점착성 원면의 처리(2)

2. 시료 및 실험방법

2.9 시차 주사 열량분석(Differential Scanning Calorimetry)

시차 주사 열량분석(Dupont 2000 열 분석기, Wilmington, DE) 기술은 물질의 열적 특성을 조사하는데 널리 사용되고 있으며 그 원리는 온도 상승시 시료와 기준 물질간의 열량 변화를 측정하는 것이다. 두 개의 서로 다른 팬에 시료와 기준 물질을 넣고 동일한 속도로 승온시킨다. 본 고에서는 기준 물질로 빈 팬을 사용하였다. 시차 주사 열량분석은 시험된 물질의 열적 특성, 즉 용융온도와 분해온도 등을 측정한다. 본 고에서는 25℃에서 250℃까지 분당 5℃씩 승온하면서 시차 주사 열량분석을 실시하였다.

2.10 주사 전자현미경(Scanning Electron Microscope)

17 가지의 혼면 실험 후 방적사 넵을 수집하여 스터브(stub)에 넣고 진공 코팅 장치내에서 열 증발 방식에 의해 금으로 코팅 한 후 주사 전자현미경(Model S500, Hitachi, Tokyo, Japan)에서 가속 전압 20KV 에서 관찰하였다.

3 결과 및 토론

Sucrose 는 실제 목화의 체관부 수액에 존재하는 유일한 당분이다(Hendrix et al., 1992). 곤충에 의해 생성된 Trehalulose 와 Melezitose 는 Sucrose 의 이성질화와 중합에 의해 생성된 것으로 이러한 당분 중 어떠한 것도 실제 목화에는 존재하지 않는다(Hendrix, 1999). 따라서 면 린트에 이러한 당분의 존재하다면 이는 면섬유가 허니듀에 오염되었다는 것을 나타내는 것이다.

면섬유의 점착성은 방적 기계에 잔류물 축적을 발생시킬 수 있으며 이로 인해 방적 중 사절이 과도하게 증가하거나 방적사의 불균제도가 증가할 수 있다. 면섬유의 점착성이 높은 경우에는 소면 처리를 할 수 없는 경우도 있으나, 점착성이 낮은 경우에는 일반적으로 방적사 제조가 가능하다. 따라서 본 고에서는 방적기계에 대한 잔류물 축적을 서서히 발생시킬 수 있는 완화된 점착성을 갖는 혼면에 대한 검토를 실시하였다. 이러한 혼면 방식에 의한 방적 실험은 실제 산업현장 많이 사용하는 방식이다. 실제로 방적공장에서는 점착성을 높게 혼면하지도 점착성을 다소 완화되도록 혼면하지도 않는다. 하지만 점착성 원면을 단시간에 문제가 발생하지 않도록 혼면하여 사용하고 있다. 그럼에도 불구하고 시간이 지나면서 잔류물 축적이 발생하게 되고 점차 생산성 및 품질이 저하되어 방적공장으로 하여금 보다 자주 방적 기계의 소제를 하게 된다.

본 고에서는 점착성 원면의 혼면 실험 후 텍스타일 기계에서 발견된 잔류물의 성분에 대한 검토 결과만을 나타내었다. 생산성 및 방적사 품질 분석에 대한 결과는 다음 문헌에 소개할 예정이다.

실험에 사용한 12 개 베일은 모두 곤충 분비물에 어느 정도는 오염된 것으로 Trehalulose 함량은 0.003~0.188%, Melezitose 함량은 0.025 ~0.227%였으며 고속 점착성 시험기로 측정한 원면의 점착점은 1.9~ 69.9 개를 나타내었다<표 1>. 허니듀 오염 12 개 베일과 비점착 원면에 대한 섬유 물성 측정결과는 <표 2>에 나타내었다. 섬유 물성의 범위는 업랜드 면화의 가장 일반적인 범위를 나타내었다.

12 개 점착성 원면과 5 개 비점착성 원면으로 17 가지 혼면을 실시하였다. 방적 실험의 개요는 <그림 1>에 나타내었다. <표 3>에 소면 슬라이버에 대한 HPLC 결과와 고속 원면 점착성 시험기의 측정 결과를 나타내었다.

