

# 對流 및 輻射에 의한 粉末 고추의 熱 및 物質 傳達 特性

## Heat and Mass Transfer Characteristics of Red-Pepper Powder by Convection and Radiation Conditioning

姜錫元\*

S. W. Kang

高學均\*

H. K. Koh

### ABSTRACT

Pepper is considered as one of main crops not only in the agricultural production but also in farmer's income. Red-pepper is much consumed by Koreans everyday in the form of powder, but its processing processes such as drying and grinding cause many problems. Consequently, it is required to improve the quality of red-pepper powder for high dietary life.

This study was conducted to investigate the heat and mass transfer characteristics of red-pepper powder by convection and radiation conditioning. Physical and thermal properties such as specific heat, thermal conductivity and thermal diffusivity were also determined in terms of moisture content of the powder.

### 1. 緒言

고추는 우리 食生活에 없어서는 안될 固有의 辛味 香辛料로 이용되며 특히 양념류, 김치, 고추장 등의 嗜好食品에 가장 많이 사용되고 있다. 고추가 국내 농업에서 차지하는 비중은 농업 총 생산액 기준(1981~1987년)으로 보면 고추의 年間 平均 生産額은 농업 총 생산액의 4.5%, 채소 생산액의 30% 에 달하여 국내 농업 생산 가운데서 매우 커다란 비중을 차지하고 있다(농림수산통계연보).

한국인은 日常 食生活에서 고추를 多量으로 消費하고 있다. 國內의 年間 國民 1人當 고추 消費量은 1.5~2.0kg(1970~1985 년도)이며 일일 平均消費量은 9.2g으로 食生活에서 큰 비중을 차지하고 있다(朴 등, 1977).

韓國人이 年中 매일 食用하는 고추는 大部分

粉末 고추로 加工하여 섭취하고 있다. 따라서 各 家庭마다 일년분을 일시에 조달하여 이를 年中 自家保存하여 食用하는 형태를 취하고 있다. 결국 加工 당시의 品質이 年中 食生活에 반영되므로 고추 加工에 많은 노력을 쏟고 있으나 自家 乾燥의 경우 各種 公害로 인한 汚染과 細菌에 의한 腐敗로 심각한 品質 低下를 면하기 어려운 實情이며, 또한 國民生活水準의 向上과 都市 生活의 複雜性으로 自家乾燥를 忌避하여 시장에서 일시에 많은 양을 구입하고는 있으나 粉末 고추 加工과 관련된 生産業體의 營生성과 技術開發의 脆弱은 粉末 고추 製造工程이 소규모의 떡방아 간이나 고추방아간 수준에 머물고 있으며, 또한 國內 10여개 미만의 粉末 고추 加工業體가 있으나 製造 工程이 확립되어 있지 않고 加工 技術 方法은 낙후되어 제품의 品質이 소비자의 구매 동기를 충족하지 못하고 있다. 더욱이 국민 소득

\* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과

증대로 食品의 高品質, 인스턴트화는 調味食品의 경우 더욱 중요시되고 있다. 또한, 최근에 제정된 粉末 高추의 工業 標準規格化(KSH2157)는 粉末 高추의 加工技術이 시급히 추진되어야 함을 입증하고 있다.

粉末 高추 製造工程은 原料 投入工程, 精選 選別 洗滌 工程, 再乾燥 工程, 粉碎 工程, 殺菌 工程, 包裝 工程 등으로 구성되어 있으며 각 工程마다 많은 문제점을 내포하고 있다. 이 중 粉碎 工程을 살펴보면 粉碎效率을 높이기 위하여 原料의 含水率을 10% w.b.이하로 낮추어 粉碎할 경우 적색의 정도가 떨어지기 때문에 13% w.b.정도의 含水率의 條件에서 粉碎가 이루어져야 한다. 그러나 工業 標準 規格의 含水率을 유지하고 貯藏中의 腐敗와 品質의 變質을 방지하기 위해 粉末 高추의 含水率을 10 % w.b.이하로 낮추어야 한다.

