

모시잎의 양분흡수 특성 분석과 가루의 제조공정 개발

김현성·안성주*

전남대학교 바이오에너지공학과

Characterization of Nutrient Uptake Property of Ramie Leaf and Development of Powder Production Process

Hyun-Sung Kim and Sung-Ju Ahn*

Department of Bioenergy Science and Technology, Chonnam National University

**Corresponding author: asjsuse@jnu.ac.kr*

ABSTRACT

Ramie (*Boehmeria nivea* L.) is a well known fiber crop in asian countries, and it also is used as raw material for food. Recently, demand of ramie leaf powder was increased because of its high contents of nutrient. In this study, we investigated the growth and mineral nutrient accumulation of ramie through hydroponics and suggested the new process of fine powder production by low-temperature drying method with jet-mill for high preservation nutrients. In results of hydroponics, concentration series of hoagland nutrient solution affected growth and development and it was decreased at 1/4, 2/4, and 3/4 concentrations. High preservation of the chlorophyll and inorganic nutrients were showed at boiling times within 1 to 3 min only. Moreover, chlorophyll contents in the fine powder produced at 16°C drying condition maintained up to 30% than normal drying condition (25°C). These results suggest that new processing method for raw ramie leaves can enhance quality and nutrient contents in fine powder.

Additional key words: Ramie powder, Processed food, Hydroponics, Chlorophyll contents, Bio-fortification

서 론

세계적으로 바이오산업의 포커스는 자원식물에 대한 경제적 효능가치를 평가하여 보다 다양한 식물 종의 확보에 주력하고 있으며, 이들로부터 신기능성의 식품소재를 분리, 생산하는 체계적인 개발을 시도하고 있다. 또한 우리나라도 경제 성장과 더불어 맛과 건강을 고려한 “웰빙” 식품에 대한 선호도가 높아지

고 있다. 이에 따른 당노와 비만 등의 식습관 관련 질환의 해결안으로 여러 가지 천연소재의 식품들이 각광을 받기 시작하였으며, 높은 무기질 영양소 함량이 강조된 농산물의 판매량이 증가하고 있는 추세이다.

모시는 전통적으로 이용되어온 섬유작물로서 섬유 생산뿐만 아니라, 모시잎 송편과 같은 전통식품으로도 이용되고 있어 모시잎 재배 면적이 꾸준히 증가하고 있지만, 아직도 모시는 단지 섬유작물로 인식되

고 있는 것이 사실이다(Liu 등, 2001). 그러므로 전통적으로 이어온 모싯잎 재배 이용기술의 개발뿐만 아니라, 모싯잎의 특성과 기능성 물질을 효율적으로 보존하는 가공기술의 개발도 필요한 실정이다. 선행연구(이 등, 2009)에 따르면, 모싯잎은 섬유질의 함량이 높으며, 청정한 빛깔을 갖는 특징을 가지고 있고, 항산화 및 항균, 항염증, 항당뇨 등에 관련 물질이 일반 채소에 비해 많으며, 무기질의 경우 칼슘(Ca)과 칼륨(K) 성분이 높아 건강 기능성 식품 소재로 알려져 있다(이 등, 2011; 박 등, 2011; Chen 등, 2014; Nguyen 등, 2015).

모싯잎 전통식품 가공에 있어 식감을 저해하는 모싯잎 특유의 풋내를 제거하기 위해서는 데침과정이 반드시 수반되어야 한다. 한편, 데침 시간이 증가할수록 모시의 고유 영양소 함량은 현저히 감소한다. 모시 분말의 영양소 보존을 확보하기 위하여 최적의 데침 시간 확인 및 무기영양소의 용탈 수준을 확인하는 것은 중요하다. 현재 모싯잎의 가공방식은 세척-데침-탈수-초파-냉동보관-식품가공으로 이어지는 과정으로 구성되어 있으며, 모싯잎송편 또는 모싯잎칼국수의 반죽을 만들 때 냉동저장된 데침모시를 해동하여 혼합에 사용하고 있다. 지속적인 -30°C 냉동저장을 유지하기 위한 설비의 요구와 비용도 상당하며, 비록 탈수공정을 거쳤다고 할지라도 많은 양의 수분을 함유하기 때문에 상대적으로 차지하는 저장공간이 더 필요하다. 또한 데침모시를 즉시 사용하게 될 경우 모시 입자 크기에 비례하여 재료의 혼합 및 반죽에 소모되는 시간과 비용은 증가한다(김, 2010; 이 등, 2010; 황 등, 2014). 이러한 문제점을 해결하기 위하여 작은 입자의 모시분말에 대한 개발이 이루어져야 한다.

