

회전 원추형 마늘 쪽분리기 개발에 관한 연구 (II) - 원추 간극의 영향 -

이종수 김기복

Development of Rotating Cone Type Garlic Clove Separator (II) - Effect by Clearance between Inner and Outer Frustum -

J. S. Lee K. B. Kim

Abstract

The purpose of this study is to find optimal conditions for various outlet clearances of prototype garlic clove separator with a rotating cone in the constant inlet clearance and cone height. Optimal outlet clearance from medium to small size garlics was 25 mm at the range of 200~400 rpm. For large garlic, optimal outlet clearances of Namdo and Uiseong garlic were 34 mm and 37 mm, respectively, in the range of 300~400 rpm. The proportion of garlic separation was over 95% for all quality of garlics. The proportions of damaged garlics at 25 mm and 28 mm outlet clearances were below 5% and below 10%, respectively. Therefore, in order to maintain high performance of garlic separation for the various varieties and qualities, the rotating cone type separator should be designed with cone speed ranges of 200~400 rpm and the outlet clearance ranges of 25~37 mm. The outlet clearance of the separator should be easily controlled within those ranges.

Keywords : Garlic clove separator, Outlet clearance, Proportion of fragment garlic separated, Proportion of damaged garlic, Rotating cone

1. 서론

마늘을 양념용 깎마늘 또는 종자용 마늘로 사용하려면 반드시 통마늘을 쪽마늘로 분리하는 쪽분리 작업이 필요하다. 종자용 마늘이나 식품용으로 소비유통되는 깎마늘은 마늘의 쪽분리 작업 과정에서 마늘의 물리적인 손상이 발생할 수 있다. 이러한 손상된 종자마늘은 파종 후 포장에서 발아가 되기 전에 부패하거나, 깎마늘의 경우는 유통과정에서 부패되어 상품의 가치가 크게 낮아질 수 있다.

따라서 통마늘을 쪽마늘로 가공이 가능하면서 손상이 최소화되는 마늘쪽분리 공정의 개발과 최적 조건의 구명이 필요

하다. 마늘의 쪽분리 방법은 건식의 다단 롤러를 이용한 마찰식이나 압축 공기를 이용한 방법이 있으며, 습식 방법으로는 물에 불린 마늘을 고압노즐을 이용한 수분사 방법이 응용되고 있다(백성기, 2003).

본 연구에서는 쪽분리율을 높이고 마늘의 손상율을 최소화하는 방법으로 회전원추를 이용하는 마늘 쪽분리 방법을 개발하였다. 회전원추를 이용한 마늘 쪽분리 방법은 원뿔의 상부를 밑면에 평행으로 잘라낸 절두체 형식의 외측 원추는 고정되어 있고, 내부 원추는 회전하는 형식이다. 이 때 원추상부에 투입된 마늘은 비틀림 작용을 이용하여 통마늘이 쪽마늘로 분리되며, 분리된 쪽마늘은 하부 배출부로 나선 이동에

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D Promotion Center (ARPC). The article was submitted for publication in February 2007, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in April 2007. The authors are Jong Su Lee, Assistant Professor, KSAM member, Kundong University, Andong, Korea, and Ki Bok Kim, Researcher, KSAM member, Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon, Korea. Corresponding author: J. S. Lee, Assistant Professor, Dept. of Mechanical Engineering, Kundong University, Andong, 760-833, Korea; Fax: +82-54-822-7709; E-mail: <jong1708@hanmail.net>.

의하여 낙하하는 원리이다. 회전원추형 마늘쪽분 작업 공정의 개발을 위하여 원추의 배출부 간극이 일정한 조건에서 원추의 회전속도, 마늘 투입속도, 투입구 간극 그리고 원추의 높이 변화에 대한 최적 조건을 구명한 바 있으며, 금번 연구는 기존의 연구결과를 근거로 하여 회전 원추 원리에서 배출부의 간극 변화에 따른 최적 조건의 마늘쪽분리 인자를 구명하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

난지형인 남도마늘과 한지형인 의성 마늘을 각각 공시재료로 하여 회전원추의 배출부 간극 변화에 따른 쪽분리 성능분석 실험에 사용하였다. 이러한 공시 마늘은 실험에 사용하기 전에 충분히 천일 건조하였으며, 기하학적 형상과 크기에 따라 대, 중, 소로 구분 된다. 본 실험에서는 표 1과 같이 마늘의 크기에 의하여 대 중 소 품질로 구분 선별하여 실증실험에 사용하였다.

