

## 원적외선 방사체를 이용한 발효녹차의 건조특성

리 혁 · 한충수 · 김유호\* · 최종민 · 강태환 · 조성찬  
충북대학교 바이오시스템공학과, \*농촌진흥청 농업공학연구소

### Drying Characteristics of Fermented Green Tea Using a Far Infrared Heater

He Li, Chung-Su Han, You-Ho Kim\*, Jong-Min Choi,  
Tae-Hwan Kang and Sung-Chan Cho

Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University\*  
National Institute of Agricultural Engineering

#### Abstract

This study was conducted to investigate the drying characteristics of fermented green tea using far infrared heater. The drying tests were performed by contact drying and non-contact drying methods, and results were compared with those obtained by On-Dol drying method. The drying characteristics such as moisture content, drying rate, and the changes in  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  were analyzed. On the basis of final moisture content of 7.53%(d.b) after drying, the average drying rate with On-Dol drying was 0.583% (d.b)/min, and 0.705 % (d.b)/min, and 1.599 % (d.b)/min with contact drying and non-contact drying, respectively, which used far infrared heater. It showed that the drying rate with far infrared heater was higher than that in On-Dol drying. The values of  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  were decreased in all of the dry methods. Especially, the values of  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  in non-contact drying with far infrared heater showed the least reduction in the values of fermented green tea before drying.

**Key words:** Fermented green tea, Far infrared heater, Drying rate, Moisture ratio

## 서 론

녹차는 Teaceac 종의 Camellia과에 속하는 것으로 우리나라에서는 신라시대부터 음용되어 오던 고유의 음료이다. 현재 녹차는 국민생활 수준이 향상됨에 따라 기호식품 및 건강보조식품의 대응으로 여러 종류가 상품화되어 있고, 매년 생산량과 소비량이 증가하고 있다.

녹차는 일반적으로 적체하는 시기에 따라 4~5월에 제차한 것을 상품, 6~7월에 제차한 것을 중품, 8~9월에 제차한 것을 하품으로 분류하고 있고, 차

나무의 종류, 차엽의 종류, 생산지, 재배조건, 제조 방법에 따라 품질에 큰 영향을 받는다(Shin 등 1988; Shin 등 1995).

녹차 가공은 기계적인 방법으로 차엽을 찌거나 덩음으로 제조하는 증제법과 가마볶음 제법이 가장 많이 이용되고 있다(Ko 등 1985). 이와 함께 차엽에 열이나 증기를 가하지 않고 녹차 잎을 수확하여 위조(음건 후 양건), 정치(1차 발효), 요청(잎 흔들기), 유념(비비기), 정치(2차 발효), 건조공정으로 발효시켜 제차하는 방법이 있지만, 대부분 수작업과 재래식 방법을 이용하기 때문에 작업시간이 길고 생산량이 적다.

Ko 등(1985)은 HPLC에 의한 증제와 볶음 녹차 중의 유리 아미노산과 유리당의 정량 연구에서 4종의 유리당과 16종의 유리아미노산을 검출하였고, 증제차가 볶음차보다 유리아미노산 함량이 많았으며, 유리당은 가열시간 증가에 따라 각 성분의 함량이

Corresponding author: Sung-Chan Cho, Professor, Dept. of Biosystems Engineering, Chungbuk National University, Cheongju, 361-763, Korea.  
Phone: 043-261-2584, Fax: 043-271-2580  
E-mail: sccho@chungbuk.ac.kr

현저히 감소하였다고 보고하였다.

Yositomi 등(1986)은 녹차의 건조특성 연구 제 1 보와 2보에서 제차공정에 있어서 중요한 건조공정인 조유공정을 중심으로 건조특성을 실험하였다. 그 결과 조유공정은 항울건조 또는 그것에 가까운 상태를 나타내었고, 정치식 건조는 감울건조를 나타냈다. 또한 확산계수는 일보다 줄기가 크지만 수분이동거리가 커서 정치식 건조기에서는 줄기보다 잎의 건조속도가 크게 나타났고, 조유기에서는 기계적 영향으로 반대의 결과가 나타났다고 보고하였다.

