

High-Speed Stickiness Detector 측정시 온도 및

상대습도가 미치는 영향 (1)

1. 요약

점착성 물질에 오염된 원면은 방적공장에서 복잡한 문제를 야기한다. 오염 물질에는 식물성이나 동물성 당분으로 구성된 점착성 물질이 함유되어 있다. 방적 공정 중 모든 장치는 생산성과 품질에 영향을 미치는 당분퇴적물에 오염된다.

본 연구에서는 폭넓은 점착성 범위와 가루이(whitefly), 진딧물(aphid), 식물성 당분 등 여러 종류의 오염을 대표하는 150 베일의 원면을 사용하였다. 시료는 서로 다른 3곳의 재배지역에서 채취하였다. 지역 1은 가루이가 많고 진딧물이 거의 없는 곳, 지역 2는 가루이와 진딧물이 공존하는 곳, 지역 3은 진딧물이 많고 가루이가 거의 없는 곳이다. 더욱이 지역 3 시료는 높은 식물성당분을 함유하고 있는데 이것은 면화가 수 시간동안 영하의 온도에 노출된 후에 형성된 것이다. 이런 현상은 지역 2의 시료에서도 나타나지만 거의 발생하지 않는다. 베일에서 채취한 시료들은 high-speed stickiness detector(이하 H2SD라 명칭) 시험과 고성능 액체 크로마토그래피(high-performance liquid chromatography, HPLC 이하 HPLC라 명칭) 분석을 실시하였다.

이전 연구에서 오염된 원면에 있는 각 당분들이 서로 다른 흡습성과 열적 성질을 나타내는 것을 알 수 있었다. 그래서 본 연구에서는 상대습도, 시험실 대기 조건 및 열판의 온도가 H2SD 결과값에 미치는 영향을 알아보았다.

본 연구를 통해 점착성 시험에 있어서 상대습도와 H2SD 열판의 온도가

큰 영향을 끼친다는 것을 알 수 있었다. 낮은 습도($65\pm 2\%$ 대신 $55\pm 2\%$)에서 H2SD 시험을 실시한 결과 현저히 작은 값(23.2%, 제공근 변형 데이터 기준)을 나타냈다.

시료는 먼저 H2SD시험기 추천 조건인 열판 온도 53°C 에서 점착성을 시험하였다. 그리고 27°C , 34°C , 40°C , 67°C 의 열판 온도에서 시험하였다. 오염된 원면들을 시험한 결과 53°C 의 열판 온도보다 높은 온도인 67°C 에서 시험했을 때 31.8% 높은 값을 나타냈다. 이 경우에는 H2SD 결과 값에 있어서 재배 지역과 열판 온도간의 뚜렷한 상호관계는 없었다. 그러나 낮은 온도(34°C 와 27°C)의 경우 재배지역과 열판 온도간에 뚜렷한 상호관계가 성립하였다. 예를 들면 27°C 에서는 53°C 에서의 결과보다 낮은 값을 나타냈다: 지역 1은 46.4%, 지역 2는 54%, 지역 3은 68.7%(모든 %결과는 제공근 변환한 데이터를 이용하여 계산한 것) 이러한 결과는 오염의 근원(가루이 또는 진딧물)이 H2SD 결과값에 영향을 미친다는 것을 의미한다. 가루이 허니듀에 심하게 오염된 원면은 열판온도에 상관없이 H2SD 시험에서 점착성을 나타내나 진딧물에 오염된 원면은 높은 열판 온도에서만 점착성이 나타나고 낮은 온도에서는 점착성이 약간 발생하거나 거의 나타나지 않는다.

방적공정에서 점착성을 가진 오염된 원면은 심각한 문제를 야기한다. 원면에 존재하는 허니듀는 면 섬유를 실로 만드는 과정(개면, 소면, 연조, 조방, 정방 공정)에 사용되는 모든 기계를 오염시킨다. 이러한 오염은 대부분 면화 식물 자체(식물성 당분) 또는 기생 곤충(동물성 당분)에 의해 생성된 당분 퇴적물이며, 기생 곤충(동물성 당분)에 의한 오염이 주된 원인이다(Sisman and Schenek, 1984).

Tarczynski 등은(1992) 전류된 대부분의 당이 sucrose($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)($>90\%$)라는 것을 보이기 위해 목화로부터 순수한 체관부 수액(phloem sap)을 채취하는데

아피스-스탈릿(aphis-stylet) 기술을 사용하였다. 그러므로 원면에 sucrose가 존재한다는 것은 면화가 성장할 때 (i) 급작스럽게 동사할 만한 영하의 온도에 처해 면 섬유의 중공안에 있는 sucrose가 셀룰로스로 변화되지 못했거나, (ii) 조기수확 촉진제로 인해 조기에 개화된 몇몇의 면화 볼(boll)이 있었다는 것을 의미한다.

원면 점착성은 식물성 당분에 의한 것보다 곤충 허니듀에 의해 발생하는 것이 더 많다. 원면에 기생하며 허니듀를 만들어내는 주요 곤충에는 가루이(*Bemisia tabaci*)와 진딧물(*Aphis gossypii*)이 있다. 가루이와 진딧물은 입과 뽕족한 침을 잎에 꽂아 넣어 식물의 수액을 빨아먹는 곤충이다. 이 곤충들은 수액을 소화시킨 후 허니듀 방울을 배설한다. 허니듀는 개화된 면화와 잎에 달라붙게 된다. 조면공정에서 흠어진 허니듀는 육안으로 구별하기가 힘들다.

