

담배 주맥 바이오매스의 압착추출특성 연구

성용주[†] · 한영림 · 이문수

(2008년 3월 19일 접수: 2008년 5월 22일 채택)

Study on the Mechanical Extraction Properties of Tobacco Stem Biomass

Yong Joo Sung[†], Young-Lim Han, and Moon-Soo Rhee

(Received March 19, 2008: Accepted May 22, 2008)

ABSTRACT

This work evaluated the extractability of tobacco stem biomass for the papermaking type Reconstituted Tobacco Sheet(RTS). The effects of the soaking conditions on the hydration of stem biomass and the effects of the hydrated state on the mechanical extraction were investigated. In order to simulate the mechanical expression process of a papermaking type RTS mill, for example, the screw press process, the novel mechanical pressing analyzer was developed for this study. The hydration of stem biomass by soaking process was greatly affected by the soaking time and the soaking temperature. The longer soaking time and the higher soaking temperature resulted in the higher hydrated stem biomass. Since the higher hydrated stem had more combined water in the inner structure and resulted in the more flexible structure, the higher hydrated stem led to the more compressed filter cake and the higher water contents in the filter cake after the mechanical pressing. The pilot pulping experiments showed the difference in hydration and extractability between burley and bright tobacco stem. The bulkier structure of the burley stem resulted in the faster hydration by pilot pulping and led to the larger reduction in water soluble components. And the hydration process showed the major influence on the separation efficiency of water soluble components.

Keywords : tobacco stem biomass, extractability, mechanical extraction, soaking, hydration

• 주식회사 KT&G (KT&G Central Research Institute 302 Shinseong-Dong, Yuseong-Gu, Deajeon, South Korea)

† 교신저자(Corresponding author): E-mail; yosung@ktng.com

1. 서론

궐련(Cigarette)의 주원료인 담배(Nicotiana Tabacum L.)는 전 세계적으로 재배되고 생산되는 주요한 산업 작물의 하나이다. 이러한 잎담배의 20 wt.% 이상을 차지하는 담배주맥 바이오매스는 그 구조적, 형태적, 화학성분 등의 특성이 잎담배의 엽설(Lamina)과 크게 다르기 때문에 직접 궐련의 원료로 사용되지 못하고 대부분이 잎담배 가공공정 및 궐련 제조공정 중 분리되어 배출된다. 이렇게 배출되는 주맥 바이오매스의 적절한 활용은 원료비 비중이 큰 담배산업의 경제성에 큰 영향을 미치기 때문에 다양한 주맥 재활용 공정 즉, 주맥을 처리하여 새로운 판상의 종이형태로 재조합하는 판상엽(Reconstituted Tobacco Sheet) 공정 또는 주맥을 팽화 처리하여 구조적 특성을 개선시키는 공정(Expanded process) 등이 개발되어 적용되어 왔다.¹⁾ 이러한 처리 공정을 거친 주맥 바이오매스는 경제적인 이점 이외로, 높은 부풀성과 낮은 타르 이행특성 등의 다양한 장점을 가지고 있기 때문에 궐련의 주요한 부원료로 적용되어 왔고, 그 사용량은 점점 커지고 있는 추세이다. 특히, 제지식 공정을 적용하여 생산되는 판상엽의 경우에는 제조공정 중 특정성분의 감소 및 제거가 용이할 뿐만 아니라 다양한 추가적인 처리기술의 적용 가능성이 상대적으로 높고 다양한 기능을 부여할 수 있는 장점이 있기 때문에 현재 더 큰 관심의 대상이 되고 있는 실정이다.^{2,3)}

제지식 판상엽 제조공정에서는 다양한 담배 유래 바이오매스 즉, 주맥, 엽설, 엽맥, 미분 등을 해리 및 분리 공정을 통해 용해성분과 비용해성분으로 각각 분리하여, 비용해성분(섬유분)은 제지 공정을 통하여 판상엽 초지를 제조하고, 그 위에 농축된 용해성분을 도포함으로써 판상엽 제품을 생산하게 된다.^{4,5)} 담배 유래 바이오매스 중 가장 많은 양을 차지하는 담배 주맥 바이오매스의 경우 엽설 및 미분 등 다른 판상엽 원료들에 비하여 해리 및 용해성분의 분리가 어려운 구조적, 형태적 특성을 가지고 있기 때문에 적절한 처리가 행해지지 않는 경우 전체 공정의 생산성과 최종 제품의 품질에 큰 영향을 미칠 수 있다. 실제 담배 주맥 바이오매스가 원료처리 단계에서 충분히 해리되고 용해성분이 분리되지 않게 되면, 이후 리파이닝 공정을 지나면서 주맥조직이 파괴됨에 따라 잔류된 용해성분이 초지공정의 공