일반적인 모시의 무기영양소 흡수량은 파악되었지만, 재배지역의 토양조건 및 비옥도를 고려하지 않은 분석조건이었다. 따라서 토양의 양분수준에 따른 모시의 흡수 양상에 대한 비교분석이 필요하다. 수경재배는 식물의 생장에 필요한 원소를 정확한 농도로 처리할 수 있는 방법 중 하나이며, 식물 품종에 따른 양분흡수 양상을 파악하는데 좋은 방법으로 알려져 있다. 본 연구에서는 모시에 수경재배법을 도입하고, 무기영양소의 농도 수준에 따른 흡수양상을 분석하여 모시의 생장에 필요한 최적 양분조건을 규명하고, 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 아연(Zn) 등의 무기영양소

함량이 특화된 영양강화(bio-fortification) 모시 품종 발굴에 필요한 연구 기반을 확보하고자 한다. 또한 고 품질 모시분말의 지속적인 공급을 위하여 원료의 변성과 영양소 파괴 및 용탈을 방지하는 최적화된 모시 분말 가공공정을 제안하고자 한다.

재료 및 방법

1. 식물재료

식물재료는 영광군에 자생하는 참모시(*Boehmeria nivea* L.)를 사용하였으며, 분쇄공정을 위한 식물재료는 7월부터 8월 사이에 재배된 모싯잎을 수확하여 사용하였다. 수경재배에 사용될 모시는 영광군 범성면 모시재배지에서 뿌리를 포함한 식물 전체를 수확하였다. 채집된 모시는 병해충 방제를 위하여 잎을 제거한 후 뿌리 및 줄기를 1.5% NaOCl 용액에 30분간 교반하여 소독(sterilization)을 실행하였으며, 증류수로 10분간 3회 세척을 하였다. 소독된 모시는 뿌리부위를 7일 동안 증류수에 배양하였으며, 수경재배 실험 조건에 따라 약 7cm 수준의 절편으로 나누어 수경재배액(hoagland solution)에 배양하였다.

2. 모싯잎 데침 및 건조 조건

수확된 모싯잎은 10 kg으로 분배하여 1회 세척을 한 후 약 100°C 열탕에 각각 0, 1, 3, 5, 10분 동안 가열을 하였다. 열탕기에서 가열된 모시는 전동제어식 벨트로 운반되어 약 1분간 세척을 하였으며, 약 2,500 rpm의 탈수기를 사용하여 수분을 제거하였다. 데침 및 탈수가 완료된 모싯잎은 초파기로 분쇄하여 10 kg씩 비닐 합성수지 및 플라스틱 트레이에 포장하여 사용 전까지 약 -32°C 의 온도로 냉동저장하였다. 저장되어 있던, 데침 모싯잎은 해동 후 직사광선을 차단한 상온(25°C) 그리고 저온(16°C)에서 3일간 건조하였다. 광차단 그리고 온도 및 습도 조절을 위해 챔버(HB303-DHL, 한백과학)에서 건조를 하였으며, 12시간 주기로 건조 중인 모시를 재배치하여 건조 효율을 높였다.

