

자동진공포장기의 개발 및 성능평가

Development and Performance Evaluation of an Automatic Vacuum Packer

엄천일*

정회원

T. Y. Yan

정종훈*

정회원

J. H. Chung

이갑현**

K. H. Lee

1. 서론

2004년 쌀 시장개방을 대비하고 갈수록 높은 소비자의 구미요구에 맞는 고품질 쌀을 생산하기 위하여 특수미 및 영양미의 생산이 시급하다. 더 나아가 우리 농가의 생산소득을 높이기 위해서 경쟁력이 강한 고품질의 농산물이 반드시 개발되어야 한다. 최근에 국내에서 여러 가지 특수미가 유통 및 판매되고 있다. 예를 들자면, 배아미, 발아현미, 무세척미, 기능성 쌀 등을 들 수 있겠다. 고품질 배아미를 비롯한 이들 제품은 영양소, 효소 및 섬유소를 많이 함유하고 있기 때문에 소비자들의 큰 호응을 받고 있다. 그러나 배아미는 배아가 많이 부착되어 있기 때문에 저장환경에서 기온이 비교적 높은 경우에는 배아가 쉽게 산패되고 심지어 벌레까지 발생한다. 이는 배아미의 저장성뿐만 아니라 품질도 크게 저하시켜 농가의 소득을 감소시킨다. 일반적으로 진공포장을 이용하여 포장된 농산물 및 식품은 유통기간이 길뿐만 아니라 신선도 역시 보통방법으로 포장한 것보다 높은 것으로 알려지고 있다.

본 연구에서는 가상시작기(virtual prototyping) 등 새로운 기술을 이용하여 설계 및 개발한 자동진공포장기(엄천일, 2003)의 진공포장성능을 평가하고자 한다. 본 연구의 세부목적은 1) 진공포장된 제품 내에 진공정도를 파악하고 2) 진공포장의 성공률 및 진공포장에 미치는 주요 요인분석 3) 제품의 규격에 따른 탈기시간과 진공도의 관계 규명 등 3가지 내용을 대하여 연구하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 자동진공포장기

개발한 자동진공포장기(그림 1)는 다음과 같은 1) 압축성형부, 2) 탈기부(그림 2), 3) 진동판부, 4) 테이프부착부, 5) 자동제어장치 등으로 구성되었다. 자동제어장치는 Programmable Logical Controller, 각종 센서 등으로 구성되었다. 여러 부분으로 구성된 자동진공포장기를 제어 알고리즘(그림 3)에 의해 작동되도록 제어하였다. 제어 알고리즘에서 자동진공포장기의 진공탈기시간, 진동을 통한 성형시간, 穿孔위치 결정, 질소주입 여부 등은 구체적인

본연구는 농림부 첨단연구과제 연구비 지원에 의해 수행되었음.

* 전남대학교 농업생명과학대학 생물산업공학과

** 세진테크 (주)

진공포장 제품에 맞게 사용자에게 의해 조절할 수 있도록 설계하였다. 자동진공포장기의 재원은 표 1에서 나타나고 있다.