정수로 쉽게 용해되어 공정수의 농도가 높아지는 등 공정수의 오염을 유발할 수 있다.⁵⁾ 이러한 잔류 용해성분에 의한 공정수의 오염은 초지 시 탈수특성과 지합에 나쁜 영향을 미칠 뿐만 아니라 프레스 펄트 및 건조기 등의 오염을 유발시키고 특히, 판상엽 초지의 벌크 특성을 부여하기 위하여 적용하는 양키 드라이어 표면의 오염을 가져와 뜯김 현상과 그에 따른 지질 발생 증가 등 다양한 공정상의 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 공정의 안정성과 생산성을 최적화하고 그와 동시에 적절한 공정조절을 통한 판상엽 품질의 향상과 주맥 바이오매스의 활용을 극대화하기 위하여는 담배주맥 바이오매스의 기본적인 수화특성 및 압착추출특성에 대한 깊은 이해가 필요하다고 할 수 있겠다.

이에 따라 본 연구에서는 담배 주맥 바이오매스의 해리 시 발생하는 주맥의 수화특성 및 그에 따른 압착추출 특성의 변화 등을 알아보았다. 특히, 실제 고액분리 공정에서 주로 적용되는 스크류프레스의 압착추출기작을 모사한 실험실용 압착추출 분석기를 고안하여 수화 조건에 따른 영향과 담배의 대표종인 버어리종(Burley Tobacco) 및 황색종(Bright Tobacco) 담배주맥 바이오매스의 압착추출특성을 비교 평가함으로써 주맥 종류에 따른 해리 및 압착추출특성의 변화 등을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 실험에 사용된 담배 주맥 바이오매스는 K사 잎담배처리공장에서 분리배출된 국내산 황색종(Bright Tobacco) 주맥 바이오매스와 버어리종(Burley Tobacco) 주맥 바이오매스를 채취하여 사용하였다. 주맥 바이오매스의 크기에 의한 영향을 최소화하기 위하여 국내 판상엽 제조공장에서 사용되는 햄머밀 공정을 적용하여 주맥 시료를 일정한 크기로 분쇄한 후, 6 mesh 스크린을 적용하여 분쇄된 시료에서 미세분 등을 제거한 후 실험을 실시하였다.

2.2 주맥 바이오매스 침지처리(soaking) 및 수화도 측정

주맥 바이오매스의 수화 특성을 평가하고 침지처리에 따른 압착추출특성을 평가하기 위하여 침지온도와

침지시간을 조절하여 시료를 침지처리 하였다. 증류수 4500g에 전건시료 500g을 침지하였으며, 매 10분마다 일정량의 시료를 채취하여 수화도(Hydration Index) 및 압착추출특성을 평가하였다. 채취된 주맥시료를 진공 탈수기기를 적용하여 2분간 탈수하여 주맥 외부에 존재하는 수분을 제거하고, 전건무게 대비 수화된 시료 내 함유된 물의 양의 비를 측정하여 수화도를 평가하였다. 각 시료에서 수화도를 계산한 방법은 다음과 같다.

$$Hi = (Wh - Wo) / Wo \times 100$$

Hi = 수화도 (Hydration index, %)

Wh = 수화 후 시료의 무게

Wo = 수화 전 시료의 전건무게

2.3 용해성분양 측정

본 연구에서는 시료의 열수추출물(Hot water soluble)의 양을 측정하여 그 값으로 용해성분양을 평가하였다. 각 시료들을 건조한 후 분쇄기로 20 mesh를 통과할 정도까지 분쇄한 후, 1g의 시료에 증류수 100 ml를 가하여 100°C의 온도로 1시간 동안 열수추출을 실시하였다. 열수추출 후 잔류된 잔사를 여과지에 거른 후, 증류수로 세척하고 남은 잔사의 전건무게를 측정하였다. 이렇게 얻어진 값으로 전체 시료무게에서 열수추출 시 용해되어 손실된 양의 무게비(%)로 열수추출물의 양을 평가하였다.