3. 모시분말 분쇄공정

데침/탈수가 완료된 모싯잎은 초파기로 분쇄하였

다. 건조가 완료된 모시잎은 고추분쇄기(쇄돌이)로 1차 분쇄하였다. 1차 분쇄 후 롤러밀을 이용하여 압착을 하였으며, 최종 분쇄는 기류식 분쇄기(산각 FNC)를 사용하였다. 기류식 분쇄기는 온도제어를 위해 분쇄챔버에 냉각수 도관을 설치하였다. 온도제어에 따른 기류식 분쇄 후 모시분말의 품질을 비교하기 위해 냉각수 가동 혹은 미가동 상태에서 30분간 동작하여 약 50℃ 수준의 외부 온도가 되도록 준비하였다.

4. 엽록소 함량 분석(Chlorophyll contents analysis)

각 처리조건의 모시분말은 정확한 함량 측정을 위해 동결건조(freezing dry)하였으며, 시료 당 0.1g 씩 정량하여 micro-centrifuge tube(2 mL)에 넣은 후 1 mL의 95% 에탄올을 첨가하였다. 모시분말과 에탄올 혼합물은 80℃ heating block에서 30분간 가열하였으며, 이후 상온에서 5분간 냉각한 후 10,000 rpm으로 3분간 처리한 후 상등액을 추출하였다. 엽록소 A 및 B의 함량은 분광광도계(Libra S60, Biochrome)로 측정하였으며, 다음과 같은 식으로 계산하였다. Chl. A : $(13.36 \times A_{664}) - (5.19 \times A_{648})$; Chl. B : $(27.43A_{648}) - (8.12 \times A_{664})$.

5. 수경재배 및 생육 조사

모시뿌리의 영양변식체의 잔여 양분을 소모하기 위하여 소독된 모시의 뿌리와 줄기를 7일 동안 증류

수에 배양하였다. 그 후 직경 1cm 수준의 뿌리들을 약 7 cm의 절편으로 절단하여 5 L 용량의 수경재배틀에 삽입하였다. 무기영양소 흡수 양상 분석을 위하여 Table 1과 같이 Hoagland 배양액을 조성하였으며, 농도는 각각 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1 배율로 희석하여 처리하였다. 배양액의 교체는 1주일 간격으로 실시하였으며, 배양기간 동안 수포발생기 및 펌프를 이용하여 공기 주입을 실시하였다. 모시가 배양되는 배양실의 광주기는 16h light/8h dark의 주기이며, 온도는 25℃ 그리고 습도는 60% 수준으로 유지하였다. 배양액 농도별 모시잎의 엽장 및 엽폭을 조사하기 위하여 0.25, 0.5, 0.75, 1배율의 Hoagland solution에 2주일 간 배양하며 길이의 변화를 측정하였다. 측정된 잎은 정단 분얼부의 눈(bud)에서 출현한 잎을 대상으로 측정하였다.

6. 유도결합 플라즈마 분광광도계 분석(ICP-OES)

모시잎의 데침 시간 및 수경재배액의 농도에 따른 무기영양소의 함량을 조사하기 위하여 각 처리별 모시분말을 동결건조(freezing dry) 후 0.1 g으로 정량하여 5 mL의 질산을 첨가한 후 65℃ 순환식 건조 오븐에 3일간 가열하였다. 그 후 10 mL의 증류수로 희석하고 여과지로 불순물을 제거하였다. 분해 및 정제된 샘플은 ICP-OES 기기로 K, Ca, Mg, Fe, Na, P, Mn, Zn를 standard로 하여 함량을 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 수경재배시 배양액 농도에 따른 모시의 생장량 조사 및 무기영양소 흡수양상 분석

수경재배에 사용된 모시의 절편은 NaOCl 소독 및 세척(Fig. 1A, 1B)을 하여 균일한 직경과 길이의 절편으로 절단되어(Fig. 1C) 5 L 규모의 수경재배틀에 삽입하였으며(Fig. 1D) 1주일 간격으로 배양액을 교체하고 배양기간 동안 산소공급을 위해 공기주입기를 설치하였다.

