

양송이의 원적외선건조 특성 및 품질

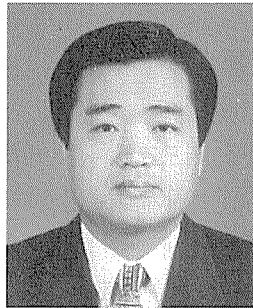
한충수 · 충북대학교 농과대학 교수

1. 서 론

과채류의 가공방법에는 건조, 냉동, 통조림, 절입 등이 있으며 이와 같은 방법으로 가공된 제품들은 우리의 식생활을 다양하고 간편하게 해준다. 한편 가공함으로써 과잉생산된 양을 조절하여 심한 가격변동을 통제할 수 있는 역할과 부가 가치의 상승도 기대할 수 있다.

특히 가공제품 중에 건조야채는 인스턴트 식품과 외식산업이 급성장 함에 따라서 생산·소비량도 증가하고 있고, 품질은 떨어지나 저렴한 건조농산물이 대량 수입되고 있는 것이 현실이다.

현재의 건조방법으로는 자연건조, 열풍건조, 진공건조, 진공동결건조 등이 있고, 국내외에서 원적외선을 이용한 건조법이 실용화되어 여러 분야에서 이용되고 있다. 최근에 일본에서 5년 동안 열풍과 원적외선을 복합적으로 이용하는 곡물건조기를 개발하여 1998년 하반기에 공개하였다. 이는 생연기구와 5개 업체(이세키, 사다케, 야마모토, 가네코, 시즈오카)가 컨소시엄을 구성하여 공동 개발한 것으로 저비용, 저소음, 고품질을 실현한 미래형 건조기로 평가받고 있다. 한편 전자렌지와 고주파를 이용한 건조법이 연구 진행중 이다. 국내에서는 주로 열풍건조법이 이용되고 있으며, 고품질이 요구되는 경우에는 진공건조나 진공동결건조법을 이용하고 있고, 최근에 원적외선 건조방법이 육포, 누룽지, 쌀과



자, 제빵, 산채 등의 가공에 이용되고 있다. 전자는 낮은 생산비로 대량 생산이 가능하지만 품질이 떨어지고, 후자의 경우 생산비는 높고 소량생산이지만 고품질의 제품을 생산할 수 있는 반면 원적외선 건조의 경우 진공동결건조보다 원형 유지는 어렵지만 풍미를 낼 수 있고, 품질 유지 및 대량 생산이 가능하다.

따라서 본 연구에서는 양송이를 건조대상물로 선정하여 진공동결건조보다는 생산비가 저렴하고, 열풍건조보다는 고품질의 제품생산이 가능할 것으로 예상되는 원적외선 건조방식의 최적 건조조건을 규명하고 이에 따른 건조특성 및 품질 변화를 분석하는데 그 목적이 있다.

2. 실험장치 및 실험방법

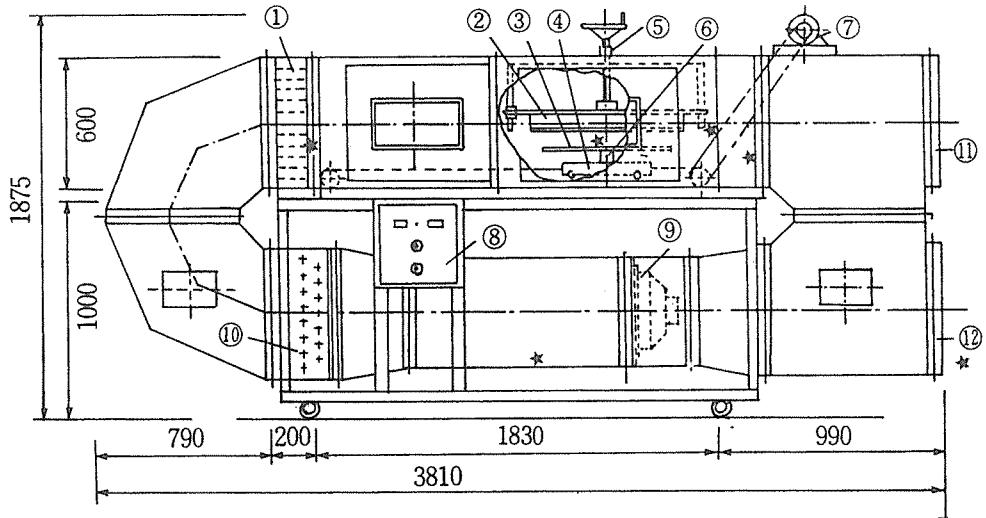
가. 실험장치

그림 1에 원적외선건조 실험장치의 개략도를 나타내었다.

1) 원적외선 방사체

본 장치에 사용한 원적외선 방사체(SB-64형 대성전기)는 정격전압 200V, 정격소비전력 2kw이고, 유효방사면적은 580×380mm이다.

방사체의 방사율은 4.2~8.0 μ m의 파장영역에서 0.94이상의 높은 값을 나타냈다. 파장별 방사에너지 밀도는 방



①정류자 ②원적외선방사체 ③시료대 ④대차 ⑤방사체 이동 핸들 ⑥로드셀
⑦대차 구동 모터 ⑧제어반 ⑨송풍기 ⑩전기 히터 ⑪흡입구 ⑫배기구 ★열전대

그림 1. 원적외선건조 실험장치의 개략도

사체 표면온도가 293°C일 때 5 μ m, 109°C일 때는 7.1 μ m 부분에서 에너지 밀도가 최고값을 나타냈고, 각각 2.26 $\times 10^{-2}$ W/cm² μ m, 3.29 $\times 10^{-3}$ W/cm² μ m의 값을 나타냈다.

