

에젝터 수류식 수삼세척기의 세척 특성에 관한 연구

나은수 · 송지성 · 백영수 · 강 호* · 유병길** · 장진규***

한국기계연구원 환경설비연구부, *충남대학교, **(주)한소닉, ***한국인삼연초연구소

A Study for Washing Characteristics Using by Ejector Stream Type Ginseng Washing Machine

E.S. Na, C.S. Song, Y.S. Paek, H. Kang*, B.G. Yu** and C.K. Chang***

Department of Environmental facility Engineering, Korea Institute of Machinery & Materials

*Chungnam National University

**Department of R & D, Hnasonic Co.

***Department of Inspection, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute

Abstract

Although washing process is essential for undried ginseng, the conventional machine for agricultural products is not enough to clean and prevent damage because of the complicated structure. This study was done to analyze washing characteristics of ejector stream type ginseng washing machine which developed with plant scale for undried ginseng wash. A little washing effect was shown with respect to the increasing water pressure but the most important variable was washing time in case of 1 kg/cm² water pressure or more. Optimum operating condition of the machine was in the range of submerging time 5~10 minutes, water pressure 1 kg/cm²~2 kg/cm² and washing time 10~20 minutes. In the condition, residue ash was under the criteria and no damage was happened in the washing process.

Key words: ejector stream, ginseng wash, optimum operational condition

서 론

수삼은 자체수분함량이 75~80%인 건조하지 않은 인삼(농수축산 신문, 1999, 2000)을 지칭하므로 모든 수삼은 세척공정을 필히 거친 후 상품화 될 수 있다.

수삼의 세척 공정에서 얼마나 깨끗하게 세척하는가 하는 문제도 중요하지만 기존의 회전식 텀블러 세척기 내에서는 교반 및 이송과정에서 수삼이 꼬여 일부분이 절손이 되는 경우에는 상품의 가치를 상당 부분 상실하기 때문에 세척은 상품의 부가가치를 결정하는 중요한 공정이 되는 것이다. 즉 수삼의 잔뿌리나 표피의 손상 없이 얼마만큼 깨끗하게 세척하는가 하는 문제이다.

본 연구에서는 수조하부에서 공기방울을 토출하여

물을 강제 순화시킴으로써 와류를 발생시켜 세척효과를 극대화시킬 수 있도록(박재복, 1992) 압축공기(5 kg/cm²)를 사용하지 않고 에젝터를 이용함으로써 저압수류에 의한 일정한 부분 진공 효과(植田辰洋, 1982)로 공기와 물의 혼합을 통하여 균일한 세척효과를 얻을 수 있었다.

수삼을 고부가가치 상품으로 만들기 위해서는 미세한 뿌리까지도 손상시키지 않고 깨끗하게 세척하는 작업이 무엇보다도 중요하다. 이러한 세척공정이 수작업에 의존할 경우 개개 수삼에 대한 세척과 확인이 동시에 이루어지는 장점도 있지만 많은 인력이 소요되고 개인의 능력과 작업 환경에 의해서도 그 결과는 크게 다르게 나타날 수 있다. 그러므로 이러한 세척공정을 기계화함으로써 세척 정도에 대한 균일성을 확보할 수 있을 뿐만 아니라 노동 인력 확보와 운영비용 측면에서도 상당한 절감효과를 기대할 수 있다.

현재 국내 홍삼가공공정에서 적용되어지고 있는 세

Corresponding author: En Soo Na, Korea Institute of Machinery & Materials, P.O. box 101, Yusonggu, Daejeon, 305-600, Korea

척기는 대부분 텀블러형으로 드럼 스크린형의 외통 내부에 2~3 kg/cm²의 살수 노즐이 배치되어 있고 교반과 이송을 위한 스크류식 루브레가 장치되어 있다. 투입된 수삼은 통상 직경 1 m 이상의 외통 회전운동에 의해서 30° 부근에서 살수 노즐에 의한 세척수의 세척이 이루어지고 외통의 직경방향 상부 최정점 부근에서는 자유낙하 하면서 루브레 각도에 의한 이송이 이루어지며 이러한 반복적인 세척과 이송을 통해서 세척이 이루어지는 동안 뿌리나 표피가 손상되는 문제점과 복잡한 구조로 인하여 직접 살수식에 의한 세척의 한계점이 발생하게 되었다.

