과는 FGIS D/T가 투척도구보다 0.11% 높았다. AOAC 수분의 결과는 통계적으로 유의성 있는 자료를 얻기에 충분하지 않았다.

[표 5] FGIS D/T와 Probe의 비교

	Moisture Meter (%)		Test Weight				BCFM (%)		Moisture (AOAC) (%)	
			(lb/bu)		(kg/hl)					
	FGIS	Probe	FGIS	Probe	FGIS	Probe	FGIS	Probe	FGIS	Probe
Average	13.9	14	56.5	56.9	72.7	73.2	3.3	5.4	14.30	14.16
SD	0.13	0.23	0.4	0.53	0.53	0.69	0.3	0.96	0.14	0.31

FGIS; FGIS D/T

4. FGIS D/T와 Probe 비교

[표 5]는 FGIS D/T와 probe(선적항과 도착항 종합)결과를 비교한 것이다. Moisture Meter 분석결과와 T/W결과는 양쪽 시료 간에 거의 비슷하였다. FGIS D/T의 평균 BCFM은 3.3%였고 Probe시료의 결과는 5.4%였다. 대부분의 결과에서 FGIS D/T보다 probe의 결과 값의 표준편차가 컸다. BCFM에서 FGIS D/T의 표준편차는 0.3, probe는 0.96이었다. 이 경우 위에서와 마찬가지로 분리현상에 의한 불균일성에 의한 결과로 보인다. AOAC 수분은 FGIS D/T가 0.14% 높았으며 통계적으로 충분한 숫자가 아니었다.

5. 투척도구 시료의 선적항과 도착항의 비교

[표 6]은 투척도구에 의한 선적항과 도착

항의 시료를 비교한 것이다. Moisture Meter 분석결과와 T/W에서는 일치하는 결과를 보였다. BCFM의 경우 선적항과 도착항이 평균값과 표준편차 모두 차이가 났다. 이 같은 결과는 정확히 같은 자리에서 시료를 채취할 수 없다는 사실과 앞서 설명하였던 현상(분리)이 주요 원인으로 작용하기 때문이다. 선적항과 도착항의 결과에서 표준편차 차이가 크게 나타났다. AOAC 수분 결과는 통계적으로 유의성 있는 자료를 얻기에 충분하지 않았다.

6. Probe 시료의 선적항과 도착항의 비교

[표 7]은 probe 시료의 선적항과 도착항 결과를 비교한 것이다. Moisture Meter 분석결과와 T/W는 거의 동일하게 나타났다. BCFM 평균값은 선적항과 도착항이 거의 비슷하

[표 6] 투척도구의 선적항과 도착항 비교

	Moisture Meter (%)		Test Weight				BCFM (%)		Moisture (AOAC) (%)	
			(lb/bu)		(kg/hl)					
	Load	Discharge	Load	Discharge	Load	Discharge	Load	Discharge	Load	Discharge
Average	13.9	14	56.2	56.5	72.3	72.7	3.2	4.6	14.05	14.23
SD	0.26	0.26	0.5	0.64	0.65	0.82	0.71	1.33	0.36	0.29



[표 7] Probe 선적항과 도착항 시료의 비교

	Moisture Meter (%)		Test Weight				BCFM (%)		Moisture (AOAC) (%)	
			(lb/bu)		(kg/hi)					
	Load	Discharge	Load	Discharge	Load	Discharge	Load	Discharge	Load	Discharge
Average	14	14.1	56.8	57	73	73.4	5.3	5.6	14.04	14.21
SD	0.21	0.23	0.52	0.52	0.67	0.68	1.08	0.8	0.46	0.25

다. 그러나 표준편차는 차이가 크게 나타났 충분하지 않았다.