건조장치의 상부에는 방사체의 위치조절핸들이 있어 방사체와 시료와의 거리를 조절할 수 있도록 하였다.

2) 열풍 발생부

열풍 발생부는 전기 흰히터(정격전압 100V, 정격소비전력 1kW) 3개를 1조로 하여 6조 설치했다.

송풍기(날개직경 400mm, 풍량 53m³/min)는 공기 흡입구에서 1,400mm되는 곳에 설치하였다. 송풍기에 의하여 흡입된 공기는 흰히터에 의하여 가열되어 정류판(격자 1개의 크기 50 \times 50 \times 100mm)을 통해서 건조실로 들어가도록 되어있다.

3) 시료중량 측정부

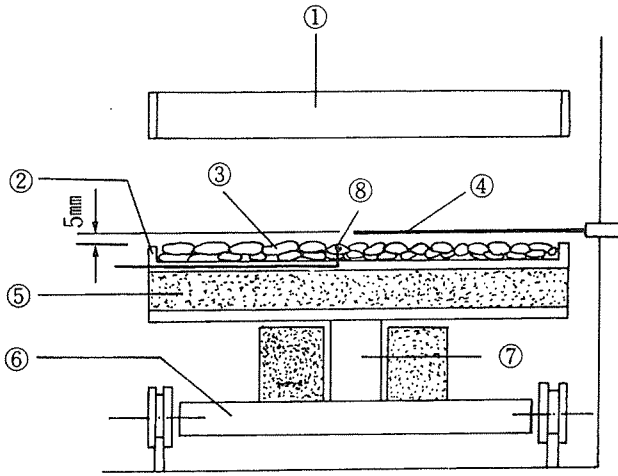
그림 2에 시료중량 측정부의 상세도를 나타내었다.

시료대는 알루미늄판(두께 2.5mm)으로 제작하였고, 시료대와 하중계를 고정시켜서 이동대 위에 설치하였다. 하중계는 로드셀(load cell)을 사용하였다.

4) 온도제어와 공급전압의 조정부

건조중에 시료의 온도가 너무 높아지면 변색되거나 타서 외관과 품질이 저하된다. 따라서 건조중의 시료온도를 적절히 제어할 필요가 있다.

시료표면의 온도제어는 열전대(C.C 0.75mm)를 시료의 표면으로부터 5mm되는 곳에 고정하고, 온도조절기에 연결하여 설정온도에 따라서 방사체의 전원을 ON-OFF함으로써 제어하였다. 통풍온도의 제어는 정류판



①원적외선방사체 ②시료대 ③시료 ④열전대 ⑤단열재
⑥대차 ⑦하중계 ⑧열전대

그림2. 시료중량 측정부의 개략도

앞에 설치한 열전대(C.A)를 이용하여 시료표면의 온도 제어와 동일한 방법으로 환히터의 전원을 ON-OFF함으로써 제어하였다.

5) 시료대 이동부

그림 2에 나타난 시료대는 대차를 따라서 원적외선방사체 아래를 좌우로 이동하도록 되어 있다. 즉 건조할 때는 시료대를 원적외선방사체의 아래에 놓고 건조하지 않을 때(이후 템퍼링이라고 한다)는 시료대를 원적외선방사체로부터 300mm이동시켜 간단건조(intermittent drying)가 가능하도록 되어 있다. 또 제어반에 2개의 타이머를 설치해 원적외선의 가열시간과 템퍼링시간을 임의로 설정할 수 있도록 하였고, 템퍼링시간을 설정하지 않으면 연속가열에 의한 건조가 이루어지도록 하였다.

나. 측정항목과 측정방법

1) 건조속도와 소비전력량

건조속도는 시료중량변화량과 건조시간을 계측해서 그 비로 나타냈고, 시료의 중량변화는 하중계로부터 출력되는 아나로그 신호를 A/D변환기를 사용하여 퍼스널 컴퓨터에 디지털신호로 전송하여 계측하였다.

중량변화의 샘플링 인터발은 0.05sec이고, 1sec간 20개의 데이터를 샘플링해서 데이터간에 유의성을 검정하여 평균치로 나타냈다. 계측된 자료가 통계학적으로 유의성이 없으며 다시 샘플링하도록 하였다.

소비전력량은 적산전력계를 이용하여 측정하고, 시료의 최종함수율이 10%일 때를 기준으로 하여 나타냈다.

2) 시료의 함수율

초기함수율의 측정은 105°C, 24시간법으로 시료10±1g을 가늘게 썰어 알루미늄 측량병에 넣고, 105°C로 설정한 오븐내에서 24시간 건조한 후 습량기준 함수율로 나타냈다. 건조후 최종함수율은 시료 1±0.1g에 대하여 초기함수율 측정과 같은 방법으로 측정하였다.

3) 탄 율

건조가 종료된 직후, 시료전체의 중량을 측정하고, 고온에 의해 변색 또는 탄것만 선별해 중량을 측정하여 다음과 같이 탄율을 산출하였다.

$$\text{탄율}(\%) = \text{탄것의 중량} \div \text{건조후의 중량} \times 100$$

4) 색 조

색조측정은 건조한 시료 약 5g을 분쇄하여 투명한 라미네트봉지(두께 0.1mm)에 넣고, 수평면상에서 두께를 균일하게 한 후 봉지의 외측으로부터 색채색차계를 이용하여 측정하였다. 색조의 표시는 Hunter의 식을 이용하여 L, a, b 표색계로 나타냈다.