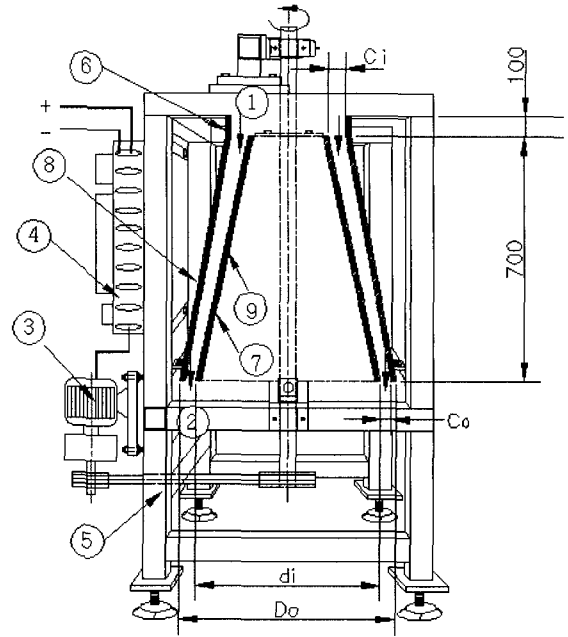
Table 1 Grades of garlic sample with its diameter (unit: cm)

Size	Large	Medium	Small
Uiseong	4.0~5.0	3.0~4.0	2.0~3.0
Namdo	4.5~5.5	4.0~4.5	3.5~4.0

나. 실험 장치

회전원추 원리를 이용하는 마늘쪽분리 작업에서 마늘쪽분리 성능과 작업공정에서 마늘의 손상이 발생하는 가장 중요한 변수가 통마늘이 투입되어 쪽분리 후 배출되는 내외측 원추의 배출부 간극이다. 이러한 회전 원추의 투입부와 배출부 간극 변화에 따른 마늘쪽분리 성능 평가를 위한 실험 장치는 그림 1과 같다.

그림의 실험장치에서 모터③과 구동축이 직절두형의 내원추⑦을 구동하며, 반면에 외원추⑧는 프레임⑤에 고정되어 있다. 이 때 내측의 회전원추는 V-S 모터 제어반④의 조절에 의하여 회전 속도가 150~1500 rpm으로 변속된다. 또한 배출부 간극을 변화하기 위하여 외측원추 ⑧은 5종류의 크기별로 교체 탈부착에 의하여 배출부 간극을 변경하였다. 또한 내측의 회전원추의 외측면과 외측 고정원추의 내측면에는 쇼어 경도 35, 두께 15 mm의 충격 흡수용 발포 고무⑨를 부착하여 쪽분리 작업시 마늘의 손상을 극소화하도록 하였다. 투입 가이드⑥를 통하여 투입부에 마늘이 투입되면 내외 원추의



① Inlet ② Outlet ③ VS motor ④ VS motor control panel ⑤ Frame ⑥ Inlet guide ⑦ Rotating inner cone ⑧ Fixed outer cone ⑨ Shock absorbing rubber

Fig. 1 Schematic diagram for the prototype of a rotating cone type garlic separator.

상부 간격은 투입되는 마늘크기를 갖는 구폭에 해당하고, 하부 간격은 쪽분리된 마늘의 크기에 해당하는 폭과 높이 정도의 간격을 갖는 배출부이다.

본 연구에서는 기존의 연구결과(Lee 등, 2001)에 의하여 마늘의 폭과 높이를 감안하여 그림 1과 같이 원추높이 700 mm, 투입부의 내원추와 외원추의 직경은 일정하기 때문에 투입부 간극은 55 mm로 일정하게 하였다. 반면에 배출부의 고정 외원추 직경은 5종류로 하여 배출부의 간극을 표 2와 같이 설계하였다.

Table 2 Specification of clearance (unit: mm)

Clearance of outlet	Diameter of fixed outer cone
25	580
28	586
31	592
34	598
37	604

다. 실험 방법

원추의 밀면과 윗면이 평행한 형식의 내측 회전원추와 외측 고정원추가 한쌍으로 작용하는 회전 원추의 원리를 이용한 마늘 쪽분리 작업에서 쪽분리율이 높고, 마늘의 손상을 최

소화하는 중요한 설계 조건이 회전 원추의 투입부와 배출부의 간극을 결정하는 것이다. 따라서 쪽분리 작업 효율을 최대화할 수 있는 배출부 간극설계를 위하여 표 3에서 보는 바와 같은 요인별 실험 변수에 대하여 실험을 수행하였다.