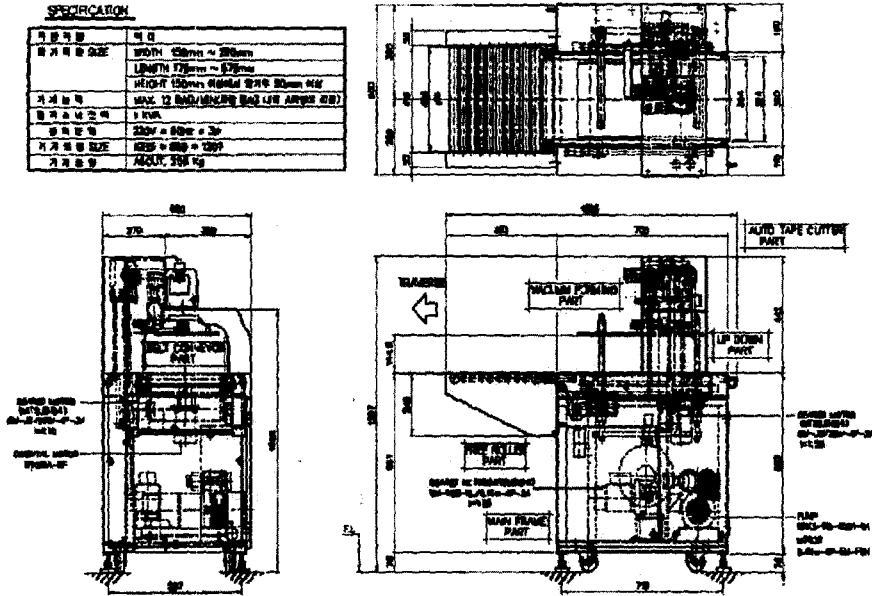


Fig. 1. The developed automatic vacuum packer

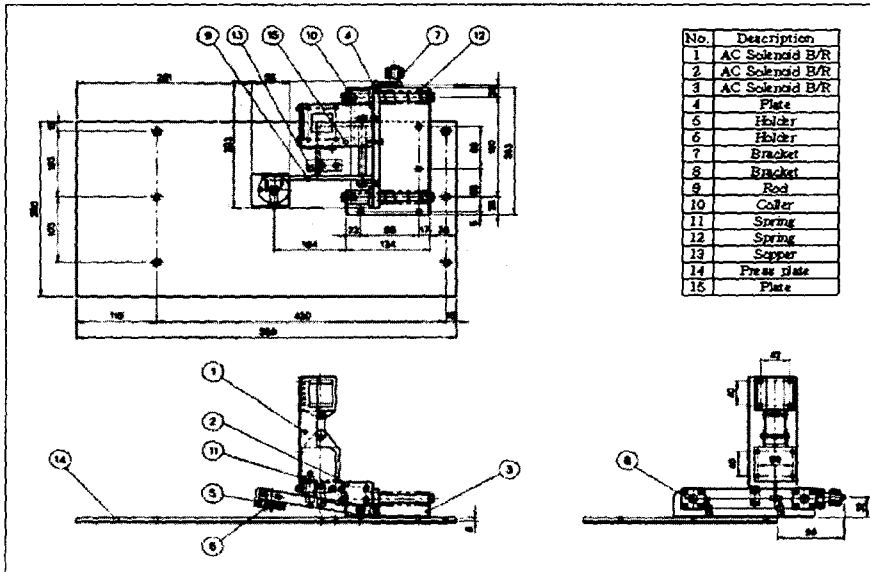


Fig. 2. The assembly for shape forming and air removing

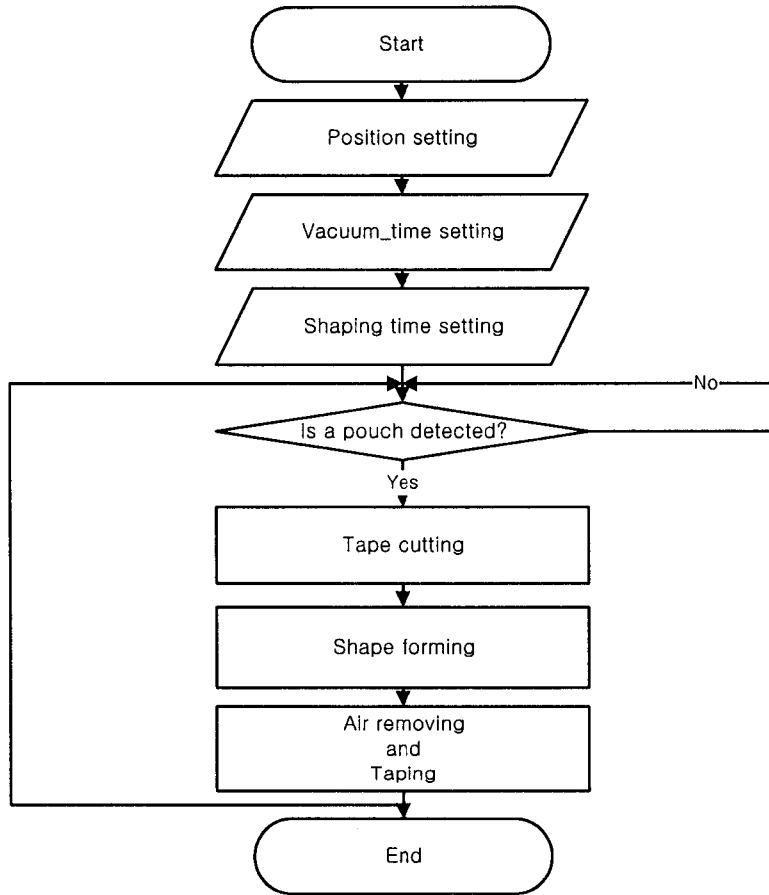


Fig. 3. Flowchart of operating sequences of an automatic vacuum packer

Table 1. Specifications of an automatic vacuum packer

Capacity	12 pouches/min
Pouch size	W:150-200mm, L: 300-500mm
Pouch thickness	Under 150mm
Seal Type	W:33mm, Transparency
Dimension	650(W)mm*1300(L)mm*1200(H)mm
Power	AC 220V 1KW 3ph 60Hz

