

Virtual Prototyping을 이용한 연속식 자동진공포장기 개발 -기구학적 분석-

Development of a Continuous Auto Vacuum Packer Using Virtual Prototyping -Kinetic Analysis-

엄천일* 정중훈* 이종욱** 이갑현***
정회원 정회원
T.Y. Yan J.H. Chung J.U. Rhee K.H. Lee

1. 서론

최근 농산물 시장의 개방에 따라 외국의 값싼 농산물이 지금 우리 유통시장에서 점차적으로 많이 판매되고 있다. 우리 농가의 생산소득을 높이기 위해서 경쟁력이 높은 고품질의 농산물이 생산되어야만 한다. 특히, 지금 우리 나라 쌀 시장이 2004년에는 완전 개방되므로 이에 대비해서 쌀의 고품질화 및 특수미 개발로 우리 쌀의 국내소비량 및 국제 경쟁력을 높여야 한다. 최근에 국내에서 여러 가지 특수미가 유통 및 판매되고 있는데 예를 들면, 배아미, 영양강화미, 발아현미, 무세미, 기능성쌀 등을 들 수 있다. 이 중에서도 배아미는 배아에 많은 영양소, 효소 및 섬유소를 함유하고 있어 건강식 및 영양식으로 선호되고 있다. 그러나 배아미는 배아가 많이 부착되어 있기 때문에 기온이 비교적 높은 계절에는 배아가 쉽게 산패되고 벌레가 많이 발생하는 문제가 있다. 이는 배아미의 저장성을 크게 저하시켜 유통기간을 단축시킨다. 일반적으로 진공포장을 이용하여 포장된 농산물 및 식품은 유통기간이 길뿐만 아니라 신선도 역시 보통방법으로 포장한 것보다 높은 것으로 알려지고 있다.

지금 국내에서 판매되고 있는 농산물용 진공포장기는 대부분이 수동식이며, 처리능력이 매우 낮다. 본 연구에서는 virtual prototyping 기술을 이용하여 국내 실정에 잘 맞는 연속식 자동진공포장기를 개발하려고 한다. virtual prototyping의 기술을 이용하면 시작기를 만들지 않고 그 기계를 3차원적으로 모델링하고 시뮬레이션해 기구학적으로 분석하며 설계할 수 있다. 이 때문에 virtual prototyping을 이용하면 기계설계의 투자 및 개발시간을 크게 절감하고 적정 설계를 할 수 있다. 본 연구의 주요 목적은 다음과 같았다. 1) 진공자동포장기의 주요부를 virtual prototyping기술을 이용하여 3차원 모델을 개발하고, 2) 진공자동포장기의 각 주요부인 압축성형부, 진동판부 및 테이블부착부에 대해 동력학적 분석을 수행하며, 3) 자동진공포장기 개발을 위해 3차원 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하고 설계변수(압축성형판 구

본연구는 농림부 첨단연구과제 연구비 지원에 의해 수행되었음.

* 전남대학교 농업생명과학대학 생물산업공학과

** 전남대학교 농업생명과학대학 응용생물공학부

*** 세진테크 (주)

동캠의 편심거리, 진동판의 편심거리 등)를 결정하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

Virtual prototyping을 이용하여 연속식 자동진공포장기를 개발하기 위하여 3차원적으로 동력학 분석이 가능한 시뮬레이션 프로그램인 Automatic Dynamic Analysis of Mechanical System (ADAMS) 이용해 자동진공포장기를 기구학적으로 분석하고 시뮬레이션을 수행하였다. 본 연구에서는 Windows 2000용 ADAMS 12.0 소프트웨어를 이용하였다.

개발하고자하는 자동진공포장기의 조감도는 Fig. 1과 같으며, 진공포장기의 구조도는 Fig. 2와 같다. 자동진공포장기는 압축성형부, 진동부, 테이프부착부, 탈기부, 제어부, 진공부, 이송벨트부 등으로 구성된다. 자동진공포장기의 3차원 모델 개발과 시뮬레이션을 이용해 최적의 설계를 하기 위해서는 주요 기구에서 사용되는 부품들의 질량, 치수 등을 사용하였다. ADAMS를 이용하여 설계한 진공자동포장기의 3차원모델 평면도는 Fig. 3에 나타내었다. 진공자동포장기의 3차원 모델 개발, 동력학 분석 및 3차원 시뮬레이션을 하기 위해서 다음을 가정하였다. 1) 강 및 철로 제작될 부품은 밀도가 크게 차이가 없어 이들 부품의 밀도는 똑같이 7800kg/m^3 으로 하였고, 2) 각 기구에서 발생한 마찰력은 무시하며, 3) 중력가속도는 9.8m/s^2 로 하였다.