그림 1과 같은 실증실험 장치에서 실증실험을 통하여 구명된 바와 같이 원추의 회전속도는 저속보다는 높은 속도에서 분리 성능이 높으므로 원추속도 범위는 200, 300, 400 rpm으로 하였다. 또한 회전 원추에 투입되는 마늘의 분당 투입속도는 80~140 [bulb/min] 조건으로 하였다. 이 때 배출부의 간격은 최소 25 mm에서 37 mm까지 3 mm간격으로 5종류의 외원추를 설계제작하여 각 조건별 교체방법으로 요인실험에 사용하였다. 실제 실험에서는 난지형과 한지형의 품종에 대하여 대, 중, 소 크기로 구분하여 요인 실험을 수행하였으며, 마늘의 품종별 품질에 따른 배출부의 최적 간극 조건을 구명하였다.

Table 3 Experimental design

Item	Treatment
Variety	Namdo, Uiseong
Size	Large, Medium, Small
Rotating speed of inner cone [rpm]	200, 300, 400
Feed rate of garlic [bulb/min]	80, 100, 120, 140
Clearance of outlet [mm]	25, 28, 31, 34, 37

3. 결과 및 고찰

마늘의 쪽분리 작업 성능은 투입된 통마늘이 손상없이 완전히 쪽분리된다면 완벽한 작업효과를 갖는다. 그러나 실제 작업과정에서 마늘의 품종과 품질에 따라 그리고 작업기의 조건에 따라 쪽분리 결과는 예측하기가 어렵다. 실제 실증실험에 의하면 통마늘이 쪽분리되는 결과는 1쪽 또는 2쪽으로 드물게는 3쪽으로 분리되거나 쪽분리된 인편이 외견상으로 볼 때 이물거나 깨어지는 손상된 상태로 분리가 된다. 따라서 회전원추원리에서 쪽분리 성능에 가장 중요한 인자인 배출부 간극에 따른 마늘의 쪽분리 성능결과를 다음과 같이 정의된 1쪽분리율과 손상율로 평가하였다.

$$1\text{쪽 분리율}(\%) = \frac{\text{분리된 1쪽 마늘의 갯수}}{\text{투입 마늘의 전체 쪽수}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{손상율}(\%) = \frac{\text{손상된 마늘의 쪽수}}{\text{투입 마늘의 전체 쪽수}} \times 100 \quad (2)$$

로 정의 한다.

