

마늘의 건조특성에 관한 연구*

Drying Characteristics of Garlic

이정호** 고태균*

정희원 정희원

J. H. Lee H. K. Koh

ABSTRACT

This study was performed to find out drying characteristics and develop drying model for the design of an efficient dryer or drying system of garlic.

The basic model which describes drying phenomenon of garlic was first established. A series of drying test were conducted with two varieties of garlic(Uiseong, Namdo) at 9-different drying conditions (drying temperatures ; 40°C, 50°C, 60°C, relative humidities ; 20%, 35%, 50%) and statistical analysis was made to fit the data with exponential equation, approximated diffusion equation, page equation, thompson equation and wang equation, respectively.

In this test, the effects of drying air temperature and relative humidity on the drying rate were undertaken. Finally, new drying model based on these experimental results was developed to describe the drying characteristics of garlic.

Also, the volatile components of garlic extracts were investigated. For experiment both Uisoeng and Namdo garlic were dried by heated-air-drying, followed by ether extraction. The extracts were analysed by Gas chromatography/Mass spectrometer.

주요 용어(Key Words) : 마늘((Garlic), 건조특성(Drying Characteristics), 건조모델(Drying Model), 품질분석(Quality Analysis)

1. 서론

한국인의 식생활에 중요한 향신료 자원인 마늘은 절임용과 건조가공용으로 일부가 소비되며 90% 이상이 수확한 후 상온 및 저온에 저장하면서 필요에 따라 공급, 소비되고 있는데 저장중 발아 및 부패 등의 변질로 인하여 질적, 양적 손

실이 크다. 그러나, 최근 마늘은 장기보존의 수단 및 사용시의 간편화로 인하여 라면스프, 종합양념 등 각종 식품의 첨가제 및 약제 등에 건조마늘 제품의 소비가 국내에서 연간 20~30% 정도로 증가되는 추세에 있다. 일반적으로 가공분야에 사용되는 마늘은 건조 작업을 행한 상태로 이용되고 있으며, 이러한 일련의 가공작업에서의 건

+ 이 연구는 94년도 한국과학재단 연구비의 지원에 의해 수행되었음.

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과

** 한라중공업(주) 증장비연구소

조는 열풍건조나 동결건조가 행해지고 있다. 동결건조는 식품을 높은 온도에 노출시키지 않고 이루어지므로 품질이 양호한 제품을 얻을 수 있는 장점에도 불구하고 건조비용이 많이 들고, 건조속도가 느리고, 부피가 커 부서지기 쉬우며, 응용되어지는 제품의 종류 및 그 양이 한정되는 결점이 있다. 이로 인하여 현재까지 열풍건조가 널리 이용되고 있다.

특히 우리나라의 경우 마늘의 생산과 소비가 많음에도 불구하고 현재까지 마늘건조에 관한 연구는 관행방법에 근거를 둔 극히 단편적인 연구일 뿐만 아니라 주로 육종과 재배생리학적 문제에 국한된 연구가 대부분이기 때문에 마늘 제조를 위한 가공기술과 시설에 관한 연구는 물론 마늘의 열풍건조특성 및 건조모델 구명에 관한 연구는 거의 전무한 실정이므로 이에 대한 연구가 절실히 요구된다. 마늘 제품의 품질향상과 효과적인 건조를 하기 위해서는 마늘의 건조특성이 무엇보다 먼저 구명되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 현재 국내에서 생산되는 농산물 가운데서 건조의 필요성이 높은 마늘을 대상으로 마늘의 건조특성 및 건조모델에 관한 기초 자료를 제시함으로써 마늘 가공작업의 기계화를 촉진하고 아울러 효율적인 건조작업에 기여하고자 하는 바, 마늘의 건조특성 및 건조모델 개발을 위하여 수행되었다.

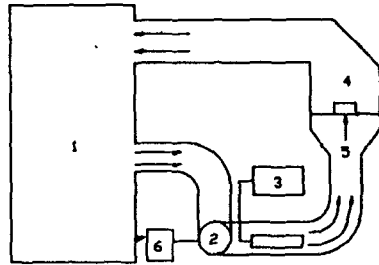
2. 실험 재료 및 방법

가. 실험재료 및 장치

마늘의 건조실험을 위하여 생산량이 많은 한지형 마늘인 의성종과 난지형 마늘인 남도마늘, 2개품종을 가락동 농수산물시장에서 직접 구입하여 실험을 실시하였으며, 박피된 쪽마늘은 마늘통의 횡경을 기준으로 4~5cm 의 것을 사용하였고, 세절한 마늘은 2~3mm 두께로 세절하여 실험에 사용하였다.

그림 1과 표 1은 건조실험에 사용된 장치의 개략도와 제원을 나타낸 것이다. 그림 1의 실험

장치는 항온항습발생장치, 송풍장치 및 송풍관, 건조실, 배기관 등으로 구성되었다. 항온항습발생장치를 이용해 실험조건의 상대습도와 열풍의 온도를 일정한 상태로 유지할 수 있도록 하였다. 송풍장치로는 실험조건의 풍속을 일정하게 유지하고, 송풍관 내부에는 송풍과정에서 열손실로 인한 온도손실을 보상해주기 위하여 보조 열원과 제어장치가 설치되었으며, 송풍관 및 건조실은 건조실 내부에서의 공기가 균일하게 유동할 수 있도록 설계되었다. 열풍의 온도와 상대습도는 항온항습장치를 이용해 조절하였다.



1. Air conditioner
2. Motor and fan
3. Heater and controller
4. Drying chamber
5. Sieve tray
6. DC voltage controller

Fig 1. Schematic diagram of experimental apparatus for the drying test.