5) 복원율

복원율은 시료의 초기함수율과 복원후 함수율의 비율을 복원율로 하고 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{복원률(\%)} = \text{복원후함수율} \div \text{초기함수율} \times 100$$

복원후함수율의 측정은 200ml 증류수를 비커에 넣고 water bath를 사용해서 90°C가 되도록 조정하였다. 그 후 건조한 시료 1g을 철사로 만든 바구니에 넣어 비커에 넣고 20분간 침적한 후, 꺼내서 20분간 방치하여 물을 빼고, 고속원심분리기를 이용하여 2,000rpm으로 10분간 탈수한 후, 앞에서 설명한 초기함수율 측정과 같은 방법으로 측정하였다.

6) 아미노산 분석

버섯류는 아미노산이 풍부한 식품으로 열, 산, 효소의 반응에 의해 아미노산량이 변화된다. 특히 효소는

표1 실험조건

실험 조건	공급전압, V(함수율)	간단시간, min	통풍온도(°C)
140V10/1Air45°C	140(91.8~7.2%)	10/1	45
140V3/1Air45°C	140(92.9~5.6%)	3/1	45
140V5/1Air35°C	140(91.4~7.0%)	5/1	35
140V3/1Air35°C	140(92.2~9.2%)	3/1	35
140V5/1Air30°C	140(93.1~10.5%)	5/1	30
140V3/1Air30°C	140(92.1~10.7%)	3/1	30
140V(50%)100V 10/1Air45°C	140(92.9~50.0%) 100(50.0~5.8%)	10/1	45
140V(50%)100V 3/1Air45°C	140(93.2~50.0%) 100(50.0~6.1%)	3/1	45
140V(20%)100V 3/1Air35°C	140(93.3~80.0%) 140(20.0~9.2%)	3/1	35
160V(80%)100V 3/1Air35°C	160(93.1~80.0%) 140(20.0~9.2%)	3/1	30
110V(80%)100V 3/1Air35°C	110(93.1~80.0%) 140(80.0~6.4%)	3/1	35
140VCont.Air26°C	140(92.7~6.8%)	연속건조	상온
140V10/1Air26°C	140(92.8~7.2%)	10/1	상온
130VCont.Air26°C	130(91.9~9.5%)	연속건조	상온
Air55°C	(93.1~7.2%)	열풍	55
Air65°C	(92.8~6.0%)	열풍	65
Vacuum	freezing(-34°C)		40°C

생체내에서 촉매작용을 촉진하는 물질로 생체내의 화학변화는 효소에 의해 발생하는 것으로 알려져 있다.

아미노산 분석은 건조 시료를 분쇄하여 분말 1g에 메틸알콜 50ml를 첨가한 후, 80°C에서 40분간 가열·추출하고 여과한다. 여과 후 잔여물을 같은 방법으로 2회 더 가열·추출한다. 이렇게 추출한 여과액을 혼합하고 로타리에버포레이터를 이용하여 40°C로 용매를 제거한다. 용매가 제거된 물질에 0.02N 염산용액 4ml를 첨가하여 용해한 후, 0.45 μ m 메브룬휠터로 여과한 용액을 아미노산 분석 시료로 사용하였다. 시료 용액은 아미노산분석계(日立 831형)에 5ml를 주입하여 아미노산을 분석하였다.

다. 공시재료

양송이는 화이트종을 사용하였고, 300g씩 랩으로 포장하여 -0.5°C 저장고에 보존하면서 건조하기 직전에 슬라이스해서 건조시료로 사용하였다.

라. 실험조건

건조조건을 표 1에 표시했다.

건조방식은 원적외선건조와 열풍건조 및 진공동결건조 등 3가지 방법으로 실시하였다. 원적외선건조법은 간단건조와 연속건조로 실시하였다. 방사체 표면온도는 공급전압으로 조정하고, 시료의 가열시간 및 가열정지시간과 통풍온도 등을 변화시켜 실험조건을 설정하였다. 방사체의 공급전압과 표면온도 관계는 160V일 때 265°C, 140V일 때 245°C, 130V일 때 185°C 였다. 예비실험 결과 가열시간은 3, 5, 10분 및 연속가열로 정하였고, 가열정지시간은 1분으로 하였다. 통풍온도는 실온(26°C), 30°C, 35°C, 45°C로 하였다.

한편 방사체와 시료와의 거리는 110mm 전후로 하고,

통풍속도는 0.2~0.4m/sec로 하였다. 시료의 초기중량은 200~240g, 시료는 1~2mm로 슬라이스하였다.

열풍건조의 온도는 55, 65°C로 설정하였고, 진공동결건조는 진공동결건조기(가열판 350×240mm)에 시료를 넣고 -30°C 전후에서 냉동시킨 후, 가열판 온도를 40°C로 설정하여 건조시켰다.

3. 결과 및 고찰

가. 건조속도의 변화

그림 3은 원적외선 가열방식과 통풍온도가 건조속도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 여기에서 건조속도는 1분당,중량 1kg의 시료에서 건조되는 수분량(g)으로 나타냈다.