예상한대로 혼방 시료에 대한 당분 함유량 및 고속 원면 점착성 시험기 측정 결과는 다소 완화된 점착성을 나타내었다. <그림 2> ~ <그림 4>에 17 가지 혼면 실험을 진행하는 동안 방적 기계에서 발견된 점착점을 나타내었다.

<표 1>

Table 1. High-performance liquid chromatography and high-speed stickiness detector results on 12 contaminated bales and 1 non-contaminated module. High-performance liquid chromatography results are expressed as a percentage of the fiber weight.

Bale ID	Glucose	Fructose	Trehalulose	Sucrose	Melezitose	Total sugars	H2SD†
	----------	----------	----------	----------	----------	----------	%
4	0.048	0.017	0.003	0.010	0.033	0.112	2.3
7	0.059	0.044	0.004	0.001	0.025	0.133	14.5
5	0.030	0.031	0.049	0.001	0.052	0.163	12.6
8	0.033	0.027	0.070	0.000	0.046	0.176	22.4
3	0.110	0.075	0.004	0.010	0.032	0.231	1.9
2	0.106	0.077	0.004	0.016	0.030	0.234	2.0
11	0.118	0.081	0.018	0.019	0.040	0.276	41.5
6	0.099	0.141	0.060	0.009	0.076	0.386	18.9
12	0.073	0.122	0.186	0.001	0.155	0.536	64.7
13	0.095	0.126	0.188	0.000	0.131	0.541	69.9
10	0.130	0.197	0.129	0.057	0.191	0.705	42.8
9	0.152	0.214	0.143	0.057	0.227	0.792	38.2
Average	0.088	0.096	0.072	0.015	0.086	0.357	27.6
Minimum	0.030	0.017	0.003	0.000	0.025	0.112	1.9
Maximum	0.152	0.214	0.188	0.057	0.227	0.792	69.9
Non-sticky module	0.096	0.051	0.007	0.023	0.039	0.216	2.5

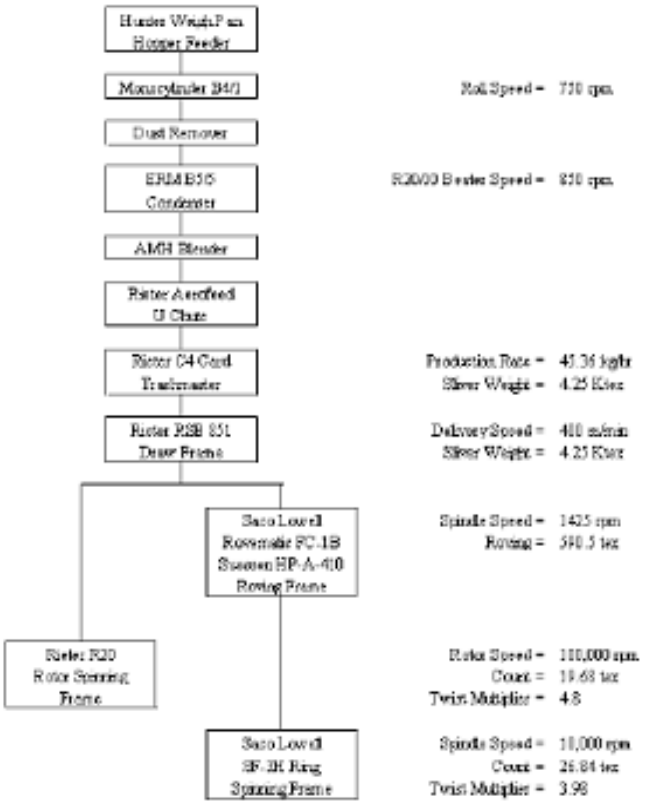
† High-speed stickiness detector.

<표 2>

Table 2. High-volume instrument results on 12 contaminated bales and 1 non-contaminated module.