수경재배된 모시는 0(증류수), 1/4, 4/2, 4/3, 그리고 1 배율에 따른 농도의 증가에 따라 성장이 순차적으로 높았으며, 증류수에서 재배한 모시의 경우 매우 낮은 수준의 생장을 보였다. 엽장과 엽폭은 고농도의 양액에서 저농도의 순으로 생장의 차이를 보였다(Fig. 2).

배양액 농도 처리별 모시잎 샘플들의 무기영양소

Table 1. Hoagland 배양액의 조성표

Nutrient	Final concentration (mM)
KNO ₃	1.25
Ca(NO ₃) ₂	1.5
MgSO ₄	0.75
KH ₂ PO ₄	0.5
H ₃ BO ₃	0.00005
MnCl ₂	0.00001
ZnSO ₄	0.000002
CuSO ₄	0.0000015
NH ₄ Mo ₇ O ₂₄	0.000000075
Fe-EDTA	0.000074

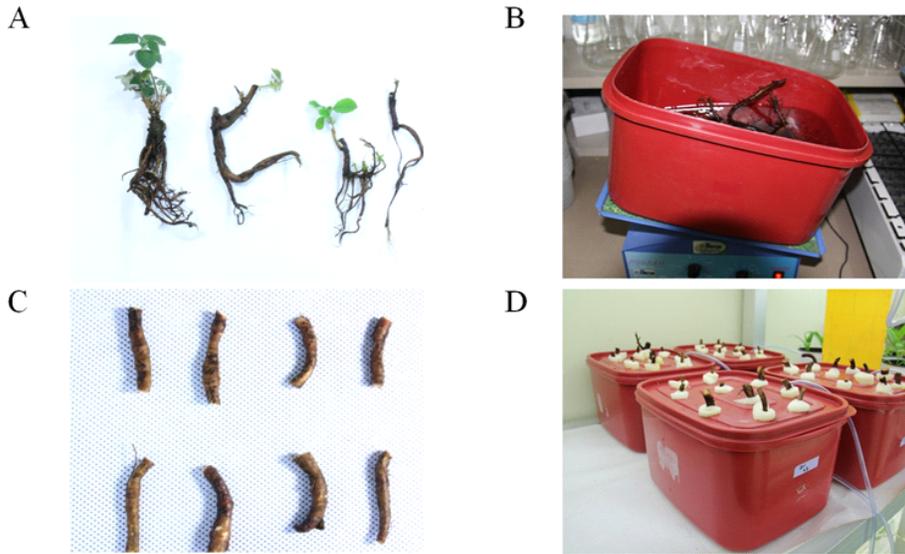


Fig. 1. 모시의 수경재배 과정. 야생형 참모시(A)를 1.5% NaOCl 소독과정(B)을 거쳐 10cm 크기의 절편으로 나눠(C) 수경재배에 설치(D)하였음.

