

버섯의 감압건조기 개발

Development of Decompressed Dryer for Mushroom

김영민*	김유호*	조영길*	최희석*	조광환*
정희원	정희원	정희원	정희원	정희원
Y.M.Kim	Y.H.Kim	Y.K.Cho	H.S.Choi	K.H.Cho

1. 서론

최근 국민 식생활 수준의 향상과 소비자의 기호도가 고급화, 다양화되어짐에 따라 버섯은 건강식품 및 고급식품으로 인식되면서 수요가 계속 늘어나고 있고, 농가에서는 고소득을 올릴 수 있는 작목으로서 재배면적이 확대되고 있는 추세이다.²⁾

버섯의 건조는 품질을 결정하는 중요한 작업으로 대부분의 농가에서는 선반식 열풍건조기를 이용하나 열장해로 인한 색택의 변화, 수축률, 복원률 등의 품질변화가 큰 실정이다. 현재 일본의 표고버섯 건조는 대부분 열풍을 이용하고 건조조건에 따른 품질변화 등을 추적하여 35℃에서 60℃까지 단계적으로 온도를 높여 최종제품의 수분함량을 13%이하까지 건조하여 제품화하고 있다. 그러나 원료표고의 수분함량에 따라 열풍온도 조건이 조금만 달라져도 외관 수축이 심하게 발생하고, 색상이 흑갈색으로 변화하여 품질이 나빠지는 것으로 보고하였다¹⁾. 안 등(1991)에 의하면 300mmHg이하에서 진공건조하면 외관상 수축현상이 적고 갓과 갓 안쪽 주름이 초기의 시료와 같이 유지되어 좋은 품질의 건표고를 생산할 수 있는 것으로 보고하였다⁴⁾. 현재, 진공 또는 진공동결건조는 고품질 건조가 가능하나 고정비와 유지비가 많이 소요되고, 건조량도 적어 실용화되지 못하고 일부에서 실험용으로 사용하고 있는 실정이다.³⁾ 따라서 본 연구의 목적은 감압과 열풍을 이용한 건조기를 개발하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

본 연구의 사용한 공시재료는 노지재배한 표고버섯 '산림 8호' 품종으로 2002년 12월에 가락동 농수산물시장에서 구입한 것을 이용하였고, 아가리쿠스는 논산시 강경읍에서 시설재배한 것을 이용하였다.

나. 시험장치

그림 1과 같이 시작기의 구조는 건조실, 감압블로워, 흡·배기구 솔레노이드 밸브, 제습장치, 송풍기, 전기히터로 구성되어 있으며, 제원은 표 1과 같다. 건조실의 압력조절은 솔레노이드방식의 요인시험장치와 동일하게 건조실 내부에 부착된 압력센서를 이용하여 설정압력에 도달하면 감압블로워와 배기솔레노이드 밸브를 ON/OFF 제어하여 일정한 범위내의 압력을 유지하도록 하였다.

제습장치는 건조실 내부의 상단에 증발기, 응축기를 설치하고 외부에 응축기를 설치하여 냉매를 순환하여 감압상태에서 제습과 가열을 할 수 있도록 하였다. 제습장치는 압축기에서 압축되어진 냉매가 응축기에서 액화되어 열을 발생하여 건조공기를 가열한다.

응축기에서 액화된 냉매가 팽창밸브를 거쳐 증발기로 유입된다. 이때 냉매가 설정압력보다 높은 고압이 발생되면 외부에 설치된 응축기로 냉매를 유입시켜 열을 방출하여 압력을 낮춘 후 팽창밸브로 유입된다. 팽창밸브에서 냉매는 기화하고 증발기에서 열을 흡수하

여 증발기를 통과하는 건조공기의 수분을 제거하도록 하였다. 그리고 재습장치에 열풍교반 팬과 전기히터를 부착하였다. 증발기에 부착되는 수분은 증발기 하단에 물받이를 설치하여 건조실 외부의 물탱크에 흘러가도록 하였다. 감압상태에서는 수분배출이 없으므로 감압블로워를 정지한 후 건조실 외부 상단에 부착된 흡기솔레노이드 밸브를 열어 건조실 내부의 압력을 대기압으로 올린 후 물탱크에 부착된 솔레노이드 밸브를 열어 저류된 물을 배출하고, 일정시간 경과후 감압블로워를 작동시켜 건조실 내부의 압력을 유지하도록 제작하였다. 건조실의 내부압력을 1,013(표준대기압)~900hPa, 열풍온도는 상온에서 50℃ 까지 조절할 수 있도록 하였다