Bale ID	UHML†	UI‡	Strength	Micronaire	Reflectance	Yellowness
	inch	%	g tex^{-1}		%	
4	1.15	84.3	30.5	4.88	77.5	10.2
7	1.05	82.0	27.4	4.39	72.4	8.7
5	1.06	81.9	24.8	5.35	72.6	9.7
8	1.08	80.6	25.6	5.49	70.1	8.3
3	1.16	82.7	30.3	4.63	76.9	10.5
2	1.13	82.9	30.8	4.51	75.5	10.7
11	1.11	81.3	30.2	4.44	77.1	10.0
6	1.14	82.8	32.5	4.18	77.1	10.4
12	1.07	79.9	25.1	5.30	70.8	8.6
13	1.06	80.0	25.4	5.39	69.1	8.5
10	1.14	83.1	30.0	4.55	77.1	10.5
9	1.12	83.6	30.7	4.61	76.9	10.7
Average	1.11	82.1	28.6	4.81	74.4	9.7
Minimum	1.05	79.9	24.8	4.18	69.1	8.3
Maximum	1.16	84.3	32.5	5.49	77.5	10.7
Non-sticky module	1.09	81.7	28.7	4.88	75.9	10.6

† Upper-half mean length.
‡ Uniformity index.



<그림 1> Outline of the mechanical process for the spinning trials

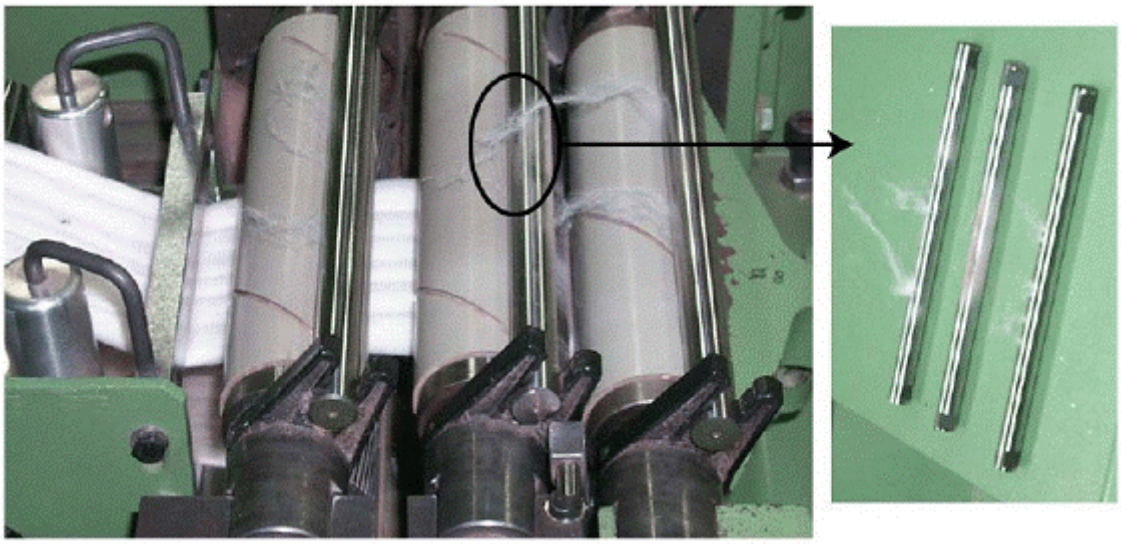
<표 3>

Table 3. High-performance liquid chromatography and high-speed stickiness detector results on the card slivers of 17 cotton mixes. High-performance liquid chromatography results are expressed as a percentage of the fiber weight.