Yositomi 등(1988)은 녹차의 건조특성 연구 4보에서 녹차의 건조특성을 항울, 감울기간을 표현할 수 있는 건조모델을 개발하였다.

Kim 등(1988)은 온도와 수분활성을 달리한 녹차 저장중의 비효소적인 갈변 연구를 통해 변온 조건하에서 녹차를 저장하였을 때 수분활성에 따른 갈변은 영차반응으로 증가하였고, 반응속도는 수분의 활성이 빠를수록, 저장 속도가 높을수록 빠르게 나타났다고 보고하고 있다.

이와 같이 녹차에 대한 연구는 주로 성분분석과 열풍건조에 대한 연구가 대부분이고 발효녹차나 원적외선을 이용한 건조연구는 매우 미진한 실정이다.

따라서 본 연구는 야생녹차 잎을 수확하여 발효공정을 거쳐 생산한 발효 녹차 잎을 재래식 온돌건조방법과 원적외선 방사체를 이용한 접촉 및 비접촉 건조방법으로 건조하여 발효 녹차 잎의 건조특성을 구명하고, 원적외선 녹차 건조기 개발을 위한 기초 자료를 제시하기 위해 함수율, 건조속도, 발효 녹차의 품온, 색도 값을 비교·분석하였다.

### 재료 및 방법

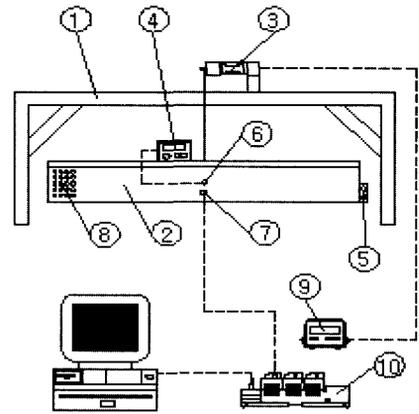
#### 실험재료

본 실험에 사용된 공시재료는 경상남도 하동군 화개면에서 9월초에 채취한 야생녹차 잎으로 초기 함수율은 332.52% (d.b) (이후로 %로만 표시)이었고, 발효 후 건조 전 함수율은 214.76%(d.b)이었다.

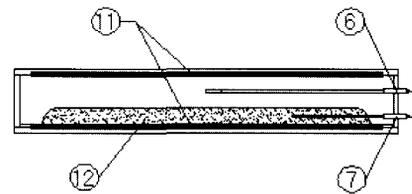
#### 실험방법

Fig. 1은 본 실험에 사용된 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다.

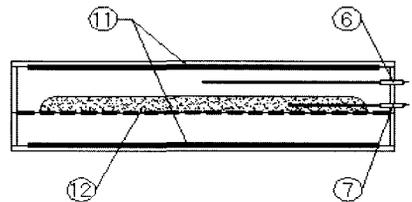
이 장치의 주요요소는 건조상자(접촉식: 900×700×170 mm, 비접촉식: 900×700×110 mm) 원적외선 방사체(CEP450-0806, MAGIC YURA, Korea) 로드셀



(A) Experimental drying system



(B) Contact drying of far infrared heater



(C) Non-contact drying of far infrared heater.

- ① Frame ② Drying Box ③ Load Cell
- ④ Inside Temperature Controller
- ⑤ Fan ⑥ Inside Temperature Sensor
- ⑦ Sample Temperature Sensor
- ⑧ Exhaust Outlet ⑨ Indicator
- ⑩ Temperature Data Logger
- ⑪ Far Infrared Heater
- ⑫ Fermented Green Tea

Fig. 1. Schematic diagram of experimental Far-infrared dryer.