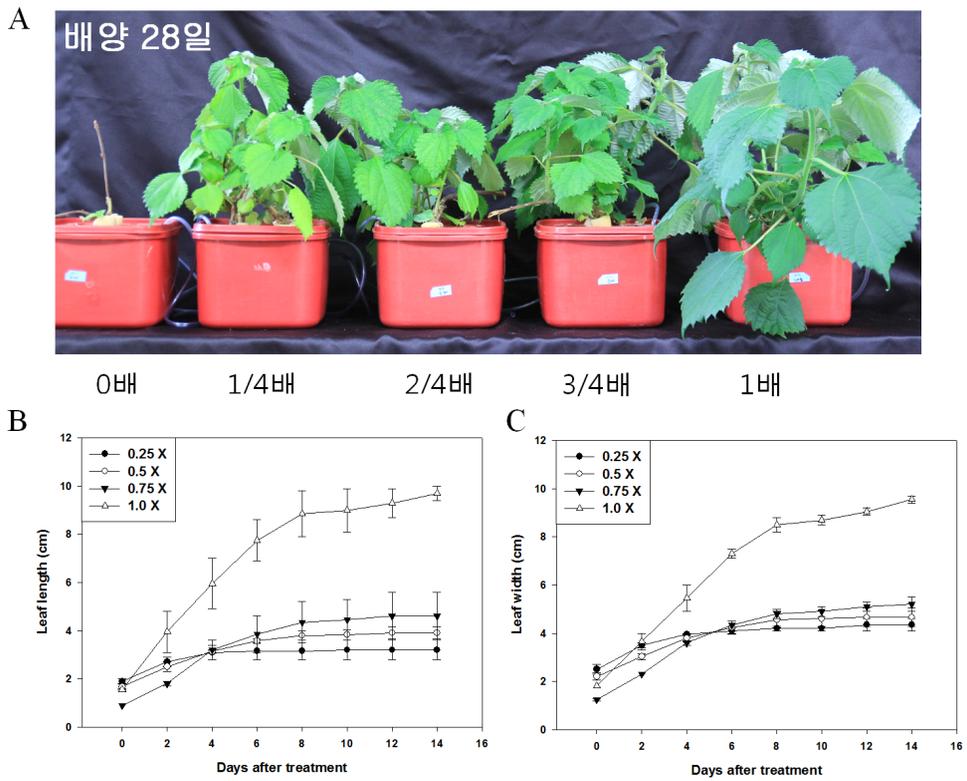


Fig. 2. 배양액 농도 수준별 모시잎의 생육조사(A). 배양액의 농도 별로 모시잎의 길이(B)와 너비(C)를 14일간 측정하였음.

함량을 ICP-OES를 이용하여 측정한 결과, Ca(26), K (16), Mg(5), P(3.8), Na(1.5), Mn(0.9), Fe(0.7), Zn(0.2) 순으로 절대함량이 높았다(단위 : 추출용액의 $\mu\text{g}/\text{mL}$). 특히 Ca, K, Mg, Na 이온의 함량은 1배율에 비해 3/4농도에서부터 75% 수준의 흡수율로 감소하였으며, 배양액의 농도가 더 낮아져도 60% 수준의 이온 농도를 보유했다. Fe 이온의 경우, 증류수 배양(25%)을 제외한 나머지 농도에서 유사한 수준의 이온 농도를 나타냈다. Mn, P, Zn 이온의 경우, 유사한 경향의 이온농도 수준을 보여 주며 특히 3/4 배율 농도의 배양액 수준부터 65%로 흡수율이 하락하였고, 증류수에서 최저인 20% 흡수율을 나타냈다(Fig. 3). 결론적으로, 배양액 농도에 따른 모시의 무기양분 흡수 경향이 비교적 높은 흡수율을 보였던 Ca, K, Mg 이온에서 유사하게 나타나며, 무기양분의 농도가 낮은 토양에서도 많이 흡수하여 유지하려는 경향이 있을 것으로 보인다.

2. 모시잎의 데침조건에 따른 엽록소 및 무기영양소 함량의 변화

모시잎의 데침 시간에 따른 엽록소 및 무기영양소의 함량의 변화를 측정하기 위해 0, 1, 3, 5, 그리고 10분 동안 약 100°C의 가열 온탕에 처리 하였다. 모든 샘플은 데침, 초과분쇄, 16°C 저온건조 처리, 그리고 동결 건조 순서로 처리하였다. 실험결과 데침을 가하지 않은 모시잎의 분말보다 약 10% 수준의 엽록소

A와 B의 감소가 나타났으며, 엽록소 A 함량의 경우 가열시간의 증가에 따른 감소가 일어나지 않았다. 하지만 엽록소 B의 함량은 가열이 계속될수록 더 감소되는 것을 확인하였다. 이러한 결과를 통하여 1~5분 사이의 데침 조건이 적절할 것으로 판단되며, 가열 온탕에 투입되는 모시잎의 양에 따른 물의 비열감소, 그리고 지속적인 가열로 인한 모시잎 고유의 유용물질 파괴를 고려하였을 때 최소 1에서 3분 수준의 데침이 적절할 것이라 판단하였다(Fig. 4).