Table 1. Specification of experimental equipments

Item	Specification
Air conditioner	Vo. 16 - Refe Mitamura Riken(Japan)
Experimental dryer	Self-made
	Drying chamber 40cm×40cm×60cm
Subsidiary heater	Heater : 600W
& controller	Controller : DDF - 120R/E(Jung Kyung Inst.)
Motor & fan	Motor : DC 100W
	Fan : Centrifugal type
Temperature sensor	Sensor : Thermocouple (T type)
Anemometer	Hot wire type
Electronic balance	Accuracy : 0.01 g

나. 실험 방법 및 내용

시료는 시료상자에 겹치지 않도록 한층으로 깔아서 항온항습기의 건조실 내에 넣고 주어진 건조조건에서 실험을 실시하였다. 남도 마늘과 의성 마늘의 박피된 상태와 절편된 상태에서 각각의 건조특성을 비교하기 위하여 남도, 의성 마늘을 각각 박피하고 절편하여 시료를 만들어 이를 4개 상자에 담아 동시에 항온항습기에 넣고 실험을 실시하였다. 시료의 무게측정은 전자저울을 사용하여 시료를 건조실에 넣은 후 처음 6시간 동안은 1시간 간격으로 측정하고 그 이후는 2시간 간격으로 측정하며 측정시 무게 변화가 거의 없는 경우 건조가 끝난 것으로 간주하고 그때의 함수율을 평형함수율로서 사용하였다.

함수율측정은 일반적으로 많이 쓰이는 공기오븐법으로 실시하였으며, 열분해로 인한 함수율의 과잉예측을 피하기 위하여 건조가 끝난 시료는 오븐속에 넣고 70℃, 48시간동안 가열시킨 후 그 무게를 측정하여 함수율을 결정하였다.

건조실험은 건조공기의 온도 3수준(40℃, 50℃, 60℃), 상대습도 3수준(20%, 35%, 50%)을 택해 실시하였으며, 풍속은 2m/s 로 일정하게 유지되도록 하였다.

다. 건조모델

1) 건조모델 선정 마늘의 건조과정을 예측하기 위하여 기존의 건조모델들 중 Exponential 모델, 유사확산모델, 페이지 모델, 탐슨 모델, Wang 모델을 선택하였다. 이 모델들은 주로 농산물의 건조과정을 예측하는데 많이 이용되어왔다. 표 2는 본 연구에서 분석한 기존 모델 5개를 나타낸 것이다.

Table 2. Drying models

Model name	Equation
Exponential	$MR = \exp(-k \cdot t)$
Approximate Diffusion	$MR = A \cdot \exp(-k \cdot t)$
Page	$MR = \exp(-k \cdot t^N)$
Thompson	$t = A \cdot \ln(MR) + B \cdot (\ln(MR))^2$
Wang	$MR = 1 + W_1 \cdot t + W_2 \cdot t^2$

Note)

MR : Moisture ratio

$$MR = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e}$$

M : Moisture content(%, db)

M₀ : Initial Moisture content(%, db)

M_e : Equilibrium moisture content(%, db)

t : Drying time(hour)

A, B, K, N, W₁, W₂ : Parameters

2) 매개변수에 대한 모델

각 건조모델의 매개변수들은 건조공기의 온도, 상대습도에 따라 변한다. 이 매개변수들의 모델 선정은 온도, 상대습도와 이들 요인에 각각 로그함수, 자승과 같은 비선형 함수들을 취하여 6개의 독립변수를 갖는 모델로 가정할 수 있다.

$$\text{매개변수} = c_1T + c_2T^2 + c_3\ln(T) + c_4RH + c_5RH^2 + c_6\ln(RH)$$

T : 건조온도(℃)

RH : 상대습도(%)

c₁, c₂, c₃, c₄, c₅, c₆ : 상수

매개변수를 나타낼 모델을 개발할 경우 2개의 모델 조합중에서 선정하였다. 모델의 선정은 SAS의 REG PROC를 이용하였다.

3) 모델의 적합성 검증

기존의 모델은 모두 선형화가 가능하며 선형화된 건조모델의 각 시험구에서의 매개변수들은 Quattro PRO 의 회귀분석 프로그램과 SAS 의 GLM 을 이용하여 결정하였다. 모델의 적합성 검증은 개발된 매개변수 모델을 각각의 건조모델에 대입하여 시험구 전체에 대한 결정계수와 F값을 참고로하고 잔차의 평균평방과 평균상대 오차율을 계산하여 각각의 모델의 예측성능을 비교하였다. 평균상대오차율은 건조가 완료될 때까지 건조하는 동안 측정된 함수율과 선정된 모델에 의하여 예측한 함수율과의 잔차를 측정치로 나누어 표준화시킨 후 전체 건조시간 동안

의 평균치를 계산하여 백분율로 나타내었다. 평균상대오차율(P)은다음식에 의하여 구하였다.

$$= \frac{100}{N} \sum \frac{Y - Y'}{Y}$$

- P : 평균상대오차율 (%)
- Y : 실측함수율 (%.db)
- Y' : 예측함수율 (%.db)
- N : 측정값의 수

라. 품질분석

1) 마늘의 색도측정 및 추출물의 향기성분 분석

색도계(MINOLTA, CR-200)를 이용하여 건조 전과 건조 후의 마늘의 표면 색도값인 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정하였다. 향기성분 추출에 사용된 마늘은 열풍건조에 의하여 조제되었으며, 상대습도 35%일 때 건조온도 40℃, 50℃, 60℃ 에서 각각 60시간 건조한 후 구하였다. 생마늘에서 추출한 향기성분을 표준으로 사용하였다. 본 연구에서 8가지의 건조 시료 마늘을 각

각 60℃ 에서 8시간 동안 Soxhlet 장치를 이용하여 diethyl ether로 마늘의 성분을 추출하여 향기성분 분석시료로 사용하였다. 마늘 ether 추출물 중의 향기성분을 비교하기 위하여, 일정량의 추출물을 pentane과 dichloromethane의 2 : 1 혼합 유기용매에 각각 용해한 후 Gas chromatography 및 Gas chromatography/Mass spectrometer로 분석 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 마늘의 건조특성

그림 3은 건조온도 50℃, 상대습도 20% 에서 의성마늘과 남도마늘의 건조곡선을 나타내고 있다. 의성마늘이 남도마늘보다 상당히 빠르게 건조되는 경향을 나타내고 있다. 이것은 의성마늘은 직삼각형의 형상을 하고 있어서 구에 가까운 형상을 하고 있는 남도마늘보다 그 부피가 상대적으로 작아서 빠른 건조경향을 보이는 것으로 판단된다.