(BCA-10L, CAS, Korea), 온도조절기(STC73S2, SEWON, Korea), Fan(FD 1250107S-1N, China) 등으로 구성되어 있다.

건조상자내의 원적외선 방사체는 시료로부터 60

mm 이격되도록 상자 내부의 상·하부에 부착하였다. 온도조절기를 통하여 내부온도를 조절하였고, 송풍 팬을 이용하여 외부공기를 건조상자 내부로 송풍시켰다. 또한 함수율 변화를 알아보기 위해 건조상자에 로드셀을 연결하여 중량변화를 측정하였다.

원적외선 방사체 접촉 건조의 경우에는 발효된 녹차 잎 500 g을 온도가 45°C로 일정하게 유지되는 건조상자의 하부 원적외선 방사체 위에 30 mm 두께로 깔고 상부 원적외선 방사체의 온도조절에 의해 내부온도를 45°C로 조절하였고, 풍속 0.8 m/s의 병류식 강제송풍을 하였다. 또한 상부 방사체로부터 시료까지의 이격거리는 60 mm로 하였다. 원적외선 방사체 비접촉 건조는 발효된 녹차 잎 500 g을 건조상자의 원적외선 방사체 상·하부로부터 각각 60 mm 이격시킨 망 위에 30 mm 두께로 깔고 건조기 내부 온도를 45°C로 유지하면서, 바람이 시료를 통과하도록 0.5 m/s의 풍속으로 강제 송풍시켜 건조하였다.

**측정항목**

(1) 함수율

함수율은 전체 시료로부터 20±0.5 g의 시료를 균일하게 채취하여 105°C의 실험용 건조기(WFD 600ND, EYELA, Japan)에서 24시간 건조한 후 칭량하여 건량기준 함수율로 나타내었다.

(2) 건조속도

건조속도는 건조경과시간에 따라 로드셀에 의해 측정된 중량차를 함수율로 환산하여 함수율비와 건감율로 나타내었다.

함수율비는 로드셀에 의해 측정된 중량을 함수율로 환산하고 식(1)과 (2)를 이용하여 나타내었다.

$$MR = \frac{M_t - M_e}{M_0 - M_e} \tag{1}$$

$$M_e = \frac{M_0 \cdot M_f - M_m^2}{M_0 + M_f - 2M_m} \tag{2}$$

여기에서, MR: 함수율비

- M<sub>t</sub>: 순간함수율 (dec, d.b.)
- M<sub>e</sub>: 평형함수율 (dec, d.b.)
- M<sub>0</sub>: 초기함수율 (dec, d.b.)
- M<sub>m</sub>: 중간함수율 (dec, d.b.)
- M<sub>f</sub>: 최종함수율 (dec, d.b.)

(3) 발효녹차의 품은

발효녹차의 품은은 건조 중 시료 층에 K-Type센서(JTS, JUNKYOUNG, Korea)를 삽입하고, 다점은

도측정기(DA100, YOKOGAWA, Japan)에 연결하여 측정하였다.

(4) 색도

색도는 색도색차계(JX-777, Color Tecno System, Japan)를 사용하여 10회 측정 후 평균값으로 나타내었다.

**결과 및 고찰**

**건조속도**

Fig. 2와 3은 재래식 온돌 건조 방법과 원적외선 방사체를 이용한 접촉 및 비접촉 건조방법에 대한 발효 녹차의 함수율비 변화와 건조속도를 나타낸 것이다.

Fig. 2와 3에 나타낸 바와 같이 발효 녹차의 함수율비 변화와 건조속도는 재래식 온돌 건조방법보다 원적외선 방사체를 이용한 접촉 및 비접촉 건조

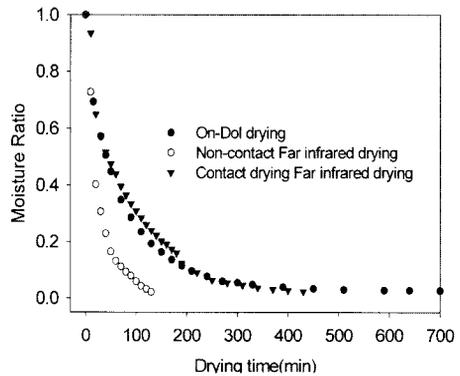


Fig. 2. Comparison of moisture ratio changes for different drying methods with drying time.