설계변수로 압축성형부 캠의 편심거리 및 진동판부 진동캠축의 편심거리를 각각 3수준으로 설정하여, 자동진공포장기의 각 주요부(압축성형부, 진동판부 및 테이프부착부)를 동력학적 분석을 통해 적정 설계치를 선택하고자 하였다. 압축성형부의 주요부는 압축성형판을 구동시키는 캠기구이다. 캠의 원판직경은 240mm, 캠 구동용 모터의 회전속도는 1750rpm, 감속기어의 감속비는 1:25, 캠기구의 follower는 flat-faced follower로 선정하였다. 본 연구에서 개발할 자동진공포장기는 주로 10 kg이하의 쌀 제품을 포장하기 때문에 압축성형판 구동캠의 편심거리를 각각 60, 70, 80 mm로 선정하여 압축성형판의 운동을 동력학적으로 분석하고자 하였다.

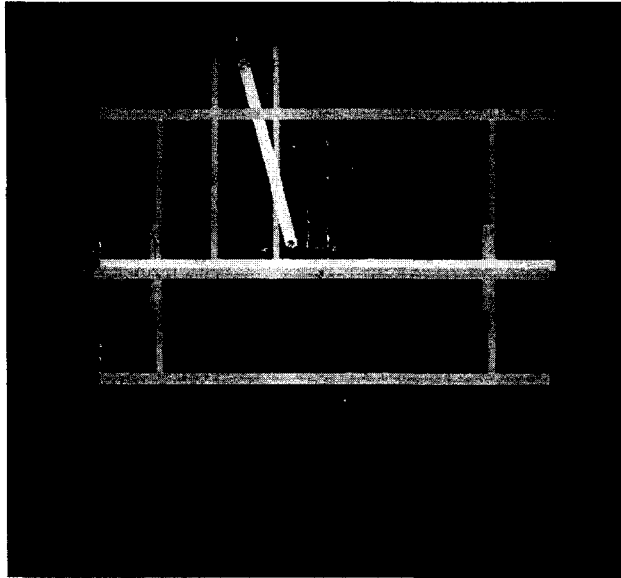


Fig. 3. The front view of the virtual prototype of a continuous automatic vacuum packer

진동판부는 탈기작업을 용이하기 위해 포장제품을 진동시켜주는 부분으로서, 제품 포장지에 손상을 입히지 않고 최대한 빠른 시간 내에 제품이 성형되도록 진동판 구동캠의 편심거리를 각각 0.7, 1.0 및 1.3 mm로 선택해 시뮬레이션을 수행하였다. 이들 결과들을 분석하여 각각의 편심거리를 결정하고자 하였다.

자동진공포장기 각 주요부에 대해 3차원의 기구학적 시뮬레이션으로 얻어진 결과를 검정하기 위하여 이론적 분석을 실시하였다. 캠 구동 분석에서 사용된 각 물리량은 다음과 같았다. 캠 follower의 상하 왕복운동거리는 S, 캠의 편심거리는 a, 캠 회전운동의 각속도는 ω 로 각각 나타내면, follower의 상하 왕복운동의 거리는 $S = a \cos(\omega t) \dots (1)$; 운동속도 $v = -a\omega \sin(\omega t) \dots (2)$; 운동가속도 $A = \frac{dv}{dt} = -a\omega^2 \cos(\omega t) \dots (3)$ 이다. 압축성형판의 최대운동 $\frac{ds}{dt}$ 거리는 $2a$ 가 되고 최대운동속도는 $a\omega$ 이며 최대운동가속도는 $a\omega^2$ 이다.

3. 결과 및 고찰

가. 압축성형부 캠 구동부

개발한 진공자동포장기의 3차원 모델을 이용하여 각 주요 기계기구의 동력학적 분석 및 3차원 시뮬레이션을 하였으며, 동력학적 분석 및 시뮬레이션결과와 이론적으로 분석한 결과를 서로 비교 분석하여 시뮬레이션의 결과를 검정하였다.