다. 투척도구에 비해 표준편차가 작은 것에
 대한 설명으로는 투척도구가 거의 비슷한
 깊이에 있는 시료만 취하는 반면에 probe는

7. BCFM의 종합비교

[표 8]은 선적전 선적 직후 및 하역직전의

[표 8] 3개 모선에 대한 시료채취도구별 비교

		FGIS D/T	Avg(L)	AVG(D)
probe	1st	3.01	4.26	5.50
	2nd	3.23	6.17	5.07
	3rd	3.70	5.34	6.29
	Avg(p)	3.31	5.26	5.62
Throw	1st	3.01	2.80	5.61
	2nd	3.23	3.22	3.67
	3rd	3.70	3.49	4.70
	Avg(t)	3.31	3.17	4.66
AVG		3.31	4.21	5.14

Avg(p) is average of probe
 Avg(L) is average of Loading port sample

Avg(t) is average of throwing Cup sampler
 Avg(D) is average of Discharging port sample

6feet 깊이에 까지 도달하기 때문으로 볼 수
 있다. 선적항과 도착항의 결과에서 표준편
 차 차이가 크게 나타났다. AOAC 수분 결과
 는 통계적으로 유의성 있는 자료를 얻기에

결과를 비교한 것이다. 시료의 표준편차를
 고려하더라도 BCFM의 평균결과는 각 운송
 단계마다 증가하였다.

[표 9] AOAC 수분과 Moisture Meter에 의한 분석 결과

	Moisture Meter (%)		AOAC Moisture (%)	
	FGIS	KFA	FGIS	KFA
Average	14.1	13.9	14.3	14.2
SD	0.24	0.20	0.23	0.32

(양쪽 결과에 대한 시료는 다른 모집단에서 얻어진 것이다)

8. AOAC 방법에 의한 수분분석 결과

FGIS와 한국사료협회는 특정한 시료에 대해서만 AOAC방법에 따른 수분 분석을 하였다. [표 9]에서 11개의 시료에 대한 비교를 한 결과 양쪽 결과가 거의 비슷하게 나타났다.

IX. 결론

1. 양측 기관(USDA FGIS, KFA FIRI) 간에 Moisture Meter, T/W, BCFM과 AOAC 수분 분석결과는 매우 유사하게 나타났다.
2. 선적항(선적 직후)과 도착항(하역 직전)의 분석결과(probe와 투척도구를 종합)를 비교하면 Moisture Meter와 T/W에서는 일치하였다. 그러나 BCFM은 운송과정 중에 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 시료채취의 방법이 다르기 때문에 나타난 결과로 볼 수 있다.
3. FGIS D/T와 투척도구 시료의 결과 비교에서는 Moisture Meter와 T/W에서 유사한 결과를 보였다. 그러나 투척도구의 BCFM 결과는 4%로 FGIS D/T 결과인 3.3%에 비해 21% 높은 결과를 보였고 표준편차는 FGIS D/T보다 4.4배 높았다.
4. FGIS D/T와 Probe 시료의 결과 비교에서는 Moisture Meter와 T/W에서 유사한 결과를 보였다. 그러나 Probe 시료의 BCFM결과는 5.4%로 FGIS D/T 결과인 3.3%에 비해 64% 높은 결과를 보였고 표준편차는 FGIS D/T보다 2.2배 높았다.
5. Probe와 투척도구 모두 BCFM 결과에서는 FGIS D/T보다 훨씬 높은 수치를 나타냈다. 이 경우 통계적인 유의성을 얻기 위해서는 좀 더 많은 시료가 필요하다. 이와 같이 BCFM이 높아지는 것은 곡물 수송과정에서의 깨짐과 시료채취 부위의 분리현상에 주요 원인이 있는 것으로 보인다.
6. 투척도구 시료의 결과를 선적항과 도착항의 결과를 비교하였을 때 Moisture Meter와 T/W의 결과에서는 평균값과 표준편차 모두 비슷하였다. 하지만 BCFM의 경우 1.4%에서 44%의 증가를 보였다. 그리고 표준편차는 선적항보다 1.9배 높았다.
7. Probe 결과를 선적항과 도착항의 결과를 비교하였을 때 Moisture Meter와 T/W의 결과에서는 평균값과 표준편차 모두 비슷하였다. 하지만 BCFM의 경우 0.3%에서 단지 5.7%의 소폭 증가를 보였다. 그리고 표준편차는 선적항보다 다소 높았다.
8. 본 프로젝트의 결과만을 가지고 과거 미산 옥수수의 BCFM이 높게 나타나는 결과에 대하여 명확하게 규명하는 데는 한계가 있었다. ☒