Hendrix 등은(1992) 가루이와 진딧물의 허니듀 분석을 통해 진딧물 허니듀에는 melezitose($C_{18}H_{32}O_{16}$) 38.3%와 trehalulose($C_{12}H_{22}O_{11}$) 1.1%가 존재하고, 가루이 허니듀에는 melezitose 16.8%와 trehalulose 43.8%가 있다는 것을 알아냈다. 다른 성분의 상대적인 비율은 환경이나 생육조건에 의해 달라질 수 있다.

이전 연구에서 Hequet과 Abidi(2002)가 허니듀에 오염된 원면에서 발견된 당분들이 다른 열적 성질과 흡습 특성을 가진다는 것을 발견했다. 그래서 본 연구에서는 원면 점착성 측정에서 시험실 대기조건의 상대습도와 H2SD의 열판 온도설정에 따른 영향을 알아보았다.

2. 시료 및 측정방법

시험을 위해 폭넓은 점착성 범위와 가루이, 진딧물, 식물성 당분 등 여러 종류의 오염을 대표하는 150 베일의 원면을 사용하였다. 시료들은 3개의 다른 재배지역에서 채취하였다. 가루이가 많이 서식하고 진딧물이 거의 없는

곳(지역 1)으로부터 50개의 베일을, 가루이와 진딧물이 공존하는 곳(지역 2)에서 50개의 베일을, 진딧물이 많고 가루이가 적은 곳(지역 3)으로부터 50개의 베일을 채취하였다. 각 베일을 개봉한 후 2개씩의 시료를 채취하였다. 오염된 원면에 존재하는 당분들은 HPLC(Dionex Corporation, Sunnyvale, CA)를 이용하여 분석하였다. 그리고 각 시료는 H2SD(CIRAD, Montpellier, France) 시험을 실시하였다.

3. HPLC 분석

각 시료들에서 1g의 원면을 비닐백에 넣은 후 HPLC용 증류수를 첨가했다. 수용액의 시료는 비닐백으로부터 10cm³ 주사기(Becton Dickinson and Company, Franklin Lakes, NJ)를 사용하여 0.2μm 필터(nylon membrane)를 거쳐 채취하였다.

이렇게 채취한 1.5ml의 액을 1.5ml 오토샘플링기 바이엘병(C4013-15A, National Scientific, Scottsdale, AZ)에 넣었다. 당분들은 기울기 용리액 시스템 (gradient eluent system) 시리즈로 된 컬럼(CarboPac PA1 anion-exchanged guard column[Dionex Corporation, Sunnyvale, CA] and two CarboPac PA1 anion-exchange analytical columns[Dionex Corporation])으로 분리하였다. 용리액(eluent) 1은 NaOH 200mM, 용리액(eluent) 2는 sodium acetate(C₃H₃NaO₂·3H₂O) 500mM와 NaOH 200mM으로 되어있다. 측정은 시료당 3회씩 실시하였다(베일당 시료 2개×3회 측정=베일당 6회 측정). 이렇게 나온 결과는 섬유 무게에 대한 비율과 전체 당분에 대한 비율로 나타냈다.

4. H2SD 시험

H2SD 시험기는 1994년 International Textile Manufacturers Federation(ITMF)에 의해 기준시험으로 인증된 Sticky Cotton Thermodetector(CIRAD, Montpellier,

France)에 기원을 두고 있다. H2SD는 Sticky Cotton Thermodecator(Frydrych 외, 1994)의 자동화된 기기이다. 우선 3.0~3.5g 정도의 원면 시료는 로터식의 개면기에서 개면된다. 이렇게 개면된 섬유는 직사각형의 패드형태를 하고 있다. 이 패드는 시스템에 의해 알루미늄 호일 위에 놓이게 된다. 그리고 시료는 연속하여 4단계를 거치게 된다. 첫번째 단계에서는 고온의 압력(53°C, 30sec)이 시료에 가해지게 되는데, 이 작업으로 점착성이 있는 허니듀가 녹아 나오게 된다. 두번째 단계에서는 알루미늄 호일과 접촉한 점착점이 대기온도에서 가해진 압력으로 인해 녹아 나온 부분에 고착하게 된다. 세번째 단계에서는 느슨하게 붙어있는 원면들이 진공흡입과 클리닝 롤러에 의해 제거된다. 마지막 네번째 단계에서는 알루미늄 호일에 계속하여 붙어있는 점착점들이 이미지 분석기에 의해 개수와 크기가 분석된다.

Hequet 등(1997)에 의해 알려진 바에 의하면 H2SD의 결과값은 포아송 분포를 따른다. 그러므로 제공근 변환은 통계분석에 앞서 데이터를 표준화하는데 효과적이다. 그래서 모든 통계 분석은 제공근 변환한 데이터를 사용하였다. 시험은 시료당 3회씩 실시하였다(베일당 시료 2개×3회 측정 = 베일당 6회 측정).

5. 2개의 다른 상대습도 조건에서의 H2SD 시험

점착성 결과값에서 상대습도의 영향은 다음 조건하에서 측정하였다: (1) 상대습도 55±2%, 열판온도 23±1°C, (2) 상대습도 65±2%, 열판온도 21±1°C. H2SD 시험기와 시료는 시험실 조건과 평행을 이루게 하기 위해 시험전에 96시간 컨디셔닝 하였다. H2SD의 열판온도는 제조사 추천 조건인 53°C로 설정하였다.

6. 여러 가지 열판온도 조건에서의 H2SD 시험

H2SD 열판온도는 추천 조건인 53°C로 하여 측정하였다. 시험은 표준 시험실 조건(상대습도 65±2%, 온도 21±1°C)하에서 27°C, 34°C, 40°C, 67°C의 열판온도에서 실시하였다. 제조사가 선정한 53°C의 열판 온도설정에 대해서는 본 연구에서 언급하지 않았다.