콘베어 이동사육식 세척기의 경우 이면 세척이 불완전하여 수작업으로 마무리하고 있으며 회전 텀블러식 세척기의 경우 각 부분의 손상과 불완전 세척이 문제가 되고 있다(송치성, 2000).

이러한 난제를 극복할 수 있는 수삼세척기를 개발하기 위하여 본 연구에서는 수조 하부에서 공기 방울을 토출하여 물을 강제순환 시킴으로써 와류를 발생시켜 세척효과를 극대화시킬 수 있도록 함에 있어서 압축공기를 사용하지 않고 에젝터를 이용함으로써 저압수류에 의한 균일한 물, 공기 혼합과 아울러 PIV (Particle Image Velocimetry) 유동해석 결과, 최적 와류형성이 가능한 구조물을 설치함으로써 에젝터에서 분출되어지는 세척수와 공기는 세척조 좌우 CCW 와류형성이 이루어지도록 하였다.

즉 PIV 유동해석과 모델 세척기의 실험을 통해서 얻어진 설계 기술을 토대로 설계, 제작된 상용화 규모의 세척기의 성능과 특성을 분석하여 문제점과 해결책을 제시하고자 한다.

실험장치 및 재료

장치 및 실험방법

에젝터를 이용하여 물·공기로 형성된 이류체가 세척조로 유입되었을 때 최적 와류형상을 결정하기 위하여 투명 아크릴로 제작한 PIV 유동계측 실험장치를 이용하여 수류방향과 속도 벡터를 계측하였다. 이때 유량을 세 종류로 변화시켜 각각의 유동패턴을 조사하여 세척기 내부의 에젝터 위치와 W자형 유동판을 개발하였다.

세척기 내부의 이류체에 의한 대칭적인 와류형성으로 수삼의 꼬임현상을 적게 하면서 최적의 세척조건을 결정하기 위해서 모델세척기 실험을 통하여 최적의 노즐직경 10 mm, 노즐장착각도 $\theta_1=0^\circ$, $\theta_2=45^\circ$ 를 정하고 엇갈림 배열을 통한 최적의 수류형성과 아울러

Table 1. Specifications of washing machine

Item	Specific Data
Size	4,000L×1,100W×1,050H
Pump	Volute, 137 m ³ /hr, 3 kg/cm ² Driving Moter 25HP
Ejector	Washing: 34EA Conveying: 12EA
Surge & Distributor	230Φ×1198L
Frame	S/Q Pipe: 50×30×2t
Quality	STS 304
Power	220V×3φ×60 Hz
Control	Batch & Continuous
Treatable Quantity	500 kg/hr

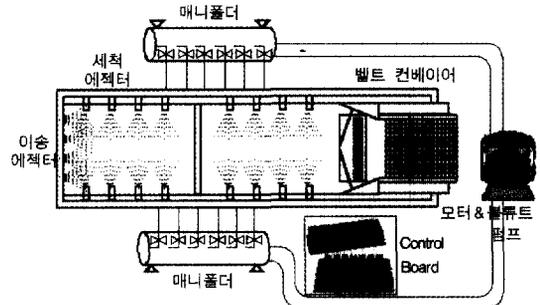


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

스케일업 상수($\delta=6.7$)를 적용하여 개발된 실험장치의 제원은 Table 1과 같다.

Fig. 1의 세척시스템은 압력수 공급단, 압력수 분배단, 세척조로 구성하였다. 압력수 공급단은 직경 12 mm에젝터 48개에 최적의 유량과 유압을 공급하기 위하여 펌프 토출량 2.28 m³/min인 볼류트 펌프와 25마력의 구동모터로 이루어져 있다. 압력수 분배단은 8인치 매니폴더에서 분배되어지며 이송은 세척시간 지정에 의한 마그네틱 밸브의 작동으로 이송수류 에젝터에 수류가 형성되어지면서 시작되어진다.

Fig. 1에 보여지는 세척 시스템을 가동하여 물을 공급하고 에젝터에 의해 공기와 물이 동시 공급되면서 수류가 형성된 상황을 Fig. 2에 나타내었다. 이와 같은 수류를 형성하여 수삼을 세척하고 이동시키게 된다.