2.4 압착추출특성 평가

본 실험을 위해 개발된 실험실용 압착추출분석기 (Mechanical Pressing Analyzer)의 모식도를 Fig.1에 나타내었다. 실제 제지식 판상엽 제조공정에서 적용되는 압착추출공정에서는 스크류프레스가 적용되는데, 스크류프레스 압착추출방식의 가장 큰 특징으로는 시료가 압착될 때 추출액이 압착을 가하는 방향과 접선방향으로 이동한다는 점을 들 수 있다. 기존의 압착추출 분석기의 경우 대부분 케이크 여과이론을 바탕으로 추출액이 압력이 가해지는 방향 즉, 압착방향으로 이동하면서 압착추출이 일어나는 현상을 평가하기 위해 사용되어 왔다.⁶⁻⁹⁾ 본 연구에서 개발된 압착추출분석기의 경우에는 현장공정의 좀더 정확한 모사를 위해 추출액이 스크류프레스와 같이 압착방향의 접선방향으로 이동하도록 제작되었으며, 추출액이 통과하는 실린더 구멍크기도 현장 조건에 따라 조절이 가능하도록 설계되었다. 본 실험에서 압착추출의 표준조건으로 직경 2 mm의 홀을 가진 실린더를 적용하였으며 압력바의 하향속도는 0.5 mm/sec를 표준속도로 정하여 실험을 실시하였다.

스크류프레스에서의 압착추출은 정속방식 즉, 테이퍼형 스크류가 일정속도로 회전하면서 시료를 지속적으로 압착하여 추출이 일어나는 원리로 이루어진다. 따라서 본 실험에서도 일정 압력까지 시료를 정속방식으

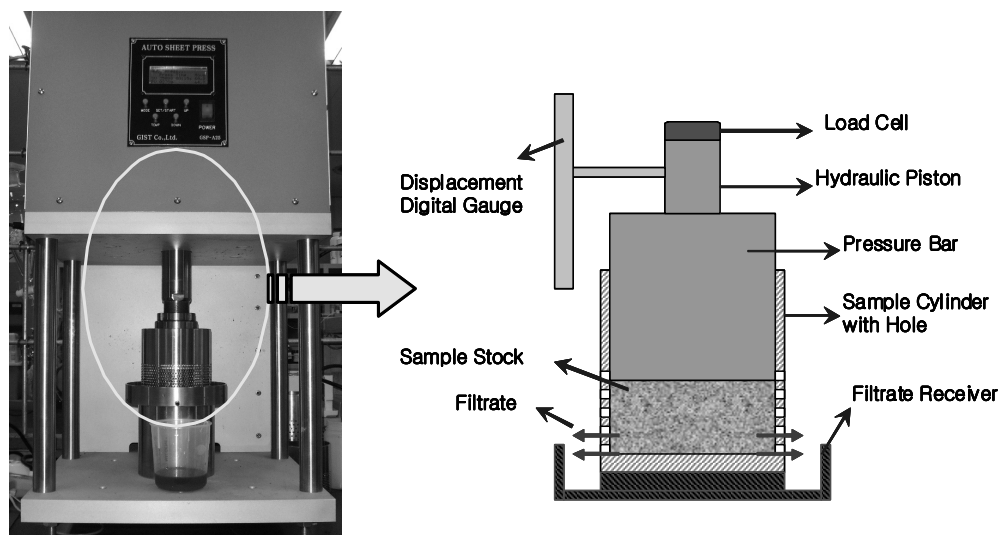


Fig. 1. Laboratory mechanical pressing analyzer.

