Journal of Korea TAPPI
Vol.38.No.3, 2006
Printed in Korea

폐생물자원 활용에서 추출공정의 특성 평가

성용주† · 한영림 · 김근수

(2006년 5월 7일 접수: 2006년 8월 18일 채택)

Evaluation of the Extraction Process in the Recycling of the Biological Waste

Yong-Joo Sung†, Young-Lim Han, and Kun-Soo Kim

(Received on May 7, 2006: Accepted on August 18, 2006)

ABSTRACT

The extraction properties of the biological waste originated from the Tobacco industry were evaluated. The biological waste have been recycled and transformed into a valuable material, so called a reconstituted tobacco sheet(Recon) by the papermaking process. In this process, The mechanical extraction process, which divides the mixed raw material slurry into the soluble stock and the insoluble stock, could affect not only the quality of final Recon product but also the productivity of whole Recon making process. This study investigated the effects of the extraction process on the slurry properties in detail. In order to quantify the amounts of the solubles which resided in the insoluble fibers, the washing treatment of the stock before and after squeezing process was applied. The amounts of the residual solubles showed little changes according to each stage of the extraction process. The fractionation of the slurry showed the difference in the amount of soluble in the stock depending on the size of the biological waste. After the extraction process, the bigger size fiber portion contained about 19%(by weight) in soluble after pressing but the smaller size fiber portion 9% in soluble. The fractionation ratio of the stocks also was changed by the screw press process, which could demonstrate the physical effects of the mechanical extraction.

Keywords *: biological waste, extraction, reconstituted tobacco sheet, fractionation, screw press, soluble*

• KT&G 중앙연구원 (KT&G Central Research Institute), 302 Shinseong-dong, Yuseong-gu, DaeJeon 305-805, Korea
† 주저자(Corresponding Author): E-mail: yosung17@ktng.com

1. 서 론

궐련 제조공정 그리고 잎담배 정선 및 처리공정 중 발생되는 다양한 종류의 폐생물자원 즉, 담배줄기(주맥), 엽맥, 엽부스러기 등은 특별히 고안된 재생공정을 거쳐서 원료 잎담배와 유사한 이화학적 특성을 가진 판상엽(Reconstituted Tobacco Sheet)으로 재활용된다. 이렇게 폐기되는 식물자원을 재활용하여 판상엽을 제조하는 공정은 크게 원료를 미세하게 분쇄하여 압출 성형하는 압연식 공정과 제지식 초지기술을 적용하여 판상의 제품을 제조하는 제지식 공정으로 분류될 수 있다. 특히, 전세계적으로 가장 범용적으로 적용되는 제지식 공정의 경우 주원료를 해리한 후 용해성분(Solubles)과 섬유성분(Fiber)을 분리하여, 섬유성분은 제지식 초지공정으로 판상의 지필을 형성하고, 용해성분은 정선 및 농축하여 그 지필위에 도포 처리하여 최종 제품을 만들게 된다. 이러한 제지식 판상엽 제조 공정의 경우는 공정 특성상 다양한 처리가 가능하게 하고 최종 제품의 품질 조절 및 기능성 부여의 용이성 등 다양한 장점을 가진 공정기술이라고 할 수 있다.[1,2] 다양한 소비자의 기호 등에 부응하기 위하여 제조 궐련의 품질개선 및 특성조절에 대한 요구가 더욱 커지는 지금, 상대적으로 그 특성조절이 용이한 제지식 판상엽제조 기술의 중요성은 더욱 커지고 있는 실정이다.[3]

제지식 판상엽 공정의 추출공정에서 추출된 섬유분은 고해공정을 거쳐 장망식 초지기에서 지필을 형성하고 양키드라이어 및 드럼드라이어에서 건조되어 판상엽 초지를 형성하게 된다. 이때 추출공정에서 완전히 추출되지 않은 용해성분들은 초지공정 백수 내로 유입되어 과도한 오염을 유발하게 된다. 이러한 백수의 오염은 탈수저하, 프레스 펠트 오염 및 양키드라이어에서의 뜯김 등의 원인이 되어 생산성 및 품질 저하의 원인이 될 수 있다. 또한 추출공정의 효율저하는 추출액의 농도를 떨어뜨려 추출액 처리공정의 효율저하 등을 가져올 수 있다. 따라서 추출공정의 안정화 및 최적화는 전체 판상엽 제조 공정의 생산성 및 공정 안정성뿐만 아니라 최종 품질에 큰 영향을 미치는 대단히 중요한 공정조절 요소인 것이다.