그림 4에서 그림 7까지는 건조온도가 일정할 때 의성마늘과 남도마늘의 건조에 대한 상대습도의 영향을 나타내고 있다. 의성마늘과 남도마늘 공히 40℃ 에서는 상대습도의 영향이 없었으며 50℃에서는 약간의 영향을 보였다. 세절한 의성마늘과 남도마늘의 경우는 상대습도가 건조속도에 영향을 거의 미치지 않는 것으로 나타났다.

그림 8에서 그림 13까지는 상대습도가 일정할 때 의성마늘과 남도마늘의 건조속도에 미치는 온도의 영향을 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 의성마늘의 경우 상대습도가 20% 일 때 건조온도의 영향이 약간 나타났으나, 상대습도 35% 와 50% 에서는 온도의 영향이 크게 나타났다. 건조온도 60℃ 의 경우는 건조속도가 건조온도 40℃, 50℃ 에서 보다 매우 느리게 나타났다. 남도마늘의 경우 상대습도가 35% 이고 건조온도 60℃ 일 때 건조속도가 매우 느리게 나타났으며, 각 상대습도에서 건조온도 50℃ 일 때 건조속도가 가장 빠른 것으로 나타났다. 이것

Table 3. Working condition of gas chromatography for analysis of garlic flavor

Items	Conditions
GC	Hewlett packard 5890 series †
Column	HP- I fused silica capillary column(0.32 × 30mm)
Detector	FID
Carrier gas	N ₂ (split ratio = 2 : 1)
Column temperature	Initial : 65℃ Final : 230℃ (5℃/min)
Injection temperature	250℃
Detector temperature	270℃
Injection volume	0.5 μ l
GC/MS	Hewlett packard 5988
Column	DB-1
Oven temperature	65℃ 300℃ (5℃/min)
Ionization voltage	70eV
Ion temperature	200℃
Separation temperature	250℃
Mass range	41~330m/e

은 건조 실험중 건조온도 60°C 의 시험구에서 마늘의 표면에 작은 결정체가 많이 생겨났는데, 마늘 내부의 지방 성분 등이 수분과 같이 표면으로 이동한 후 수분은 주위로 증발되었으나, 지방성분 등은 증발되지 못하여 표면에서 결정체를 이루어 수분의 증발에 영향을 끼친 것으로 판단된다. 건조온도 60°C 의 실험구는 마늘의 물성이 변화되므로 마늘 건조실험의 자료로써 활용할 수 없으므로 건조실험의 자료로 제시하지 않았다.

세절한 의성마늘의 경우 일정한 상대습도에서 온도의 영향이 다소 나타나거나, 거의 없는 것으로 나타났다. 세절한 남도마늘의 경우도 같은 결과를 나타내고 있다.

상대습도 35% 에서 함수율비 0.2까지 건조되는데 소요되는 시간을 살펴보면 의성마늘의 경우 건조온도가 40°C, 50°C 일 때 54시간, 32시간이 소요되었고, 남도마늘의 경우 56시간, 48시간이 소요되는 것으로 나타났다. 세절한 의성마늘은 8시간, 5시간이 소요되었으며, 세절한 남도마늘은 8시간, 6시간이 소요된 것으로 나타났다.

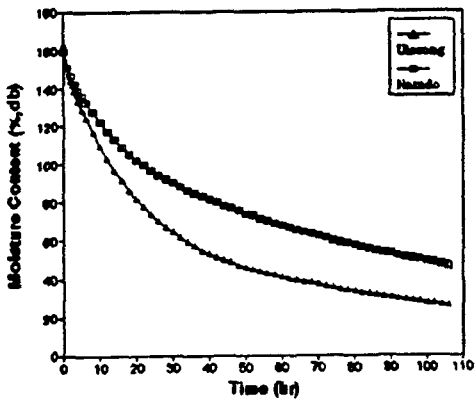


Fig. 3. Drying curve for peeled Uiseong and Namdo garlic at 50°C and 20% RH.

상대습도가 50% 일 때 함수율비 0.3이 될 때까지 40°C, 50°C 의 각 건조온도에서 의성마늘은 34시간, 24시간이 소요되었으며, 남도마늘의 경

우는 39시간, 34시간이 소요되었다. 세절한 의성마늘의 경우 4.5시간, 3.5시간이 소요되었고, 세절한 남도마늘의 경우 6시간, 3.5시간이 소요되었다. 이는 최(1992)가 인삼의 건조요인 중 건조온도가 높아질 수록 건조속도가 빨라지고 고온으로 갈 수록 그 효과가 작게 나타난다고 한 것, 즉 건조온도의 요인이 건조속도에 아주 큰 영향을 미친다는 것과 상이한 경향을 나타내고 있다.