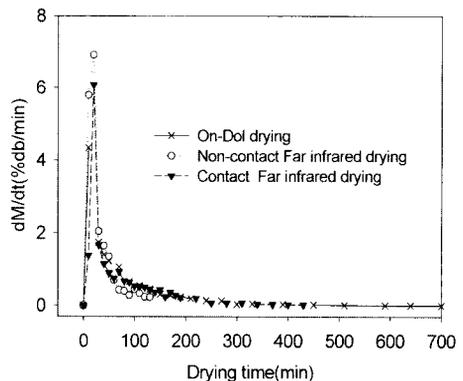


Fig. 3. Comparison of drying rate for different drying methods with drying time.

방법이 더 빠른 것으로 나타났고, 원적외선 방사체 건조에서는 접촉식보다 비접촉식 방법이 더 빠른 경향을 보였다. 한편 원적외선 방사체 접촉 건조에서는 항울건조기간이 나타난 반면 재래식 온돌건조와 원적외선 방사체 비접촉식 건조에서는 거의 감울건조기간만 존재하는 것으로 나타났다.

발효 녹차를 최종함수를  $7.53 \pm 0.5\%$ 까지 건조하는데 건조방법별 건조시간은 재래식 온돌건조가 700분으로 가장 높게 나타났고, 원적외선 방사체 접촉 건조와 비접촉 건조에서는 각각 430, 130분으로 재래식 건조방법보다 약 270~570분 정도 빠른 것으로 나타났다.

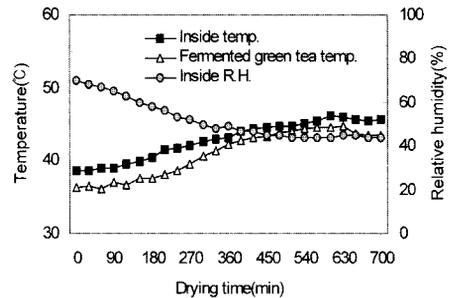
재래식 온돌건조와 원적외선 방사체를 이용한 접촉 및 비접촉 건조에서 평균 건조속도와 최대 건조속도는 건조방법별로 각각 4.337, 6.069, 6.908%/min와 0.583, 0.705, 1.599%/min로 나타났고, 재래식 온돌건조보다 원적외선 방사체를 이용한 건조가 평균 건조속도와 최대건조속도에서 각각 1.732~2.670%/min와 0.222~1.016%/min 정도 높은 것으로 나타났다. 이와 같이 재래식 온돌건조 방법보다 원적외선 방사체를 이용한 건조 방법의 건조속도가 빠른 이유는 원적외선 복사에너지 효과로 인해 발효녹차의 내부수분 증발에 필요한 잠열 효율이 높기 때문으로 판단된다. 건조속도가 빠른 이유는 원적외선 복사에너지 효과로 인해 발효녹차의 내부수분 증발에 필요한 잠열 효율이 높기 때문으로 판단된다(Han 등, 2003). 또한 원적외선 방사체를 이용한 건조방법에서 접촉식 건조보다 비접촉식 건조의 건조속도가 빠른 이유는 발효녹차 내부로부터 증발된 수분을 외부로 이송시키는 공기와의 접촉 면적이 더 넓기 때문으로 판단된다.

