

High Speed Stickiness Detector(H2SD) 시험을 통해 채취한

곤충 허니듀 점착물의 HPLC(High Performance Liquid

Chromatography) 분석(1)

1. 요약

본 연구의 목적은 High Speed Stickiness Detector(H2SD, 이하 H2SD라 명칭) 시험기로부터 채취한 곤충 허니듀 점착물의 성분을 분석하는 것으로, 허니듀에 오염된 원면을 H2SD로 시험할 때 클리닝 롤러의 압력과 열판의 온도가 실험에 미치는 영향도 검토하였다. 시험에 사용한 시료는 화이트 플라이(지역 1) 허니듀에 오염된 27베일, 아피드와 화이트 플라이(지역 2) 허니듀에 오염된 27베일, 아피드(지역 3) 허니듀에 오염된 27베일 총 3개 지역 81베일의 원면을 사용하였다. 본 연구를 통해 열판의 온도, 클리닝 롤러의 압력, 원면의 오염 타입이 실험 결과와 연관성이 있다는 것을 알 수 있었다. H2SD 시험기의 알루미늄 호일에서 채취한 점착성 물질을 HPLC를 이용해 분석한 결과 화이트 플라이 허니듀에 오염된 원면에서는 trehalulose가 점착성에 영향을 미치는 주 당분임을 알 수 있었다. 그러나 아피드 허니듀에 오염된 원면의 경우에는 미확인 화합물이 점착성에 큰 영향을 미치는 것을 추측할 수 있었다.

원면의 점착성의 근본적 원인은 과도한 당분이 원면 린트에 존재하기 때문이다. 이러한 당분에 의한 오염은 면 식물(생리학적<식물성> 당분) 또는 면화를 먹는 곤충(곤충학적<동물성> 당분)에 의해 일어난다. 원면에 sucrose($C_{12}H_{22}O_{11}$)가 존재한다면 주로 생리학적(식물성) 당분에 의한 오염을 가르키는 것이다[6]. trehalulose($C_{12}H_{22}O_{11}$)와 melezitose, $C_{18}H_{32}O_{16}$)가 존재하되

trehalulose의 함량이 월등히 많으면 존재하면 화이트 플라이 허니듀에 의한 오염을 나타내는 것이나, melezitose의 함량이 더 많다면 아피드 허니듀에 의한 오염을 가르킨다[6].

원면 점착성은 사품질과 생산성에 악영향을 주기 때문에 섬유산업에 있어 매우 심각한 문제이다[11, 14]. 주로 방적 공정 중 연신되는 섬유의 흐름이 불균일할 경우 사품질은 떨어지며, 기기의 잦은 소재(방적 기계에 쌓인 이물질을 제거하는 것)와 과도한 사절로 인해 작업량이 감소하여 생산성이 떨어지게 된다. 방적공정에 투입되기 전 원면의 점착성 여부를 평가하기 위해 다음의 기계들이 개발되었다: Minicard장치[1], fiber contamination tester(Lintronic, Israel)[13], the stickycotton thermodetector(CIRAD, France)[2], high speed stickiness detector(CIRAD, France)[3]. 이 기계들 중에서 H2SD는 원면 점착성 측정에 있어 빠르고 신뢰할만한 기술을 가지고 있다[7].

이전 연구에서 적당량의 점착성 원면을 방적공정에서 처리하는 동안 방적 기계에 형성된 찌꺼기가 trehalulose와 관계가 있음을 보고했었다[8]. trehalulose가 기계에 가장 많이 축적되는 이유를 낮은 용융온도와 높은 흡습성에 기인한 것으로 보고 있다. 원면의 점착성과 연관된 당분은 서로 다른 열적·흡습성 특성을 가지기 때문에 H2SD시험기 측정시 열판의 온도 설정과 상대습도의 효과를 알아보기 위한 연구도 실시했었다[9]. 시험기기 업체에서 추천한 열판의 온도(53°C)에서는 모든 종류의 허니듀가 점착성을 일으키는 것을 알 수 있었으나, 낮은 열판온도에서는 유일하게 trehalulose의 함량이 많은 허니듀만이 점착성을 일으켰다. 그러므로 오염의 근원(화이트 플라이 또는 아피드)은 H2SD 시험 결과값에 영향을 미치게 된다. trehalulose 함량이 많이 포함된 허니듀 방울은 열판의 온도가 25°C 이상에서는 끈적거리나, 함량이 적은 trehalulose는 그렇지 않다[10].

