

# 통마늘 세척 시스템 개발

## Development of Washing System for Garlic Bulbs

|         |          |         |
|---------|----------|---------|
| 김종훈*    | 권기현*     | 이충호**   |
| 정회원     | 정회원      | 정회원     |
| J.H.Kim | K.H.Kwen | C.H.Lee |

### 1. 서론

마늘(*Allium sativum* L.)은 독특한 풍미로 옛날부터 우리 식생활에 중요한 향신료로 사용되어지고 있다. 마늘은 백합과(Liliaceae)에 속하는 다년생 채소로서 우리 나라 채소류 중 재배면적으로 볼 때 배추, 무, 고추 다음으로 많이 재배되는 주요 작물이며, 최근 여러가지 약리작용과 항균작용, 항산화 작용 등이 밝혀지면서 생리활성식품으로 널리 이용되고 있다.

우리의 식생활과 밀접한 관계를 가지고 연중 사용되는 마늘은 5월 하순부터 7월 초순에 수확된 후 일정시간 건조된 다음 저장되고 있으나 수확시기, 수확방법, 저장조건과 기후 등 여러 가지 환경의 영향으로 발아, 부패, 냉해 등이 발생하며 저장 중 품질변화가 일어나게 된다. 이와 관련하여 마늘의 저장성 향상을 위하여 환경기체 조절 포장방법, 방사선 조사방법, 냉동저장방법, 예건 처리방법 등 많은 연구가 이루어져 왔다.

마늘이 생산지에서 저장, 출하되는 형태는 크게 두 가지로 통마늘의 줄기를 자르지 않고 50, 100개씩 묶은 접단위 형태와 일정한 길이로 줄기를 자른 후 골판지나 그물망으로 포장한 형태이다. 이들 모두 마늘 수확 후 전처리 공정으로서 세척작업은 이루어지지 않고 있는 실정으로, 상품성 제고 및 저장 중 부패율에 의한 손실에 관한 생산자의 인식 부족과 처리비용에 따른 부담에 기인한 것으로 판단된다. 마늘은 저장 중 부패율로 인한 손실이 큰 것으로 알려져 있는 데, 저장 중 발생하는 병해충은 주로 마른 썩음병을 일으키는 *Fusarium oxysporum*과 푸른 곰팡이병인 *Penicillium hirsutum*이 대표적인 것으로 알려지고 있다.

본 연구에서는 통마늘의 상품성 제고 및 저장 중의 손실감소를 위한 세척공정의 개선을 위하여 세척방법에 따른 세척실험을 통하여 통마늘의 세척 시스템을 개발하고자 하였다.

---

+ 이 연구는 농림기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었음

\* 한국식품개발연구원 특화연구본부

\*\* 전주대학교 기술혁신센터

## 2. 재료 및 방법

통마늘의 적합한 세척 시스템 개발을 위하여 마늘표면에 부착된 흙과 이물을 제거하기 위한 세척방법으로 압축공기를 이용한 세척방법, 수세척 방법, 브러시 형태의 세척방법의 시작기를 제작하여 세척실험을 수행하였다.

### 가. 시작기 제작

#### 1) 압축공기를 이용한 세척 시작기

그림 1은 압축공기를 이용한 세척방법의 실험을 위하여 제작된 시작기이다. 시작기는 마늘 시료 투입구와 배출구와 세척실로 구성되어있다. 마늘 시료는 세척실 내부의 스크류 컨베이어를 통해 이송되며 스크류 컨베이어 내부에 압축공기를 분사하는 노즐을 설치하여 통마늘에 붙어있는 흙이나 이물질을 제거하도록 설계되었다. 압축공기량은 콤프레샤의 배출량에 의하여 조절하였으며, 세척시간의 조절을 위하여 스크류 컨베이어의 회전속도를 제어할 수 있도록 제작하였다.