나. 공시재료 및 진공도 측정

본 연구에서 사용된 공시시료는 2002년 10월 전남 장성군 진원면에서 생산된 남평벼를 이용하여 가공한 것으로 배아부착율이 약 52%인 배아미를 5kg단위로 진공 포장한 “상아탑” 배아미(그림 4) 108포를 이용하여 자동진공포장기의 진공포장성공률을 평가하는데 사용하였다. 그리고 5kg단위 배아미 20포를 이용하여 탈기시간과 진공포장된 배아미 제품내의 형성된 진공도 평가에 사용하였다. 그리고 2kg, 3kg, 5kg단위로 포장한 배아미를 각각 5포씩 이용하여 포장단위에 따른 탈기시간과 포대내의 진공도와의 관계를 규명하는데 사용하였다. 진공포장에 사용한 포장재질은 산소, 질소 등 기체의 침투 및 유출을 방지할 수 있는 NY(15um)/PE(95um)이다. 진공포장한 배아미 제품의 진공도를 측정하기 위해 그림 5에서 나타난 디지털 진공도 측정기(KVC-700, 정밀도: 0.1Torr)를 사용하였다. 진공도 측정실험의 장소의 대기압력이 762Torr이었다.

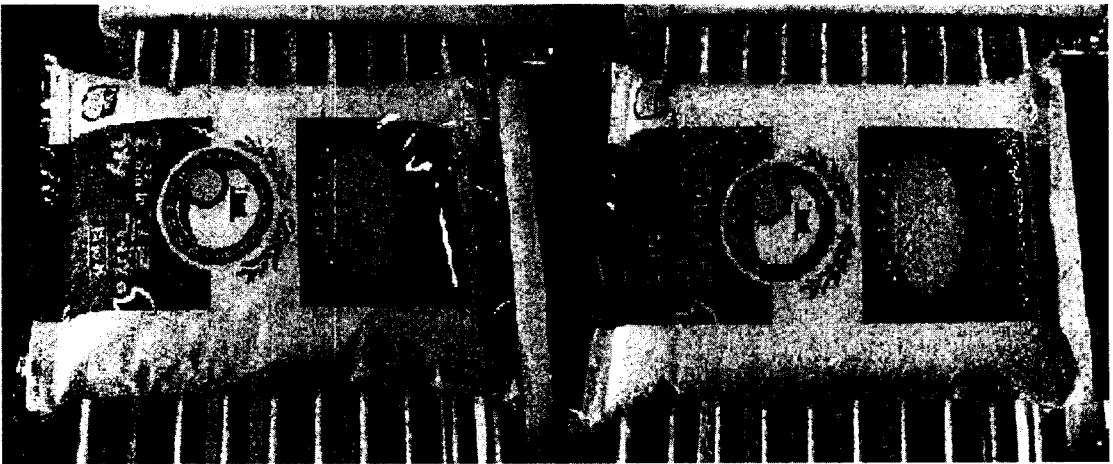


Fig. 4. Appearance comparison before and after vacuum packaging



Fig. 5. The instrument used to measure vacuum level within rice product

다. 진공도측정을 위한 진공포장기의 설정조건

성형시간이 1, 2단계(성형시간:1~2s) 상태에서 진공포장하면 자동진공포장기의 생산효율을 크게 높일 수 있지만 포장된 제품의 성형이 충분히 되지 않기 때문에 이들 두 단계는 차 후에 개발할 질소충전포장에 사용할 예정이다. 본 실험에서는 진공포장에서 특히 많이 사용되는 성형시간 4단계(성형시간: 4s)에 설정했을 경우의 배아미내 진공도 측정실험을 수행하였다. 자동진공포장기의 탈기능력을 평가하기 위하여 자동진공포장기를 다음 세 조건에 각각 설정하여 진동도 측정실험을 실시하였다. 포장된 제품내의 진공도를 파악하기 위해 성형시간 4(성형시간: 4s)단계에 설정하고 탈기시간을 1단계부터 4단계까지 변화시키며 공시재료를 진공포장한 후 각 제품내의 진공도를 측정 및 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 진공포장 성공률