본 연구에서는 다양한 폐생물부산물을 원료로 하는 실제 판상엽 제조공정에서의 추출공정 특성을 평가하였다. 추출공정에 의해 지료에서의 용해성분 추출 특성을 평가하였고, 적용되는 원료의 형태적 특성에 따른 추출특성을 비교 분석하였다. 특히, 공정의 안정적인 운용과 품질의 균일성 확보를 위하여 필수적인 추출지료의 분석과 평가방법에 대한 기초자료를 제공하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 현장 시료의 채취

제지식 공정으로 판상엽을 생산하고 있는 국내 T사의 추출 공정의 모식도를 Fig. 1에서 나타내었다. 펄퍼에서 해리된 다양한 원료들은 직렬로 연결된 3기의 스크류프레스를 통과하고 이때 각 단계별로 필요한 희석수는 초지공정의 백수(판상엽 공정의 경우 초지공정의 백수는 RBW(Rich brown water)로 명명)와 앞 단계의 추출액이 사용되게 된다. 이러한 과정을 거치면서 추출액의 용해성분은 더욱 농축되고 최종 추출액, 즉 1번 스크류프레스의 추출액의 경우 그 농도가 최대한으로 높아지게 된

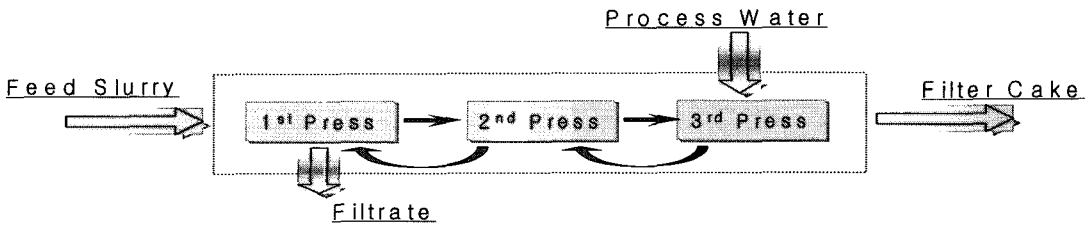

Fig. 1. Schematic diagram of the extraction process in a reconstituted tobacco mill.

다. 본 연구에서는 실제 판상엽 제조 공정 현장에서 펄핑된 지료와 각 단계별 섬유분(Filter Cake) 및 추출액(Filtrate)을 채취하여 판상엽 추출 공정 특성을 평가하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 열수추출물(Hot water Soluble) 측정

폐생물부산물 및 현장 공정에서 채취된 시료들을 건조한 후 분쇄기로 20 mesh 통과할 때까지 분쇄하여 1 g을 취하였다. 여기에 증류수 100 ml를 첨가한 후 1시간 동안 열수 추출하여 잔류된 고형분을 여과지에 거른 후, 잔사의 무게를 정확히 측정하여 전체 시료에서 열수에 용해되어 손실된 양의 무게비를 퍼센트(HWS:%)로 나타내었다. 특히 추출액 등의 액체시료의 경우 일정량을 100℃로 건조한 후 건조되고 남은 고형분을 분쇄하여 용해성분량을 측정하였다. 각각의 시료의 함수율을 측정하여 그 값으로 전건무게를 보정하였다.