그림 1. 압축공기를 이용한 세척 시작기

#### 2) 수세척 시작기

통마늘의 수세척은 고압의 물을 분사하여 마늘 표면의 흙이나 이물질을 제거한 후 마늘 표면의 물기와 마늘표면에 남아있는 이물질을 제거하기 위하여 고압의 공기를 분사해주는 2단계 공정으로 계획되었다. 그림 2는 통마늘 수세척 시작기로서 시료를 이송하면서 고압의 물을 분사하여 세척하는 시작기 본체는 압축공기를 이용한 세척기에 세척수를 분사하고 회수, 정제하여 재활용하는 장치를 부착하여 사용하였으며, 1차 수세척 후 마늘 표면의 물기와 마늘표면에 남아있는 이물질을 제거하기 위하여 고압의 공기를 분사하는 2단계 세척장치로 제작되었다.

#### 3) 브러시를 이용한 세척 시작기

그림 3은 브러시를 이용한 통마늘 세척실험을 위하여 제작된 시작기로서 투입구, 배출구, 시료 이송을 위한 컨베이어, 3단 브러시, 세척 후 이물질을 배출하는 집진실, 시료의 이송속

도와 브러시 회전속도 제어를 위한 제어반 등으로 구성되어 있으며 브러시의 높이를 조절하도록 설계되었다. 브러시는 예비실험을 통하여 0.15 mm의 nylon-66의 재질을 사용하였으며 길이는 75 mm로 설계되었고, 시료이송을 위하여 컨베이어의 가이드는 마늘시료의 크기를 고려하여 47 mm로 설계되었다.



그림 2. 수세척 시작기

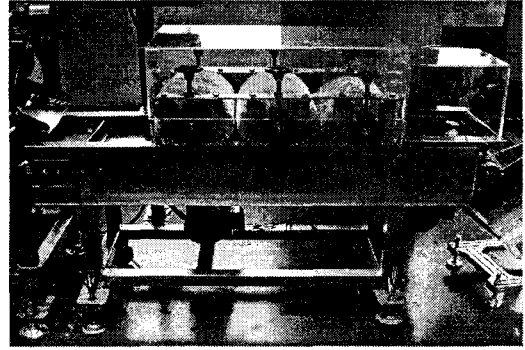


그림 3. 브러시 세척 시작기

#### 나. 실험방법

시작기의 성능실험에서는 세척효과 및 원료투입과 배출이 용이성 및 선별 등 다른 처리 공정과 연계의 적정성 등을 고려하였으며, 세척효과는 세척전후의 중량변화율과 더불어 4단계의 관능평가 및 세척전후의 총균수, 대장균군을 조사하여 미생물 제거효과 등을 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 압축공기를 이용한 세척

압축공기를 이용한 세척실험에서 시료의 세척시간은 통마늘 시료를 이송하는 드럼의 회전속도를 20, 30, 40, 50 rpm로 4단계로 조절하였으며, 압축공기의 분사속도는 10, 20 m/s에서 실험을 수행하였다.

표 1은 압축공기를 이용한 세척실험의 결과를 나타낸 것이다. 압축공기의 분사속도가 10 m/s에서 스크류 컨베이어 회전속도가 20, 30, 40, 50 rpm 일 때 중량변화율은 0.44, 0.77, 1.23, 0.19로 나타났으며, 관능검사 결과에서는 30 rpm에서 세척상태가 가장 좋은 것으로 나타났다. 스크류 컨베이어 속도가 50 rpm의 경우에는 회전속도가 높아짐에 따라 마늘이 이송시 쪼개지는 현상이 나타났다. 압축공기의 분사속도가 20 m/s에서는 스크류 컨베이어 회전속도가 20, 30, 40, 50 rpm 일 때 중량변화율은 0.48, 0.99, 1.73, 0.21로 나타났으며, 관능검사에서는 20, 30 rpm의 경우에 세척상태가 좋은 것으로 나타났다. 20 rpm의 회전속도에서는 세척상태는 좋았으나 통마늘의 껍질이 벗겨지는 현상이 나타나기도 하였다. 압축공기를 이용한 통마늘의 세척방법에서는 압축공기의 분사속도가 20 m/s에서 스크류 컨베이어 회전

속도가 30 rpm의 경우가 가장 세척효과가 좋은 것으로 나타났다.