본 그림에 나타난 바와 같이 방사체의 공급전압이 일정할 때 즉 방사체의 표면온도를 일정하게 할 경우, 건조속도는 10분, 5분, 3분 순서로 시료의 가열시간이 길수록 빠르게 나타났다. 그리고 가열시간 3분인 경우, 통풍온도 변화에 의한 건조속도의 변화는 통풍온도를 45°C로 했을 때가 약간 빠르고, 35°C와 30°C인 경우 건조속도 차이는 명확하게 나타나지 않았다. 이와같은 경향은 5분 가열의 경우도 같은 경향을 나타냈다.

시료의 가열시간에 따라서 건조속도의 차이가 발생하는 이유는 가열정지시간 중에 시료의 온도가 저하되고, 가열기간에 열에너지의 일정부분은 현열로 소모되므로 가열시간이 짧을수록 잠열로 이용되는 것이 상대적으로 감소하기 때문이라 판단된다. 한편 통풍온도의 변화에 따라서 건조속도의 차가 발생하는 이유는 다음과 같이 설명할 수 있다. 방사체표면의 열손실량은 방사체 표면온도와 통풍온도의 온도차에 비례한다. 따라서 통풍

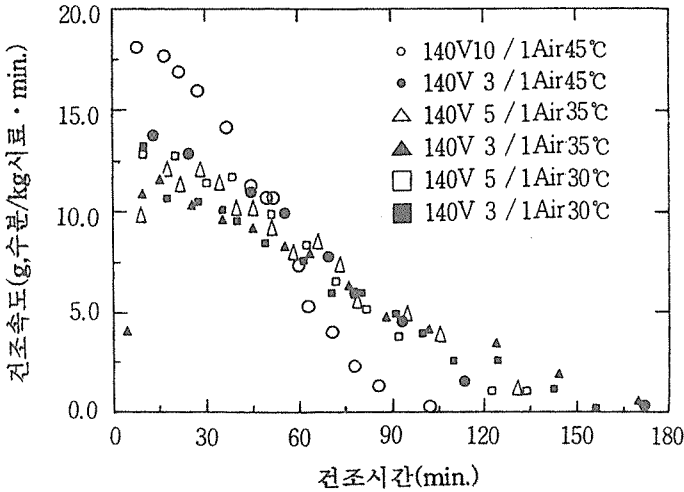


그림 3. 원적외선 가열시간과 통풍온도가 건조속도에 미치는 영향

온도가 45°C인 경우 35°C 및 30°C에 비해서 방사체로부터의 열손실이 적어진다. 즉 통풍온도가 높으면 방사체의 표면온도를 높게 유지할 수 있고, 시료와의 정미교환 에너지가 증가하게 되므로 건조속도가 빨라졌다고 판단된다. 또 통풍온도 35°C와 30°C인 경우 건조속도에 큰 차이가 나타나지 않은 것은 통풍온도 차가 5°C로 방사체와 시료와의 정미교환 에너지량에 큰 영향을 주지 않기 때문이라 생각한다.

이상의 건조조건 중에는 시료가 최종함수율에 가까워지면 시료의 온도가 급상승하여 탄것이 발생된다. 그러므로 시료의 타는 것을 방지하기 위하여 건조도중에 시료의 함수율이 80, 50, 20%로 낮아지면 방사체의 공급전압을 조정하여 방사체의 표면온도를 저하시킬 경우 건조속도와 그 효과에 대하여 비교 검토하였다.

그 결과를 그림 4에 나타냈다. 여기서 건조조건 140V(50%)100V10/1Air45°C란 원적외선방사체의 초기 공급전압을 140V로 하여 시료의 함수율이 50%될 때까지 건조한 후, 공급전압을 100V로 조정하여 최종함수율까지 건조함을 의미한다. 10/1은 10분 가열 1분 템퍼링, Air45°C는 통풍온도 45°C를 의미한다.

본 그림에 나타난 바와 같이 건조속도가 빠른 조건은 140V(50%)100V10/1Air45°C(○)이고, 건조속도가 제일 늦은 조건은 110V(80%)140V3/1Air35°C(■)였다. 전술한 바와 같이 방사체로부터 시료에 공급열량이 많을수록 건조속도는 빨라지고, 통풍온도 조절에 의한 건조속도는 큰 차이가 없었다. 그 원인은 앞에서 설명한 바와 같다.

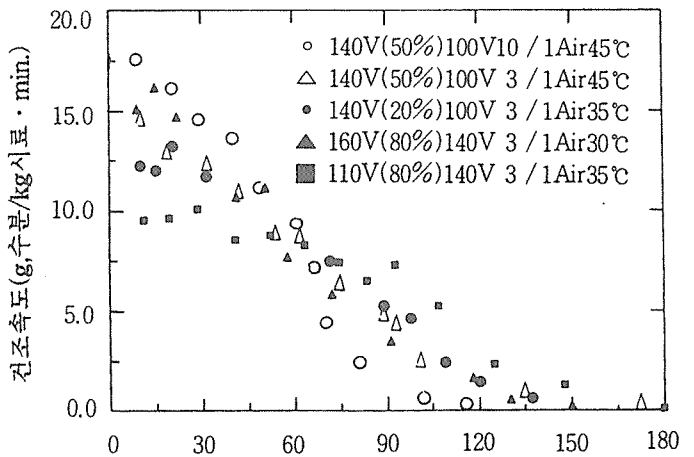


그림 4. 건조중 방사체의 공급전압 조정이 건조속도에 미치는 영향

앞에서 설명한 건조조건(그림 3)의 건조속도와 비교해서 약간 느린 경향을 나타내었다. 이것은 건조초,중반에 공급전압을 낮추므로해서 방사체의 표면온도가 낮아지고, 교환에너지가 감소함으로써 수분증발에 필요한 잠열이 감소하기 때문이다. 따라서 시료의 타는 것을 방지하는 데에는 효과를 얻을 수 있었으나, 건조 중에 방사체의 공급전압을 조정해야 한다는 점과 건조속도가 느리기 때문에 앞에 설명한 조건보다는 효율성이 낮은 것으로 판단된다.