최적 세삼 압력의 선결조건은 수삼을 손상시키지 않고 수삼에 부착된 불순물을 최단시간 내 제거시킬 수 있어야 하므로 수압과 분사시간 및 분사거리에 의해서 발생되어질 수 있는 수삼의 표피와 다리의 손상과 세척정도를 판단할 수 있도록 실험장치를 구성하였다. 구성된 실험장치는 Fig. 3과 같다.



Fig. 2. Water stream in washing machine by ejector.



Fig. 3. Water injector set.

이것은 수삼의 고정판과 고압 세척수 분사기로 구성되어 있는데 수삼 고정판에는 고무밴드를 이용하여 고정할 수 있도록 하였으며 수압세척 실험 중에는 위치를 바꿀 수 있도록 하여 밴드에 의한 세척 불가 영역이 발생하지 않도록 하였다.

고압세척수 분사기는 8~12 mm 노즐로 교환하여 사용할 수 있으며 0~18 kg/cm²의 압력범위와 수삼고정판과의 거리가 0~2,000 mm범위로 조절이 가능하도록 하였다.

실험재료 및 조건

실험재료는 4년~6년근 수삼을 사용하였다.

Fig. 3과 같은 고압세척수 분사기를 이용하여 수삼, 거리, 노즐의 직경을 변화시키면서 수삼이 손상되지 않고 세척이 양호한 최적 수압과 시간을 산출하였으며, Fig. 1의 세척시스템에서는 예비 세척조 운용과 아울러 수압, 체류시간을 변화시키면서 세척된 수삼을 샘플링 하여 수삼의 수분, 회분, 산불용성 회분에 대해

서 식품위생법의 식품공정 제 7 일반시험법에 따라 관련 시험 기관에 의뢰하여 분석하였다.

결과 및 고찰

직선 노즐을 이용한 손상 및 세척 실험

본 실험은 에젝터 수류식 세척기의 개발과 운용에 기초 자료로 활용할 직접노즐분사 실험을 통하여 수삼의 손상을 방지할 수 있는 최대 세척압력과 세척정도를 분석하기 위하여 실시하였다. Table 2는 선정된 실험조건과 그 결과를 나타내고 있다.

회분의 변화를 살펴보면 노즐의 직경과 분사거리와의 뚜렷한 관계가 보이지 않는다. 이것은 4년~6년근 수삼 한뿌리의 체적에 한정되기 때문에 직선노즐분사에 의해서 수삼에 작용하는 수압과 수량면에서 별 차이점을 보이지 않는 것이다.

그러나 매 조건마다 수압을 1 kg/cm²부터 5 kg/cm²까지 1 kg/cm² 간격으로 상승시킬 경우 회분과 산불용성 회분은 감소하는 경향을 나타내고 있다.

직선 노즐의 수압에 의한 수삼의 손상은 홍삼품질검사(인삼산업법,1999)에서 천삼·지삼의 판정에 기준이 되는 다리와 표피가 파괴되는 정도를 손상의 기준으로 정하였으며 이는 전문가의 육안 검사에 의해서 결정되었다.

수압 증가시 세척 효과는 증가되나 3 kg/cm² 이상의 수압에서는 Fig. 4와 같이 수 초 이내 표피는 물론 몸통과 다리의 절손이 일어나므로 2 kg/cm² 이하의 수압이 적절한 것으로 나타났다.

회분의 경우 5%이하가 인삼산업법 관련 기준에 부합되나 Table 2에 의한 실험 결과에서 회분제거 성과

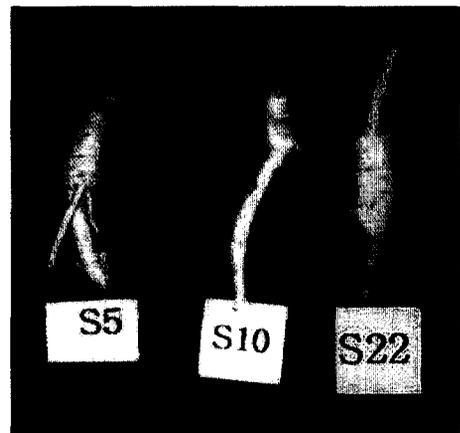


Fig. 4. The picture of damaged ginsengs in pressure 3 kg/cm².