표 1. 압축공기를 이용한 세척실험 결과

| Conditions         |                                | Weight change rate | Sensory evaluation |      |          |      |
|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|------|----------|------|
| Air velocity (m/s) | Screw c/v rotative speed (rpm) |                    | very good          | good | ordinary | poor |
| 10                 | 20                             | 0.44               |                    |      | ○        |      |
|                    | 30                             | 0.77               |                    | ○    |          |      |
|                    | 40                             | 1.23               |                    |      | ○        |      |
|                    | 50                             | 0.19               |                    |      |          | ○    |
| 20                 | 20                             | 0.48               |                    | ○    |          |      |
|                    | 30                             | 0.99               |                    | ○    |          |      |
|                    | 40                             | 1.73               |                    |      | ○        |      |
|                    | 50                             | 0.21               |                    |      |          | ○    |

#### 나. 수세척

수세척 실험은 1단계의 세척수의 분사량은 일정하게 조절한 후 세척시간을 조절하는 스크류 컨베이어 속도를 20, 30, 40, 50 rpm로 조절하였고, 2단계의 공기 분사속도는 10, 20 m/s로 조절하였다.

수세척 실험결과에서, 스크류 컨베이어 회전속도가 20 rpm, 2차 공기분사 속도가 20 m/s의 경우가 세척효과가 우수한 것으로 나타났다. 이때 중량변화율은 1차 수세척 후는 9.33, 2차 공기분사 세척 후는 8.17로 나타났으며, 2차 중량변화율이 감소한 것은 2차 세척에서 시료표면에 남아있는 세척수가 제거되었기 때문이다. 수세척 방법은 세척효과가 우수한 것으로 나타났으나, 통마늘 시료 껍질의 수분함량 분석결과 세척전에 19.0%에서 1차 수세척 후 77.4%, 2차 공기분사 후에는 31.2%로 2차세척 과정에서 시료 겉표면의 세척수는 대부분 제거되었으나 1차 수세척 과정중의 마늘 껍질에 흡수된 수분을 완전히 제거하지는 못한 것으로 나타났다.

1차 세척실험 결과에서 세척효과는 좋은 것으로 나타났으나 세척 후 마늘 껍질의 함수율이 증가하여 저장시의 부패 등의 문제점이 발생하였다. 2차 수세척 실험은 1차 세척실험에서 문제점으로 나타난 세척 후 껍질의 함수율을 낮추는 방법을 고려하여 수세척 후 건조과정을 보완하였다. 그림 4는 2차 수세척 실험에서 보완한 건조장치로서 수세척 공정 후 마늘 껍질의 증가된 함수량을 낮추기 위한 장치로서, 수세척 된 통마늘이 컨베이어로 이송되면서 컨베이어 상단에 열선을 장착하고 하단에서 브러워로 상단에 유입된 공기가 열선을 통과하여 배출시킴으로서 수세척 후 마늘 껍질의 함수량을 낮추도록 제작되었다.

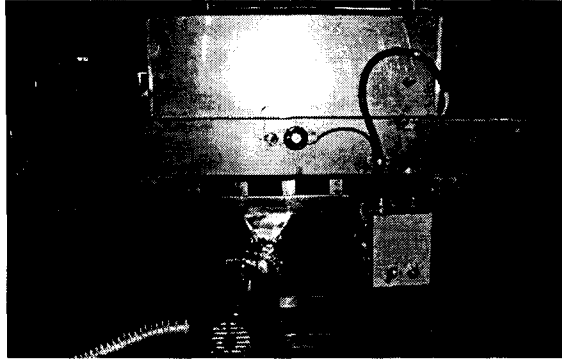


그림 4. 세척 2차 시작기의 수세척 후 건조장치

수세척 방법을 이용한 2차 세척실험에서는 1차 실험결과 세척효과가 좋은 것으로 나타난 수세척 장치 본체의 스크류 컨베이어 속도 30 rpm에서 세척 후 건조장치의 건조기 통과시간이 30, 60, 90, 120 초일 때 세척실험을 수행하였다. 표 2는 수세척 방법의 2차 세척실험 결과를 나타낸 것이다.