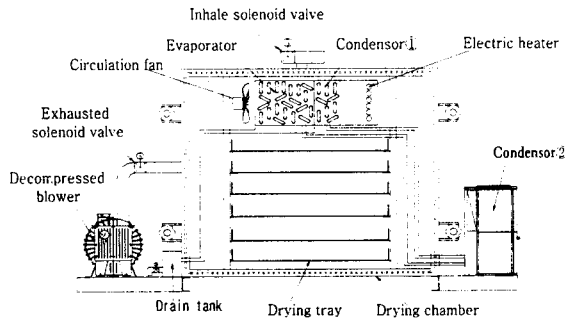


Fig. 1 Schematic diagram of the prototype

Table 1 Specification of prototype

Item		Specification
Dryer	Type Size(L×W×H)	Batch 1,900×2,760×1,920mm
Drying Chamber	Size(L×W×H) No. of Drying tray Size of Drying tray	1,600×1,500×1,360mm 12ea 970×580×80mm (L×W×H)
Heater	Heating type Capacity	Electric heating 6kW(1kW×6ea)
Decompressed blower	Type Air flow rate Motor	Centrifugal 8CMM 3.7kW
Air circulation fan	Type Air flow rate Motor	Axial 120CMM(30CMM×4ea) 240W(60W×4ea)
Dehumidifier	Condenser Evaporator Compressor	25.56m' 10.42m' 2.25kW

다. 시험방법

(1) 온·습도, 압력

온도는 데이터로거(DR10, D사)로 기록하였고, 습도는 온습도측정기록기(HD206-2, D사)를 이용하여 건조실 내부와 외부의 습도를 측정하였다. 건조실 내부 압력은 압력센서(HD9408T, D사)로 측정하였다.

(2) 함수율

초기함수율과 최종함수율 측정은 드라이오븐법(10g-105℃-24h)으로 측정하였고, 건조 중의 함수율 측정은 건조상자를 로드셀(20kg, CAS)에 매달아서 측정값을 A/D 컨버

터(PCL-711S)를 이용하여 컴퓨터에 데이터를 저장하였다.

(3) 건조시험

건조실 내부압력을 900(하한치)~940(상한치), 940~980, 980~표준대기압, 대기압 등 4수준으로 하였고, 열풍온도는 40, 50℃로 2수준으로 하여 표고버섯 건조시험을 실시하였다. 그리고 성능시험은 요인시험을 실시하여 이중 우수한 요인을 선발하여 표고버섯과 아가리쿠스로 건조시험을 실시하였다.

(4) 품질평가

건조 후의 품질변화를 판정하기 위하여 수축률, 복원율 및 색도변화를 측정하였다. 시료를 건조전 갖의 장축과 단축을 3회 반복 측정하여 변화비로 수축률을 산출하였고, 복원율은 수축률을 측정한 시료로 1시간 동안 침전한 후 수축률과 동일한 방법으로 복원율을 산출하였으며, 색택은 색차계(CR-200, K사)를 이용하여 건조 전·후의 버섯의 갖과 주름의 색도를 5회 반복하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 건조특성시험

(1) 건조성능곡선

그림 2는 시작기의 열풍온도에 따른 건조특성 곡선을 나타낸 것이다. 건조실 내부압력 900~940hPa, 열풍온도 40, 50℃로 하여 표고버섯을 건조 시험한 결과 건조시간은 열풍온도 40, 50℃일 때 각각 23, 11.5시간으로 나타나 열풍온도 50℃에서는 11.5시간 단축되는 것으로 나타났다. 또한 건조성능곡선은 열풍온도 50℃에서 항률건조기간만 나타났으나, 열풍온도 40℃에서는 항률건조기간과 감률건조기간이 뚜렷하게 구분되었다.