캠의 편심거리가 각각 60mm, 70mm 및 80mm로 설정하였을 때 시뮬레이션에 이용하여 캠에 의한 압축성형판의 최대·최소 운동속도, 최대·최소운동가속도, 압축성형판 구동캠축에 작용되는 힘의 최대·최소치를 Fig. 4, 5 및 6에서 나타내어 비교하였다. 캠의 편심거리

가 증가할수록 압축성형판의 운동가속도의 변화가 심했으나 다른 동력학적 변수의 변화는 비교적 적게 나타났다. 생산성을 저하시키지 않고 압축성형판의 운동거리를 고려하며, 가속도에 의한 충격력을 줄이기 위해 편심거리를 70mm를 우선적으로 선택하였다.

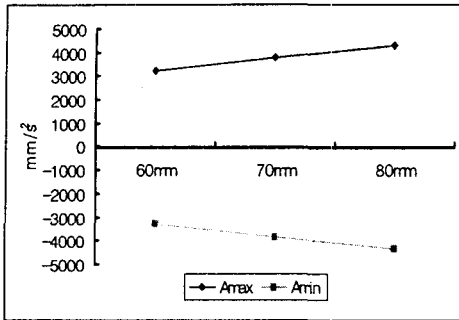


Fig. 4. The comparison of the max. and min. velocities of the pressuring board at different eccentric distances

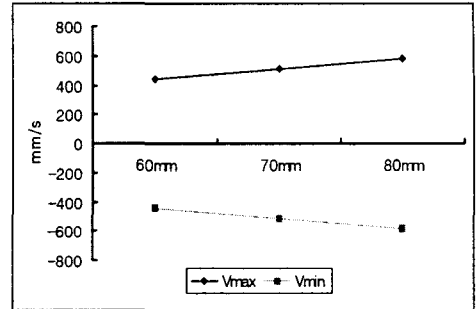


Fig. 5. The comparison of the max. and min. accelerations of the pressuring board at different eccentric distances

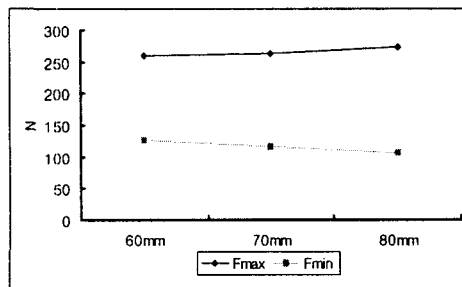


Fig. 6. The max. and min. forces of the pressuring board at different eccentric distances

나. 진동판부의 동력학적 분석

진동판부는 배아미를 함유한 비닐봉지에 빠른 속도로 진동을 가해줌으로써 봉지를 탈기하기 좋은 형상으로 만들어주는 역할을 한다. 진동판부의 진동특성은 진동판부를 구동시키는 캠기구의 편심거리와 긴밀한 관계를 갖고 있다. 자동진공포장의 작업에 영향을 주지 않으며 봉지에 손상을 입히지 않는 범위에서 진동판의 편심거리를 각각 0.7mm, 1mm, 및 1.3mm로 설정하여 진동판부의 동력학적 특성을 분석하였다. 진동판의 편심거리에 따라 진동판의 동력학적인 시뮬레이션의 분석결과를 Table 1에 나타내었다. 진동판의 편심거리가 작을 경우 시뮬레이션에 의해 분석한 진동판의 운동가속도 및 힘의 분석결과 오차가 비교적 컸으나 운동속도의 오차는 상대적으로 작았다. 진동판의 진동특성 및 배아미 봉지에 미치는 영향 등을 고려하여 1mm의 편심거리를 선택하였다.

Table 1. The comparisons of V_{max} , V_{min} , A_{max} , A_{min} , F_{max} , F_{min} of the board at different eccentric distances of vibrating board

Eccentric Distance	V_{max} mm/s	V_{min} mm/s	A_{max} mm/s ²	A_{min} mm/s ²	F_{max} N	F_{min} N
0.7mm	3.33	-3.31	17.64	-14.93	0.35	-0.30
1.0mm	3.82	-3.86	19.58	-16.39	0.39	-0.34
1.3mm	5.23	-5.19	24.58	-21.95	0.49	-0.44