그림 2(a), (b)는 배출부 간극 변화에 따른 마늘의 쪽분리 결과를 나타내고 있다. 각각의 그림에서 마늘 크기가 소형 조

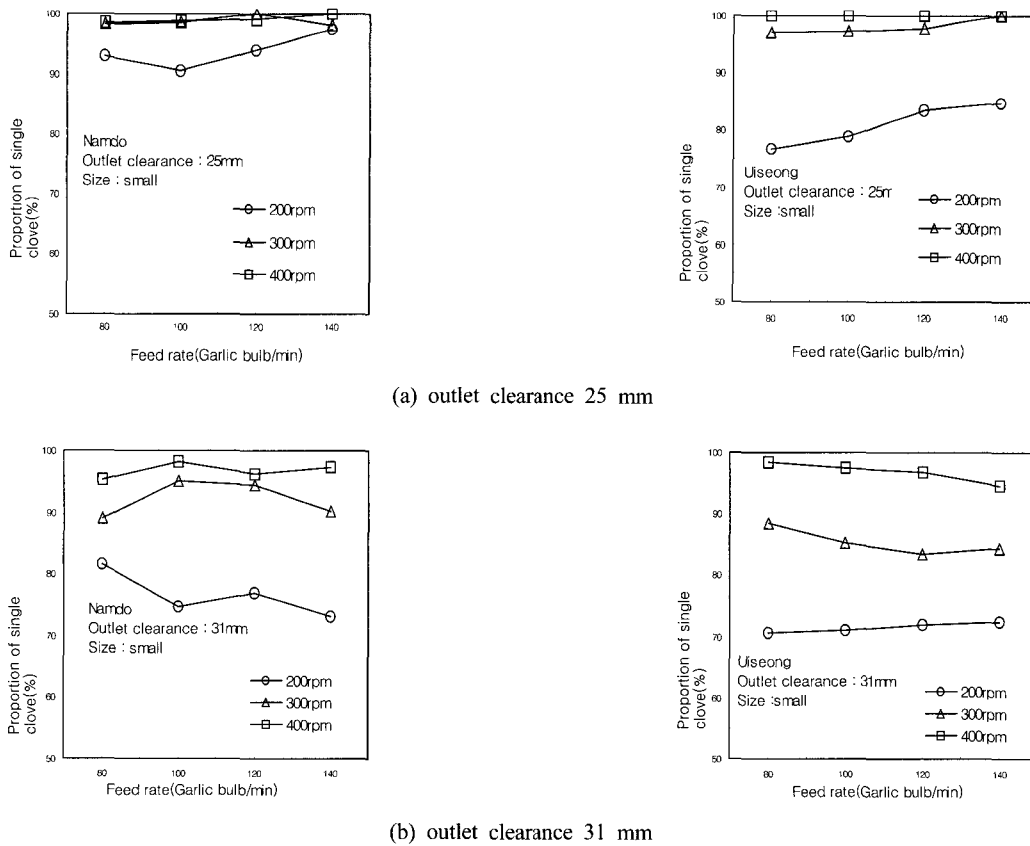


Fig. 2 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for small size garlic.

건의 난지형과 한지형 마늘 시료에 대하여, 투입되는 통마늘의 투입속도 변화에 대하여 회전원추의 각 회전속도에 대한 배출부의 영향을 나타내고 있다. 그림 2(a)의 소형의 경우는 배출부 간극이 25 mm인 원추회전속도가 200 rpm 조건을 제외하면, 300과 400 rpm에서 투입 마늘의 95% 이상의 쪽분리 성능을 나타내고 있다. 배출부 간극 30 mm인 그림 2(b)에서는 회전원추속도가 200 rpm의 경우 난지형은 70~80%, 한지형은 70% 정도를 그리고 300, 400 rpm 조건에서 난지형과 한지형 마늘 모두 1쪽분리 성능이 출구 간극 25 mm인 그림 2(a)에 비하여 낮아지고 있다. 실험에 의하면 배출부 간극이 증가할수록 쪽분리율이 감소되었다.

따라서 배출부 원추 간극이 점진적으로 커질수록 1쪽 분리 성능이 낮아지므로 소형 마늘을 쪽분리하는 경우, 원추회전 속도 300~400 rpm 상태에서 최적의 마늘 배출부 간극이 25 mm가 가장 높은 95% 이상의 쪽분리율을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 3의 (a), (b)는 중품질의 시료용 마늘에 대한 배출부의 간극 영향을 나타내고 있다. 그림 3(a)의 배출부 간극이 25

mm인 조건에서는 소 품질의 시료마늘 조건과 마찬가지로 원추회전속도와 마늘 투입속도에 관계없이 난지형과 한지형 품종 모두에서 95% 이상의 1쪽 분리 성능을 나타내고 있다. 단지 낮은 회전원추 속도인 200 rpm에서는 중품질이 그림2에 나타낸 소품질의 시료마늘에 비하여 현저히 쪽분리 성능이 향상되어 있음을 알 수 있다.

그림 3(b)는 배출부 간극이 31 mm인 조건에서 난지형의 경우 200 rpm에서는 90%이하의 쪽분리율을 나타내고 있으며, 300, 400 rpm에서는 난지형 시료마늘이 95%이상의 쪽분리 성능을 나타내고 있으며, 이는 동일한 조건의 한지형 시료마늘에 비하여 조금 높은 성능을 나타내고 있다.

그림 4(a), (b)는 대 품질 마늘 시료 조건에서 배출부 간극 31과 37 mm인 조건에서 마늘의 1쪽 분리 성능을 나타내고 있다. 그림4(a)에서 볼 때 난지형 마늘은 300과 400 rpm 조건에서는 90% 이상의 1쪽분리 성능을 나타낸다. 한편 한지형의 경우는 400 rpm에서는 95% 이상, 300 rpm에서는 95% 정도 그리고 200 rpm에서는 투입율이 증가되면서 90% 이상 1쪽 분리율을 나타낸다. 반면에 그림 4(b)의 37 mm 배출 간극에