본 연구에서는 점착성 시험시 H2SD의 열판온도 및 클리닝 롤러의 압력과 알루미늄 호일에 점착한 당분 종류와의 연관성을 알아보았다.

2. 시료 및 실험

시료는 이전 연구에서 사용한 150베일에서 81개 베일의 허니듀 오염 원면을 선택하여 사용하였다[8,9]. 시료는 지리적으로 다른 3개의 재배지역에서 채취한 것이다. 81개 베일 중 27베일(지리적 위치 1)은 주로 화이트 플라이 허니듀에 의해 오염된 것이고, 27베일(지리적 위치 2)은 화이트 플라이와 아피드 허니듀에 의해 오염된 것이며, 나머지 27베일(지리적 위치 3)은 아피드 허니듀에 의해 오염된 것이다.

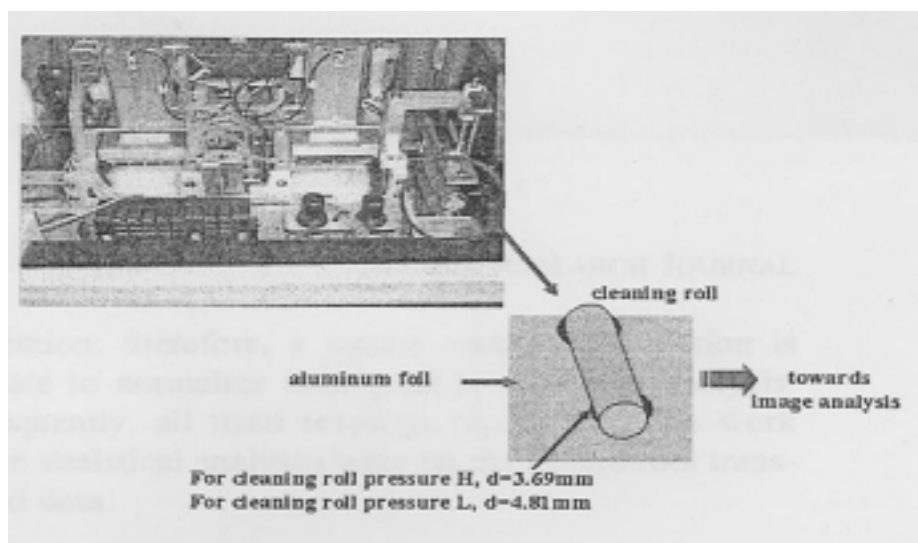
81개의 오염된 원면 베일 중에서 화이트 플라이 허니듀에 오염된 원면과 아피드 허니듀에 의해 오염된 원면의 크로마토그램의 차이를 설명하기 위해 2가지를 선택하였다. 하나는 지리적 위치 1로부터 채취한 화이트 플라이 허니듀에 오염된 원면(HPLC의 총 당량에 대해 trehalulose: 33.9%, melezitose: 19.1)이고, 두 번째는 지리적 위치 3으로부터 채취한 아피드 허니듀에 오염된 원면(HPLC의 총 당량에 대해 trehalulose: 0.6%, melezitose: 10.2)이다.

3. 다양한 조건에서의 H2SD 시험

점착성을 시험하는 H2SD시험기의 원리는 열적 검출을 기본으로 한다[4,5]: 원면을 최소한 12시간 이상 컨디셔닝 한 후 $3.25 \pm 0.25\text{g}$ 의 시료를 시험기의 개섵부에 투입하면 $130 \pm 10\text{mm} \times 170 \pm 10\text{mm}$ 크기의 패드가 만들어진다. 이렇게 만들어진 원면패드는 알루미늄 호일이 깔린 컨베이어 벨트가 시작되는 곳으로 이송된다. 알루미늄 호일은 컨베이어 벨트를 따라 감겨져 있으며, 각 구간의 앞쪽으로 샘플을 이송하며 최종적으로 시험기의 반대편 끝부분에 감기게 된

다.