로 압착하여 압착추출 특성을 평가하였고, 특정 압력 이상에서는 정압방식으로 추출을 진행하여 현장 수준의 고액분리 효율을 얻을 수 있도록 압착과정을 프로그래밍 하였다. 즉, 압착압력이 4345 Pa에 도달하였을 때 30 초간 같은 압력을 유지하도록 하였는데, 실제 정압 모드에서의 압착 시에는 시료 내 추출액이 배출되고 시료의 압축이 일어나면서 실린더내의 압력이 지속적으로 감소하기 때문에 압력계와 연계된 유압장치의 조절을 통하여 압착피스톤을 적절하게 이동시켜 설정 압력을 유지할 수 있도록 기기를 설계하였다. 특히, 이러한 표준 압착추출 방식은 담배 주맥 종류별 압착추출특성 비교 등의 실험에 적용하였다. 각 시료의 압착추출특성은 압착이 진행되면서 발생하는 실린더 부피감소에 따른 시료 내부응력변화와 표준압착추출 후 추출된 시료의 수분량 및 잔류 용해성분량을 측정함으로써 평가되었다.

2.5 Pilot Pulping

현장에서의 주맥 바이오매스의 수화는 물리적인 힘을 가하면서 주맥을 수화시키는 펄퍼를 사용하여 이루어지는데, 본 실험에서는 실험실용 펄퍼를 적용하여 그 영향을 조사, 평가하였다. 온도를 조절할 수 있는 실험실용 펄퍼에 13% 농도, 65°C 온도조건에서 30 rpm의 속도로 펄핑을 진행하며 펄핑시간에 따른 시료의 압착추출 특성 변화를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 침지처리(Soaking)에 의한 영향

침지시간과 침지온도가 황색종 주맥 바이오매스의 수화도에 미치는 영향을 Fig. 2에 나타내었다. 침지시간이 늘어날수록 또 침지온도가 높아질수록 주맥 내로 더 많은 물이 침투하면서 수화도는 증가하는 경향을 보여주었다.

침지시간 및 침지온도 변화에 의해 주맥의 수화도가 달라지고, 이에 따라 실제 주맥 내 잔류하는 용해성분의 양도 영향을 받게 된다. Fig. 3은 각각의 침지조건에서 채취된 주맥 시료내의 열수추출물량, 즉 잔류 용해성분량을 나타내고 있는데 실제 침지처리에 의해 주맥 바이오매스의 수화정도가 높아질수록 용해성분도 비

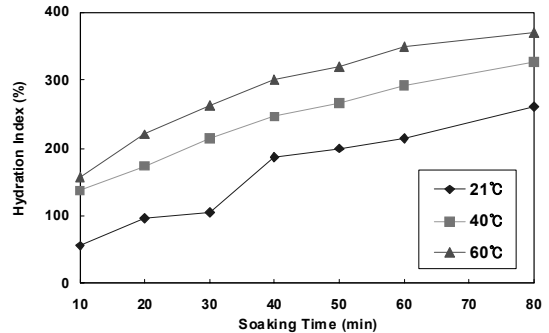


Fig. 2. Effects of soaking time on the hydration Index of HWS in bright tobacco stem.

례적으로 많이 용출되는 것을 알 수 있다. 침지처리 초기에 많은 양의 용해성분이 주맥에서 분리되어 용출되지만 침지시간이 늘어날수록 용출량은 점차 감소하는 경향을 볼 수 있다. 침지온도에 의한 수화도 및 용해성분 용출량은 증가하지만 온도상승에 의한 효과는 침지시간에는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 즉, 각 침지시간 별로 온도별 주맥의 수화도 및 용해성분 용출량의 차이가 일정하게 유지되는 것으로 나타났다.

침지처리에 의해 물이 주맥 내부로 침투하면서 발생하는 주맥 내부 구조의 변화를 알아보기 위해 침지처리 전후의 황색종 주맥 단면을 전자현미경(scanning electronic microscope: SEM)을 사용하여 측정하였다. 수화된 주맥의 경우 단면 측정을 위해 시료를 건조하게 되면, 건조과정 중 다시 조직의 수축이 발생할 수 있기 때문에, 본 실험에서는 주맥을 80분간 수화시킨 후 냉

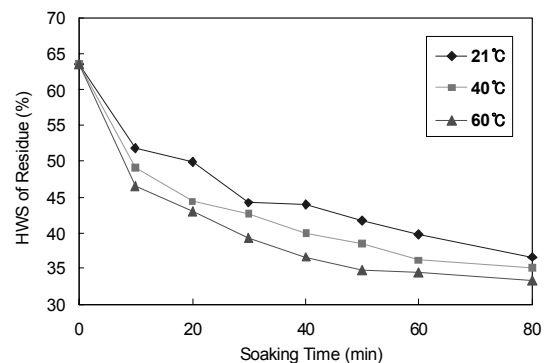


Fig. 3. Effects of soaking time on the amount of HWS in bright tobacco stem after soaking process.