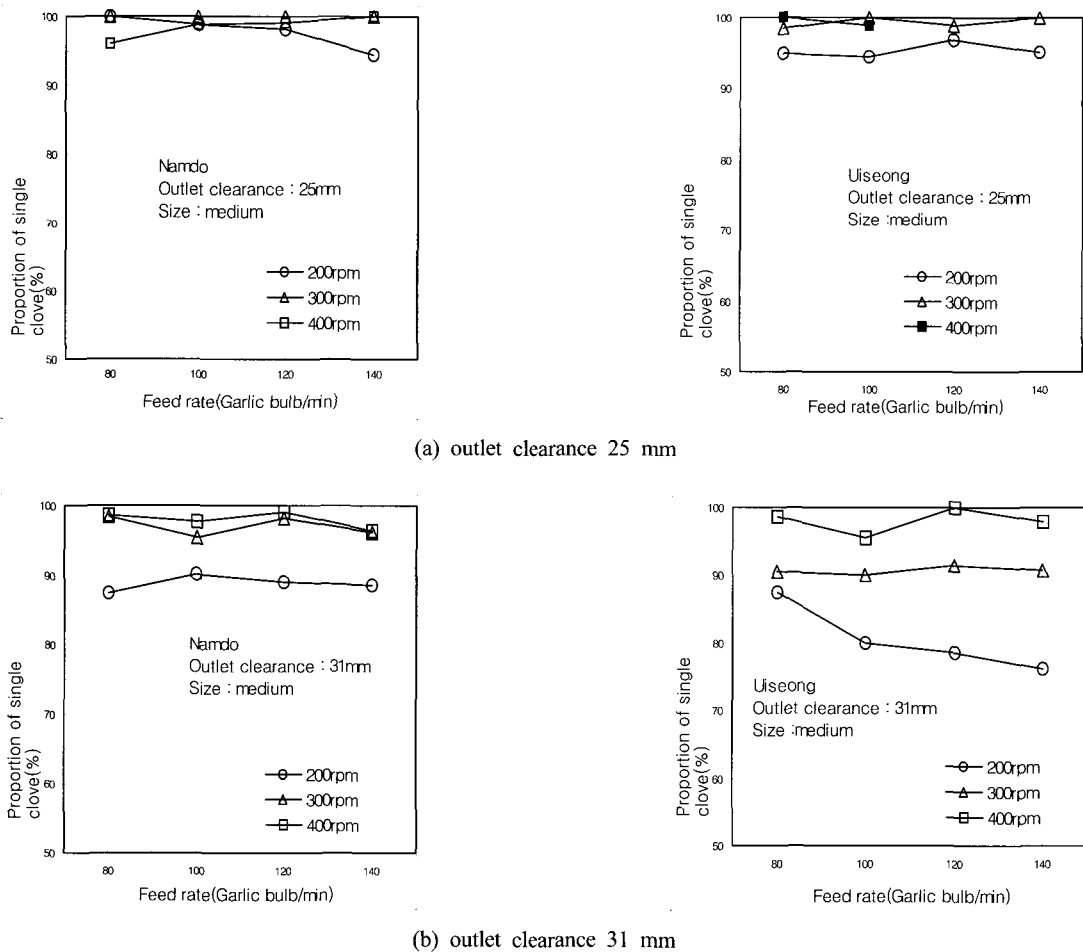


Fig. 3 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for medium size garlic.