그림 5는 상온통풍 원적외선건조와 비교구인 열풍건조의 건조속도를 비교한 것이다. 건조조건 140VCont,Air26°C에서 140V란 방사체에 공급되는 전압이고, Cont.는 템퍼링 없이 연속가열.건조를 의미하며 Air26°C는 상온통풍(26°C)을 의미한다.

건조속도가 빠른 조건은 140VCont,Air26°C(○)이고, 다음은 140V10/1Air26°C(△)과 130VCont,Air26°C(●)

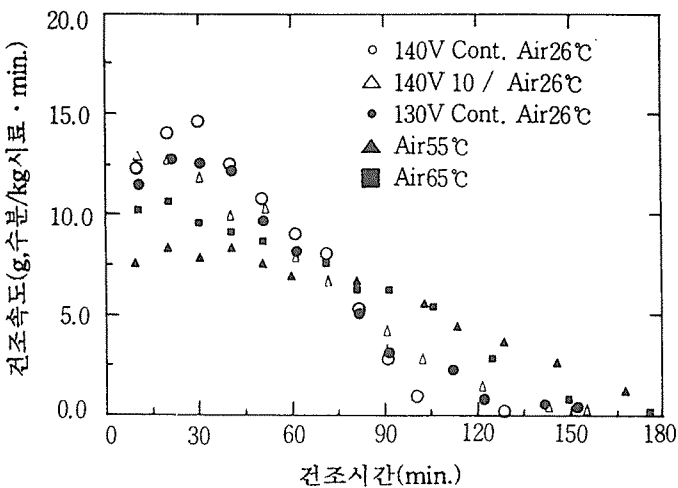


그림 5. 상온통풍 원적외선 건조와 열풍건조의 건조속도 비교

였다. 여기에서 건조조건 140V10/1Air26°C 과 130VCont,Air26°C의 건조속도는 큰 차이가 없었다.

한편 열풍건조는 원적외선건조와 비교해서 건조속도가 현저히 느렸다. 그 원인으로는 원적외선건조의 경우 원적외선 방사에너지가 시료에 전달되는 전열속도는 경막전열저항이 작기 때문에 빠르지만, 열풍건조의 경우 열풍이 갖는 열에너지가 시료에 전달되는 속도는 시료 표면의 경막전열저항이 크기 때문에 느리다. 그리고 원적외선건조의 경우는 방사체의 온도가 열풍온도에 비해 높기 때문에 시료온도가 상승해도 전열량의 감소가 열풍건조에 비해 작지만, 열풍건조의 경우 건조가 진행됨에 따라서 열풍온도와 시료온도의 차가 작아져서 건조에 필요한 잠열이 감소하기 때문이라고 판단된다.

앞에서 설명한 원적외선건조 조건중, 건조속도가 빠른조건이 좋으나, 건조속도를 빠르게 하기 위해서는 시료에 공급열량을 증대시킬 필요가 있다. 그러나 건조속도만을 고려한 공급열량의 증대는 에너지소비량을 증가시켜 비경제적일 뿐 아니라 시료온도가 너무 상승되어 변색 및 탄것을 발생시키므로 품질을 저하시킨다. 그러므로 이와같은 요소들도 고려해서 최적의 건조조건을 선정할 필요가 있다.

나. 소비전력량과 평균건조속도

표 2는 건조조건에 따라서 양송이의 건조특성 결과를 나타낸 것이다. 여기에서 평균건조속도 및 소비전력량은 시료의 함수율이 10%까지 감소되었을 때의 값으로 나타냈다.

표2. 양송이의 건조특성 결과

건조조건	초기수분 (w. b. %)	최종수분 (w. b. %)	건조시간 (hr)	10%까지 건조속도 (%w. b./hr)(g/kg · min)	10%까지 소비전력량 (kWh)(kWh/kg)		
140V10/1Air45°C	91.8	7.2	1.7	47.2	8.8	12.1	5.35
140V3/1Air45°C	92.9	5.6	2.1	39.5	7.3	8.7	37.9
140V5/1Air35°C	91.4	7.0	2.1	38.5	7.1	4.4	19.0
140V3/1Air35°C	92.2	9.2	2.8	29.0	5.4	6.0	26.1
140V5/1Air30°C	93.1	10.5	2.3	34.4	6.4	3.1	13.8
140V3/1Air30°C	92.1	10.7	2.8	29.0	5.4	3.7	16.5
140V(50%)100V 10/1Air45°C	92.9	5.8	1.8	47.4	8.8	6.6	28.7
140V(50%)100V 3/1Air45°C	93.2	6.4	2.4	35.4	6.6	8.7	40.2
140V(20%)100V 3/1Air35°C	93.3	10.3	2.3	35.7	6.6	5.1	23.1
160V(80%)140V 3/1Air30°C	93.1	9.2	2.3	35.9	6.6	2.7	11.9
110V(80%)140V 3/1Air35°C	93.1	6.4	2.7	30.6	5.7	5.0	24.4
140VCont. Air26°C	92.7	6.8	2.0	40.7	7.6	1.6	7.5
140V10/1Air26°C	92.8	7.2	2.5	33.1	6.1	1.8	8.2
130Vcont. Air26°C	91.9	9.5	2.4	33.9	6.3	1.6	7.4
Air55°C	93.1	6.6	3.4	24.6	4.6	16.4	71.3
Air65°C	92.8	6.0	2.8	29.7	5.5	17.0	79.5
Vacuum	92.0	6.9	-	8.8	-	-	30.8