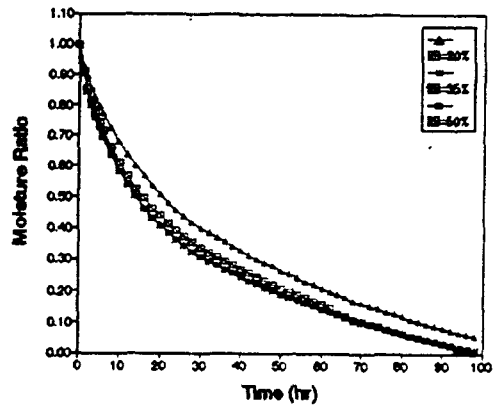


Fig. 4. Effects of relative humidity on drying rate

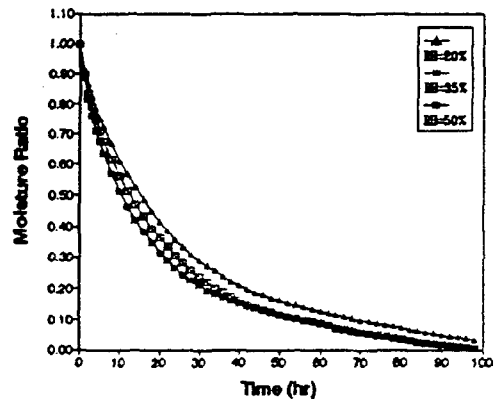


Fig. 5. Effects of relative humidity on drying rate for peeled Uiseong garlic at 50°C, for peeled Namdo garlic at 50°C.

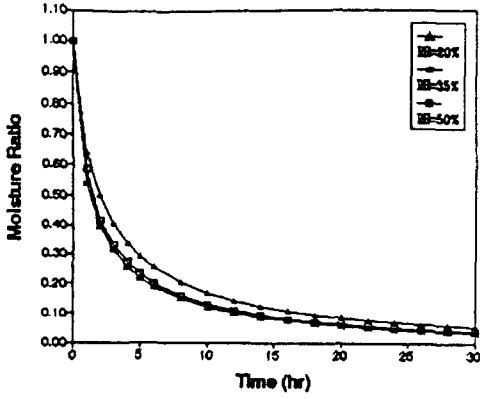


Fig. 6. Effects of relative humidity on drying rate

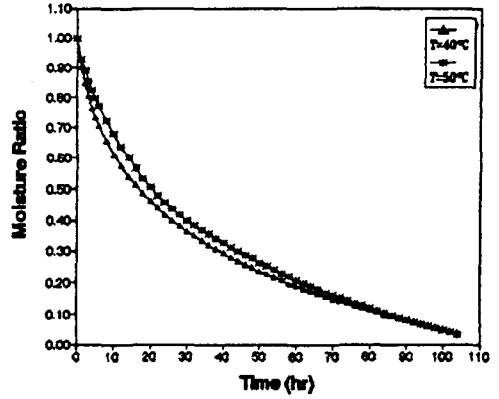


Fig. 9. Effects of drying temperature on drying rate for peeled Uiseong garlic at 20% RH.

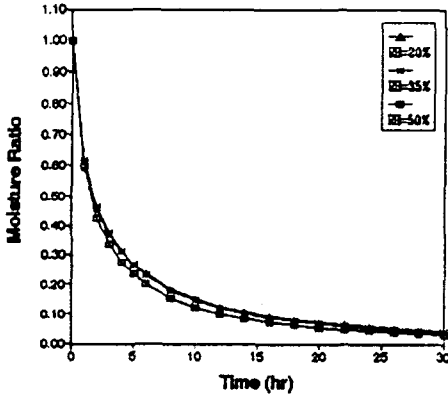


Fig. 7. Effects of relative humidity on drying rate for peeled and sliced Uiseong garlic at 50°C. for peeled and sliced Namdo garlic at 50°C

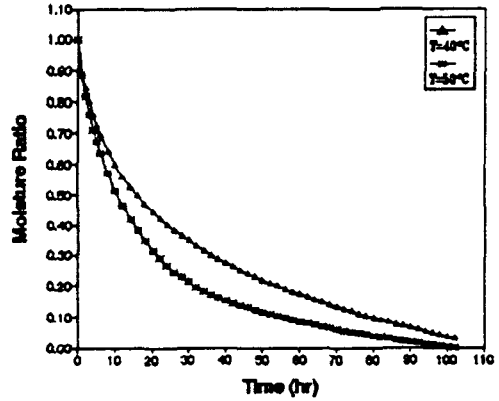


Fig. 10. Effects of drying temperature on dry-

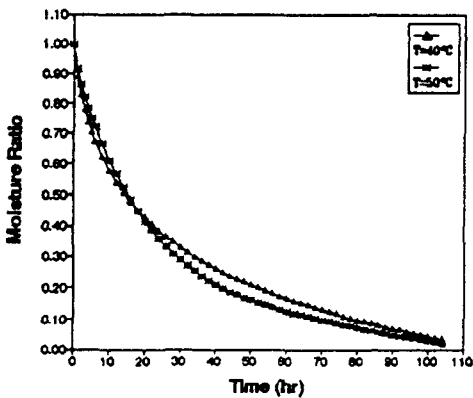


Fig. 8. Effects of drying temperature on drying

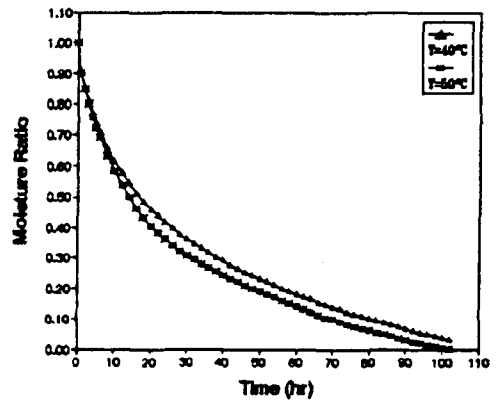


Fig. 11. Effects of drying temperature on drying rate for peeled Uiseong garlic at 35% RH.