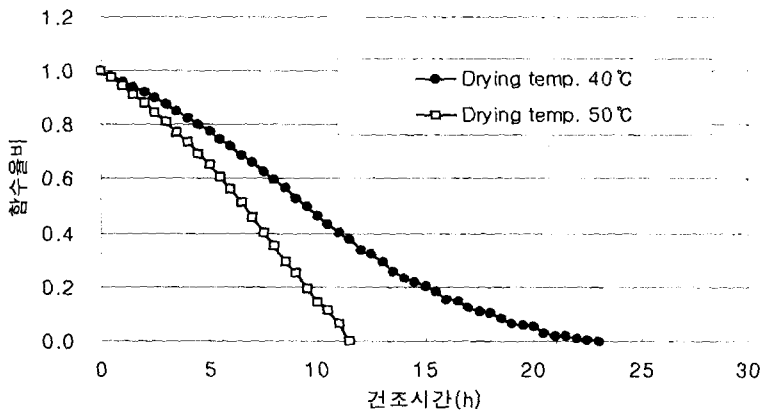


Fig. 2 Drying curves of the mushroom by drying temperature

그림 3, 4는 건조실 내부압력에 따른 시작기의 건조특성곡선을 나타낸 것이다. 표고버섯은 열풍온도를 각각 40, 50℃로 고정하고, 건조실 내부압력을 요인으로 하여 건조시험을 실시한 결과, 건조시간은 건조실 내부압력이 낮을수록 건조시간이 단축되었으며, 열풍온도 50℃, 건조실 내부압력 900~940hPa일 때 건조시간이 11.5시간으로 대기압과 비교하여 6.5시간 단축되는 것으로 나타나 건조실 내부압력이 낮을수록 건조시간을 단축할 수 있는 것으로 판단되

었다 또한 열풍온도 40℃의 건조특성곡선은 건조실 내부압력별 건조곡선의 차이가 뚜렷한 경향을 나타냈으며, 역시 건조실 내부압력이 낮을수록 건조시간이 단축되는 것으로 나타났다.

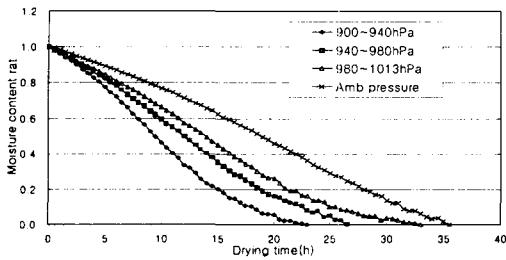


Fig. 3 Drying curves of the mushroom by pressure in drying chamber (Drying temperature : 40℃)

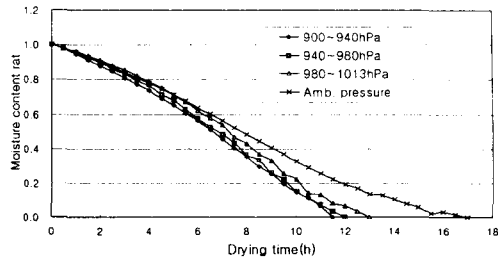


Fig. 4 Drying curves of the mushroom by pressure in drying chamber (Drying temperature : 50℃)

(2) 건감률 및 품위

건조실 내부압력이 900~940, 940~980, 980~1,013hPa, 열풍온도가 40, 50℃일 때 건감률 및 품위는 표 2와 같다. 표 2에서 보는 바와 같이 건조실 내부압력 900~940hPa, 열풍온도 50℃에서 건조 전·후 갓, 주름부분 색차는 각각 10.66, 12.49, 갓 직경, 자루 직경, 갓 두께의 수축률은 각각 12.1, 9.4, 21.4%, 갓 직경, 자루 직경, 갓 두께의 복원률은 각각 92.8, 89.8, 86.1%로 나타나 다른 건조조건보다 품위가 우수한 것으로 사료되었다. 또한 F-test로 유의성 검증한 결과, 5%의 유의수준에서 갓 주름의 색차, 갓직경의 수축률, 복원률에서 유의차가 있는 것으로 나타났다.