표에 나타난 바와 같이 원적외선방사체에 공급전압을 일정하게 할 경우 소비전력량은 통풍온도가 높을수록 증가하는 경향을 나타냈다. 이것은 통풍온도를 높이기 위해서 히터의 사용수를 증가시켰기 때문이다.

통풍온도가 동일하고 원적외선 가열시간이 3분과 5분 인 경우 후자의 소비전력량이 감소하였다. 이것은 가열 시간이 길어져서 공급열량이 많기 때문에 건조속도가 빨라져서 건조시간이 단축되기 때문이다.

한편 시료의 함수율이 어느 정도 감소한 후 방사체의

공급전압을 낮추어 건조해도 전술한 건조조건과 비교 해서 소비전력량은 큰 차이가 없었다.

통풍할 공기를 가열하지 않고 상온통풍 원적외선건조를 한 경우 소비전력량은 크게 감소되고, 평균건조속도는 전술한 건조조건들에 비해 큰 차이가 없었다.

상온통풍 원적외선건조의 소비전력량을 하여 보면 140VCont. Air26°C, 140V10/1Air26°C, 130VCont. Air26°C의 경우 각각 1.6kWh, 1.8kWh, 1.6kWh 이었다.

비교구인 열풍건조의 소비전력량은 원적외선건조의 약 8~10배에 상당하지만, 이것은 전기를 열원으로 이

용하여 공기를 가열하고, 건조기 벽면으로부터의 열손실 및 가열공기를 그대로 배기하는 데에 따른 열손실 때문에 소비전력량이 크게 증가한 것이다. 현재 대부분의 열풍건조는 등유를 연료로 사용하기 때문에 이값이 절대적인 의미를 갖는 것은 아니다. 단지 본실험에서 열풍건조는 원적외선건조와 건조속도 및 품질변화를 비교하기 위해서 실시한 것이다.

이상의 결과로 소비전력량은 통풍온도에 영향받기 때문에 원적외선건조를 할 경우 통풍온도를 상온 또는 30℃ 이하로 유지하면서 건조를 하는 것이 에너지 절약과 건조속도를 고려할 때 바람직하다고 판단된다.

다. 시료의 탄율

그림 6에 건조중 시료 최고온도와 탄율의 관계를 나타냈다.

그림에서 보는 바와같이 탄율은 시료의 온도가 높아짐에 따라서 증가하는 경향을 나타냈다. 조후 탄것이 없는 건조조건은 130VCont.Air26℃, 140V3/1Air30℃, 140V(20%)100V3/1Air35℃, 열풍건조, 진공동결건조이었다.

이상의 결과로부터 시료표면 온도가 70℃ 이상이 되면 시료가 타는 것이 발생하는 것을 알 수 있다. 방사체의 공급전압을 140V(표면온도 210℃ 전후)로 하고 통풍온도를 가열하여 건조할 경우 대부분의 조건이 시료의 표면을 변색시키거나 탄것을 발생시켰다. 따라서 탄것에 의한 품질저하를 방지하기 위하여 건조 중에 시료 표면온도가 70℃를 넘지 않도록 방사체의 공급전압을 130V 이하(표면온도 180℃ 전후) 통풍온도는 상온 또는 30℃ 이하로 설정하는 것이 바람직하다고 판단된다.

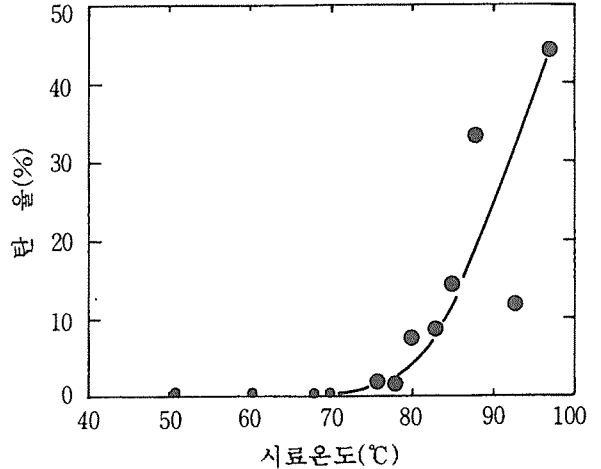


그림 6. 건조중 시료최고온도와 탄율과의 관계

라. 분말시료의 색조

표 3에 건조조건별 건조시료의 색조변화를 나타냈다.

표에 나타난 바와 같이 진공동결건조에 의한 백도는 다른 건조조건인 백도보다 높게 나타났고, 원적외선건조에 의한 탄율이 낮은 시료와 열풍건조에 의한 분말의 백도는 큰 차이가 없었다. 그러나 시료의 탄율이 높은 것은 백도도 낮고, 분말의 외관도 약간 갈색을 띄었다.