H2SD는 4개 구간으로 나누어져 있다. 첫 번째는 열 압착 구간으로 원면을 53°C 의 열판으로 25 ± 2 초 동안 압력을 가하게 되는데, 이때 열판의 표면적은 192cm^2 (오차한계 $\pm 1\text{cm}^2$)이며, $1500\pm 100\text{N}$ 의 힘이 가해지게 된다. 두 번째는 냉 압착 구간으로 상온의 가압판으로 25 ± 2 초간 $1500\pm 100\text{N}$ 의 압력을 다시 가해주게 되는데 이 과정에서 첫 번째 구간을 거치면서 알루미늄 호일에 녹아나온 당분(점착점)이 고착된다. 세 번째 구간은 클리닝 구간으로 클리닝 롤러와 흡인장치를 통해 비점착 섬유들이 제거된다. 네 번째 구간은 이미지 분석 챔버로 점착점의 수를 컴퓨터와 연결된 카메라를 통해 판독하는 역할을 한다.



<그림 1> 클리닝 롤러의 압력 설정

실험에서 열판의 온도를 53°C 와 27°C , 클리닝 롤러의 압력은 고압(H), 저압(L)으로 각각 두 가지 조건으로 하여 실험하였다. 고압시의 압력을 H($d=3.69\text{mm}$)로 설정한 이유는 이보다 큰 압력을 가할 경우 알루미늄 호일이 손상되거나 점착점들이 제거될 수 있기 때문이다. 저압(L, $d=4.81\text{mm}$)의 롤러 압력은 호

일을 깨끗하게 할 수 있는 최저 압력이다. 클리닝 롤러의 압력은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 알루미늄 호일과 클리닝 롤러 사이의 거리를 측정하여 정한다(바닥판 제외). 베일당 3개의 시료(10g)를 H2SD로 반복 실험했다. 열판의 온도와 클리닝 롤러의 압력을 다르게 하여 다음의 4가지 조건으로 측정하였다. (1) 53H: 열판온도(53°C), 고압 클리닝 롤러, (2) 53L: 열판온도(53°C), 저압 클리닝 롤러, (3) 27H: 열판온도(27°C), 고압 클리닝 롤러, (4) 27L: 열판온도(27°C), 저압 클리닝 롤러

4. HPLC(High Performance Liquid Chromatography) 분석

점착점의 당분 조성을 결정하기 위해 점착점을 젖은 티슈(증류수에 적셔진 Kim wipes EX-L, Kiberly-Clark, GA)를 이용해 이미지 분석 후 수집하여 플라스틱 용기에 저장한 후 냉동시켰다. 세 번의 H2SD 실험을 통해 나온 점착점들은 같은 용기에 보관하였다. 점착성 실험이 끝난 후 20ml의 HPLC 분석용(18.2메가옴) 물을 이용하여 티슈에서 당분을 추출하여 앞서 발표한 논문[8,9]에서 행한 절차를 이용해 HPLC 실험을 하였다. 당분의 양은 알고 있는 당분의 피크 면적을 이용해 계산하였다.

5. 확인된 당분의 점착성 평가

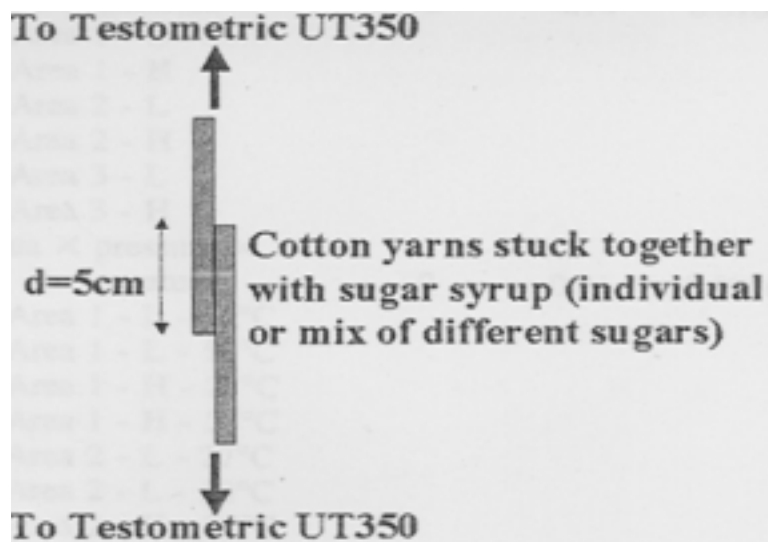
Trehalulose당분은 코넬대학을 통해 구하였다. 다른 당분들은 Sigma Chemical Company(St Louis, Mo)로부터 구입하였다. 상업용 시럽(혼합 액 3과 4)은 MitsuiUSA사(Misui & Co., NY)로부터 구하였다. 이 혼합물은 glucose, fructose, trehalulose, sucrose에 palationse를 추가해 놓은 것이다. 점착성 평가를 위해 inositol, glucose, fructose, trehalulose, sucrose, melezitose<표 1> 등을 이용해 수분이 함유된 혼합물 1,2,5를 제조하였다.