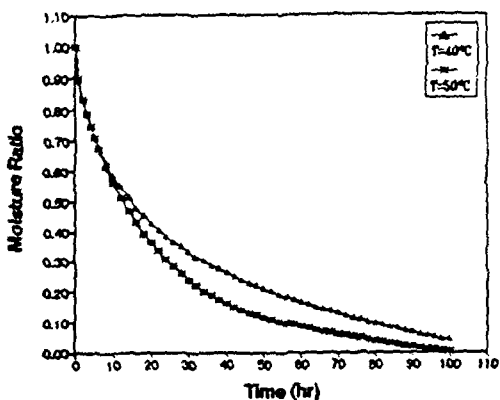


Fig. 12. Effects of drying temperature on drying

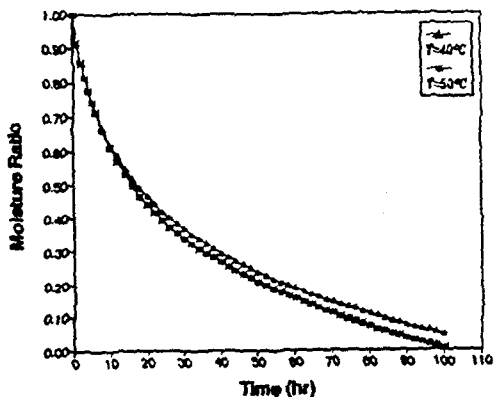


Fig. 13. Effects of drying temperature on drying rate for peeled Uiseong garlic at 50% RH. rate for peeled Namdo garlic at 50% RH.

나. 건조율과 건조기간

대부분의 농산물이 항률건조기간이 없거나 초기에 존재하고, 대부분의 경우는 감률건조기간만이 나타나는 것으로 보고되었다(고 등, 1990). 마늘의 경우도 항률건조기간이 존재하지 않거나 존재하여도 극히 짧은 시간일 것으로 판단된다.

그림 14는 의성마늘과 남도마늘에 대하여 건조온도 50°C, 상대습도 50% 에서 건조율의 변화를 나타낸 그림이다. 건조율의 변화를 살펴보면

의성마늘과 남도마늘은 건조초기에 건조율이 급격히 감소하다가 다시 증가하다가 완만하게 감소하는 것을 볼 수 있는데 이것은 1차와 2차의 감률건조기간으로 나누어 생각할 수 있다.

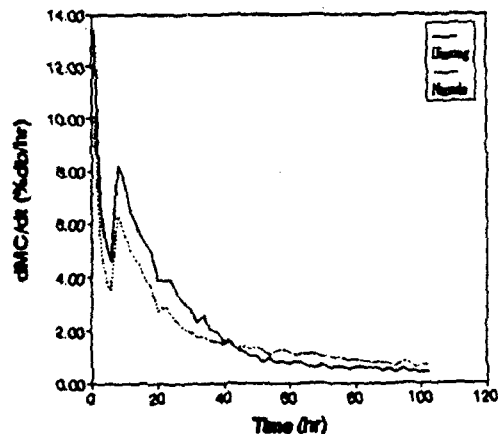


Fig. 14. Drying rates for Uiseong and Namdo garlic at 50°C and 50% RH.

다. 건조모델

마늘의 건조온도와 상대습도를 함수로 하여 마늘의 건조속도를 예측하기 위한 각 모델의 매개변수에 대한 분석결과는 표 4에서 표 7과 같다. 마늘의 건조실험에서 건조온도 60°C 에서는 마늘의 물성이 변화하므로 마늘의 건조속도를 예측하기 위한 각 모델의 매개변수에 대한 분석에서 건조온도 60°C 의 실험결과는 제외하였다. 그리고 마늘의 건조특성에서 상대습도의 영향이 크게 나타나지 않으므로 매개변수에 대한 모델을 다음과 같이 수정하였다.

$$\text{매개변수} = c_1T + c_2T^2 + c_3\ln(T) + c_4RH + c_5$$

T : 건조온도(°C)

RH : 상대습도(%)

c₁, c₂, c₃, c₄, c₅, c₆ : 상수

또한마늘의 건조과정을 예측하기 위한 건조모델들 중 wang 모델은 건조과정을 예측하는데 있어 적합하지 않으므로 건조모델들 중에서 제

외하였다.

각 모델의 매개변수에 대한 식들에서 의성마늘의 경우 페이지 모델의 매개변수 N은 고도의 유의성이 인정되었고 매개변수 k는 매우 낮은 유의성을 나타내었다. 남도마늘은 페이지 모델의 매개변수 N과 탐슨 모델의 매개변수 B가 고도의 유의성이 나타났다. 또한 세절한 의성마늘의 경우 탐슨 모델의 매개변수 A에서만 고도의 유의성이 나타나며, 전모델에서 낮은 유의성을 나타내고 있으며, 세절한 남도마늘도 전모델의 매개변수에서 낮은 유의성을 보이고 있다.

각 건조모델의 매개변수들에 대한 식을 각 모델에 대입하여 건조온도 60°C의 실험결과를 제외한 전체 24개 시험구에 대하여 분산분석을 실시한 결과는 표 8에서 표 11과 같다. 모든 실험구에서 4개의 기존모델들 중 페이지 모델이 고도의 유의성이 인정되었으며, 결정계수가 가장 높게 나타났다. 세절한 의성마늘의 경우 페이지 모델이 매우 높은 고도의 유의성이 인정되었고, 탐슨 모델도 고도의 유의성이 인정되었다. 세절한 남도마늘의 경우도 페이지 모델과 탐슨 모델 그리고 exponential 모델의 유의성이 인정되었다.

각 모델에 대한 평균상대오차율은 표 12에서 표 15와 같다. 전체 실험구에서 페이지 모델이 가장 작은 오차율을 나타내었다. 의성마늘과 남도마늘의 경우 4개의 모델이 비슷한 수치를 나타내었다. 세절한 의성마늘과 남도마늘의 경우 페이지 모델의 오차율이 가장 작게 나타났고, exponential 모델이 가장 큰 평균상대오차율 보이고 있다. 따라서 exponential 모델은 세절한 마늘의 건조과정을 예측하기 위한 건조모델로 적합하지 않는 것으로 나타났다.

의성마늘의 경우 페이지 모델이 건조경향을 가장 잘 예측하고 있으며 그 평균상대오차율이 12.79%의 수치를 나타내고 있어 함수율의 변화를 예측하고자 할 경우에 페이지 모델이 이용될 수 있을 것으로 판단된다. exponential 모델과

탐슨 모델은 건조초기에 다소 과다예측 경향을 보이고 있으나 시간이 경과된 후에는 잘 예측하였다. app.-diffusion 모델은 건조온도 40°C, 50°C에서 건조과정 초기에 과소예측 경향을 보였다.