품온 및 내부 온·습도

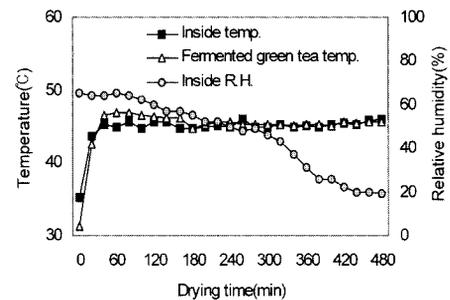
Fig. 4에 발효녹차의 품온 및 건조시 내부 온·습도를 재래식 온돌 건조방법과 원적외선 방사체를 이용한 접촉 및 비접촉 건조방법에 따라 나타내었다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 발효녹차의 품온과 내부온도가 설정온도까지 상승하는데 걸리는 시간은 재래식 온돌 건조방법보다 원적외선 방사체를 이용한 건조방법이 더 빠른 것으로 나타났고, 내부습도의 경우에도 원적외선 방사체를 이용한 건조 방법이 더 빠르게 감소하는 경향을 나타내었다.

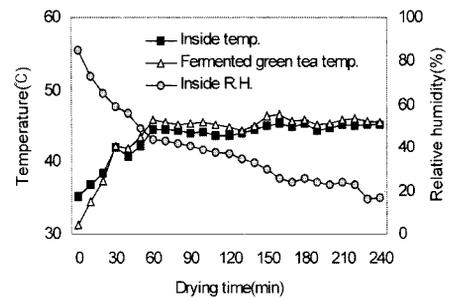
재래식 온돌 건조와 원적외선 방사체 접촉 및 비접촉 건조에서 발효녹차 품온 및 내부온도가 설정



(A) On-dol Drying.



(B) Contact drying of far infrared heater.



(C) Non-contact drying of far infrared heater.

Fig. 4. Temperature and relative humidity versus drying time by drying method.

온도 45°C까지 상승하는데 걸리는 시간은 각각 450, 40, 60분으로서 원적외선 방사체 접촉 건조가 가장 빠른 것으로 나타났다. 이것은 발효 녹차가 원적외선 방사체에 접촉되어 원적외선 복사 에너지를 중간 매개체 없이 직접 받아들이기 때문으로 사료된다.

원적외선 방사체 건조에서 내부 습도는 접촉식 건조의 경우 건조 개시 후 약 300분까지 항울적 감소를 보였고, 이후 급격한 감울 감소를 나타내었으며, 비접촉식 건조의 경우에는 건조 개시 이후로

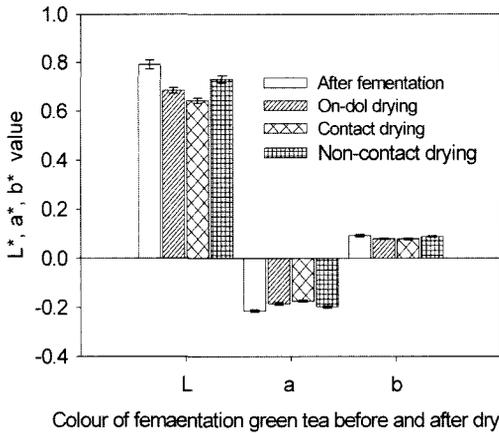


Fig. 5. Comparison of colour changes for the fermentation green tea using different drying methods.

부터 건조 종료까지 감속적 감소를 나타내었다. 이것은 전술한 바와 같이 발효 녹차로부터 증발된 수분을 외부로 이송시키는 공기와의 접촉 면적이 넓어 습공기 배출이 원활하기 때문으로 판단된다.

색 도

재래식 온돌 건조 및 원적외선 방사체 접촉 및 비접촉 건조 후 색도 L\*, a\*, b\* 값을 건조 전 발효녹차의 색도 값과 비교하여 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5에서 알 수 있듯이 명도 L\*, 청색도 a\*값, 황색도 b\*값은 건조 전보다 감소하는 경향이 나타났지만 그 차이는 미세하였다.