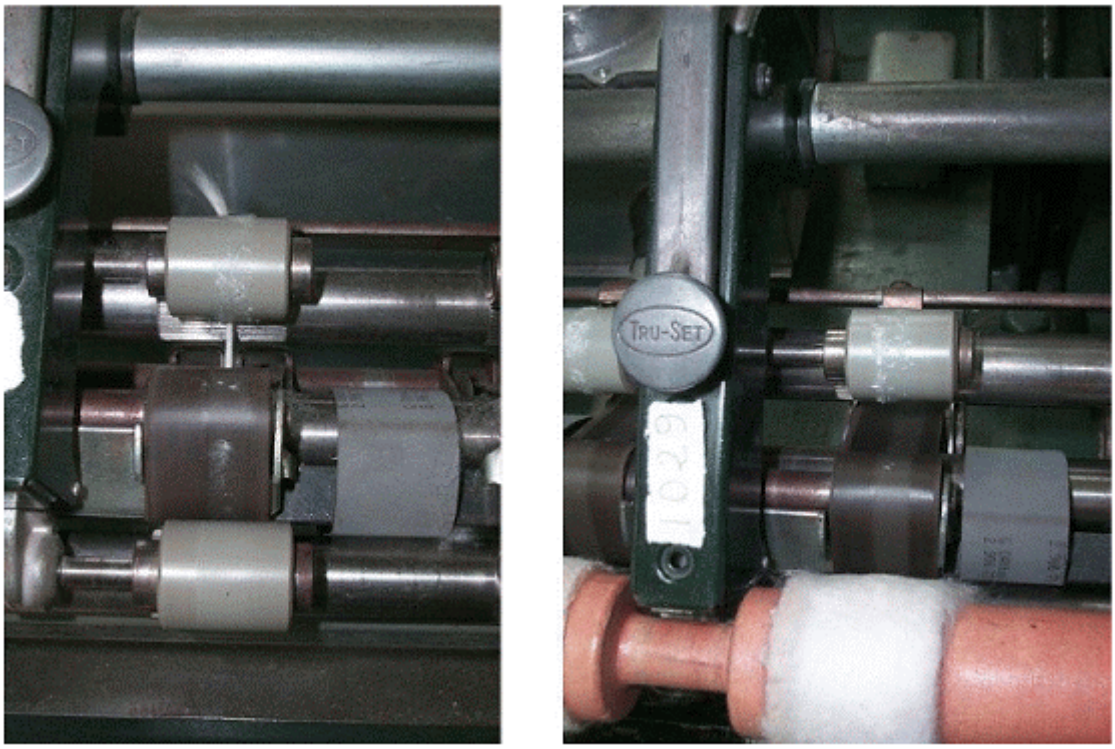
Bale	Non-sticky module	Glucose	Fructose	Trehalulose	Sucrose	Melezitose	Total sugars	H2SD†
				%				
1	0	0.088	0.045	0.007	0.030	0.037	0.207	3.2
2	0	0.110	0.082	0.006	0.014	0.032	0.245	2.0
3	0	0.108	0.074	0.004	0.011	0.023	0.220	2.3
4	0	0.046	0.012	0.002	0.006	0.046	0.113	3.2
5	50	0.050	0.035	0.024	0.016	0.043	0.168	8.3
5	75	0.070	0.041	0.019	0.023	0.040	0.193	6.5
6	50	0.092	0.101	0.033	0.022	0.059	0.307	8.9
6	75	0.088	0.071	0.010	0.026	0.048	0.244	4.5
7	50	0.068	0.045	0.002	0.009	0.035	0.160	10.2
7	75	0.078	0.046	0.004	0.021	0.039	0.188	4.8
8	50	0.056	0.036	0.034	0.014	0.062	0.202	15.1
8	75	0.072	0.042	0.021	0.023	0.054	0.212	6.0
9	87.5	0.094	0.075	0.031	0.044	0.071	0.315	4.7
10	87.5	0.091	0.064	0.020	0.038	0.052	0.266	5.3
11	87.5	0.086	0.048	0.005	0.027	0.036	0.202	15.7
12	93.75	0.090	0.054	0.025	0.031	0.056	0.257	9.3
13	93.75	0.094	0.055	0.016	0.026	0.043	0.233	9
	Average	0.081	0.054	0.016	0.022	0.046	0.219	7.0
	Minimum	0.046	0.012	0.002	0.006	0.023	0.113	2.0
	Maximum	0.110	0.101	0.034	0.044	0.071	0.315	15.7

† High-speed stickiness detector.

<그림 2> Sticky deposits on the draw frame creel drive rolls.



<그림 3> Sticky deposits on the drafting section of the draw frame



<그림 4> Sticky deposits on the ring spinning frame

<그림 5a>은 17가지 혼방 실험시 수집한 섬유, 플랫 낙물, 연조기 점착점 및 링 정방기의 드래프트 영역에서 수집한 점착점에 대한 평균 HPLC 결과를 나타낸 것으로 섬유에서 측정한 HPLC 결과에 대비하여 나타내었다. 수집된 점착점에서의 Trehalulose 함유율은 다른 당성분과는 달리 섬유에서보다 항상 높게 나타났다. 로우터 정방에서도 동일한 경향을 나타내었다<그림 5b>. 허니듀 오염 면섬유에서 확인된 당성분 중 Trehalulose만이 점착점에서 높은 함유율을 나타내었다.