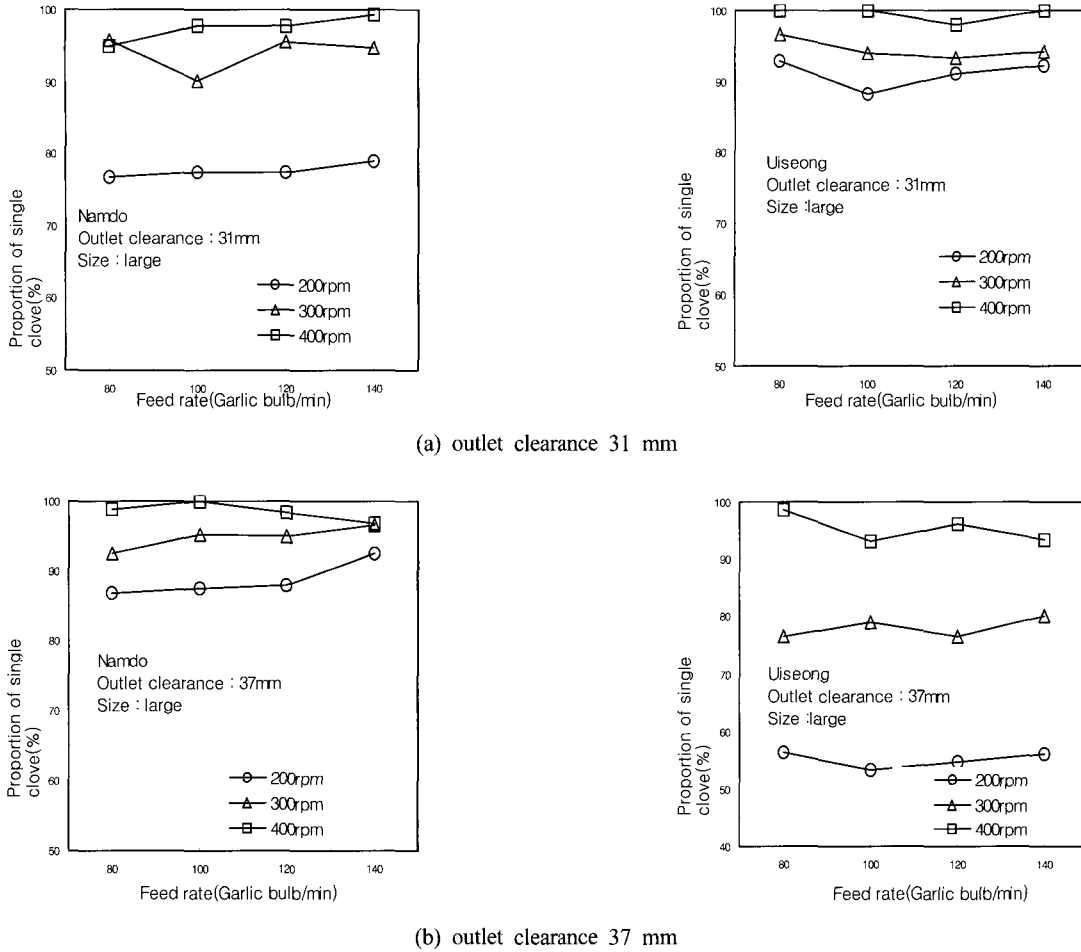


Fig. 4 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for large size garlic.

서는 난지형의 경우 동일한 원추속도에 비하여 투입간극 34 mm보다 분리 성능이 높아지고 있으며, 반면에 한지형의 경우는 배출구 간극이 37 mm인 경우가 34 mm인 경우보다 현저히 1쪽 분리율이 감소되고 있다. 따라서 실증에 의하면 대 품질의 마늘 쪽분리에서 배출구 조건은 300~400 rpm의 회전원추 조건에서 난지형의 경우 34 mm, 한지형의 경우 31 mm에서 가장 높은 쪽분리 성능을 나타내고 있다.

그림 5(a)는 배출부 간극이 25 mm인 조건에서 소 품질을 갖는 난지형과 한지형 시료용 마늘에 의한 실증 실험에서 마늘의 손상율을 나타내고 있다. 그림에서 볼 때 배출부 간극이 25 mm인 (a)에서는 난지형 마늘의 경우 본 연구의 실험 조건인 원추회전 속도 범위에서 5% 미만의 매우 낮은 마늘쪽의 손상율을 나타내고 있으며, 한지형의 경우는 400 rpm의 투입율 80~100(bulb/min)을 제외하면 5% 미만의 손상율을 나타내고 있다. 동일한 조건에서 난지형과 한지형을 비교하면 한지형이 다소 높은 손상율을 나타내지만, 이는 한지형 마늘의 물성에 기인한 것이라고 생각된다.

배출부 간극이 증가하여 그림 5(b)의 28 mm인 조건에서는 난지형은 0~3%의 손상율이지만, 한지형의 경우 400 rpm의 원추속도를 제외하면 4%이하의 손상율을 나타내고 있다. 그림 5(a)의 25 mm 배출부 간극보다는 다소 손상율이 낮게 나타나고 있다. 실험에 의하면 간극이 더욱 증가하여 31 mm 이상이 되면 0%의 손상율을 보이고 있다. 이로 볼 때, 임계 간극이라고 할 수 있는 28 mm이상의 간극이 되면 마늘이 회전원추를 통하여 분리되는 것보다는 마늘이 분리되지 않고, 통마늘 그대로 배출부를 통하여 통과하는 조건이 되므로 실제 마늘쪽분리의 설계에서 난지형의 소 품질 마늘을 쪽분리하기 위해서는 배출부 간극이 28 mm 이하 이어야 한다.