2003년 5월19일 비닐포장기에서 일반 포장된 5kg 배아미 제품 108포를 자동진공포장기에 통과시켜 진공포장하였다. 진공포장된 제품중에 진공포장 실패 제품들을 추출하기 위해 3일정도 실온상태에서 충분히 방치해 두었다. 자동진공포장기의 진공포장성능을 평가하기 위하여 진공포장 성공률, Type 1 실패율(비닐포장에서 실링실패로 인한 진공포장 실패율), Type 2 실패율(자동진공포장기 자체의 오작동 등으로 인한 실패율) 등을 기록 및 분석하였다(그림 6). Type 2 실패로 인한 제품들은 다시 한번진공포장을 실시하였다. 본 평가실험결과 성공적으로 진공포장된 배아미는 98포였으며 Type 1 실패 개수는 6포, Type 2 실패 수는 4포였다. 자동진공포장기의 진공포장성공률이 약 92.6%이며, Type 1 진공포장실패율이 약 5.6%, Type 2 진공포장실패율이 약 3.7%로 나타났다.

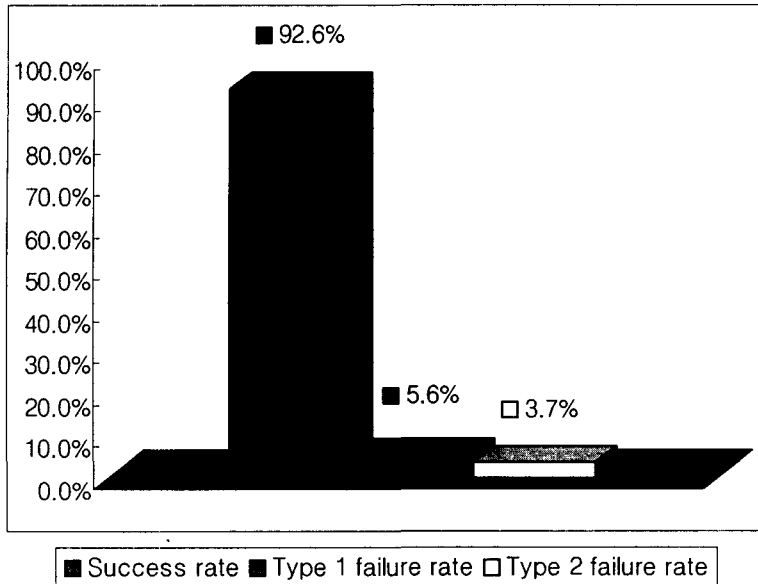


Fig. 4. The evaluated performance of the automatic vacuum packer

나. 탈기시간에 따른 5kg단위 제품내의 진공도

진공도가 진공포장한 농산물의 저장성, 품질 등과 긴밀한 관계가 있다. 본 연구에서 각각의 탈기시간 설정에서 자동진공포장기를 이용하여 포장된 배아미 제품내의 진공정도를 파악하기 위해 이미 진공포장된 5kg단위 배아미 20포를 사용하였다. 이들 진공포장된 제품들은 탈기시간을 각각 7s, 8s, 9s 및 10s위치에 설정하여 포장되었다. 본 실험에서는 탈기시간에 따라 포장된 배아미 제품내의 진공도를 측정하여 분석하였다. 탈기시간을 7s, 8s, 9s, 10s위치에 설정했을 때 배아미 포대내의 평균진공도, 표준편차는 각각 7s에서 535.4, 7.54, 8s에서 481.2, 10.42, 9s에서 461.8, 9.54, 10s에서 448.4, 9.42 Torr로 나타났다(표 2).

Table 2. Relationship between vacuum level and air removing time which is measured off-line

Vacuum time (s)	Vacuum level (Torr)					Average (Torr)	S.D. (Torr)
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5		
7	539	526	534	532	546	535.4	7.54
8	482	492	475	467	490	481.2	10.42
9	471	460	456	450	472	461.8	9.54
10	435	452	447	461	447	448.4	9.42

다. 제품규격에 따른 탈기시간과 진공도와의 관계

본 자동진공포장기는 1~10kg까지의 배아미를 비롯한 특수미를 포장할 때 사용할 수 있다. 포장단위를 2kg, 3kg 및 5kg로 했을 때 탈기시간에 따른 제품내의 진공정도를 규명하기 위해 2kg, 3kg, 5kg단위로 포장한 배아미를 각각 5포씩 이용하여 제품규격에 따른 탈기시간과 진공도의 관계 규명에 사용하였다. 밀봉이 잘될수록 실험을 통한 실제 제품내의 진공도를 정확하게 반영하기 때문에 각각 5개씩의 실험결과에서 최종진공도가 제일 큰 것을 이용하여 탈기시간과 진공도의 관계를 나타내는데 사용하였다. 제품규격에 따른 제품내의 진공도는 그림 5에서 나타나고 있다.