표 2. 수세척을 이용한 2차 세척실험 결과

| 처리구         | 수 분 (%) | 총생균수 (CFU/g)       | 대장균군 (CFU/g)       |
|-------------|---------|--------------------|--------------------|
| 세척 전        | 20.17   | $1.20 \times 10^8$ | $2.52 \times 10^7$ |
| 수세척 후       | 73.35   | $1.35 \times 10^7$ | $3.16 \times 10^6$ |
| 건조처리 30 sec | 70.22   | $1.42 \times 10^7$ | $2.42 \times 10^6$ |
| 60 sec      | 58.67   | $1.84 \times 10^7$ | $2.63 \times 10^6$ |
| 90 sec      | 51.10   | $1.49 \times 10^7$ | $1.05 \times 10^6$ |
| 120 sec     | 36.81   | $4.20 \times 10^6$ | $1.25 \times 10^6$ |

마늘 껍질의 총균수는 세척전 시료의 경우에는  $1.20 \times 10^8$  CFU/g, 수세척 후에는  $1.35 \times 10^7$  CFU/g, 수세척 후 건조기의 통과시간이 30, 60, 90, 120 초일 때 각각  $1.42 \times 10^7$  CFU/g,  $1.84 \times 10^7$  CFU/g,  $1.49 \times 10^7$  CFU/g,  $4.20 \times 10^6$  CFU/g으로 나타났으며, 대장균군은 세척전에는  $2.52 \times 10^7$  CFU/g, 수세척 후에는  $3.16 \times 10^6$  CFU/g, 수세척 후 건조기의 통과시간이 30, 60, 90, 120 초일 때 각각  $2.42 \times 10^6$  CFU/g,  $2.63 \times 10^6$  CFU/g,  $1.05 \times 10^6$  CFU/g,  $1.25 \times 10^6$  CFU/g으로 세척효과는 좋은 것으로 나타났다. 마늘 시료 껍질의 수분은 세척전 시료의 경우에는 20.17%, 수세척 후에는 73.35%, 수세척 후 건조기의 통과시간이 30, 60, 90, 120 초일 때 각각 70.22%, 58.67%, 51.10%, 36.81%로 나타났다. 마늘 껍질의 수분함량이 세척전 20.17%에서 수세척 후에는 73.35%로 크게 증가하였고, 수세척 후 건조기를 통과한 후에는

36.81%로 떨어졌으나 세척전 보다는 높게 나타나 저장시 저장성이 떨어질 것으로 판단된다.

수세척 방법을 통마늘 세척공정에 이용시 세척효과는 높은 것으로 나타났으나, 세척 후 세척과정에서 발생한 껍질의 수분을 제거하는 공정이 꼭 필요하다. 현실적으로 세척 후 껍질의 수분을 제거하기 위해서는 세척 후 독립된 건조공정으로 연속식 건조기 등 건조시스템이 필요할 것으로 판단된다.