백도를 건조조건 별로 비교하면 진공동결건조가 83.9 이고, 여기에 탄것이 적은 조건의 백도는 140V(50%)100V3/1Air45℃, 140V3/1Air35℃, 140VCont.Air26℃, 140V5/1Air35℃가 각각 71.9, 71.8, 70.5, 70.0 이었다.

시료가 타지 않은 조건인 130VCont.Air26℃, 140V3/1Air30℃의 백도는 각각 70.8, 69.8을 나타냈다. 시료가 타지 않은 조건의 백도가 전술한 조건과 비슷한 것은 최종함수율이 높은데다 수분과 각종 아미노산의 반응에 의해 갈변되어 백도가 낮아졌다고 생각한다.

표3. 건조조건별 건조시료의 색조변화 및 복원율

건조조건	명 도 (L)	색 도 (a)	색 도 (b)	백 도	복원율 (%)
140V10/1Air45°C	67.2	5.4	7.3	66.0	92.1
140V3/1Air45°C	69.8	6.1	7.7	68.2	92.0
140V5/1Air35°C	71.1	5.6	5.9	70.0	92.4
140V3/1Air35°C	73.1	5.0	6.5	71.8	92.8
140V5/1Air30°C	66.3	5.7	6.7	65.2	92.3
140V3/1Air30°C	70.9	5.6	5.8	69.8	93.2
140V(50%)100V 10/1Air45°C	67.9	5.4	7.1	66.6	93.0
140V(50%)100V 3/1Air30°C	72.9	3.6	6.9	71.9	93.4
140V(20%)100V 3/1Air35°C	66.2	5.7	7.3	64.9	93.4
160V(80%)140V 3/1Air35°C	65.5	5.6	5.8	64.6	93.0
110V(80%)140V 3/1Air35°C	68.8	5.5	7.7	67.3	92.4
140VCont.Air26°C	71.6	4.9	6.4	70.5	92.6
140V10/1Air26°C	70.8	5.1	5.4	69.8	93.1
130Vcont.Air26°C	72.1	5.4	6.6	70.8	93.4
Air55°C	69.1	6.2	6.2	67.9	92.1
Air65°C	70.9	6.2	6.8	69.5	92.8
Vacuum	85.1	3.4	5.0	83.9	93.0

특히 농산물은 각 개체별로 품질에 차이가 클 뿐만 아니라, 양송이의 경우 수확시기가 늦어 완숙이 되면 갖의 속 부분이 검은색 계통으로 변하여 색조차에 큰 영향을 준 것으로 사료된다.

백도가 비교적 낮은 원적외선 건조조건은 140V(50%)100V10/1Air45°C, 140V10/1Air45°C, 140V5/1Air30°C, 1600V(80%)140V3/1Air30°C이고, 백도는 각각 66.6, 66.0, 65.2, 64.6 이었다. 이 조건들은 탄율이 높고, 초기시료의 색조차이 때문에 백도가 낮아졌다고 사료된다. 열풍건조에 의한 백도는 각각 67.9,

69.5 이었다.

그림 7은 탄율과 백도의 관계를 나타낸 것이다.

그림에 나타난 바와 같이 탄율이 높아지면 백도가 낮아지는 경향을 나타냈고, 이것이 품질에 큰 영향을 미치는 것은 당연하다. 따라서 건조시료의 백도를 높이기 위해서는 특히 한계함수율에 가까워졌을 때 시료온도가 허용최고온도인 70°C 이상 되지 않도록 방사체의 표면온도(방사체의 공급전압)를 정확하게 제어해서 타는 것이 발생하지 않도록 해야한다. 그리고 초기시료의 품질도 백도에 영향을 미치기 때문에 갈변과 숙성에 의한

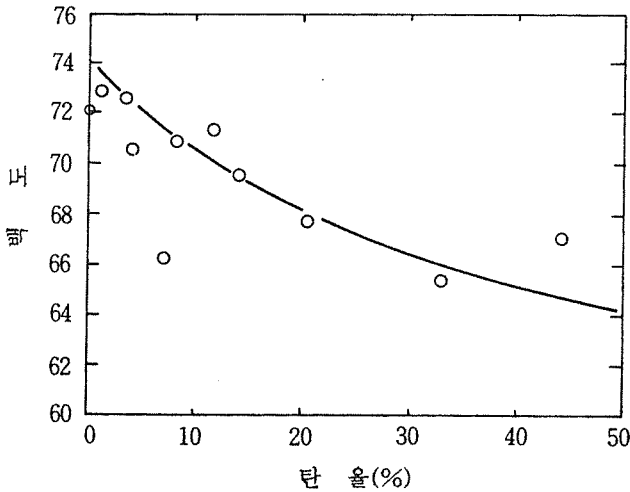


그림 7. 탄율과 백도의 관계

것 하부가 변색되는 것을 억제하기 위해서는 저온고에 보존하면서 신속히 건조해야 한다. 특히 건조시료의 최종습수율이 10%이상 되면 시료내의 수분에 의해 보존 중에 변색 및 품질변화의 원인이 되기 때문에 주의가 필요하다.

마. 복원율

표 3에 나타난 바와 같이 복원율은 건조조건에 따라 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 건조시료의 복원율은 92.0~93.4%로 양호한 편이었다. 그러나 신선한 것에 비해서 색조는 저하되는 것으로 나타났다.

바. 아미노산 변화비

아미노산 변화비는 진공동결건조시 아미노산 값을 기준으로 각 건조조건별 아미노산 값을 비교하였다.