2.2.2 지료의 세척 및 분급처리

판상엽의 주원료인 담배부산물들의 경우 약 50% 내외의 용해성분을 가지고 있다. 펄핑 및 추출공정을 통해 이러한 용해성분과 비용해성분이 나뉘게 되는데 분리된 용해성분양이 많을수록 추출액 처리공정과 초지공정 모두에서 생산성과 공정 안정성이 좋아질 수 있다. 판상엽 공정의 지료(Stock)는 Fig. 2에서 도식적으로 나타낸 바와 같이 물, 용해성분 및 비용해성분으로 나눌 수 있고 이 중 용해성분과 비용해성분양은 농도 또는 고형분량(Solid Contents)으로 측정될 수 있다. 용해성분은 실제 지료 중에서 용매, 즉 물 속에 완전 용해되어 있거나(Free extract state) 섬유들 사이에 물리적으로 흡착되어 있거나(Capillary state) 또는 섬유내부에 잔류되어(Intracellular state) 있는 세 상태로 존재하게 된다. 기존의 용해성분량의 측정 방법은 지료 내 용해성분의 물리적 상태에 대한 세밀한 정보를 제공하지 못하였는데, 특히 섬유 내에 잔류하는 용해성분의 양은 추출특성 및 추출 전 펄핑공정의 효율성을 평가하는데 있어서 대단히 중요한 지표라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 용해성분 특히 섬유 내에 존재하는 용해성분의 양을 측정하기 위한 방법으로 DDJ(Dynamic Drainage Jar)를 적용하여 공정시료의 냉수 세척을 실시하였다. 이러한 지료세척처리를 통해 용해성분 중 물 속에 완전 용해된 성분과 모세관 압력으로 섬유분에 흡착된 용해성분을 제거하고 남은 섬유분의 HWS를 측정함으로써 섬유분 내에 존재하는 용해성분의 양을 평가하였다.

판상엽에 사용되는 다양한 형태의 원료들은 그 형태 및 크기에 따라 다른 추출특성을 보일 것으로 생각되고, 특히 섬유내 잔류 용해성분의 양이 섬유

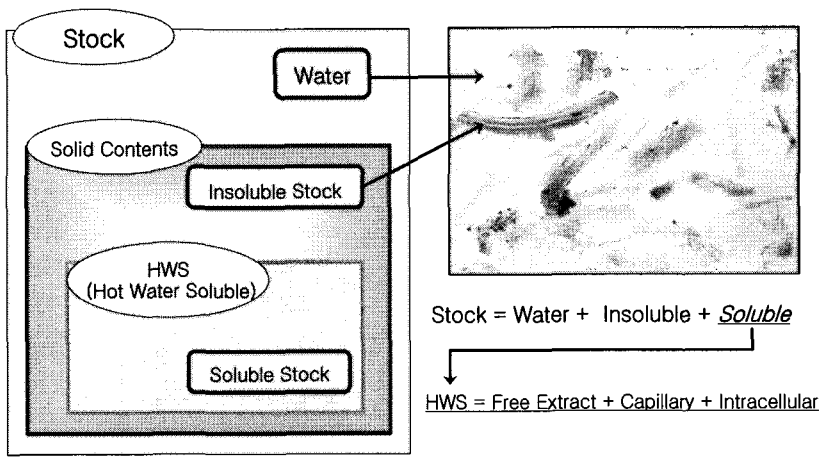

Fig. 2. The schematic diagram of the composition of the stock and their experimental expression.

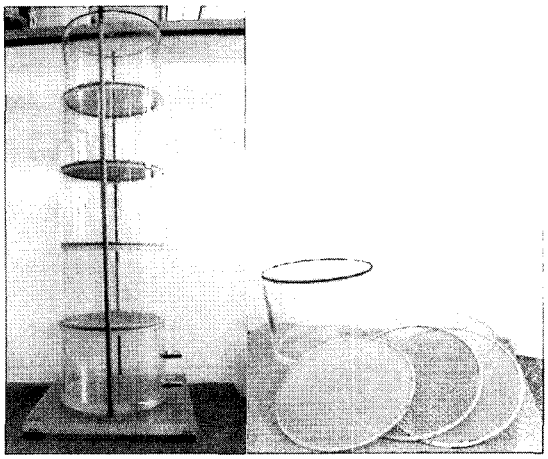

Fig. 3. Stock classifier with different meshes.

의 형태적 특성에 따라 차이를 나타낼 것으로 예상되어 세척 처리된 지료를 Fig. 3과 같이 제작된 분급기로 분급처리하여 각 분급분의 HWS를 측정 평가하였다. 본 실험을 위해 고안된 분급기는 5개의 모듈로 이루어져 있고 각각의 모듈에 적절한 메쉬를 적용함으로써 다양한 크기별로 지료를 분급할 수 있도록 설계되었다. 특히, 가장 밑단에 위치하는 모듈에는 진공을 적용할 수 있게 함으로써 미세한 메쉬를 적용하였을 때 종종 발생될 수 있는 메쉬의 막힘 현상을 방지하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 판상엽 주원료 특성

판상엽 제조에 사용되는 대표적인 폐생물부산물은 잎담배의 주맥, 엽맥, 엽설 및 각초 등으로 그 형태적 특성 및 화학적 특성이 큰 차이를 나타낸다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 주맥 및 엽맥 등의 원료는 엽설 및 각초 등과 비교하여 크고 단단한 줄기형태를 가지고 있어서 상대적으로 많은 전처리 공정이 필요함을 예상할 수 있다.