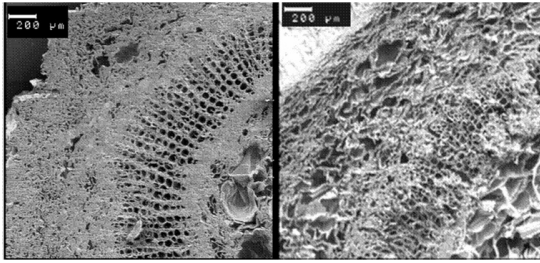


Fig. 4. The cross section of bright tobacco stem before and after soaking.
(a) Before soaking process **(b)** Freezing dried sample after soaking process.

동 건조하여 수화된 주맥의 수축을 최소화하고 그 단면을 평가하였다. Fig. 4에서 나타난 바와 같이 수화전의 치밀한 주맥 조직은 수화됨에 따라 많은 공극이 발생한 느슨한 조직상태로 변화되는 것을 알 수 있다. 결국, 조직내부로 침투한 물에 의해 주맥조직이 팽윤되고 용해 성분들이 용출되면서 조직 내 더 많은 공극이 발생하게 되는 것으로 생각된다. 또한 이렇게 생성된 공극을 따라 더 많은 물이 조직내부로 침투하여 주맥조직과 결합하게 되면서 수화가 진행되는 것으로 생각할 수 있다.

3.2 압착추출에 의한 영향

같은 무게의 황색종 주맥 바이오매스 시료를 일정한 시간 별로 침지시킨 후 실험실용 압착추출분석기를 적용

하여 수화된 주맥의 압착추출특성을 평가하였다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 압착추출분석기의 압착피스톤이 실린더의 아래쪽으로 정속 이동함에 따라 실린더내 시료의 부피는 지속적으로 감소하게 된다. 압착이 진행됨에 따라 상대적으로 실린더 내의 시료 응력, 즉 압착 피스톤이 받는 압력은 점점 커지는 것을 볼 수 있다. 침지시간이 길어질수록 즉, 주맥이 많이 수화될수록 같은 압력에서 압착된 시료 부피가 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 주맥이 수화됨에 따라 조직이 팽윤되고 공극이 많아짐에 따라 더욱 주맥 조직이 유연해지면서 더 쉽게 압축되기 때문인 것으로 생각된다. 특히, 압착이 진행되면서 초기에 실린더내의 압착압력이 급격히 높아지는 시점 즉, 시료가 압축되지 않고 힘을 견디는 구조를 형성하는 시점 역시 시료의 수화도가 낮을수록 빨리 나타나는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과들은 주맥의 수화정도에 따라 실제 주맥 시료의 물리적 특성 즉 압축성 등이 크게 달라지는 것을 보여주고 있으며 실제 수화가 많이 될수록 시료의 압축이 쉽게 발생하는 것을 알 수 있다.

Fig. 6에서 볼 수 있듯이, 주맥 바이오매스의 압축정도는 수화가 많이 진행될수록 더욱 커짐에도 불구하고 압착추출 후 남은 잔류분의 수분함량은 오히려 높아지는 경향이 나타나고 있었다. 이러한 현상은 복합적인 요인에 의해 발생하는 것으로 생각되는데, 실제 수화가 진행됨에 따라 주맥 조직내부로 물이 침투하여 조직내