진공동결건조보다 원적외선건조에 의해 증가하는 경

향을 나타낸 아미노산 종류는 알라닌, γ 아미노락산, 이소로이신, 로이신, 그리신, 세린, 바린, 쓰레오닌 등이고, 감소하는 경향을 나타낸 아미노산 종류는 아스파라긴산, NH_3 , 그루타민산 메치오닌, 티로신 이었다.

특히 알라닌과 γ 아미노락산은 진공동결건조한 것보다 증가량이 큰 아미노산으로 각각 20.2~95.1 $\mu\text{mol/g}$, dry tissues, 8.5~27.6 $\mu\text{mol/g}$, dry tissues 증가하였고, 증가비는 각각 1.3~2.4배, 2.2~4.9배 증가하였다. 한편 아스파라긴산과 NH_3 는 진공동결건조한 것보다 감소량이 큰 것으로 각각 25.3~38.6 $\mu\text{mol/g}$, dry tissues, 26.6~6.3 $\mu\text{mol/g}$, dry tissues 감소하였고, 감소비는 각각 1/3.5~1/1.9배, 1/2.1~1/1.1배 감소하였다.

알라닌과 γ 아미노락산의 증가 및 아스파라긴산의 감소 원인은 아미노기의 전이에 관여하는 트랜스아미나제 효소와 아미노산 탈탄소효소의 역할에 의한 것으로 알려져 있다.

4. 결론

본 연구에서는 원적외선건조 실험장치를 이용해서 양송이를 건조할 경우 원적외선건조의 기초자료 및 특성 고품질의 제품 얻을 수 있는 최적의 건조조건을 찾아내는 데 목적이 있다. 그리고 현재의 건조방식으로 많이 이용되고 있는 열풍건조와 진공동결건조의 실험도 같이 실시하여 건조특성과 품질을 비교하였다.

그 결과 다음과 같은 점들이 규명되었다.

- (1) 원적외선건조에 의한 양송이의 건조특성은 건조 개시후 5~15분 사이가 항울건조기간이고, 그 이후는 감률건조기간이었다.
- (2) 건조속도는 원적외선건조가 제일 빨랐고, 다음이 열풍건조이고 진공동결건조가 제일 느렸다.
- (3) 원적외선건조의 건조속도는 통풍온도가 높을수록 원적외선 방사체에 의한 가열시간이 길수록 빨랐다.
- (4) 상온통풍과 가열통풍에 의한 원적외선건조의 건조속도는 큰 차이가 없었다.
- (5) 원적외선건조중 양송이가 타는 것을 방지하기 위한 시료의 허용한계온도는 70°C 정도가 적절하였다.
- (6) 분말백도는 진공동결건조에 의한 것이 제일 크고, 다음이 상온통풍 원적외선연속건조였으며, 열풍건조도 거의 같은 값을 나타냈다.
- (7) 원적외선건조에 의해 유리아미노산 증가량이 큰 종류는 알라닌과 γ아미노락산이었고, 감소량이 큰 것은 아스파라긴산이었다.
- (8) 건조속도, 소비전력량, 색조, 탄을 등을 종합적으로 고려했을 때 적합한 건조조건은 공급전압 130V(히터

표면온도 185~190°C 전후), 방사체와 시료와의 간격은 100~110mm, 상온통풍에 의한 원적외선연속건조가 적합한 것으로 판단된다.

제 안

원적외선을 이용하면 모든 분야에 만능인 것 처럼 생각하는 분들이 많습니다. 그런 분들을 볼 때마다 걱정스럽습니다. 원적외선 건조도 모든 것이 가능한 것이 아닙니다. 남의 말만 믿고 시도하였다가 실패하면 원적외선 건조에 대한 인식만 나빠질 수 있고, 그것이 원적외선 분야 발전에 저해요인으로 작용할 수 있기 때문입니다.

피건조물을 원적외선으로 건조하기 위해서는 적합한 건조조건을 찾아야 하고, 생산량에 적합하게 건조기를 설계 제작해야 합니다. 앞에 논문에서와 같이 원적외선 건조가 건조시간을 단축하고, 제품의 품질을 높일 수 있는 것은 사실이나, 피건조물마다 건조조건 및 설계조건을 따로 정해야 하는 어려운 점이 있습니다. 따라서 원적외선 건조기 또는 건조 플랜트를 제작하려면 피건조물들에 대한 각각의 건조 특성 자료 및 설계 자료를 확보해야 성공할 수 있다고 판단됩니다.

光촉매 신소재!

‘지구환경 오염억제와 쾌적한 생활공간을 위해 개발되었습니다’

제품 : 분말 · 액상 · 불형태 · M/B

- 주기능
- 세균 · 곰팡이 · 바이러스 등 살균
 - 물이끼 제거
 - 각종 냄새 분해
 - NOx-SOx 등의 매연 분해
 - 폐수처리-유기물 분해
 - 자외선 차단
- 특징
- 식품의 신선도 2배이상 향상시킴
 - 오염을 부착방지와 플라스틱의 강도증진
 - 1200°C 타일에서 99% 항균력 발휘

파이 세라

기능성 항균세라믹 전문 **대성세라믹연구소**

영업사원 대리점 모집
신제품 수탁 용역개발 접수

본사 · 공장 : TEL:(0652)262-6440-1 서울 사무소 : (02)3463-2395-6
● <http://www.dsccera.co.kr>