이에 本 研究의 目的은 粉末 高추 製造 工程中 粉碎 工程 이후 必要한 再乾燥過程을 효율적으로 수행하기 위한 기초 實驗으로서 再乾燥 方法으로 熱風 對流 乾燥와 赤外線에 의한 輻射 乾燥를 이용하였으며 이 과정에서 나타나는 熱과 物質 傳達 特性을 구명하는데 있다. 구체적인 研究 목적은 다음과 같다.

- 1) 粉末 高추 加工 技術과 熱 및 物質 傳達 特性 分析에 必要한 粉末 高추의 化學成分, 色度 그리고 物理的 特性으로 散物密度, 粒

度를 조사하고 對流 및 輻射 實驗 前後에 나타나는 化學成分과 色度の 變化에 따른 品質評價로 品質變化를 最少化할 수 있는 適定 乾燥 條件을 究明한다.

- 2) 熱的 特性으로 比熱, 熱傳導係數 그리고 熱擴散係數의 값을 구한다.
- 3) 熱傳達 特性으로서는 對流 熱風 및 輻射熱源에 의한 粉末高추 內에서의 溫度變化를, 物質傳達 特性으로는 含水率 變化를 살펴본다.

## 2. 材料 및 方法

### 가. 實驗裝置

#### 1) 化學 成分

實驗에 쓰인 粉末 高추의 化學的 成分을 알고자 品種間 一般成分과 辛味 成分인 capsaicinoid 류의 含量을 한국식품개발연구원에 分析을 의뢰하였다. 표 1은 그 중 capsaicinoid 류의 含量 測定에 쓰인 實驗裝置와 시약이다.

#### 2) 色度 測定

粉末 高추의 色度 測定은 粉末高추의 品質 評價에 이용될 수 있다. 本 實驗에서는 Hunter 방식 (Francis and Clydesdale, 1975)의 L, a, b값을 이용한 色度변화에 대한 實驗을 수행하였다.

本 實驗에 사용한 기기의 제원은 표 2와 같으

Table 1. List of experimental equipments and chemicals.

Item	Remarks
Instrument	Waters Model 501 HPLC (USA)
Detector	Waters 484
Column	μ BONDAPARK C18 LIQUID CHROMATOGRAPHY COLUMN
Mobile phase	Methanol : Water(63 : 37, v/v)
Flow rate	1.3 ml/min.
Detector wavelength	UV 280 nm
Dispensing medicine	Capsaicin (98%, Sigma. Co.) Dihydrocapsaicin (90%, Sigma. Co.)

Table 2. Specification of color and color difference meter.

Item	Remarks
Color difference meter	Model TC-1500MC (TOKYO DENSHOKU CO.,LTD, Japan)
Double-beam-color analyzer	C-5220 OPTICAL UNIT (TOKYO DENSHOKU CO., LTD, Japan)
Personal computer	NEC PC-8801 mkII FR PC-KD854(Japan)

며 농촌진흥청 농산물이용과내의 기기분석실에서 직접 粉末고추의 色度を 건조 實驗前後에 간단하게 測定할 수 있었다.

3) 物理的 特性

粉末 고추의 物理的 特性은 粉末고추의 加工 機械 및 製造工程 設計는 물론 熱 및 物質 傳達 現象分析에도 필요한 자료이기 때문에 粉末고추의 散物密度와 粒度를 測定하였으며 이들에 대한 實驗方法은 다음과 같다.

(가) 散物密度

粉末고추의 散物密度 測定 裝置는 미국농무성 (USDA)이 규정한 散物密度의 測定裝置로서 여기서 중요한 치수는 깔대기 出口의 지름, 깔대기 出口로부터 용기까지의 높이이며, 용기의 體積은  $10^{-3} m^3$ 이다. 깔대기 出口의 지름이나 出口로부터 용기까지의 높이를 일정한 값으로 규정한 것은 穀物이 용기에 담길 때 그 다짐 정도에 따라 散物 密度가 달라지기 때문이다.