다양한 주원료들의 열수추출물량(HWS)은 Fig. 5에 나타내었다. 담배 제조에 사용되는 대표적인 잎담배 품종인 황색종 (Flue-Cured)과 버어리종 (Burley)이 실제로 상이한 이화학적 특성을 가지고 있고, 그 결과로 그 부산물들도 서로 다른 특성을 나타내고 있었다. 버어리종 주맥(Burley stem)의 경우 상대적으로 열수추출물 양이 작은 것을 알 수 있고, 그 외의 원료들은 대체로 50% 내외의 많은 양의 용해성분을 포함하고 있는 것을 알 수 있다. 한편, 판상엽의 보조원료로 사용되는 목재펄프(UKP)의 경우에는 열수추출물이 거의 측정되지 않았다.

3.2 추출 공정 특성 분석

실제 판상엽 제조 공정 중 추출공정에서의 공정 현황 분석을 위하여 각 단위공정 단계별로 지료의 특성변화를 평가하였다. Table 1은 판상엽의 다양한 제품 중 대표적인 제품인 황주맥판상엽(Flue-cured type recon: FR) 생산시 추출공정 단계별 지료 및 추출액의 특성을 평가한 결과이다. 특히, 각 샘플의 고형분 및 용해성분량을 바탕으로 각각의 경우에서의 가용성 성분(Soluble stock)과 비가용성 성분(Insoluble stock)의 함량비를 평가하였다.

펄퍼에서 혼합 펄핑된 지료는 전체 추출공정을 지나면서 고형분은 증가하고 용해성분의 양은 감소되는 것으로 나타났는데, 추출공정 희석수 및 단계

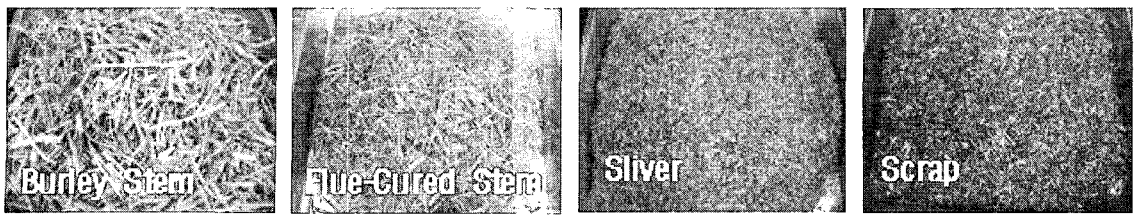

Fig. 4. The biological wastes for a reconstituted tobacco sheet.

Table 1. The properties of the stocks and the filtrates in the screw press process for the flue-cured type Recon

Specification	Concentration (Brix)	Solid content (%)	HWS (%)	Soluble stock (%)	Insoluble stock (%)
# 1 SP Inlet stock		22.5	66.2	14.9	7.6
# 1 SP Outlet stock		28.1	53.6	15.1	13.0
# 3 SP Outlet stock		33.1	26.6	8.8	24.3
# 1 SP Filtrate	19	20.5	87.1	17.8	2.6
# 3 SP Filtrate	8	7.9	87.1	6.9	1.0
RBW	2	2.1	73.2	1.6	0.6

별 추출액의 가용성 성분 함량비는 1.6 %에서 최종 17.8%까지 크게 높아지는 것으로 나타났다. 이것은 추출공정의 추출액 농축 효율을 보여주는 지표로 적용하여 추출공정의 효율적 관리를 위해 적용될 수 있다.[4] 한편 추출액 중의 비가용성 성분량도 0.6%에서 2.6%로 증가되는 것으로 나타났는데 추출공정 중 미세한 섬유분 등이 추출액과 함께 짜여져 나오게 됨에 따라 나타나는 결과라고 할 수 있다.