남도마늘의 경우 exponential 모델과 페이지 모델 및 탐슨 모델이 건조경향을 예측하고 있으며, app.-diffusion 모델은 40°C에서 초기 과소예측 경향을 보이고 50°C에서 초기 과다예측 경향을 보이고 있다. 따라서, 의성마늘과 남도마늘의 건조경향을 예측하는데 있어서 페이지 모델이 4개 모델 중 가장 우수한 모델로 사료되며, exponential 모델과 탐슨 모델도 건조경향을 잘 예측하였다. app.-Diffusion 모델은 건조과정 초기에 과소예측 경향을 보였으며, 마늘의 건조과정을 예측하는데 있어 적합하지 않는 것으로 판단된다.

세절한 의성마늘과 남도마늘의 건조경향 예측에 있어서 페이지 모델과 탐슨 모델이 건조경향을 잘 예측하였으며, exponential 모델은 초기 과다예측 경향을 보였고, app.-Diffusion 모델은 초기 과소예측 경향을 보였다. 따라서 exponential 모델과 app.-Diffusion 모델은 세절한 마늘의 건조경향 예측모델로써 적합하지 않는 것으로 나타났다. 세절한 마늘의 경우 페이지 모델이 모든 건조조건에서 건조경향을 가장 잘 예측하는 것으로 나타났다.

Table 4. Estimation of parameters involved in drying models for peeled Uiseong garlic

Model	Estimated parameters	R ²	F
Exponential	$k = 0.00118065 - 0.00001513T^2 - 0.0002235RH$	0.785	5.48
App-Diffusion	$A = -0.77224623 + 0.00025388T^2 + 0.00531252RH$ $k = 0.01235731 - 0.00001883T^2 - 0.0002995RH$	0.741 0.778	4.29 5.26
Page	$k = 0.05066603 - 0.63368774 \ln T + 0.00068033RH$ $N = 0.49218268 + 0.00011784T^2 + 0.00077508RH$	0.338 0.944	0.77 25.04
Thompson	$A = -34.29374845 + 0.00317753T^2 - 0.03320799RH$ $B = 5.40274856 - 0.00188630T^2 - 0.04582036RH$	0.683 0.786	3.23 5.50

Table 5. Estimation of parameters involved in drying models for peeled Namdo garlic

Model	Estimated parameters	R ²	F
Exponential	$k = 0.00720417 - 0.000744T - 0.00019717RH$	0.628	2.53
App-Diffusion	$A = -1.04658618 + 0.0217989T + 0.00118411RH$	0.650	2.79
Page	$k = 0.00264713 - 0.00001299T^2 - 0.0002685RH$	0.703	3.55
Thompson	$k = -1.60994833 - 0.021744T - 0.001803RH$	0.578	2.06
	$N = 0.38350117 + 0.00824647T + 0.00053443RH$	0.975	57.29
	$A = -27.37046299 - 0.23364463T + 0.08562588RH$	0.320	0.71
	$B = 9.91501937 - 0.23935868T - 0.00891135RH$	0.928	19.48

Table 6. Estimation of parameters involved in drying models for peeled and sliced Uiseung garlic

Model	Estimated parameters	R ²	F
Exponential	$k = 0.03058167 - 0.00067867T - 0.000283RH$	0.507	1.54
App-Diffusion	$A = -1.90932981 + 0.0002416T^2 + 0.004761RH$	0.768	4.95
Page	$k = -0.0197087 - 0.00001029T^2 - 0.000329RH$	0.686	3.28
Thompson	$k = -0.18919675 - 0.09186911lnT - 0.00000483RH$	0.017	0.03
	$N = 0.18118653 + 0.0789686lnT + 0.00061217RH$	0.682	3.22
	$A = 14.84986669 - 0.00690196T^2 - 0.16313496RH$	0.881	11.08
	$B = 3.93301633 - 0.00098071T^2 - 0.01219379RH$	0.186	0.34

Table 7. Estimation of parameters involved in drying models for peeled and sliced Namdo garlic

Model	Estimated parameters	R ²	F
Exponential	$k = -0.02985417 - 0.00072767T - 0.0001875RH$	0.641	2.67
App-Diffusion	$A = -0.98354941 - 0.09600696lnT - 0.0022517RH$	0.128	0.22
Page	$k = -0.0296312 - 0.0000705T^2 - 0.00018483RH$	0.614	2.38
Thompson	$k = -1.19138750 + 0.01335633T - 0.0008515RH$	0.663	2.95
	$N = 0.5290287 - 0.0000153T^2 + 0.00057513RH$	0.449	1.22
	$A = 14.72966692 - 0.33516724T - 0.10449985RH$	0.659	2.90
	$B = 8.33990079 - 0.11429143T - 0.03052533RH$	0.692	3.36

Table 8. Mean square errors of the drying models for peeled Uiseung garlic

Model	Mean Square Error	R ²	F
Exponential	0.00422887	0.935	4807.45
App-Diffusion	0.00425331	0.935	4777.92
Page	0.00228056	0.965	9198.14
Thompson	0.00241596	0.963	8664.02

Table 9. Mean square errors of the drying models for peeled Namdo garlic

Model	Mean Square Error	R ²	F
Exponential	0.00151108	0.977	14200.09
App-Diffusion	0.00198682	0.969	10720.42
Page	0.00080665	0.987	26890.53
Thompson	0.00118229	0.982	18241.32

Table 10. Mean square errors of the drying models for sliced Uiseung garlic

Model	Mean Square Error	R ²	F
Exponential	0.00644226	0.781	1167.97
App-Diffusion	0.00870933	0.705	779.08
Page	0.00018645	0.993	51293.07
Thompson	0.00414009	0.859	1998.72