Table 2 Quality difference of mushroom (Pressure in the drying chamber : 900~940hPa)

Drying temp. (℃)	Pressure in drying chamber (hPa)	Drying time (h)	Color difference (ΔE)	Shrinkage ratio(%)			Returnage ratio(%)		
				Dia. of sedge	Dia. of body	Thickness of sedge	Dia. of sedge	Dia. of body	Thickness of sedge
40	900~940	23.0	ΔE_o : 6.95 ΔE_i : 16.44	14.7	14.7	13.0	94.0	85.0	93.9
	940~980	26.5	ΔE_o : 13.77 ΔE_i : 21.06	20.9	20.9	18.6	83.5	84.5	81.0
	980~1,013	33.0	ΔE_o : 4.36 ΔE_i : 24.22	17.5	17.5	26.5	87.2	84.2	78.0
	Amb. pressure	35.5	ΔE_o : 6.07 ΔE_i : 19.41	25.3	25.3	35.7	81.6	65.1	88.4
50	900~940	11.5	ΔE_o : 10.66 ΔE_i : 12.49	12.1	9.4	21.4	92.8	89.8	86.1
	940~980	12.0	ΔE_o : 4.36 ΔE_i : 24.22	14.4	13.5	27.3	86.7	85.7	77.3
	980~1,013	13.0	ΔE_o : 6.06 ΔE_i : 20.21	28.6	15.1	26.7	86.5	86.4	76.9
	Amb. pressure	17.0	ΔE_o : 6.07 ΔE_i : 19.41	19.7	31.8	35.7	79.3	70.0	93.9

※ ΔE_o : Color difference of sedge, ΔE_i : Color difference of wrinkle

나. 비교성능시험

건조온도, 건조실 내부압력을 요인으로 하여 시험한 결과를 토대로 건조시간, 품위를 고려하면 건조실 내부압력 900~940hPa, 열풍온도가 50℃일 때 가장 우수한 것으로 나타났다. 이 조건으로 표고버섯과 아가리쿠스에 대하여 열풍식 농산물건조기와 비교시험을 실시한 결과를 그림 5에 나타내었다. 표고버섯의 건조시간은 13시간으로 농산물건조기에 비해 4.5시간 단축되었으며, 아가리쿠스의 건조시간은 17.5시간으로 나타난 것은 물성이 달라서 수분이탈이 용이하지 않아 건조시간이 지연되는 것으로 사료된다. 표 3에서 보는 바와 같이 시작기가 열풍식 농산물건조기와 비교하여 건감률, 색택, 수축률, 복원률 등의 품위가 전반적으로 우수한 것으로 나타났다.

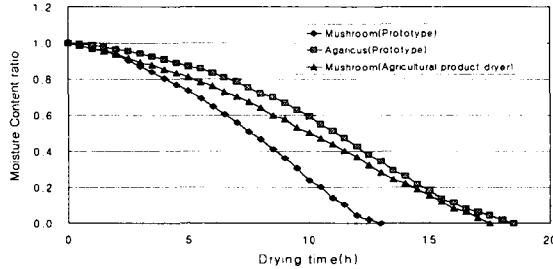


Fig. 5 Drying curves of the mushroom between prototype and agricultural product dryer (Drying temperature : 50℃)

Table 3 Quality comprehension of mushroom between prototype and agricultural product dryer

Drying method	Crop	Pressure in drying chamber (hPa)	Drying time (h)	Moisture content ratio (%/h)	ΔE	Shrinkage ratio (%)			Returnage ratio (%)			Energy consumption (kcal/kg · water)
						Dia. of sedge	Dia. of body	Thickness of sedge	Dia. of sedge	Dia. of body	Thickness of sedge	
Prototype	Mushroom	900~940	13.0	5.06	ΔE_0 : 4.74 ΔE_i : 8.02	18.3	8.0	21.4	88.5	90.4	88.4	3,095
	Agaricus	900~940	18.5	3.98	ΔE_0 : 21.81 ΔE_i : 9.51	13.4	42.7	40.7	82.5	62.9	62.9	3,267
Agri. product dryer	Mushroom	1,013	17.5	4.17	ΔE_0 : 5.99 ΔE_i : 25.12	29.4	36.0	45.8	67.6	56.2	62.1	3,433

※ Drying temperature : 50℃, F-test, 5%

다. 경제성 분석

표 4는 기존 농산물건조기와 경제성을 비교한 것으로서 건조성능은 우수하게 나타났으나, 시설투자비가 높아 표고버섯의 경우 건조비용이 2,461원/kg으로 열풍식 농산물건조기와 비교하여 13% 높은 것으로 나타났다.