전체 지료의 용해성분량은 추출공정에 의해 감소되는데 실제 섬유분에서의 감소는 얼마나 되고 추출공정 개선에 의해 그 효율이 얼마나 증가될 수 있는 지 등을 평가하기 위하여 지료의 세척을 통해 지료 섬유분 내에 잔류하고 있는 용해성분량의 변화를 평가하였다. Fig. 6은 황주맥판상엽(Flue-cured type recon: FR)생산 시의 추출공정에서의 지료 내 용해성분 변화를 나타낸 그림이다.

각 추출공정 단계별 지료를 세척하여 평가한 결과 상당한 양의 용해성분이 냉수세척에 의해 제거되는 것을 알 수 있다. Fig. 6에서 보듯이 추출공정 유입지료의 경우 총 용해성분량(HWS) 66% 정도가 세척 후 20%까지 감소하였고 추출공정이 진행됨에 따라 지료의 총 용해성분량은 26%까지 감소하는 것을 알 수 있다. 한편 실제 원료 섬유속에 잔류된 용해성분은 20% 내외에서 큰 변화를 보여주지 않고 3번 스크류 프레스 공정에서 약 25% 정도 감소하는 것으로 측정되었다. 이것은 펄핑공정 중에 원료 섬유내의 용해성분의 분리가 대부분 일어나고 추출공정 중에는 이렇게 용액속에 용해된 성분의 분리가 발생하는 것을 보여주는 결과라고 할 수 있다. 3번 스크류프레스 공정에서는 상대적으로 깨끗한 희석수, 즉 초지공정의 공정수를 사용하고 전체 용액속의 용해성분량이 감소됨에 따라 원료 섬유 속에 잔류하는 용해성분이 다소 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

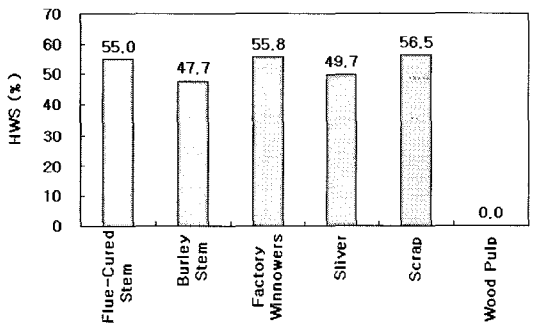

Fig. 5. The HWS(Hot water solubles) of the biological wastes for the reconstituted tobacco sheet.

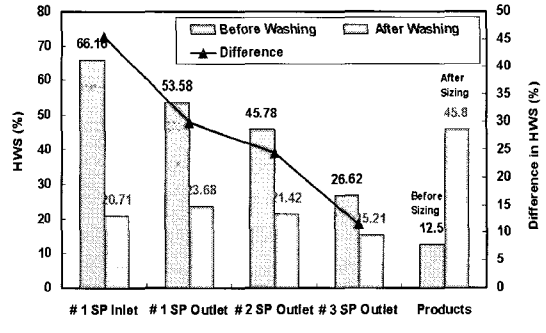

Fig. 6. The change of HWS of the screw press process samples by the cold washing.

초지공정에서 제조된 지필의 경우 약 12.5%의 용해성분이 잔류되어 있다. 이것은 3번 스크류 프레스에서 배출된 지료의 용해성분 26.6%에 비해 상당히 낮은 양으로, 실제 공정에서는 용액속의 용해된 HWS는 초지공정수로 쉽게 희석되어 버리고 섬유 속에 잔류한 용해성분도 일부 초지공정 중 공정수로 용출되는 것으로 해석될 수 있다. 따라서 초지공정의 생산성 및 초지품질 향상 등에 중요한 역할을 미치는 공정수의 특성을 최적화하기 위해서는 최종 단위 스크류 프레스 공정에서의 추출효율 관리가 매우 중요할 것으로 생각된다.

3.3 지료 구성분 크기별 용해성분 변화 분석

다양한 형태의 부산물을 재생하는 판상엽 공정 특성상 각 원료별, 특히 그 형태별로 용해성분의 추출특성이 다르게 나타날 수 있다. 이러한 추출특성의 차이를 평가하기 위하여 현장지료를 세척한 후 6 mesh, 18 mesh, 35 mesh로 분급하여 메쉬별 잔류 섬유분의 용해성분량을 평가하였다. Fig 7에 나타난 바와 같이 세척 전 추출공정 투입지료의 용해성분 69%는 세척에 의해 31%로 감소하고, 세척된 지료중 6 mesh에 잔류하는 섬유분의 함유 용해성분량은 40.7%으로 측정되었다. 18 mesh 및 35 mesh에 잔류하는 섬유분의 용해성분은 각각 13.6%, 10.4%로 상당히 낮은 것을 알 수 있다. 최종