그림 6(a), (b)는 동일한 원추속도, 품종, 품질에 대하여 배출부 간극조건에 따른 1쪽 분리 성능을 나타내고 있다. 그림 6(a)는 원추속도 300 rpm, 중품질의 난지형의 경우 배출부 간극이 25~31 mm인 경우에는 95% 이상의 쪽분리율을 나타내고 있으므로 반대로 2쪽 이상으로 분리되는 경우는 10% 미만이므로 분리 성능이 우수하다고 사료되며, 추후 실제 설

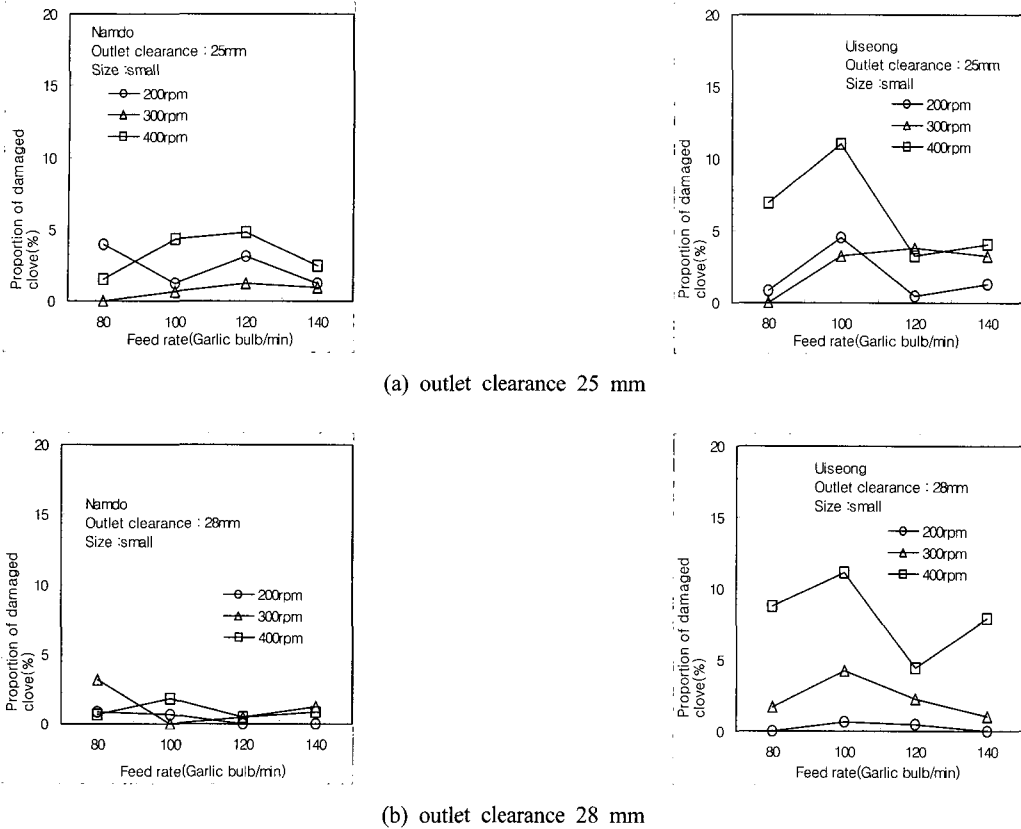


Fig. 5 Proportion of damaged garlicks with outlet clearance for small size garlic.

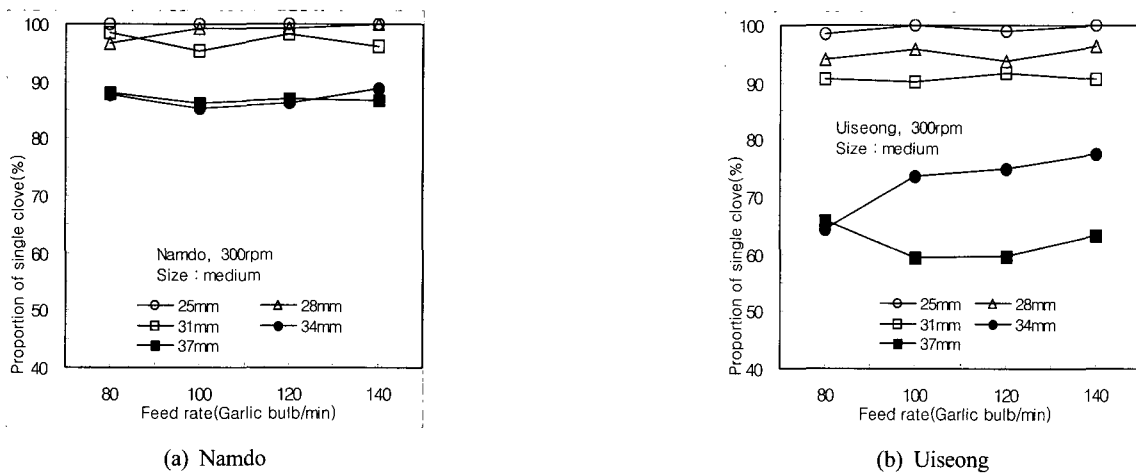


Fig. 6 Separability of garlic bulbs with outlet clearance for various rotating speeds of inner cone.