Table 11. Mean square errors of the drying models for sliced Namdo garlic

Model	Mean Square Error	R ²	F
Exponential	0.00300748	0.904	3070.85
App-Diffusion	0.00966589	0.691	730.91
Page	0.00008653	0.997	99999.99
Thompson	0.00208151	0.933	4581.95

Table 12. Mean relative percentage deviation (P) of drying models

Model	species	exponential	app-diffusion	page	thompson
peeled Uiseung garlic	peeled Uiseung garlic	19.12588	15.39867	12.79992	14.3518
	peeled Namdo garlic	6.072654	6.327026	3.876551	5.67382
sliced Uiseung garlic	sliced Uiseung garlic	78.60344	20.2237	9.698685	34.58643
	sliced Namdo garlic	38.277	21.29988	6.070893	17.66891

그림 15는 건조온도 40°C, 상대습도 20%의 조건에서 의성마늘의 함수율비 변화를 페이지 모델과 탐슨 모델을 이용하여 예측한 그림이며, 그림 16은 건조온도 50°C, 상대습도 35%의 조건에서 남도마늘의 함수율비 변화를 Exponential 모델과 페이지 모델을 이용하여 예측한 그림이다.

그림 17와 18은 건조온도 40°C, 상대습도 35%의 세절한 의성마늘과 건조온도 50°C, 상대습도 20%의 세절한 남도마늘의 함수율비 변화를 페이지 모델과 탐슨 모델에 의해 예측한 그림이다.

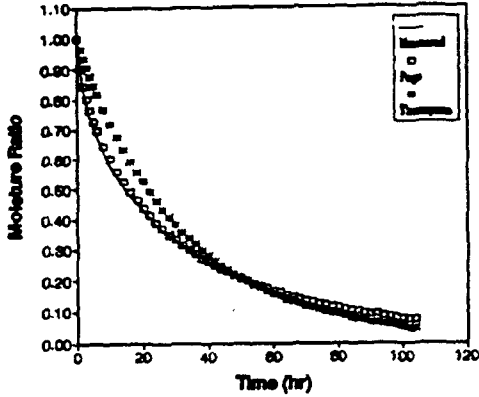


Fig. 15. Measured and fitted moisture ratio with page

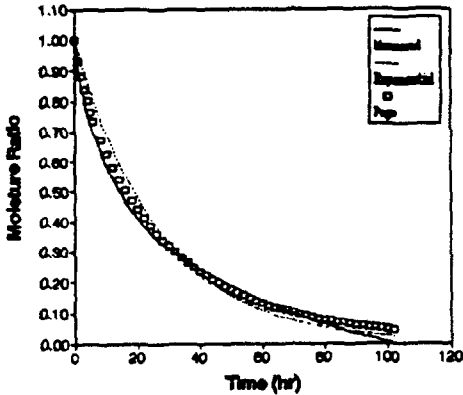


Fig. 16. Measured and fitted moisture ratio with and thompson model for peeled Uiseong garlic Exponential and page model for peeled at 40°C and 20% RH. Namdo garlic at 50°C and 35% RH.

라. 건조마늘의 품질분석

표 16은 건조 온도가 색도에 미치는 영향을 측정하기 위하여 박피한 쪽마늘의 건조 전과 건

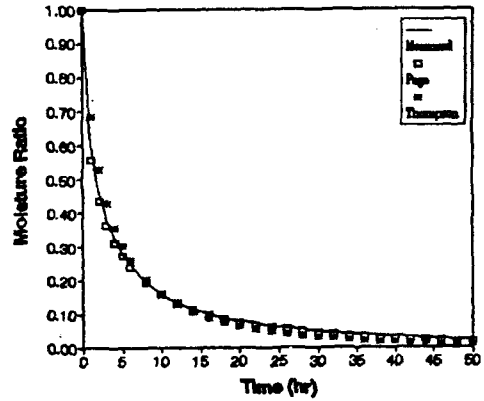


Fig. 17. Measured and fitted moisture ratio with

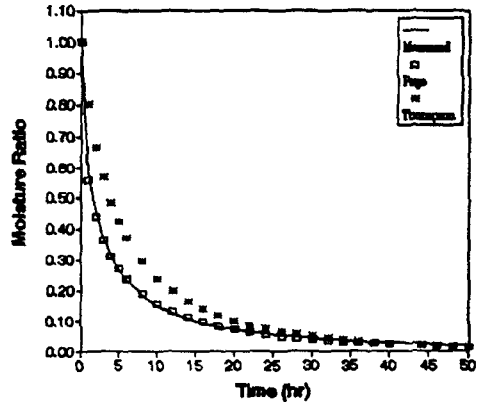


Fig. 18. Measured and fitted moisture ratio with page and thompson model for peeled and page and thompson model for peeled and sliced Uiseong garlic at 40°C and 35% RH. sliced Namdo garlic at 50°C and 20% RH.

조 후의 색도를 색도계로 측정된 결과이다. 건조 온도가 높을 수록 밝기를 나타내는 L 값은 감소하는 경향을 보이고 있으나, 적색도를 나타내는 a 값은 증가하였으며, 황색도를 나타내는 b 값은 건조온도 50°C 까지는 증가하였으나 건조온도 60°C 에서는 다시 감소하는 경향을 나타내고 있다.

이는 건조온도 50°C 에서 시험구가 황색도를 많이 나타나고 있었는데 건조온도 60°C 에서의 갈변현상으로 인하여 적색도가 증가하고 황색도는 감소한 것으로 판단된다.