Table. 4 Working performance and cost analysis

Items	Prototype	Agricultural Product dryer
Purchase price(won)	12,000,000	2,140,000
Service life(year)	10	10
Annual use(hour)	1,000	1,000
Fixed cost(won/year)	2,220,000	395,900
Fixed cost(won/h)	2,220	396
Variable cost(won/h)	9,142	7,014
Cost per hour(won/h)	11,362	7,410
Working performance(hr/60kg)	13	17.5
Operation cost(won/kg)	2,461	2,161

※ Interest : 5%, Fuel cost : 381won/l, Electric cost : 36.1won/kwh,

4. 적 요

본 연구에서는 버섯의 건조시간을 줄여 건조 후 버섯의 품질을 향상시키기 위하여 버섯의 감압건조기를 개발하였으며 연구 결과는 다음과 같다.

- 가. 버섯의 감압건조기의 시작기를 제작하였고, 시작기의 구조는 건조실, 감압블로워, 흡·배기구 솔레노이드 밸브, 제습장치, 송풍기, 전기히터로 구성되어 있으며, 건조실의 내부 압력이 표준대기압~900hPa, 열풍온도는 상온에서 50℃까지 조절할 수 있도록 제작하였다.
- 나. 시작기를 이용하여 표고버섯을 대상으로 건조특성시험을 실시한 결과, 열풍온도 50℃, 건조실 내부압력 900~940hPa에서 건조시간은 11.5h으로 대기압과 비교하여 6.5h 단축되는 것으로 나타났다. 또한, 건조 전·후의 색차, 수축률, 복원률의 품위가 우수한 것으로 나타났으며 F-test 유의성 검증 결과, 5%의 유의수준에서 잣주름의 색차, 잣직경의 수축률, 복원률에서 유의차가 있는 것으로 나타났다.
- 다. 열풍온도 50℃, 건조실 내부압력 900~940hPa로 표고버섯과 아가리쿠스에 대하여 건조성능시험을 실시한 결과, 표고버섯의 경우 건조시간은 13h으로 열풍식 농산물 건조기와 비교하여 건조시간이 4.5h 단축되는 것으로 나타났으며, 아가리쿠스의 경우 건조시간이 17.5h로 나타났다.
- 라. 성능시험 결과, 시작기가 열풍식 농산물건조기와 비교하여 건감률, 색택, 수축률, 복원률 등의 품위가 전반적으로 우수한 것으로 나타났다.
- 마. 시작기의 건조비용을 분석한 결과, 건조시간은 단축되었지만 시설투자비가 높아 건조비용이 표고버섯의 경우 2,461원/kg으로 열풍식 농산물건조기 보다 13% 높은 것으로 나타났지만, 추후 고품질 건조버섯 생산을 위한 기초자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

5. 인용문헌

1. 김명환 외 4인. 1998. 첨단 수산물 진공건조장치의 개발. 해양수산부. pp209~211
2. 김영민, 조광환, 김유호, 이선호, 오성식. 2001. 버섯의 감압건조기술에 관한 연구(I). 2001 농업기계학회 동계학술논문집 Vol. 6 No. 1. pp257~263
3. 박노현 외 12인. 1993. 진공동결건조기의 국산화. 과학기술처. pp69~70
4. 안병학, 신현경, 한대석, 박종현, 김종태, 남궁배. 1991. 버섯류의 유통기간 연장 및 적정 가공방법에 관한 연구. 과학기술처. pp24~58
5. 木村進. 1968. 乾燥食品. 光琳書院