면섬유에서 확인된 총 당분량의 백분율로 나타낸 각 당성분의 로그 변화값과 플랫 스트립 및 수집된 점착점에서 확인된 총 당분량의 백분율로 나태낸 각 당성분의 로그 변환값간 상관계수를 <표 4>에 나타내었다. 변수간 비선형 관계가 뚜렷하기 때문에 로그 변환하였다.

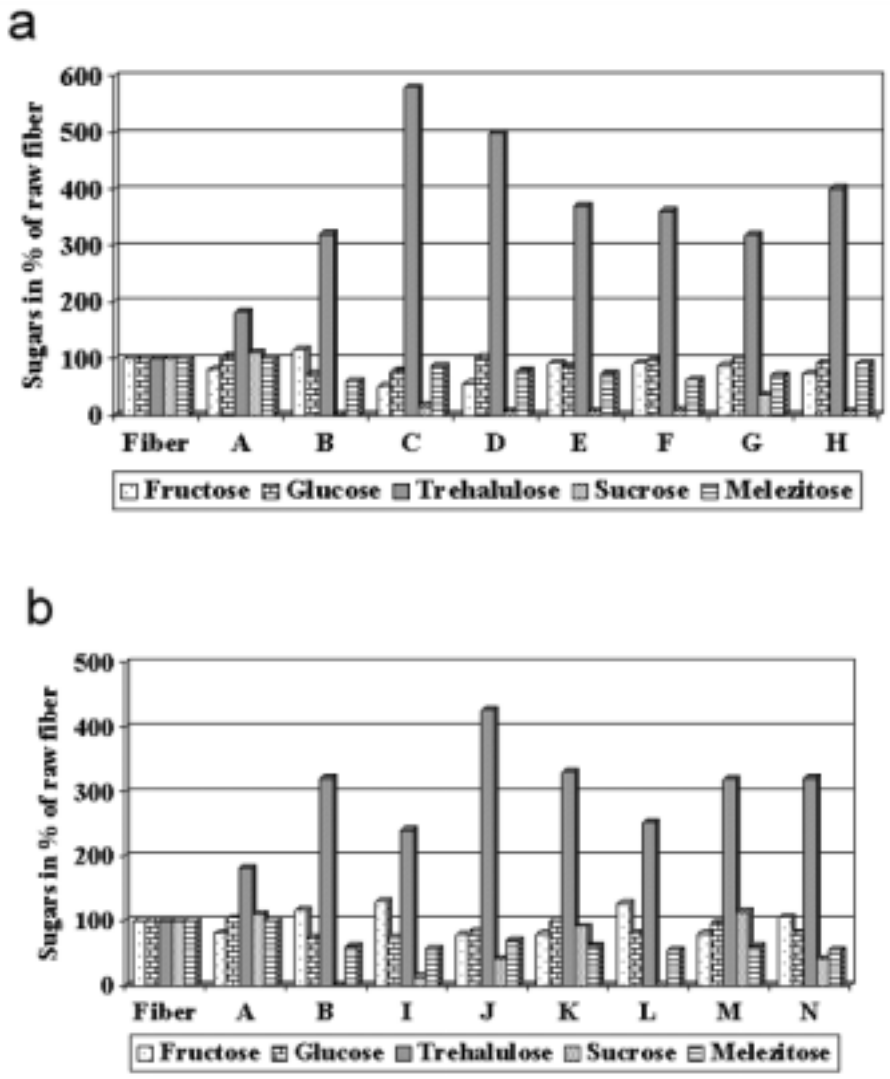


Fig. 5. Normalized high-performance liquid chromatography (HPLC) results averaged for fiber and flat waste on 17 mixes and residues collected from the draw frame and drawing zone of the ring spinning frame (a) and from the draw frame of the rotor spinning frame (b). Base used for normalization was HPLC results from fiber. A, card flat; B, draw frame - drafting zone; C, ring spinning frame - back rubber rolls; D, ring spinning frame - back steel rolls; E, ring spinning frame - belt; F, ring spinning frame - center rubber rolls; G, ring spinning frame - front rubber rolls; H, ring spinning frame - front steel rolls; I, rotor spinning frame - face plate; J, rotor spinning frame - feed table; K, rotor spinning frame - rotor groove; L, rotor spinning frame - rotor housing; M, rotor spinning frame - rotor ledge; N, dust vent.