(나) 粒度

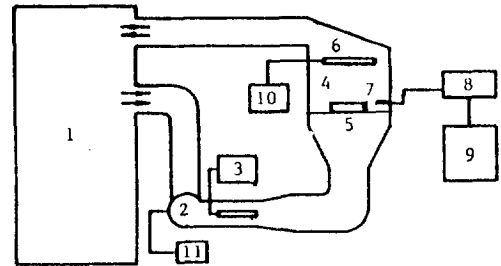
各 試料의 粒度 分析은 Tyler 표준진동체를 사용하였고, 미국 농공학회의 飼料 粒度 分析方法(미국농공학회연감 1983-1984 : ASAE S 319)을 이용하여 幾何平均粒徑 및 幾何標準偏差를 구하였다.

4) 粉末고추의 熱 및 物質傳達 特性

그림 1과 표 3은 乾燥 實驗에 사용된 裝置의 개략도와 실험기기의 제원을 나타낸 것이다. 그림 1의 實驗 裝置는 恒溫 恒濕 發生 裝置, 送風

裝置 및 送風管, 乾燥室, 排氣管등으로 구성되었다. 恒溫 恒濕 發生 裝置를 이용해 실험조건상의 相對濕度和 熱風의 溫度를 일정한 상태로 조절해 주었으며, 送風裝置로는 일정한 風速을 유지해 주었고, 送風管 内部에는 送風 過程에서 熱損失로 인한 溫度 減少를 보상해주기 위하여 보조 히터와 제어반이 설치되었으며, 送風管 및 乾燥室은 乾燥室 内部에서의 공기가 균일하게 유동할 수 있도록 설계되었다.

熱風의 溫度와 相對濕度는 恒溫恒濕裝置를 이용해 조절하였으며, 赤外線 輻射熱源의 경우 乾燥室 内部의 粉末 고추 상단에서 위로 30cm 떨어진 곳에 적외선 히터를 설치하였다.



- 1. Air conditioner
- 2. Motor and fan
- 3. Heater and controller
- 4. Drying chamber
- 5. Sieve tray
- 6. Infrared generator
- 7. Temperature sensors
- 8. Data acquirer
- 9. Personal computer
- 10. Watt-hour meter
- 11. DC voltage controller

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

Table 3. Specification of experimental equipment

Item	Remarks
Air conditioner	Vo.16-Refe Mitamura Riken(Japan)
Experimental dryer	Self-made Drying chamber : 40cm×40cm×60cm
Personal computer	IBM-AT(Sambo/Korea)
Subsidiary heater & controller	Heater : 600 W Controller : DDF-120 R/E(Jung Kyung inst.)
Motor & fan	Motor : DC 100 W Fan : Centrifugal type
Seramic infrared heater	Type & power : Panel, 500 W
Watt-hour meter	220 V, single phase
Temperature sensor	Sensor : Thermocouple(T type)
Anemometer	Hot wire type
Electric balance	Accuracy : 0.01 gr
Thermal conductivity measuring unit	Kyoto Electronic(Japan)
Heat flow sensor	Rated output 0.017 mV/(W/m <sup>2</sup> )
Data acqisitor	PC-Aquisitor(Dianachart Inc. : U.S.A)

實驗中 乾燥室의 乾球 溫度와 濕球 溫度 그리고 粉末 高추의 内部 溫度 變化를 연속적으로 測定할 수 있도록 건조실 내부에 온도 센서를 설치하고 계측된 데이터를 전기적 신호로 바꾸어 이를 받아들이는 마이크로 컴퓨터와 데이터 수집 裝置로 溫度 計測 시스템을 구성하였다. 또한, 熱風과 輻射 熱源에 의한 열류량의 測定을 위해 열류 소자를 건조실 내부에 설치하여 계측된 데이터는 온도계측 데이터와 함께 데이터 수집장치에 저장되도록 하였다.