엽록소함량 측정과 동일한 샘플들에서 ICP-OES 분석을 통해 Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Zn 이온 함량

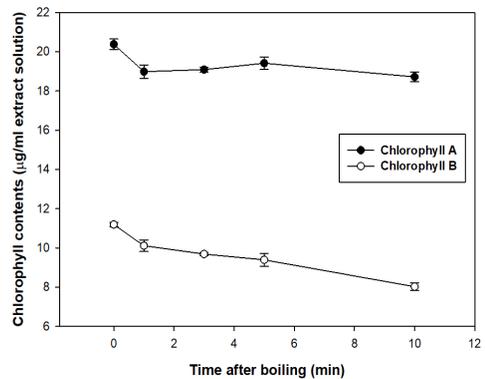


Fig. 4. 데침 조건에 따른 모시잎 분말의 엽록소 함량 변화. 모시잎을 100°C 가열 온탕에서 각각 0, 1, 3, 5, 10분 동안 처리 후 건조하여 엽록소 A 및 B의 함량을 측정함.

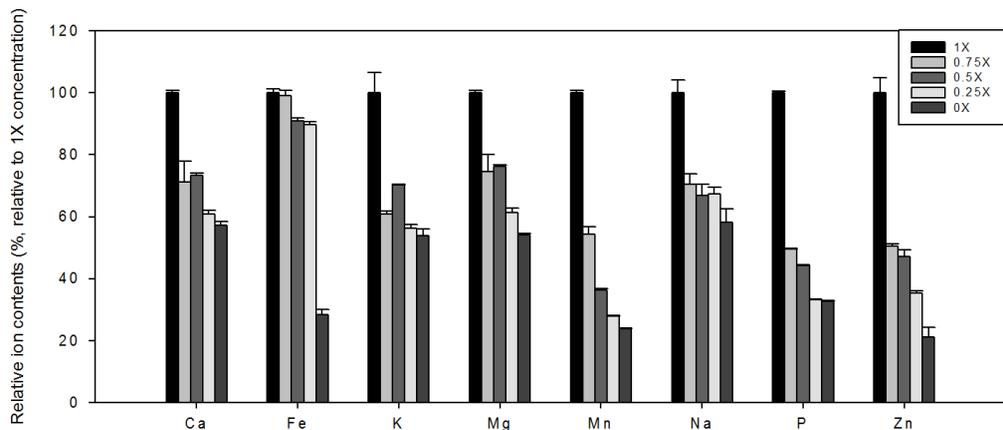


Fig. 3. 배양액 농도 수준별 모시잎의 무기영양소 함량 분석. 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1배율의 배양액 조건에서 성장한 모시잎으로부터 ICP-OES 분석을 실시하였음. Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Zn standard를 기준으로 측정.

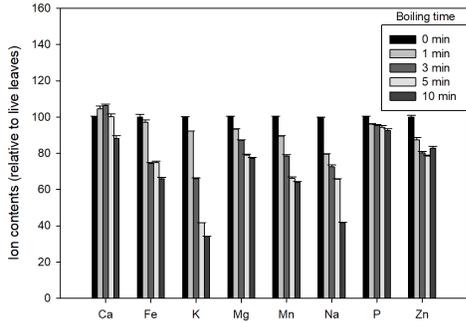


Fig. 5. 모시잎의 데침시간 별 무기영양소의 상대적 함량 변화(n=5)

을 측정된 결과, 생모시잎의 무기영양소를 기준으로 데침 1분 후 Mn과 Na를 제외한 나머지 이온들은 10% 내외의 증감을 보였다. 데침 3분 이후부터 Ca, P, Zn의 함량이 20% 이하로 감소하였으며, 반면 Ca, Mg, Zn는 5분 그리고 10분의 데침에서도 20% 이상의 이온 함량 감소가 일어나지 않았다. 가열에 의한 무기영양소의 감소는 $K > Na > Fe > Mn > Mg > Zn > Ca > P$ 순서로 높았다. 이러한 결과를 토대로 1분간 데침을 하는 조건이 무기영양소 보존에 가장 효율적인 것이라 판단된다. 하지만 세척되어 있는 생 모시잎이 대량으로 열탕에 투입되는 과정에서 온도의 감소가 예상되며, 균일한 데침과 풀내음의 제거를 위하여 1분에서 최대 3분간의 데침 공정이 가장 적절할 것으로 예상된다(Fig. 5).