각 당성분의 백분율은 총 당분량의 백분율을 다음 식으로 계산하여 나타내었다.

개별 당분 백분율(%) =

개별 당분량/(Fructose + Glucose + Melezitose + Sucrose + Trehalulose) × 100

섬유와 플랫 스트립간 상관성은 Sucrose를 제외한 모든 당성분에 대해 유

의하였는데, 이는 플랫 스트립에서의 개별 당성분 함량은 면섬유에서의 당성분 함량이 증가함에 따라 증가함을 나타낸다. <그림 5a>에서와 같이 Trehalulose는 면섬유에서보다 플랫 스트립에서 함유율이 높은 유일한 당분이다.

수집된 점착점에서 당성분 중 Glucose와 Trehalulose만 면섬유에서의 당성분과 상관성을 나타내었다. 그럼에도 불구하고 <그림 5a>와 <그림 5b>에서 점착점에서의 Glucose 백분율은 면섬유에서의 Glucose 백분율 보다 동일하거나 낮음을 알 수 있다. 그러나 점착점에서 Trehalulose 함유율은 면섬유와 비교해서 매우 크게 증가함을 알 수 있다.

<표 4>

Table 4. Coefficients of correlation (r)between the logarithms of sugar content on the fiber and on the flat strips and residues collected on textile equipment. Specific sugars (fructose, glucose, melezitose, sucrose, and trehalulose) are expressed as a percentage of total sugars. Codes denote: A) card flat; B) draw frame – drafting zone; C) ring spinning frame - back rubber rolls; D) ring spinning frame - back steel rolls; E) ring spinning frame - belt; F) ring spinning frame - center rubber rolls; G) ring spinning frame - front rubber rolls; H) ring spinning frame - front steel rolls; I) rotor spinning frame - face plate; J) rotor spinning frame - feed table; K) rotor spinning frame - rotor groove; L) rotor spinning frame - rotor housing; M) rotor spinning frame - rotor ledge; N) dust test.

	Fructose		Glucose		Melezitose		Sucrose		Trehalulose	
Code	r	*p*	r	*p*	r	*p*	r	*p*	r	*p*
A	0.701 a†	0.002	0.531 a	0.028	0.612 a	0.009	0.064	0.807	0.734 a	0.001
B	0.056	0.828	0.537 a	0.026	0.214	0.408	0.133	0.612	0.607 a	0.010
C	0.004	0.986	0.449	0.070	-0.039	0.882	0.127	0.627	0.434	0.081
D	-0.021	0.937	0.543 a	0.024	0.227	0.381	0.143	0.584	0.537 a	0.026
E	-0.175	0.502	0.502 a	0.040	0.261	0.311	-0.073	0.781	0.652 a	0.005
F	0.062	0.813	0.576 a	0.015	0.339	0.183	0.144	0.581	0.746 a	0.001
G	0.199	0.443	0.747 a	0.001	0.191	0.463	0.011	0.966	0.838 a	3×10^{-5}
H	0.022	0.932	0.430	0.085	0.164	0.529	0.395	0.116	0.726 a	0.001
I	0.144	0.582	0.304	0.234	0.198	0.447	-0.301	0.239	0.512 a	0.035
J	0.039	0.882	0.782 a	2×10^{-4}	0.037	0.887	-0.228	0.378	0.888 a	2×10^{-6}
K	0.271	0.293	0.713 a	1×10^{-4}	0.209	0.420	-0.116	0.656	0.848 a	2×10^{-5}
L	0.151	0.563	0.273	0.290	0.243	0.347	None		0.491 a	0.045
M	0.108	0.680	0.427	0.088	0.299	0.244	-0.161	0.538	0.913 a	3×10^{-7}
N	0.370	0.144	0.570 a	0.017	0.129	0.621	-0.145	0.578	0.924 a	1×10^{-7}

† Coefficients of correlation followed by a letter are statistically significant with $\alpha = 5\%$.