Table 2. Conditions and results of direct nozzle spray test

Conditions				Results	
Nozzle Dia. (mm)	Spray Distance (mm)	Water Pressure (kg/cm ²)	Moisture Contents (%)	Ash (%)	Ash of Non-acid soluble (%)
8	300	1	76.1	7.85	1.51
		2	69.1	7.69	1.65
		3	73.9	6.88	1.05
		4	75.5	6.90	1.46
		5	73.6	5.04	1.39
	600	1	77.1	6.61	1.86
		2	73.9	5.55	1.50
		3	78.7	6.11	0.92
		4	75.5	5.55	1.50
		5	74.0	6.75	1.14
12	300	1	71.3	8.48	1.85
		2	71.3	5.64	1.50
		3	78.7	5.21	1.66
		4	74.8	5.19	1.43
		5	75.2	5.10	1.35
	600	1	73.7	7.05	1.88
		2	73.0	6.93	1.82
		3	70.7	7.08	1.74
		4	76.9	6.85	1.44
		5	77.2	6.95	1.67

는 전반적으로 상당히 미흡한 것으로 나타났다. 특히 1 kg/cm²과 2 kg/cm²에서는 회분이 상대적으로 높게 나타나고 수압에 의해서 파괴가 본격적으로 일어나는 3 kg/cm² 이상에서는 회분함량이 다소 감소하지만 기준치에는 미치지 못했다. 이것은 수삼의 구조상 복잡한 부분에는 수압과 수량이 골고루 미치지 못하기 때문으로 판단되어지며 직선 노즐에 의한 세척시에는 2차적인 수작업이 뒤따라야 된다고 볼 수 있다.

한편 산불용성 회분은 대체로 토양성분 중 규소에 해당되며 인삼산업법에는 특별히 규정되어 있지는 않지만 일반적인 약재의 경우 2%(농림부, 1999)를 그 기준(보건복지부, 2000)으로 하기 때문에 토양성분 제거 능력은 대체적으로 만족할만한 수준으로 볼 수 있다.

에젠텨터식 수류세척

원료수삼을 세척함에 있어서 60분 이상을 침지 시켜서는 안된다(농림부, 1999). 오랜 시간동안 세척을 목적으로 침지할 경우 약용성분이 용출되어질 수 있기 때문에 가급적 회분이 5%미만에 도달할 수 있다면 짧은 시간내에 세척이 이루어짐이 타당하다. 또한 실제 수류 형성에서 본 실험 장치에서 1 kg/cm²의 수압

이 형성된 경우와 비교하여 3 kg/cm²의 수압을 형성하는 경우 5배정도의 동력이 필요하기 때문에 가급적 저압에서 세척이 이루어지게 되면 수삼의 표피나 다리의 손상을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 수압에 의한 약용성분의 용출도 최소화할 수 있으며 동력 소모를 줄일 수 있어 운영비 측면에서도 경제성을 확보할 수 있다.

Fig. 5에서 세척전의 수삼은 세척시간이 0인 경우의 값으로 수치적으로는 회분이 12.09%이고 산불용성 회분은 4.12%로 나타났다. 원료 수삼의 함유율은 10% 정도의 편차가 있는데 이것은 수삼의 채취시기나 성장 토양 등에 의한 차이로 판단되어진다.

에젠텨터 수압 1 kg/cm²인 경우 세척조 내 수삼의 세척시간을 5분부터 30분까지 5분 간격으로 시간변화를 주었을 때 세척 정도를 Fig. 5에 나타내었다. 회분과 산불용성 회분의 잔류정도를 살펴보면 비교적 저압인 수압 1 kg/cm² 경우는 세척조 내에서 20분이상 체류될 때 회분과 산불용성회분의 잔류량은 그 목표치로 볼 수 있는 5%, 2%에 각각 도달할 수 있는 것으로 나타났다.