5kg단위로 포장한 제품의 경우 탈기작업을 시작하기 전에 압력판이 제품포대를 압박하기 때문에 배아미포대내의 진공도 또한 잠시 802Torr까지 상승하다가 탈기시간에 따라 신속히 떨어지는 것을 확인 할 수 있다. 탈기최대시간 12s일 때 진공도는 약 327Torr이었다. 실제로 자동진공포장기는 예비 포장시설과 같이 사용하기 때문에 탈기시간이 길어지면 생산라인이 정체가 발생하기 때문에 탈기시간을 적절하게 조절해야 된다. 2kg, 3kg 단위로된 제품을 진공포장할 때 탈기시간과 진공도와의 관계는 그림 5에서 나타나고 있다. 2kg, 3kg단위로된 제품을 진공포장할 때 5kg단위를 진공포장할 때보다 똑같은 진공도를 조성하기 위한 필요한 탈기시간이 크게 단축된 것을 확인할 수 있었다. 2kg 및 3kg 단위로된 제품내의 진공도를 약 350Torr까지 탈기하기 위해 각각 약 5, 6s 시간이 필요하였다.

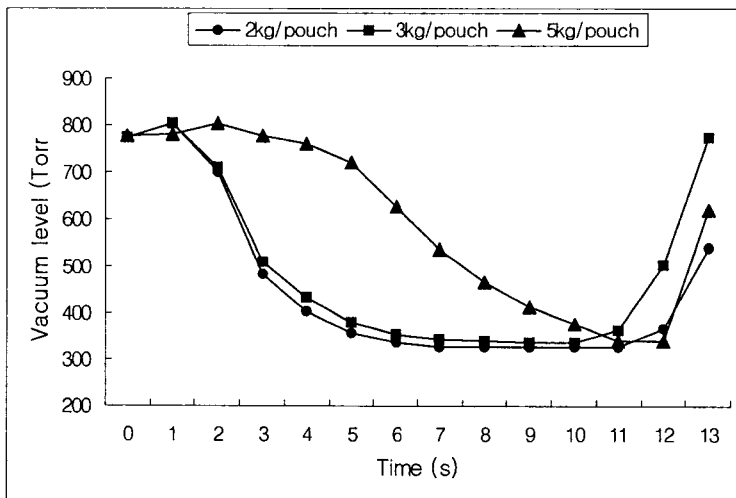


Fig. 5. Relationship between vacuum time and vacuum level which was measured on-line

4. 결론 및 요약

본 연구에서 배아미의 저장성 개선 및 신선도 유지하기 위한 자동진공포장기를 개발하였고, 또한 실제 진공포장을 통해 자동진공포장기의 진공포장성공율, 탈기시간에 따른 진공도 제품내의 변화, 제품규격에 따른 탈기시간과 진공도와 관계규명 등 성능 실험을 통해 자동진공포장기의 성능을 평가하였다. 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 자동진공포장기의 진공포장성공률이 약 92.6%이었으며, 그중 비닐포장기의 밀봉 불완전에 의한 진공포장실패율이 약 5.6%, 연속식 진공포장기 오작동에 의한 진공포장실패율이 약 3.7%로 나타났다.

2) 탈기시간이 7s, 8s, 9s, 10s위치에 설정했을 때 5kg 단위 배아미 포대내의 평균진공도, 표준편차는 각각 7s: 535.4, 7.54, 8s: 481.2, 10.42, 9s: 461.8, 9.54, 10s: 448.4, 9.42 Torr로 나타났다.

3) 진공도 약 350Torr에서 5kg 단위 제품을 포장할 때 필요한 탈기시간은 약 11s가 필요하였으며, 2kg 및 3kg단위 제품은 약 5s와 6s 각각 필요하였다.

5. 참고문헌

1. N. D. R. Goddard, R. M. J. Kemp and R. Lane. 1997. An Overview of Smart Technology, Packaging Technology And Science, 10, 129-143.
2. Pierre J. Louis. 1999. Review Paper-Food Packaging In The Next Millennium, Packaging Technology And Science, 12, 1-7.
3. Robert R. Ryan. 2001. Virtual prototyping-coming of age. 16th European ADAMS User Conference 2001.
4. 엄천일, 정중훈, 이종욱, 이갑현. 2003. Virtual Prototyping을 이용한 연속식 자동진공포장기 개발 -기구학적 분석-. 한국농업기계학회 2003년 동계 학술대회 논문집. Vol 8(1):118~124