<그림 6a>~<그림 6b>에서 면섬유에서의 Trehalulose와 방적 기계의 일부 위치에서 수집한 점착점의 Trehalulose간에 비선형 관계가 있음을 알 수 있다. <

그림 6>은 Trehalulose 함유율이 총 당성분의 5% 이상이 되는 혼면 실험의 결과를 나타낸 것으로 Trehalulose 함유율은 수집된 점착점에서 증가하는 경향이 있음을 확실히 알 수 있다. 따라서 다른 당분과는 다르게 수집된 점착점에서 Trehalulose 함유율이 왜 증가하는지 각 당분의 물성을 조사하였다.

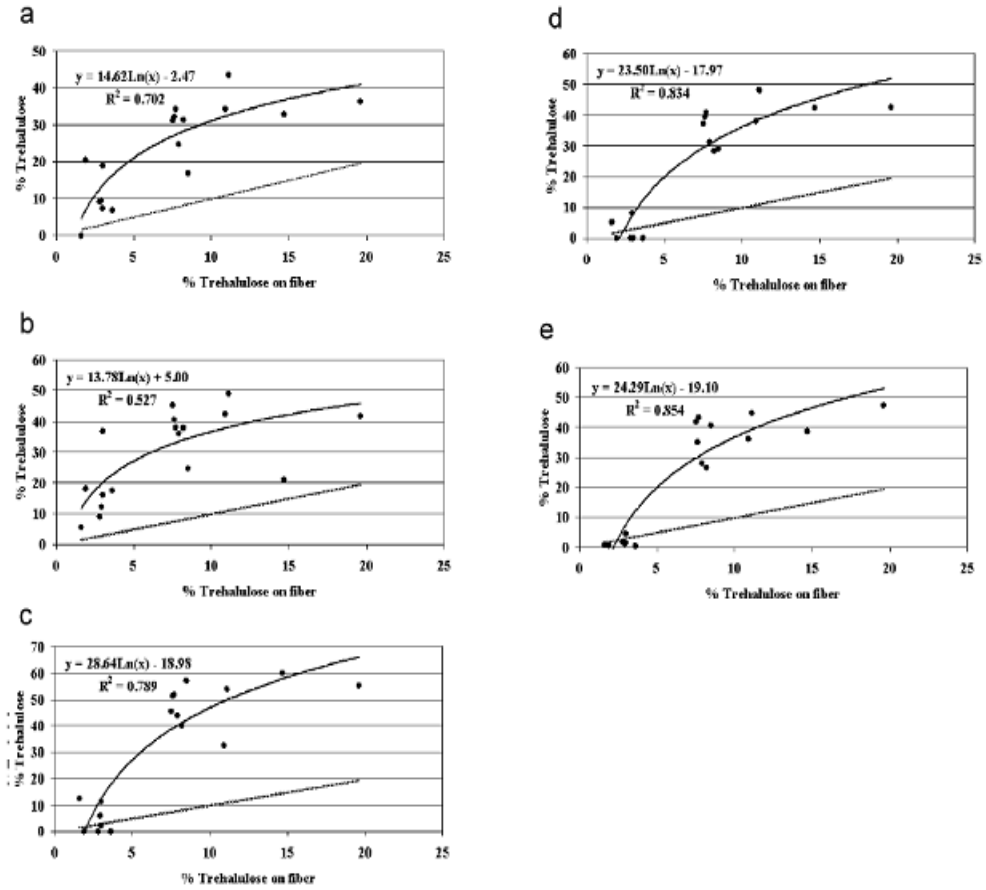


Fig. 6. Trehalulose contents expressed as percent of total sugar, straight line is equality. Relationship between trehalulose content on fiber from 17 mixes and trehalulose content from residues collected from a. front rubber rolls of ring spinning frame; b. front steel rolls of ring spinning frame; c. rotor feed table of rotor spinning frame; d. rotor ledge of rotor spinning frame; e. dust collected in dust tests.