나. 實驗 材料

乾燥 實驗에 사용된 粉末 高추는 1989년 수확 乾燥된 高추를 含水率 14% (w.b.)에서 씨와 과피를 서로 분리한 후 씨는 홈 롤 粉碎機에서 6 反復, 평 롤 粉碎機에서 2 反復 粉碎하고 과피와 혼합하여 다시 홈 롤 粉碎機에서 8反復, 평 롤

粉碎機에서 2 反復 粉碎하여 粉末高추를 조제하였다. 대과종 적토마에 대해 입자 크기를 측정 한 결과 기하 평균 입径은 0.47~0.49mm, 기하 표준 편차는 1.60~1.63mm범위였다.이 때 含水율은 16.6% (w.b.)였다. 이를 다시 체로 걸러서 標準 工業 規格의 굵은 粉末高추와 보통 粉末 高추 2 가지 條件으로 조제하였다. 實驗에 들어가기 전에 粉末高추의 含水率을 13~21% (w.b.)로 조절해 주었다.

다. 實驗 方法

1) 化學 成分

(가) 一般成分 分析

AOAC 법(Kenneth Helrich, 1989)에 준하여 水分은 乾燥法으로, 조지방은 直接灰化法으로, 조지방은 Soxhlet 抽出法으로, 그리고 조단백질은 Micro-kjeldahl법으로 각각 分析하였다. 이들

方法으로 3회 反復 實驗을 행하였다.

(나) Capsaicinoid 류의 定量

(1) 試料 抽出液의 調製

粉末試料와 acetonitrile을 용매로 1 : 10으로 조제한 후 2분동안 혼합하였다. 이 抽出液 1ml에 증류수 9ml씩을 가하여 1 : 9로 혼합한 후 C18 Sephadex column 을 통과시켰으며, 이어 4ml의 acetonitrile 과 1% aceticacid를 포함한 acetonitrile 1ml 을 總 試料液으로 사용하였다.

(2) Capsaicinoid 류의 분리

상기 試料液 25μl을 HPLC 에 직접 주입하여 capsaicinoid 류를 분리하였다.

(3) Capsaicin 및 dihydrocapsaicin 의 定量

Capsaicin 標準品 (98%, Sigma. Co.)과 dihydrocapsaicin 標準品 (90%, Sigma. Co.)의 10% 溶液을 acetonitrile에 용해하여 10μl~100μl의 範圍에서 檢量線(standard curve)을 작성하였다. 定量은 標準品の 面積과 試料中の 部分 面積을 비교하여 산출하고 定量値는 mg%로 표시하였다.

2) 色度測定

色度 분석에는 Hunter 방식의 L, a, b 값을 많이 이용하고 있다. L 값은 명도, 즉 밝은 정도를 표시하며 그 값이 100에 가까우면 밝은색, 0에 가까우면 어두운 색에 가까움을 나타낸다. a 값은 (+)값이 크면 적색정도가 크고 (-)값은 녹색의 정도를 나타낸다. b 의 (+)값은 황색의 정도, (-)값은 청색의 정도를 나타낸다. 品質 評價 基準에 쓰이는 計算式은 (1) 식과 같다.

$$NBS = ((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

식에서 NBS : National Bureau of Standards, Δ : 測定値와 標準値와의 色差, L : 명도, a : 적녹색의 정도, b : 황청색의 정도

위 식에서 NBS 는 Dean B. Judd 이름을 따서 Judd라고도 부르며 상업적으로 수용가능한 색깔 대비를 위해 설정된 색차 단위이다. NBS값이 1일 경우 상업적으로 비슷한 것으로 간주하며 2일 경우 차이를 인지할 수 있는 것으로, 그리고

3일 경우 상품 가치가 없는 것으로 판정한다.

3) 物理的 特性

(가) 散物密度

散物密度는 各品種의 畝은 粉末과 보통 粉末에 대해 3회 반복하여 무게를 測定하고 이를 평균하여 구하였다.

(나) 粒度

미국 농공학회의 飼料粒度 分析方法( 미국농공학회연감 1983-1984 : ASAE S319 )을 이용하여 幾何平均粒徑 및 幾何標準偏差를 구하였다.