<표 1> 당분 혼합물의 점착성 시험

(I = inositol, G = glucose, F = fructose, W = trehalulose, S = sucrose, M = melezitose, Pal = palatinse.)

Mixes	I	G	F	W	S	M	Pal
Mix 1	5%	15%	15%	5%	15%	45%	0
Mix 2	5%	10%	10%	45%	15%	15%	0
Mix 3 ^a	0	5.2%	6%	74.2%	1.1%	0	11.9%
Mix 4 ^a	0	1.1%	1.2%	85%	0.2%	0	12.5%
Mix 5	0	0	0	99.8%	0	0	0

^a상업용 시럽



<그림 2> 점착성 시험

혼합물 1,2,5는 건조된 당분을 스파출라를 이용해 각 당분의 무게를 잰 후 혼합하여 제조하였다. 제조된 혼합물은 덮개가 없는 용기에 담아 상대습도 $65\pm 2\%$, 온도 $21\pm 1^\circ\text{C}$ 조건에서 한 달 이상 보관하였다. trehalulose와 fructose는 고흡습성 당분이므로 흡습된 혼합물은 풀과 같은 점성을 가진다. 상업용 시럽 혼합물 3과 4는 상대습도 $65\pm 2\%$, 온도 $21\pm 1^\circ\text{C}$ 에서 보관하였다. 준비된 혼

합물들을 이용해 다음과 같이 실험을 하였다. 면사(길이 30cm) 2가닥을 당분 혼합물(풀 같이 끈적한 형태)에 침지킨 후 <그림 2>와 같이 점착한 후 점착성 시험을 하였다.

6. 결과 및 토의

<표 2>는 허니듀에 오염된 원면 베일의 HPLC 측정 결과를 총 당량에 대한 각 당분의 함량으로 요약하여 나타낸 것이다. 53°C의 열판온도와 저압력의 클리닝 롤러를 이용했을 때 점착점이 10개 이하인 베일들은 모두 본 연구결과에서 제외시켰다. 이전 연구에서[12] H2SD시험결과 많은 양의 원면시료의 점착점 갯수가 포아송 분포를 따르고 있었다. 그러므로 통계적인 분석에 앞서 데이터를 표준화하기 위해서 제공근 변환이 필요했다. 결론적으로 이번 연구에서 나온 모든 H2SD 결과값과 통계적 분석치는 제공근으로 변환한 값들을 사용하였다.

<표 2> HPLC 분석을 통한 허니듀 오염 원면의 당분함량
(총 당분함량에 대한 백분율)

I=inositol, T=trehalose, G=glucose, F=fructose, W=trehalulose, S=sucrose, M=melezitose, MAL=maltose.

Geographic growing area		Sugar contents, % of total sugars							
		I	T	G	F	W	S	M	MAL
Area 1	average	13.7	6.3	16.9	20.6	23.7	0.3	14.2	4.2
	minimum	6.4	3.1	8.2	12.7	2.8	0.0	0.0	0.3
	maximum	21.0	14.7	33.6	35.1	41.7	1.5	36.7	10.7
Area 2	average	19.1	1.1	20.1	24.4	13.5	2.3	18.7	0.7
	minimum	7.9	0.2	12.1	8.6	0.7	0.1	7.0	0.3
	maximum	36.9	5.1	36.5	36.5	29.4	5.9	25.6	1.4
Area 3	average	17.6	5.8	25.4	28.2	0.2	8.9	11.4	2.6
	minimum	8.4	0.9	13.8	13.1	0.0	1.4	2.4	0.3
	maximum	33.3	16.3	37.3	46.5	1.7	23.8	28.3	6.9