3. 데침 모시잎의 건조조건에 따른 엽록소 및 무기영양소 함량 변화

모시잎 고유의 녹색과 풍미 그리고 유용물질의 보유를 위해서는 데침 이후의 가열 건조 공정보다 저온공정이 유리하다. 가열에 의한 엽록소의 파괴와 색감 저하 그리고 추가적인 원료 손상을 방지하는 한편, 모시 고유성분들의 보유량을 최대화하기 위하여 약 16°C 수준의 서늘한 온도에서의 건조 조건을 확립하고자 하였다. 분석에 사용된 모시잎은 100°C에서 3분간 데침처리를 하였으며, 각각 25°C 상온 조건과 16°C 저온 조건에서 건조되었다. 각 건조 처리는 온도제어 차광(암상테) 배양기에서 3일간 수행되었다. 각각의 시료들은 정확한 측정을 위해 다시 동결건조하였으며, 정확한 무게를 측정하여 엽록소 A와 B의 함량을 분석하였다.

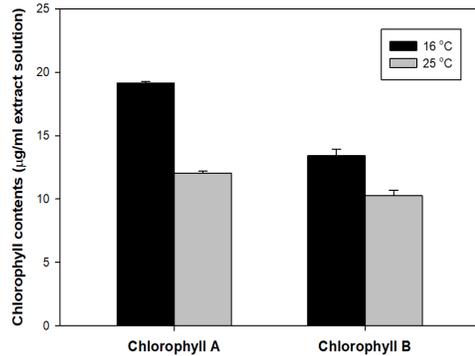


Fig. 6. 건조 온도조건에 따른 엽록소 함량의 비교

각각 저온과 상온에서 건조처리된 모시잎을 기류식으로 분쇄하여 엽록소 A와 B의 함량을 분석한 결과, 상온보다 저온건조에서의 각각 약 40%와 30%의 수준으로 더 높게 보존되었다(Fig. 6). 이 결과를 통하여 저온건조 공정으로 가공된 모시분말의 엽록소 함량이 상온 건조보다 높음을 알 수 있으며, 또한 모시잎 고유의 특성을 더 많이 보존할 수 있을 것으로 판단된다.

무기영양소 함량 분석은 엽록소함량 분석과 동일한 샘플을 동결 건조 후 사용하였다. ICP-OES 분석은 Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, Zn 이온에 대하여 실행하였다. 분석 결과, 16°C 건조 조건에서 Fe, Mn, P 이온의 함량이 약 5% 수준으로 높은 반면, Ca, K, MG, Na, Zn 이온 함량이 25°C 건조 조건에서 10% 더 높게 측정되었다. 전체적인 무기영양소 함량을 살펴볼 때 두 가지 건조 조건에 따라 10% 이내로 이온함량의 차이가 있음을 알 수 있었다(Fig. 7). 이러한 차이는 25°C의 조건이 온도 차이에 의해 더 빠른 건조가 이루어진 점에서

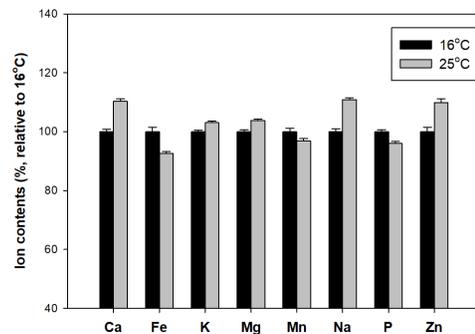


Fig. 7. 데침모시의 건조온도 조건에 따른 무기영양소의 함량 변화

발생한 것으로 판단되며, 통풍조건의 개선으로 무기영양소 보존의 차이를 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