4) 熱 및 物質 傳達 實驗 條件

乾燥 條件으로 溫度와 相對濕度, 그리고 風速을 들수 있는데 本 實驗에서는 溫度의 효과에 중점을 두었다. 相對濕度の 영향은 그 값이 클때만 그 영향이 크므로 고려치 않기로 하였으며 風速은 0.6m/sec로 고정하였다. 粉末 高추의 입도별 條件으로 粉末 高추의 公業 표준 規格 (KSH 2157)의 분류 규정에 따라 畝은 粉末과 보통 粉末의 두 가지 條件下에 熱風 溫度 50°C, 60°C, 70°C 그리고 輻射熱源으로 赤外線 乾燥를 實驗 條件으로 주었다. 實驗은 粉末高추의 含水率이 10% (w.b.)이하가 될 때까지 수행하였다.

5) 粉末高추 内部 溫度變化測定

총두께가 3cm인 粉末 高추를 1cm씩 상 중 하 층으로 나누어 각 층에 溫度 센서를 설치하여 實驗 중의 溫度變化를 測定하고 이를 데이터 蒐集 裝置에 받아 다시 마이크로 컴퓨터를 통해 프로피 디스켓에 저장하였다.

6) 무게 變化 測定

實驗개시 3時間 전에 시료를 냉장고에서 꺼내서 시료의 溫度가 실온과 平衡을 이루게 한후에 200g의 시료를 취하여 미리 가동시켜 정상 상태에 도달해 있는 恒溫恒濕槽의 乾燥室 內에 넣고 무게 測定을 시작했다. 무게 測定을 하는 時間 間격은 15분으로 하였다.

7) 平衡含水率 測定

平衡含水率은 乾燥 實驗時 各 乾燥 條件에서

더 이상의 무게 變化가 일어나지 않을 때의 含水率로 별도의 實驗에 의해 測定하였는데 測定 方法은 다음과 같다.

實驗은 乾燥 實驗에 사용된 동일한 恒溫恒濕 器를 이용하여 乾燥 條件과 유사한 實驗 條件으로 실시하였다. 각 乾燥 條件에서 乾燥末期에 해당되는 時間부터 2 時間간격으로 무게를 測定하여 무게 變化가 4회 이상 발견되지 않을 때의 含水率을 平衡含水率이라 하였다. 이때 동일 乾燥 條件에서 세가지의 시험구를 두어 그 平均値를 취하였다. 含水率測定은 공기오븐법으로 실시하였는데 乾燥가 끝난 시료는 오븐 속에서 103°C, 24 時間 동안 가열시킨 후 데시케이터 속에 넣어 실온과 平衡을 이루게 한후 무게를 測定하여 결정하였다.

### 3. 結果 및 考察

가. 粉末고추의 化學 成分, 色度, 物理的 및 熱 的 特性

#### 1) 粉末 고추의 化學 成分

粉末고추의 化學의 一般成分의 含量은 品種間에 큰 차이가 없었으나 조지방의 경우 다복 品種에서 조금 낮은 값을 보였다. Capsaicin 의 含量은 고추의 栽培年度의 氣候 그리고 栽培地의 氣候와 風土 등에 영향을 받기 때문에 品種間, 生産地 間의 capsaicin의 含量은 다소의 차이를 보였다.

#### 2) 色度 分析

粉末 고추의 光學의 特性은 粉末고추의 品質 평가에 이용될 수 있다. 本 實驗에서는 Hunter 방식의 L, a, b값을 이용한 色度變化에 대한 實驗을 수행하였다.

표준 색도계 (White)와의 차이를 나타낸 NBS 값들은 모두 66~69 범위에 있었다. 동일 品種에 대해 명도의 정도를 나타내는 L 값, 적녹색의 정도를 나타내는 a 값 그리고 황청색의 정도를 나타내는 b 값을 비교해 보면 粉末 고추의 입자가 작을수록 L, a, 그리고 b값은 커졌다. 즉, 粉末 고추의 입자가 작을수록 적색, 황색 그리고 백색에 가까운 색을 띠는 것을 알 수 있다. 동일 입자 그리고 동일 品種에 대해 재배지가 다른 경우 색깔의 차이는 거의 없었으나 동일 입자에 대해 品種이 다른 경우 색깔의 차이가 발견되었다.