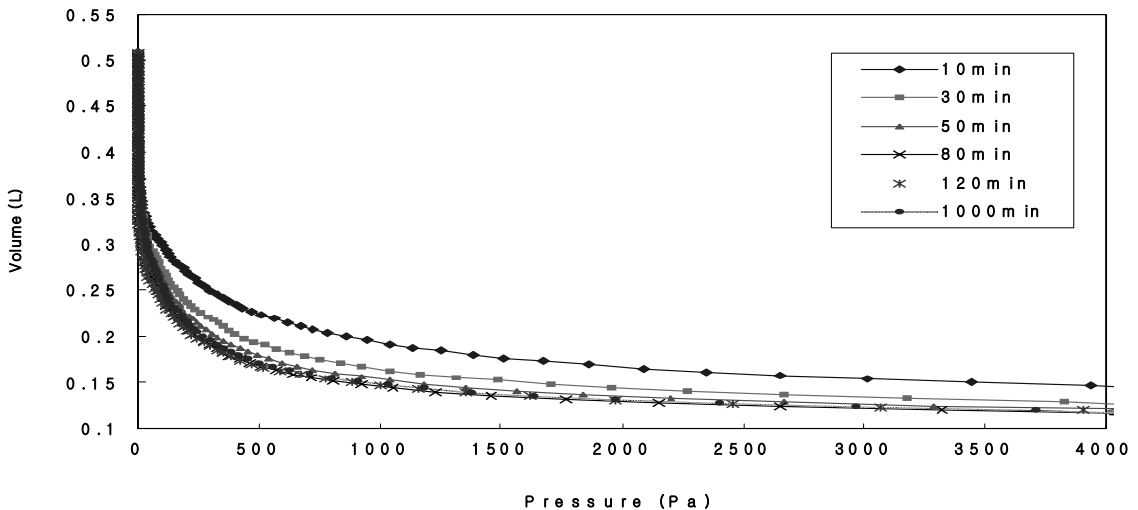


Fig. 5. Effects of soaking time on the extractability of bright tobacco stem.

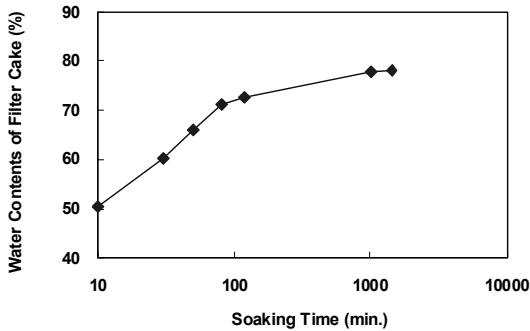


Fig. 6. Effects of soaking time on the water contents of filter cake after mechanical extraction.

의 용해성분을 용출하는 대신, 주맥 조직과 결합하고, 이에 따라 조직의 유연성이 더욱 커지게 되는 것으로 생각된다. 유연성이 커진 주맥은 같은 압력에서 더 치밀하게 압착이 되면서 조직내의 공극이 막히게 됨에 따라 조직내부의 물의 이동이 어려워지고, 그 결과로 조직내부의 물에 의한 수력압(hydraulic pressure)이 높아지면서 실제 압착실린더의 압력이 주맥 조직의 기계적 압착을 통한 추출작용 뿐만 아니라 물의 수력압에 의해 소모되기 때문에 상대적으로 압착추출에 의한 수분함량이 높아지는 결과를 가져오는 것으로 생각된다. 또한 수화작용에 의한 주맥 조직의 팽윤과 내부 공극의 발달은 주맥 조직의 비표면적을 증가시키게 되고 그 결과로 주맥의 보수성(Water retention capacity)이 증가함에 따라서 이동이 제한적인 결합수의 양이 증가함에 따라 발생하는 것으로 생각된다.¹⁰⁾

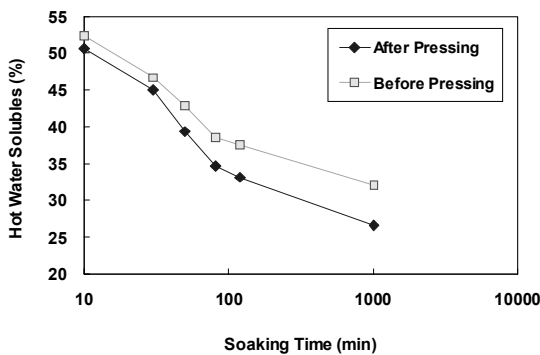


Fig. 7. Effects of mechanical pressing and soaking time on the HWS of filter cake of bright tobacco stems stock.

실제 침지처리와 기계적 압착추출의 복합적인 효과에 의한 주맥 바이오매스 내의 용해성분 분리특성을 평가하기 위하여 침지처리만 실시한 주맥 시료와 침지처리 후 압착추출을 실시한 시료내의 열수추출물 양의 변화를 측정하여 비교하였다. Fig. 7 에서 나타난 바와 같이 압착추출에 의하여 더 많은 추출액이 제거되면서 주맥내의 용해성분은 상대적으로 더 많이 분리되는 것을 볼 수 있고, 이때 추가적인 압착추출에 의해 부가적으로 분리되는 용해성분량은 침지시간이 길어질수록 더 많아지는 경향을 나타내었다. 그러나 용해성분의 분리량을 고려할 때 용해성분의 분리효율은 주로 침지시간 즉, 주맥의 수화정도에 의해 더 크게 영향을 받고 있는 것을 알 수 있다.