#### 다. 브러시를 이용한 세척

세척실험결과 마늘 껍질의 총균수는 세척전 시료의 경우에는  $6.73 \times 10^8$  CFU/g에서 세척 후에는  $2.53 \times 10^8$  CFU/g으로 나타났으며, 대장균군은 세척전에는  $3.47 \times 10^8$  CFU/g에서 세척 후에는  $1.02 \times 10^8$  CFU/g으로 나타났다. 이와 같이 브러시를 이용한 세척 후의 마늘시료의 총균수 및 대장균군은 다소 감소하였으나 세척 전후의 유의적인 차이가 나타나지는 않았다. 즉 브러시를 이용한 세척방법의 한 공정으로서 통마늘의 미생물 제거효과를 기대하기는 어려운 것으로 나타났으며, 브러시를 이용한 세척방법은 기타 미생물 제거효과가 있는 세척방법과 연계하여 세척공정에 사용한다면 마늘에 붙어있는 이물질제거 및 마늘시료의 외관 등 상품성 향상에 기여할 것으로 판단되었다.

따라서 본 실험에서는 압축공기를 이용한 세척방법과 연계하여 압축공기를 이용한 세척 후 브러시를 이용한 세척으로 마늘이 2단계 세척실험을 수행하였다. 실험결과 마늘 껍질의 총균수는 세척전 시료의  $3.16 \times 10^8$  CFU/g에서 세척 후에는  $2.62 \times 10^6$  CFU/g으로 나타났으며, 대장균군은 세척전에는  $6.85 \times 10^8$  CFU/g에서 세척 후에는  $1.23 \times 10^7$  CFU/g으로 감소하여 세척 전후의 미생물 제거효과가 나타났으며, 세척 후 시료 외관의 관능평가에서도 좋은 결과를 나타내었다. 세척 전후의 마늘시료 껍질의 수분함량의 분석결과에서 수분함량은 세척전후에 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

#### 라. 통마늘 세척 시스템

통마늘 세척 시스템은 세척방법에 따른 세척실험을 결과를 토대로 개발되었으며, 통마늘 세척 시스템의 세척작업은 크게 마늘 외피의 수분조절 공정, 압축공기를 이용한 1차 세척공정, 브러시를 이용한 2차 세척공정으로 설계하였다. 마늘 외피의 수분조절 공정은 수확된 마늘의 외피를 일정 수분함량으로 조절하기 위한 공정으로서, 수확 후 다양한 시료개체의 수분함량으로 조절함으로써 일정한 세척처리 효과 및 예건 처리효과를 위하여 계획하였다. 압축공기를 이용한 1차 세척공정은 압축공기를 이용하여 마늘표면에 부착된 흙과 이물을 제거하기 위한 공정이며, 브러시를 이용한 2차 세척공정은 압축공기를 이용한 1차 세척공정 후 세척효과 증대와 함께 마늘 시료의 외관을 향상시키기 위한 세척작업의 마무리 공정이다.

그림 5는 본 연구에서 설계·제작된 통마늘 세척시스템으로서 마늘 외피의 수분조절 장치, 압축공기를 이용한 세척장치, 브러시를 이용한 세척장치로 구성되어 있으며, 세척 시스템의 처리용량은 원료 마늘시료 기준으로 150~250 kg/h이다.