#### 3) 物理的 特性

##### (가) 散物密度

粉末고추의 散物密度에 대한 實驗結果는 표 4와 같으며 이들 값은 食品開發研究院에서 측정 한 結果(申 1989)와 비슷하나 적토마의 散物密度는 다른 品種보다 큰 값으로 나타났다.

##### (나) 粒度

粒度는 경북 금담만 측정하였는데 3 반복의 평균치로 굵은 粉末의 경우 기하평균 입경은 1.15mm, 기하표준편차는 0.5mm였고, 보통 粉末의 경우 기하평균 입경은 0.6mm, 기하표준편차는 0.2mm였다.

Table 4. Bulk density for various varieties of red pepper powder.(unit : kg/m<sup>3</sup>)

Size(mesh)	Variety(province)	Bulk density
Coarse (>20)	Jeoktoma(Gyeongbook)	385.6
	Geumtap(Gyeongbook)	363.1
	Geumtap(Gangwon)	369.9
	Gohyang(Gangwon)	365.4
Medium (20>>40)	Jeoktoma(Gyeongbook)	403.5
	Gohyang(Gangwon)	384.0

4) 熱的 特性

(가) 熱傳導係數

本 研究에서는 農産物의 구성 성분에 따른 熱傳導係數를 계산해 熱傳導係數 값을 얻었다. 粉末 고추의 화학적 성분 중 일반적 성분 값을 이용하여 얻은 品種別 熱傳導係數 값들은 品種에 관계없이 모두 含水率에 따라 증가하는 것으로 나타났다. 粉末고추의 熱傳導係數는 品種間에 뚜렷한 차이가 발견되지 않았으므로 다음과 같은 평균 값으로 나타낼 수 있었다.

$$k = (0.214 + 0.569x_{mc}) / (x_{mc} + 1) \dots\dots\dots(2)$$

여기서  $X_{mc} = W_m/W_d$  : 含水율(decimal, dry basis)

(나) 比熱

다복, 홍일 그리고 적토마의 比熱에 관한 관계식을 구해 비교한 결과 比熱의 경우도 各 品種間에 큰 차이를 나타내지 않았으므로 本 研究에서는 평균치를 계산하여 표시하였으며 그 계산식은 다음과 같다.

$$C_p = (1.25 + 4.187 x_{mc}) / (x_{mc} + 1) \dots\dots\dots(3)$$

대체로 農産物의 比熱은 溫度나 含水率에 따라 증가하고 散物密度나 空隙率에 따라서는 감소하는 경향이 있다. 本 研究에서도 含水率에 따라 증가하는 것으로 나타났으며 열량계를 이용한 방법의 실험치와도 거의 같은 값을 가진 것으로 나타났다. 그러나 미국 문헌에 나타난 값들 (Sweet pepper : 3.936 kJ/kg K (92.4% d.b.), Chili pepper 1.842 kJ/kg K (12.0% d.b.))보다는 모두 작은 값을 갖는 것으로 나타났다.

(다) 熱擴散係數

本 研究에서는 앞에서 구한 熱傳導係數와 比熱의 관계식을 이용해 熱擴散係數에 관한 계산식을 구하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$\alpha = (0.214 + 0.569 x_{mc}) / (\rho(1.25 + 4.187 x_{mc})) \dots\dots\dots(4)$$

계산된 값은 乾量基準 含水率 變化에 따라 0.0004~0.000476 m<sup>2</sup>/sec 범위에 있었다.