결 론

본 연구를 통해 수정재배를 모시에 도입하는 것에 성공하였고, 배양액의 농도 조절을 통하여 무기영양소의 흡수양상을 분석하였으며, Hoagland 배양액 조성 농도를 기반으로 모시 재배를 위한 최적의 양분조성을 규명하였다. 이러한 결과는 영양강화 모시품종 선발을 위한 비교분석 기법으로 활용될 것이라 기대된다. 또한 모싣잎 고유의 엽록소와 무기영양소를 적절하게 보존하는 데침 및 건조조건과 기류식 분쇄기를 도입하는 모싣잎 분말 가공 체계를 제안하였다. 엽록소 함량의 보유와 무기영양소의 보존은 모두 1~3분 수준의 데침 조건이 적절할 것으로 판단되며, 16℃의 조건에서 저온 건조한 데침 모싣잎의 엽록소 함량이 상온건조보다 약 30% 더 높았으며, 무기영양소 함량의 차이는 10% 내외로 나타났다. 이러한 결과들을 토대로 개발된 데침-건조-분쇄 공정은 고품질 모싣잎분말의 원활한 가공과 공급을 가능하게 할 것이며, 작은 입자의 모싣잎 분말은 면과 제과 등의 다양한 식품에 적용하기에 용이할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 고부가가치 식품개발사업의 지원을 받아 연구되었음(114038-01-1-CG010).

참고문헌

- Chen, Y., Wang, G., Wang, H., Cheng, C., Zang, G., Guo, X., and Liu, R. H. 2014. Phytochemical profiles and antioxidant activities in six species of ramie leaves. PLoS One 9(9):e108140.
- Hwang, S. Y., Oh, K. J., and Kang, K. O. 2014. Study on the quality characteristics of steamed bread using bamboo and lotus leaf powder. Journal of the Korean Society of Food Culture 29(3):298-306.
- Kim, A. R., Kang, S. T., Jeong, E., and Lee, J. J. (2014). Effects of ramie leaf according to drying methods on antioxidant activity and growth inhibitory effects of cancer cells. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 43(5): 682-689.
- Kim, O. (2010). Physiological and quality characteristics of bakery products added with mosi leaf powder. PhD Dissertation. Sejong University.
- Lee, J. J., Park, M. R., Kim, A. R., and Lee, M. Y. (2011). Effects of ramie leaves on improvement of lipid metabolism and antiobesity effect in rats fed a high fat/high cholesterol diet. Korean Journal of Food Science and Technology 43(1): 83-90.
- Lee, Y. J., Woo, K. S., Jeong, H. S., and Kim, W. J. (2010). Quality characteristics of muffins with added Dukeum (pan-fired) Ramie leaf (*Boehmeria nivea*) powder using response surface methodology. Journal of the Korean Society of Food Culture 25(6):810-819.
- Lee, Y. R., Nho, J. W., Hwang, I. G., Kim, W. J., Lee, Y. J., and Jeong, H. S. (2009). Chemical composition and antioxidant activity of ramie leaf (*Boehmeria nivea* L.). Food Science and Biotechnology 18(5):1096-1099.
- Liu, F., Liang, X., Zhang, N., Huang, Y., and Zhang, S. (2001). Effect of growth regulators on yield and fiber quality in ramie (*Boehmeria nivea* (L.) Gaud.), China grass. Field Crops Research 69(1):41-46.
- Nguyen, D. H. D., Tran, P. L., Ha, H. S., Lee, J. S., Hong, W. S., Le, Q. T., Oh, B. C. and Park, S. H. (2015). Presence of β -amylase in ramie leaf and its anti-staling effect on rice cake. Food Science and Biotechnology 24(1):37-40.
- Park, S. S., Kim, S. I., & Sim, K. H. (2011). The quality characteristics and antioxidative activity of sulgidduk supplemented with ramie leaf powder. Korean Journal of Food and Cookery Science 27 (6):763-772.