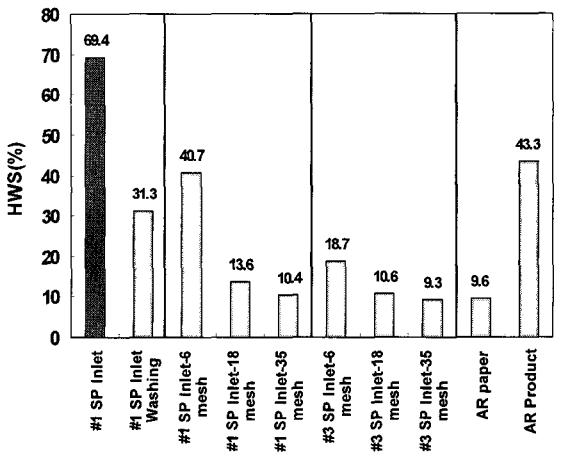

Fig. 7. The residual soluble depending on the classified fraction.

추출공정을 통과하고 배출되는 지료를 분급하여 용해성분을 측정한 결과 각각의 용해성분량은 18.7%, 10.6%, 9.3%로 나타났다. 크기가 작은 섬유분 즉, 18, 35 mesh의 용해성분량은 초지공정을 거쳐 사이징처리 전 지필의 용해성분량 9.6%와 유사한 정도인 것을 알 수 있다.

메쉬별로 추출공정에 의한 용해성분량의 변화를 비교 분석해보면 6 mesh를 통과하는 작은 섬유분의 경우 잔존 용해성분량의 감소는 그다지 크지 않은 반면 6 mesh를 통과하지 못하는 큰 섬유분에서 추출공정에 의해 50% 이상 즉, 추출공정 입구에서의 잔존 용해성분량이 40.7%에서 추출공정 후 18.7%까지 감소하는 것을 알 수 있다. 많은 양의 잔존 용해성분이 추출공정에 의해 제거됨에도 불구하고 초지공정의 지필내 용해성분량 9.6%에 비해 두 배 이상의 잔존 용해성분량을 가지고 있는 것을 볼 수 있다. 결국 이러한 큰 섬유분의 잔존 용해성분들은 추출공정 이후 고해공정 등의 초지공정을 거치면서 공정수 내로 용출되는 것으로 생각된다.

3.4. 추출공정에 의한 지료의 형태적 특성 변화

용이한 추출공정을 위하여 판상엽 공정에 투입되는 폐생물부산물들은 펄핑공정 중 높은 온도의 물속에서 수화되고 연화된다. 펄핑공정을 통해 유연해진 부산물들은 강한 힘으로 압착을 하여 추출하는 추출공정에 의해 그 형태적 특성이 변화될 수 있을 것으로 생각되어 그 영향을 평가하였다. 실제로 그 형태적 특성이 매우 다양한 원료들이 혼합되어 사용되는 공정이기 때문에 직접적인 비교를 통해 형태적 변화를 평가하기는 상당히 큰 어려움이 있어 각 추출공정 단계별 지료의 크기별 분급비를 측정하여 그 변화를 평가하였다.

Fig. 8은 황주맥 판상엽 생산 시 추출공정 단계별로 채취된 지료의 크기별 분급비의 변화를 보여주는 그림이다. 추출공정의 특성상 전술했던 바와 같이 미세한 섬유분의 경우에는 추출액과 함께 배출되기 때문에 분석된 시료의 경우에는 200 mesh의 DDJ로 미리 세척하여 미세분과 용액 속의 용해성분을 제거한 후 분급 처리하였다. 세척된 지료 내의 크기별 분급비는 6 mesh, 18 mesh, 35 mesh에 걸려서 잔류되는 각각의 섬유분과 35 mesh를 통과하

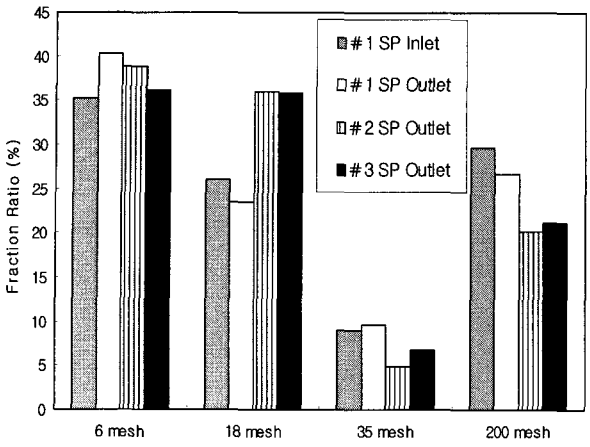

Fig. 8. The change of the fraction ratio depending on the screw press process.