한편 Fig. 6의 경우에는 체류시간을 30분으로 고정

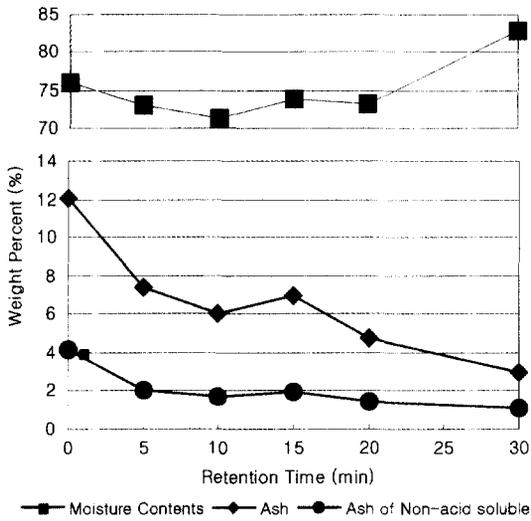


Fig. 5. Plot of mass percentage with respect to retention time in water pressure 1 kg/cm².

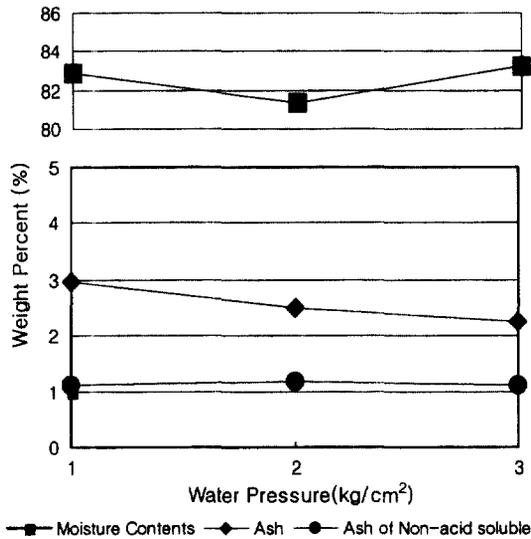


Fig. 6. Plot of mass percentage with respect to water pressure in retention time 30 min.

하고 에젝터 수압을 1 kg/cm², 2 kg/cm², 3 kg/cm²으로 변화시키며 실험하였다. 이와 같은 조건에서는 상당히 우수한 세척능력을 나타내고 있다. 특히 에젝터 수압이 1 kg/cm²인 경우 체류시간 20분인 경우 회분 제거율과 비교하여 체류시간 30분인 경우 체류시간의 증가는 회분제거율을 37.3%로 증가시켰다. 이는 세척 시간이 증가하여 불림 효과를 증진시켜 보다 효율적으로 회분이 제거되어지는 것으로 보여진다. 같은 체류시간 하에서 수압의 증가에 의한 회분과 산불용성 회분의 잔류량은 약간의 개선효과를 나타내지만 측정

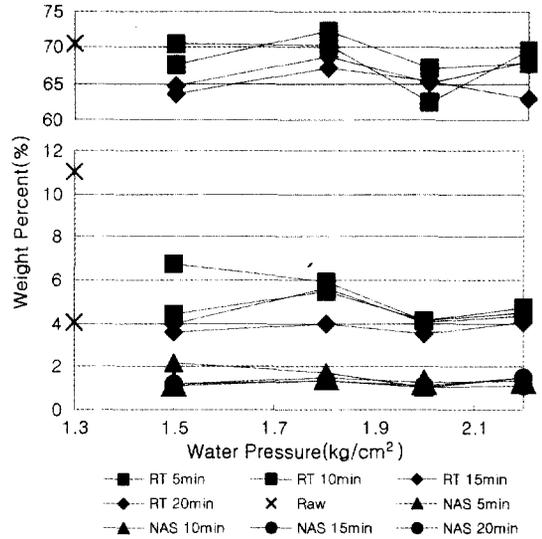


Fig. 7. Plot of mass percentage with respect to water pressure.

에서 발생될 수 있는 오차를 감안한다면 미미하다고 볼 수 있는데 이것은 세척방식으로 제거하기 힘든 회분의 한계점으로 볼 수 있다.