Table 13. Color and color difference meter readings in raw and hot air-dried peeled Uiseong and Namdo garlic at 35% RH

Treatments	Uiseong			Namdo		
	L	a	b	L	a	b
raw	84.95	-4.09	21.20	83.29	-3.90	22.01
40°C	83.68	-2.96	23.96	83.55	-2.96	27.93
50°C	70.66	8.51	41.07	68.56	9.90	41.34
60°C	45.36	15.55	26.49	48.94	14.95	29.37

향기성분의 분석용 시료는 생마늘과 상대습도 35% 에서 40°C, 50°C, 60°C 의 건조온도에서 60시간 건조 후 조제되었다. 생마늘과 열풍건조에 의하여 조제된 마늘의 향기성분은 diethyl ether 를 사용하여 Soxhlet 법으로 추출하여 GC/MS 로 분석하였다.

마늘의 주요 맛성분은 allicin(allyl-2 propene thiosulfinate) 이고, 주요 향성분은 disulfide 류로 allyl methyl disulfide, diallyl disulfide, allyl propyl disulfide, diallyl trisulfide, allyl methyl trisulfide 등이다.

각각의 조제 마늘중에서 건조온도 50°C, 상대습도 35% 인 남도마늘의 경우에서만 마늘의 주요 향기성분인 diallyl disulfide 와 di-2-propenyl trisulfide 가 검출되었고, 또한 가열반응에 의해서 생성되는 것으로 추정되는 화합물들이 검출되었다.

이 같은 결과는 정 등(1990)의 건조방법이 분말마늘의 품질에 미치는 영향에서 건조온도 50°C, 60°C, 70°C 에서 diallyl disulfide 가 확인된 것과는 다른 결과를 보이고 있는데, 마늘의 추출물을 Soxhlet 장치를 이용하여 diethyl ether로 추출하는 과정에서 향기성분이 주위로 세어 나갔거나, 추출온도가 지나치게 높아 기타 마늘 성분과 반응한 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

마늘은 장기보존의 수단 및 사용시의 간편화로 인하여 각종 식품의 첨가제 및 약제 등에 건조마늘 제품의 소비가 국내에서 연간 20~30% 정도로 증가되는 추세에 있음에도 불구하고 마늘의 건조특성에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 온도 3수준(40°C, 50°C, 60°C)과 상대습도 3수준(20%, 35%, 50%)의 건조조건으로 의성마늘과 남도마늘에 대해 항온항습기에서 건조실험을 수행하였다. 농산물의 건조모델로 널리 알려진 5개의 건조모델(exponential 모델, app.- diffusion 모델, 페이지 모델, 탐슨 모델, wang 모델)을 선정하여 적합성검정을 통하여 온도와 상대습도의 독립변수를 갖는 건조방정식을 개발하였다. 또한 상대습도 35% 에서 각 건조온도별로 60시간 건조 후 Soxhlet 장치를 이용하여 diethyl ether 로 마늘의 향기성분을 추출하여 Gas chromatography/Mass spectrometer 로 품질분석을 실시하였다.

연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 마늘은 고습수율임에도 불구하고 상당히 느린 건조속도를 보였으며, 의성마늘이 남도마늘보다 빠른 건조속도를 보였다. 또한 세절한 마늘이 세절하지 않은 마늘보다 매우 빠른 건조속도를 나타내었다.

2. 마늘의 건조에 대한 온도의 영향이 상대습도보다 크게 나타났으며, 세절하지 않은 마늘의 경우 40°C, 50°C, 60°C의 건조온도 중에서 50°C 일 경우 건조속도가 가장 빠른 것으로 나타났으며, 세절한 마늘의 경우는 60°C 에서 가장 빠른 건조속도를 보였다. 건조실험 결과 세절하지 않은 마늘의 경우 60°C 의 건조 온도에서는 마늘의 물성이 변화되는 것으로 나타났다.

3. 의성마늘과 남도마늘은 건조기간 중 항률 건조기간이 거의 없이 감률건조기간을 나타냈으

며, 감률건조기 간은 1차와 2차의 감률건조기간을 나타내었다.

4. 마늘의 건조속도를 예측하는데 있어 세절하지 않은 의성마늘은 페이지 모델과 탐슨 모델이, 남도마늘은 Exponential 모델과 페이지 모델이 적합한 것으로 나타났으며, 세절한 마늘의 경우는 페이지 모델과 탐슨 모델이 가장 적합한 것으로 나타났다. 따라서 전 시험구에서 페이지 모델이 건조과정을 가장 잘 예측하는 것으로 나타났다.

5. 마늘의 색도측정 결과, 건조온도가 높을수록 갈변현상은 증가하는 것으로 나타났다. 마늘의 품질분석 결과 마늘의 향기성분인 diallyl disulfide, di-2-propenyl trisulfide 등이 남도 마늘의 건조온도 50°C, 상 대습도 35% 건조조건에서만 확인되었다.

참고문헌

1. 고하영, 박형우, 강통삼, 신동화. 1988. 포장방법이 열풍 및 동결 건조마늘절편의 흡습속도와 Shelf-life에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 20(3) : 380~384.
2. 권철성, 이동선. 1987. 건조채소의 수분측정 방법 비교. 한국농업기계학회지. 12(1) : 39~44.
3. 김현구, 조길석, 허우덕, 신동화. 1988. 상대습도와 저장온도에 따른 마늘가루의 갈변 및 흡습특성. 한국식품과학회지. 20(3) : 399~404.
4. 박철진, 김상덕, 오성기. 1993. 마늘 추출물의 향기성분에 관한 연구. 한국식품과학회지. 25(6) : 593~595.
5. 송성규. 1994. 버섯의 건조특성 및 건조과정 모형화. 석사학위논문. 서울대학교 대학원.
6. 정신교, 최종욱. 1990. 건조방법이 분말마늘의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지 22(1) : 44~49.
7. 최병민. 1992. 인삼의 평형함수 및 건조 모델. 박사학위논문. 전북대학교 대학원.
8. Misra, M. K. and D. B. Brooker. 1980. Thin-layer drying and rewetting equations for shelled yellow corn. Transaction of the ASAE Vol. 23(5) : 1254~1260.
9. Yu, T. H., Wu, C. M. and Liou, Y. C. 1971. Volatile compounds from garlic. J. Agric. Food Chem. 37 : 725~730