3.3 펄핑공정에 의한 주맥 추출특성 변화

두 종류의 담배 바이오매스 주맥을 각각 실험실용 펄퍼를 사용하여 13% 농도, 65°C 온도조건에서 펄핑처리하면서, 각 펄핑시간 별로 시료를 채취하였다. 채취된 시료를 표준 압착추출조건에서 압착추출분석기로 압착한 후 잔류케이크의 수분함량과 용해성분 함량을 측정하여 압착추출특성을 평가하였다.

Fig. 8에서 보이는 바와 같이, 펄핑시간이 증가할수록 압착 후 잔류케이크의 수분함량은 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 경향은 침지시간에 따른 영향을 평가하였을 때와 같은 원인에 의해 발생하는 것으로 생각되고, 실제 용해성분 분리효율 역시 펄핑시간이 증가할수록 즉, 주맥의 수화가 많이 발생할수록 커지는 것을 알

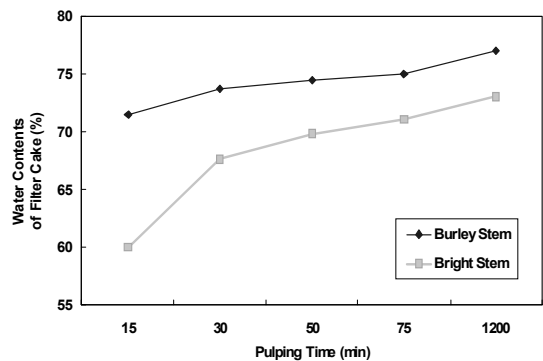


Fig. 8. Water contents of filter cake after mechanical pressing depending on pulping time.

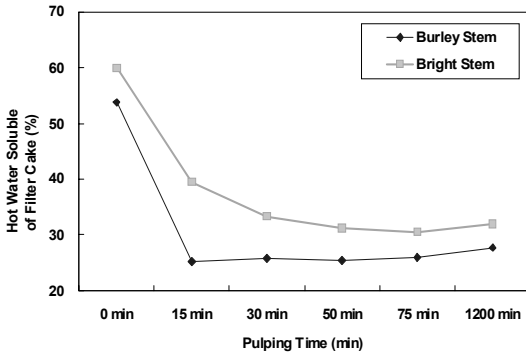


Fig. 9. HWS of filter cake after mechanical pressing depending on the pulping time.

수 있다(Fig. 9). 이러한 결과를 종합해볼 때 주맥내의 용해성분 분리는 수화작용에 의해 주로 이루어지고 실제 압착추출은 그 정도를 다소 향상시키는 역할을 하는 것으로 생각할 수 있다. 수화에 의해 연화되는 주맥 조직특성에 의하여 주맥조직의 과도한 밀착과 조직내부에 스며들어 결합되는 물의 양이 증가됨에 따라 압착 후 수분함량은 펄핑시간이 증가할수록 오히려 커지는 경향을 나타내는 것을 알 수 있다.

담배 종류별 수화 및 펄핑특성을 비교해 볼 때 버어리종 주맥이 황색종 주맥의 경우보다 빠른 수화의 발생으로 인해 상대적으로 더 많은 양의 물이 압착추출 후 잔류 케이크에 존재하는 것을 볼 수 있다. 이것은 버어리종 주맥이 황색종 주맥에 비해 밀도가 낮고 공극이 많은 구조를 가지고 있기 때문으로 생각된다.