Fig. 7, Fig. 8에서는 1차 실험에서 충분하게 다루어진 1 kg/cm² 범위를 확장하여 특히 에젝터 수압 1 kg/cm² 이상에 대해서 보다 저압이면서 효과적인 수압범위를 찾아내기 위하여 실험수압을 1.5 kg/cm², 1.8 kg/cm², 2.0 kg/cm², 2.2 kg/cm²으로 보다 세부적으로 나누었다.

Fig. 7에서는 상대적으로 저압상태인 에젝터 수압 1.5 kg/cm², 1.8 kg/cm²의 체류시간(RT) 5분과 10분에서 회분이 다소 높게 나타났지만 2.0 kg/cm² 이상의 수압에서는 회분 및 산불용성 회분(NAS) 모두 한계치 이하로 나타났다.

그러나 수압의 수분 변동이 거의 10%수준이므로 측정의뢰한 원료수압의 대표성을 고려해볼 때 특정한 운전조건에서 발생하는 상황에 대한 심층적인 분석 보다는 전체적인 경향 해석이 보다 정확성을 높게 해줄 것으로 판단된다.

Fig. 8에서 보여지는 바와 같이 전체 압력(WP)대에 걸쳐서 체류시간이 경과함에 따라 회분과 산불용성 회분(NAS)이 감소가 이루어지는데 체류시간이 20분인 경우에는 전 수압 범위에서 회분이 5% 이하로 나타났다.

Fig. 9에서는 에젝터 수압 2.0 kg/cm²에서 체류시간을 5분부터 20분까지 5분 간격으로 변화시키면서 Fig. 7, 8과 동일한 실험방법에 부가하여 10분간 예비불림

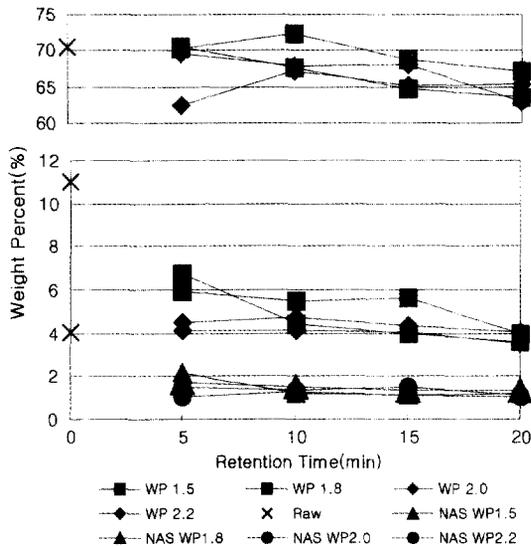


Fig. 8. Plot of mass percentage with respect to retention time.

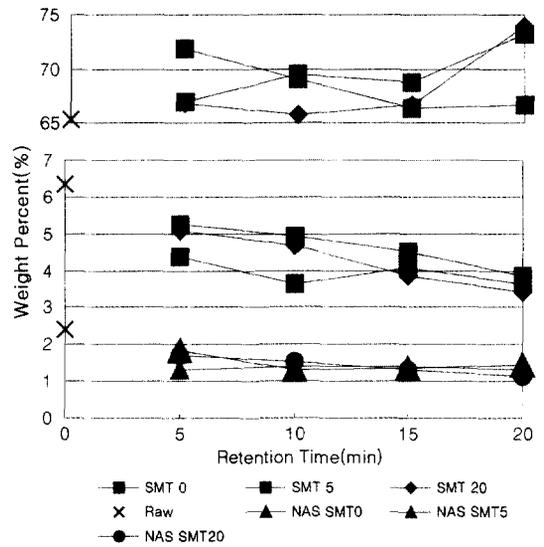


Fig. 10. Washing results of mass percentage for submerging time.

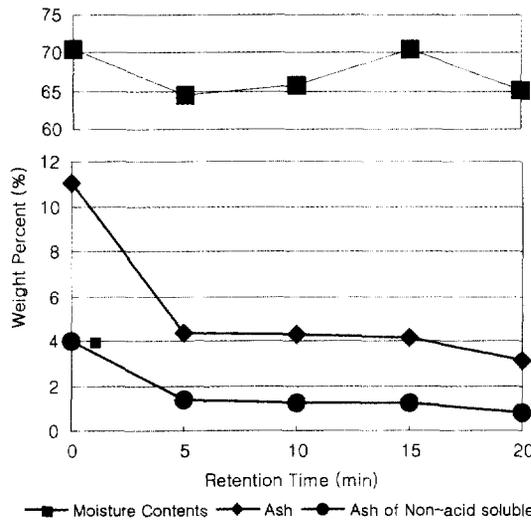


Fig. 9. Washing results with 10 minutes submerging in water pressure 2 kg/cm².