건조 전 발효 녹차의 L\*, a\*, b\*값은 각각 0.791, -0.214, 0.093이었고, 재래식 온돌건조와 원적외선 방사체 접촉 및 비접촉 건조 후 L\*, a\*, b\*값은 건조 방법별로 각각 0.685, 0.644, 0.731과 -0.185, -0.174, -0.198 및 0.080, 0.079, 0.089로 건조 전보다 명도 L\*값은 0.060~0.147, 청색도 a\*값은 0.016~0.040, b\*값은 0.004~0.014 정도 감소한 것으로서 원적외선 방사체의 비접촉식 건조방법의 감소 값이 다른 건조방법보다 작은 것으로 나타났다.

건조 전·후 건조방법이 색도 L\*, a\*, b\*값에 미치는 영향은 검정통계량 P값이 모두 0.001로 유의수준 0.05보다 작기 때문에 건조방법에 따른 건조 후 색도 값은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구는 야생녹차 잎을 수확하여 발효공정을

거쳐 생산한 발효녹차 잎을 재래식 온돌 건조방법과 원적외선 방사체를 이용한 접촉 및 비접촉 건조방법으로 나누어 건조하였고, 발효된 녹차 잎의 건조특성을 구명하기 위해 함수율, 건조속도, 발효녹차의 품온 및 내부 온·습도, 색도 값을 비교·분석하였다. 야생녹차 잎의 초기함수율은 332.52%이었고, 건조 전 2차 발효공정 후 함수율은 214.76%로 나타났다. 건조 후 최종함수율 7.53%를 기준으로 재래식 온돌 건조방법의 평균건조속도는 0.583%/min로 나타났고, 원적외선 방사체를 이용한 접촉 및 비접촉 건조방법은 각각 0.705 %/min, 1.599 %/min로서 재래식 온돌건조 방법보다 원적외선 방사체를 이용한 건조방법이 건조속도가 더 빠른 것으로 나타났다. 건조 후 L\*, a\*, b\*의 값은 모든 건조방식에서 감소하는 경향을 보였고, 특히 원적외선 방사체 비접촉식 건조방법에 의한 L\*, a\*, b\* 값이 건조 전 발효녹차 잎의 L\*, a\*, b\* 값에서 가장 작게 감소한 것으로 나타났다. 따라서 원적외선 건조 방법을 이용하여 녹차를 건조할 경우 건조 효율이 양호할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

Han, C.S., S.C. Cho, T. H. Kang, C.B. Kim, M.H. Kim, and H.C. Lee. 2003. Drying Characteristics of Oak Mushroom Using Stationary Far Infrared Dryer. *Proceeding of the KSAM 2003 Winter Conference* 8: 106-111

Ko, Y.S. and I.S. Lee. 1985. Quantitative Analysis of Free Amino Acids and Free Sugars in Steamed and Roasted Green Tea by HPLC. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 14: 301-304

Kim, Y.S., Y.H. Jung, S.S. Chun, and M.N. Kim. 1988. The Kinetics of Non-Enzymatic Browning Reaction in Green Tea During Storage at Different Water Activities and Temperature. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 17: 226-232

Shin, A. J. and S.J. Cheon. 1988. Physico-chemical Properties of Korean Green Tea by Varieties and Processing Method. *Korean J. Soc. Food Sci.* 28: 47-52

Shin, M.K., M.K. Chang, and E.S. Seo. 1995. Chemical Properties on the Quality of Marketed Roasting Green Teas. *Korean J. Soc. Food Sci.* 11: 356-361

Yositomi, H., F. Nakano, H. Takiya and K. Suzuki. 1986.

- Drying characteristic of tea leaves(Part1). *J. Japan Soc. Agric. Machinery* **48**: 195-202
- Yositomi, H. 1986. Drying characteristic of tea leaves (Part2). *J. Japan Soc. Agric. Machinery* **48**: 303-308
- Yositomi, H. 1988. Drying characteristic of tea leaves (Part4). *J. Japan Soc. Agric. Machinery* **50**: 65-73