고 200 mesh에 걸리는 섬유분의 전건무게의 비로 평가되었고, 전체 무게를 100 %로 하여 각각 메쉬별 분급비를 나타내었다.

추출공정 투입지료 즉, 1번 스크류프레스 입구 지료의 크기별 분포를 보았을 때 35 mesh를 통과하여 200 mesh에 걸리는 섬유분의 비가 상대적으로 큰 것을 알 수 있다. 추출공정이 진행됨에 따라 6 mesh 섬유분의 비는 큰 변화를 나타내지 않지만 18 mesh 섬유분의 비는 증가하고 35 mesh 및 200 mesh 섬유분의 비는 감소하는 경향을 나타내는 것을 알 수 있다. 세척처리에 의해 200 mesh 이하의 섬유분이 제거되는 것을 고려하였을 경우 전체적인 분급비의 분포가 크기가 작은 쪽으로 이동하는 경향 즉, 전체 지료의 크기가 감소하는 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 특히, 200 mesh 섬유분의 무게비의 감소는 추출공정에 의해 작아진 섬유분의 배출로 전체 미세분의 함량이 줄어듬에 의한 영향이라고 할 수 있다. 즉, 6 mesh 섬유분의 일부가 18 mesh 섬유분으로 그 크기가 줄어들고 35 mesh 및 200 mesh 섬유분의 일부는 추출액과 함께 배출되어 전체적으로 지료내 크기별 분급비의 분포가 달라지는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

담배제조시 발생되는 폐생물부산물을 원료로 고부가가치의 궐련원료인 판상엽을 제조하는 공정에서 추출공정 특성 및 영향을 분석 평가하였다. 특히, 세척공정을 통해 용액 속에 녹아있는 용해성분을 제거하고 섬유분 내의 잔류 용해성분량을 평가할 수 있었는데, 원료 섬유 내의 용해성분들이 펄핑공정 등에서 상당부분 이미 해리되었고 추출공정에서는 섬유 내의 잔류된 용해성분들을 용출시키기보다는 용액 속에 이미 용해된 성분의 분리가 이루어지는 것을 알 수 있었다. 이러한 원료 섬유 내의 용해성분은 그 크기비에 따라 다르게 나타났는데 크기가 작은 18 mesh 및 35 mesh분의 경우에는 각각 10.6%, 9.3%로 초지공정에서 제조된 판상엽 초지의 용해성분량 9.6%와 유사하였지만 크기가 큰 6 mesh분의 경우에는 18.7%로 상당한 양의 용해성분이 추출공정 후에도 잔류되어 있는 것으로 나타났다. 이러한 잔류 용해성분은 추출분 처리공정 및 초지공정 등을 거치면서 공정수로 용출되는 것으로 생각된다. 또한 추출공정에 의한 원료 섬유들의 크기별 분급비의 변화를 통해 추출공정에서 원료 섬유의 물리적 손상 등에 의한 섬유 크기의 실제적 감소를 간접적으로 확인하였다.

인용문헌

1. Baskevitch, N., Use of reconstituted tobacco for cigarette design, 2nd International Tobacco Conference, Virginia, p.19~21(1986).
2. Baskevitch, N., Continuing upward trend in low tar and nicotine cigarettes, Tabak Journal International, No.4., p.45~49 (1981).
3. Abdallah, F., Recon's new role. TOBACCO REPORTER, No.5, p. 58~61 (2003).
4. Sung, Y. J., Han, Y. L., Kim, G. S., Rhee, M. S., Ha, I. H., Lee, K. Y., Chun, E.S., and Song, T. W., Evaluation of the screw press process in the reconstituted tobacco sheet making process, J. of the Korean Society of Tobacco Science, 28(1) (2006).