계에서는 배출부 간극이 25 mm 정도로의 원추의 배출부를 세트된 상태에서 마늘쪽분리 작업이 수행되도록 할 필요가 있다. 그림 6(b)는 원추속도 300 rpm, 중 품질 한지형의 조건으로서 배출부 간극 조건이 25~28 mm에서 분리 성능이 95% 이상 높게 나타났다. 마찬가지로 실증실험에 의하면 원추속도가 가장 높은 400 rpm인 경우에 대 품질의 마늘은 28~34 mm의 배출부 간극에서 난지형은 95% 이상, 한지형은

90% 이상의 1쪽 분리 성능을 나타냈다.

따라서 회전원추를 이용하여 마늘의 쪽분리 가공 작업을 하는 경우 마늘의 품질과 품종에 관계없이 유연적인 작업을 설계하기 위해서는 원추의 회전속도는 300~400 rpm, 투입부 간극을 55 mm로 하는 경우, 배출부의 간극은 25~34 mm로 가변조절이 가능한 원추설계가 요구된다.

4. 요약 및 결론

양념용 깎마늘 또는 종자용 마늘로 사용하기 위해서 마늘의 쪽분리 작업이 필요하며, 쪽분리 작업 공정에서 쪽분리율을 극대화 하면서 손상율을 극소화하는 방법으로 회전원추를 개발하였다. 이러한 회전 원추 원리를 이용한 마늘쪽분리 작업에서 투입부의 간극과 원추의 높이는 일정하게 하고, 난지형과 한지형 품종의 대 중 소 마늘 품질을 공시재료로 하여 회전원추의 배출부 간극 변화에 따른 쪽분리 성능요인 실험을 수행하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- 1) 소형 마늘의 경우 원추회전속도 300~400 rpm에서, 중 크기를 마늘의 경우 원추회전속도 200~400 rpm에서 최적의 배출부 간극이 25 mm이며 95% 이상의 쪽분리율을 나타내었다.
- 2) 대형의 마늘 쪽분리에서 회전원추속도 300~400 rpm 조건에서 최적 배출부 간극은 난지형의 경우 34 mm, 한지형의 경우 34 mm에서 95% 이상의 쪽분리 성능을 나타내고 있다.
- 3) 원추속도와 투입속도에 관계없이 모든 마늘 공시재료가 배출부 간극이 25 mm인 경우에 마늘의 손상율은 5% 미만 이다.
- 4) 고성능의 회전원추형 마늘쪽분리 작업기계를 설계하기 위해서는 원추부 투입부 간극이 55 mm인 경우 배출부 간극은 25~34 mm로 가변조절이 가능한 원추 설계가 요구된다.



1. Cho, Y. J. and C. J. Kim. 1993. Analysis of performance of an air-type garlic peeler for its optimum design. J. of Korean Society for Agricultural Machinery 18(4):351-357. (In Korean)
2. Jun, H. J., J. T. Hong, W. J. Park, Y. Choi and Y. K. Kim. 1997. A fundamental study for development of garlic and onion harvester. Proceedings of the KSAM 1997 Summer Conference 2(2):71-76. (In Korean)
3. Lee, J. S., K. B. Kim and J. S. Lee. 2001. Develop of rotating cone type garlic separator (I) - Prototype and its performance test. J. of Korean Society for Agricultural Machinery 26(2): 131-140. (In Korean)
4. Noh, K. M., J. G. Park, C. J. Chung and Y. C. Chang. 1997. A fundamental for developing a garlic harvester(1) - Physical properties of a live garlic at the harvesting season-. Proceedings of the KSAM 1997 Winter Conference 2(1):33-39. (In Korean)
5. Park, J. B. 1998. Development of continuous garlic peeling machine for improving the peeling efficiency (II). Korea Food Research Institute.
6. Park, J. G., Y. C. Chang, K. M. Noh and C. H. Lee. 1999. The analysis of garlic size based on physical and morphological properties of a whole bulb of garlic at the harvesting season - Discrimination algorithms for garlic size grading-. J. of Korean Society for Agricultural Machinery 24(3):225-234. (In Korean)
7. 백성기. 2003. 습식 마늘박피 시스템 개발. 농림부.
8. 이종수. 2002. 마늘쪽분리기. 특허청. 등록특허 제10-0326731호.