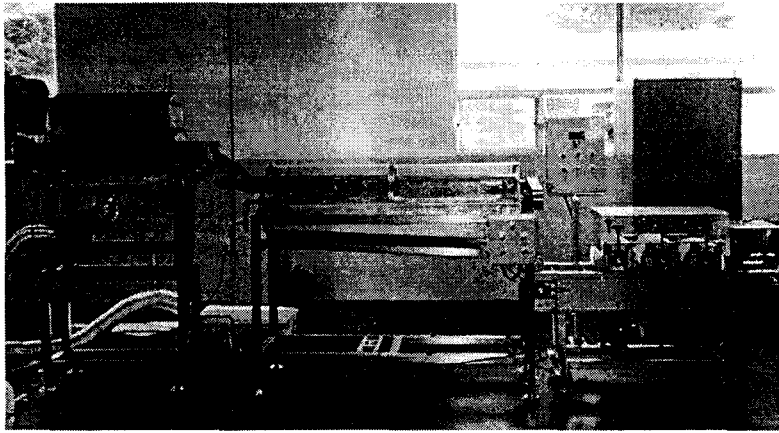


그림 5. 통마늘 세척 시스템

통마늘 세척 시스템의 단계별 세척실험 결과에서 마늘 외피의 수분은 세척 전 54.9%에서 외피 수분조절 후 31.8%, 압축공기 세척 후 25.5%, 브러시 세척 후 26.2%로 마늘 외피 수분조절 공정에서 수분을 감소시켰다. 총균수는 세척 전  $6.85 \times 10^8$  CFU/g에서 외피 수분조절 후  $4.15 \times 10^7$  CFU/g, 압축공기 세척 후  $2.55 \times 10^6$  CFU/g, 브러시 세척 후  $3.72 \times 10^6$  CFU/g로 나타났으며, 대장균군은 세척 전  $3.16 \times 10^8$  CFU/g에서 외피 수분조절 후  $2.16 \times 10^7$  CFU/g, 압축공기 세척 후  $1.02 \times 10^6$  CFU/g, 브러시 세척 후  $1.23 \times 10^6$  CFU/g로 나타났다. 즉 세척공정에서 외피 수분조절, 압축공기를 이용한 1차 세척에서 미생물이 감소되는 것으로 나타났으며, 브러시를 이용한 2차 세척은 세척공정의 마무리 작업으로서 미생물 감소의 세척효과 보다는 마늘의 외관의 향상에 기여하는 것을 알 수 있다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 통마늘의 상품성 제고 및 저장 중의 손실감소를 위한 세척공정의 개선을 위하여 세척방법에 따른 세척실험을 통하여 통마늘의 세척 시스템을 개발하고자 하였다. 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 압축공기의 분사속도가 20 m/s에서 스크류 컨베이어 회전속도가 30 rpm의 경우가 가장 세척효과가 좋은 것으로 나타났다.
- 2) 수세척 방법을 통마늘 세척공정에 이용시 세척효과는 높은 것으로 나타났으나, 세척 후 세척과정에서 발생한 껍질의 수분을 제거하는 공정이 꼭 필요하다. 현실적으로 세척 후 껍질의 수분을 제거하기 위해서는 세척 후 독립된 건조공정으로 연속식 건조기 등 건조시스템이 필요할 것으로 판단되었다.
- 3) 통마늘 세척 시스템은 세척방법에 따른 세척실험을 결과를 토대로 개발되었다. 개발된 통마늘 세척시스템은 마늘 외피의 수분조절 장치, 압축공기를 이용한 세척장치, 브러시를 이용한 세척장치로 구성되어 있으며, 세척 시스템의 처리용량은 원료 마늘시료 기준으로

150~250 kg/h이다. 성능실험결과, 외피 수분조절, 압축공기를 이용한 1차 세척에서 미생물이 감소되는 것으로 나타났으며, 브러시를 이용한 2차 세척은 세척공정의 마무리 작업으로서 마늘의 외관의 향상에 기여하는 것으로 나타났다.

## 5. 참고문헌

1. Haard, N. F and D. K. Salunkhe. 1975. Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables. AVI, Westport, CT.
2. Kamanna, V.S. and Chandrasekhara, N. (1983) Biochemical and physiological effects of garlic(*Allium sativum* Linn.). J. Scient. Ind. Res., 42, 353-357.
3. Kim, J. H., S. K. Jeong and Y. H. Bae. 2002. Development of Preprocessing, Sorting, and Packing System for Garlic Bulbs. MAF Research Paper GA0287-0216:123-138. (In Korean)
4. Kwon, J. H., Chung, H. W., Lee, J. E. and Park, N. Y. (1999) Effect of storage conditions on the quality stability of garlic bulbs. Korean. J. Postharvest Sci. Technol., 6(2), 137-142. (In Korean)
5. Park, M. H., Kim, J. P. and Shin, D.H. (1988) Studies on the optical conditions for storage of fresh garlic bulbs. Korean J. Food Sci, Technol., 20(2), 213-217. (In Korean)