빠른 수화특성을 보이는 버어리종 주맥의 경우 용해성분의 분리가 펄핑시간 15분에서 이미 거의 최대로 이루어지고 그 이후 펄핑시간이 증가하여도 용해성분의 분리 정도는 크게 달라지지 않는 것을 알 수 있다. 한편, 황색종 주맥의 경우 펄핑시간 30분까지 지속적으로 용해성분 분리가 증가하는 것을 볼 수 있다. 두 주맥 사이의 용해성분 양을 비교해 볼 때 황색종 주맥이 약 6% 정도 더 많은 용해성분을 포함하고 있는데 2시간 펄핑 후 압착추출한 주맥지료에서도 초기의 6% 정도의 용해성분 차이가 유지되고 있는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 담배 주맥 바이오매스의 용해성분 분

리특성에 영향을 미치는 압착추출특성을 침지조건에 따른 수화특성의 변화와 함께 조사하였다. 실제 현장에서 적용되는 스크류프레스의 물리적 압착방식을 모사한 실험실용 압착추출분석기를 개발하여 압착실험을 표준화하였고, 실험실용 펄퍼를 사용하여 펄핑조건에 따른 영향을 평가하였다.

주맥 바이오매스의 수화는 침지온도 및 침지시간에 크게 영향을 받았으며 침지 시 물의 온도가 높을수록 또 침지시간이 길어질수록 수화가 많이 일어나는 것으로 나타났다. 그러나 실제 수화가 진행될수록 주맥조직내부에 더 많은 양의 물이 침투되어 결합되고, 주맥 조직이 더 쉽게 압착되기 때문에 압착추출 시 주맥 내부 수분의 배출이 어려워짐에 따라서, 압착추출에 의한 고액 분리 정도는 오히려 낮게 나타나는 것을 보여 주었다. 또한 용해성분의 분리는 압착추출에 의한 영향보다는 주맥의 수화정도에 더 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 버어리종 주맥과 황색종 주맥의 압착추출특성을 비교해 본 결과, 버어리종 주맥의 경우에서 더 빠른 수화가 이루어지고 그에 따라 용해성분의 용출도 더 빠르게 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 두 주맥의 내부구조 특성 차이에서 기인한 것으로 생각되었으며, 이러한 실험결과들은 다양한 종류의 주맥 바이오매스를 혼합하여 적용하는 주맥 활용공정에서 다양한 주맥 원료의 배합에 따른 최적 추출공정조건의 도출 등을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 본 연구를 바탕으로 용해성분의 효율적인 분리가 달성되는 경우, 비용해성분인 주맥 섬유분의 초지공정에서 백수 농도의 감소를 가져올 수 있게 됨에 따라, 습부공정 개선으로 인한 에너지 감소와 비용해성분의 지합개선에 의한 품질 개선 및 공정오염 감소로 인한 지절감소 및 생산성 향상 등에도 긍정적인 역할을 할 수 있는 것으로 판단된다.

인용문헌

1. Norman, A. 1999. Cigarette design and materials. in: D.L. Davis, M.T. Nielsen (Eds.), Tobacco: Production, Chemistry and Technology, Blackwell Science Limited, Oxford, UK, 353~387.
2. Baskevitch, N., Use of reconstituted tobacco for cigarette design, 2nd International Tobacco Conference,

- Virginia, p.19~21(1986).
3. Abdallah, F., Recon's new role. TOBACCO REPORTER, No.5, p. 58~61 (2003).
 4. Baskevitch, N., Continuing upward trend in low tar and nicotine cigarettes, Tabak Journal International, No.4., p.45~49 (1981).
 5. Sung, Y. J., Han, Y. L., and Kim, K. S., Evaluations of the extraction process in the recycling of the biological waste, J. Korea TAPPI 38(3): 72-78(2006).
 6. Cho, J.H., Studies of industrial filtration and expression of solid-liquid mixtures under constant pressure(I), J. Korea TAPPI 23(4): 33-39(1991).
 7. Bouzrara, H., and Vorobiev, E., Solid-liquid expression of cellular materials enhanced by pulsed electric field., Chemical Engineering and Processing, 42: 249-257(2003).
 8. Cho, J.H., and Cho, J.W., Study on the expression dehydration by recycling of paper sludge, J. Korea TAPPI 36(4): 77-82(2004).
 9. Yim, S.S., and Song, Y.M., Study on the limit of water content by cake filtration and effective operation in filtration-expression process, Korean Chem. Eng. Res.43(6): 696-703(2005).
 10. Raghavendra, S.N., Swamy, S.R.R., Rastogi, N.K., Raghavarao, K.S.M.S., Kumar, S., and Tharanathan, R.N., Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue, J. of Food Engineering, 72:281-286(2006).