을 함으로써 나타나는 세척효과를 살펴보았다.

5분의 세척시간에서도 회분제거율이 높게 나타났고 20분의 경우에는 Fig 5, 6의 경우와 마찬가지로 세척의 거의 한계점으로 볼 수 있는 회분 3% 수준, 산불용성회분 1% 미만의 수준으로 떨어졌다. 그러므로 예비블림조를 이용한 세척의 방식은 세척효과를 높일 수 있을 뿐만 아니라 2.0 kg/cm² 이하의 저압에서도 우수한 세척효과를 내고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 10에서는 에젝터 수압 2 kg/cm² 수압에서 예비블림을 5분(SMT 5)과 20분(SMT 20)을 시행한 후에

세척시간을 5분부터 20분까지 5분간격으로 세척한 경우와 예비블림 없이 3 kg/cm²의 수압(SMT 0)에서 예비블림의 경우와 동일한 세척시간 간격으로 실험한 결과를 나타내고 있다.

회분은 예비블림시간 5분보다는 20분에서 전체적으로 낮게 나타나고 있지만 실제 회분이 5%이하로 안정적으로 제거되어지기 위해서는 예비블림 시간을 적용하더라도 세척시간 15분 이상, 에젝터 수압 2 kg/cm²로 세척해야 된다고 분석해 볼 수 있다.

에젝터 수압을 3 kg/cm²로 세척한 경우에는 예비블림시간 20분, 에젝터 수압 2 kg/cm²인 경우와 유사한 결과를 나타내지만 운영비와 세척 효율을 고려해 볼 때 에젝터 수류식 세척기를 이용한 수삼세척에서는 에젝터 수압 2 kg/cm², 예비블림 5분, 세척시간 20분이 최적의 운전조건임을 알 수 있다.

결론

수삼은 표피와 다리가 약하며 잔가지가 많은 구조적 특징 때문에 일반적인 근채류 세척기의 수삼세척 적용은 불가능하며 더욱이 6년근 이상일 경우 세척공정에 의해서 부가가치의 상당부분이 결정되어진다.

기존의 이동사육식 및 턴블러식의 문제점을 보완할 수 있도록 개발한 에젝터 수류식은 좌우 대칭 양면과 류와 공기방울에 의한 기술적 특징으로 저압 세척수에서도 우수한 세척효과를 나타내고 있어 수삼세척 공정뿐만 아니라 기타 농산물 세척에도 적용이 가능하

문 헌

다고 보아지며 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 직선 노즐을 이용한 세척시 최적 수압은 2 kg/cm² 이하, 세척시간 2분이하 이지만 회분잔류량은 기준치인 5% 이상으로 나타났다.
2. 에젝트식 수류세척에서는 수압이 상승할수록 미소한 세척효과의 증대 현상이 나타났지만 세척수압 1 kg/cm² 이상에서는 세척시간이 주요 변수로 나타났다.
3. 예비불림조를 운용할 경우 5분~10분의 예비불림과 세척수압 1 kg/cm²~2 kg/cm², 세척시간 10분~20분에서 회분은 기준치 이하로 세척되어지며 수삼의 손상은 거의 일어나지 않았다.

- 농수축산 신문. 1999. 2000. 한국식품연감
 박재복. 1992. 주요 농산물 가공기계 개발에 관한 연구. 한국 식품개발연구원
 植田辰洋. 1982. 氣液二相流. 東京大學校
 송치성. 2000. 인삼 자동세척 시스템 개발에 관한 연구. 한국 기계연구원
 농림부. 2000. 식품위생법의 식품공정 제 7 일반시험법
 보건복지부. 2000. 대한약전[제1부, 제2부]
 농림부. 1999. 인삼산업법