다. 테이프부착부에 대한 분석

제품에 테이프를 부착시키는 테이프부착부의 동력학적 특성은 두 링크의 길이 및 테이프 부착부를 구동시키는 모터의 회전 속도, 감속기어의 감속비 등에 좌우된다. 테이프부착부를 설계하기 위하여 테이프부착부 구동캠축에 작용되는 힘을 분석하였다. 테이프부착부 구동용 모터의 회전속도는 1750rpm이며 모터에 부착된 감속기어의 감속비는 1:50이어서 모터와 연결되는 링크의 각속도는 $\omega=3.665\text{rad/s}$ 이었다. 테이프부착부의 캠축에 작용되는 힘은 Fig. 7과 같이 크기 변화가 비교적 심하였으며(최대치는 37.36N, 최소치는 15.84N), 힘의 변화주기는 약 1.75s이었다.

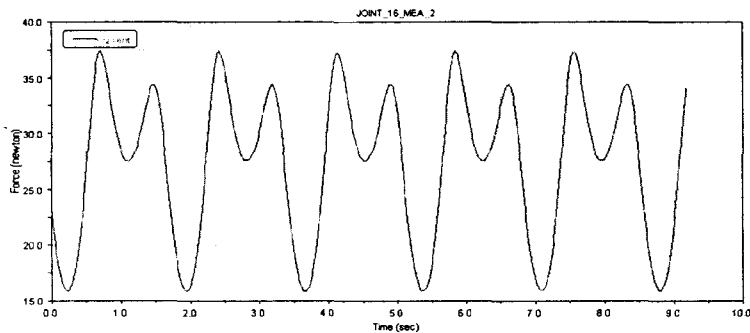


Fig. 7. The change of force acting on cam shaft of the tape adhering assembly

4. 요약 및 결론

배아미의 신선도유지 및 저장기간의 연장을 위하여 본 연구에서는 연속식 자동진공포장기 개발하고자 하였다. 자동진공포장기의 적정 설계 및 개발을 위해 virtual prototyping 기술을 이용하여 자동진공포장기의 3차원 모델을 개발하였다. 진공포장기의 주요부인 압축성형부, 진동판부 및 테이프부착부 등에 대하여 이론적인 분석 및 3차원 동력학적 해석과 3차원 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 설계의 적정화를 시도하였다. 본 연구의 주요결과를 요약하면 다음과 같았다.

1. 압축성형판을 구동시키는 캠의 편심거리를 60mm, 70mm 및 80mm로 설정하였을 때 압축성형판의 최대 운동속도는 440, 513, 586 mm/s, 최대 가속도는 3225, 3579, 4293 mm/s², 그리고 압축성형판 구동캠축이 받는 최대 힘은 각각 260, 263, 274 N 이었다.

2. 진동판의 편심거리가 각각 0.7mm, 1.0mm 및 1.3mm 일때, 진동판의 최대 운동속도는 각각 3.3, 3.8, 5.2 mm/s, 최대 운동가속도는 18, 20, 25 mm/s², 그리고 진동판을 구동시키는

캠축이 받는 최대 힘은 각각 0.35, 0.39, 0.49 N 으로서 매우 작게 나타났다.

3. 테이프부착부의 구동캠축에 작용되는 힘은 크기 변화가 비교적 심하였고, 최대치는 37N 으로 나타났으며, 힘의 변화주기는 약 1.75s이었다.

결론적으로, 시뮬레이션 결과를 기초로 각각의 편심거리를 결정하고, 나아가 축회전속도에 따라 주요 지점에 대해 미치는 힘을 분석하였다. 그리고 여기서 결정된 주요부의 캠편심거리에서 시작기를 제작한 후 축 회전속도 등의 변수에 따라 성능평가 실험을 할 예정이다.

5. 참고문헌

1. J Larsson, Pkrus, J-O Palmberg, 2001, Modeling, simulation and validation of complex fluid and mechanical systems. 16th European ADAMS User Conference 2001.
2. N. D. R. Goddard, R. M. J. Kemp and R. Lane. 1997. An Overview of Smart Technology, Packaging Technology And Science, 10, 129-143.
3. Pierre J. Louis. 1999. Review Paper-Food Packaging In The Next Millennium, Packaging Technology And Science, 12, 1-7.
4. Robert R. Ryan. 2001. Virtual prototyping-coming of age. 16th European ADAMS User Conference 2001.
5. 김대철, 김결옥, 최원철. 1999. 플러그묘용 자동 묘 분리 및 이식 기구 개발. .한국농업기계학회지 4-2: 10-15.