나. 粉末고추의 熱 및 物質 傳達 特性

1) 熱傳達 現象

그림 2는 굵은 粉末에 대해서, 그림 3은 보통

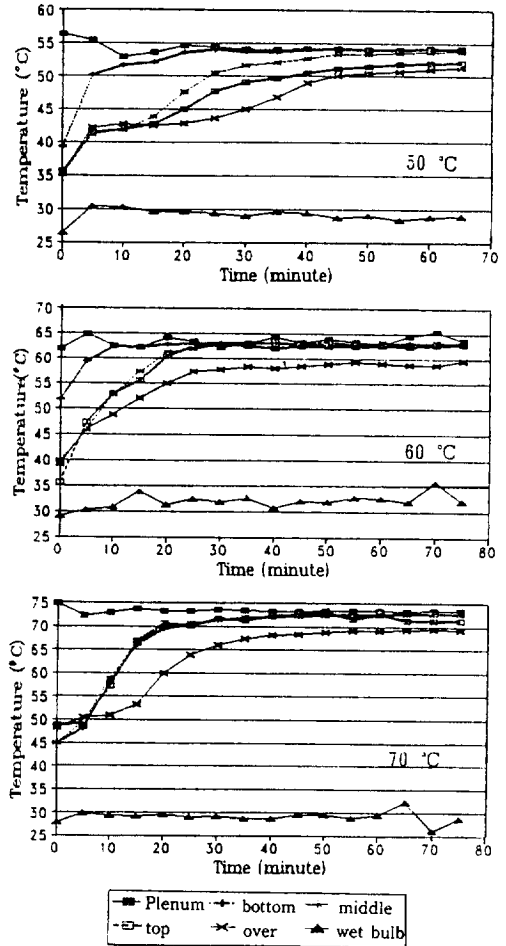


Figure 2. Temperature variation at each layer when the heating temperatures are 50 °C, 60°C and 70°C.(coarse powder)

粉末에 대해서 熱風의 溫度가 50°C, 60°C, 그리고 70°C일 때의 粉末 고추의 상, 중, 하층의 溫度 變化를 나타낸 그림이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 熱風의 溫度가 낮을수록 주어진 乾燥 溫度에 도달하는데 더 많은 시간이 소요되었으며, 中間層과 上層 粉末間의 溫度 差異는 초기에 크게 나타났다. 또한, 熱風溫度가 낮을수록 熱傳達 速度가 느린 것을 알 수 있다.

그림 2와 그림 3을 비교해 보면 粉末 粒子가 작을수록 주어진 乾燥 溫度에 도달하는데 소요된 시간이 길었으며, 上, 中, 下層間의 초기 溫度

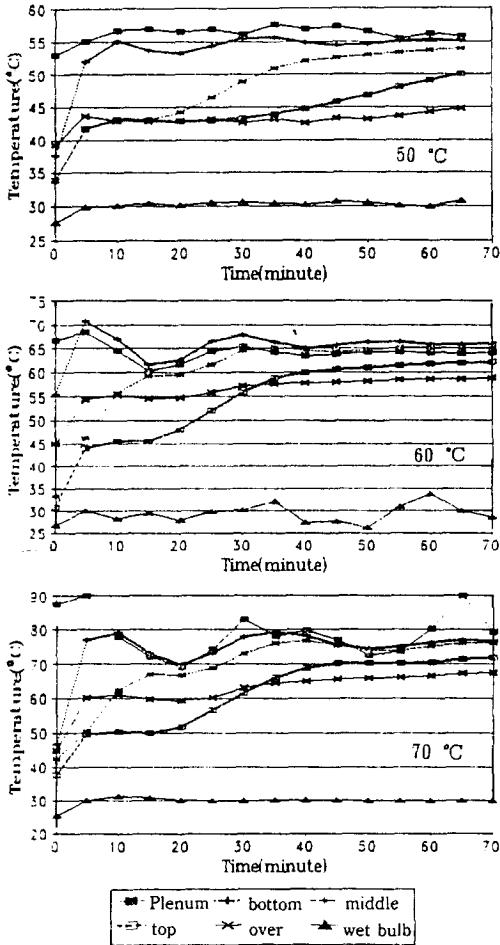


Figure 3. Temperature variation at each layer when the heating temperatures are 50 °C, 60°C and 70°C.(medium powder)

差는 粒子 크기가 작을수록 컸다. 이는 粒子 크기가 작아 공극이 작으면 熱風이 통과할 수 있는 공간이 작아져 溫度上昇速度를 더디게 한 원인인 것으로 판단된다.

그림 4는 굵은 粉末에 대해서, 그림 5는 보통 粉末에 대해서 赤外線과 熱風을 동시에 熱源으로 사용했을 때 粉末 高추의 上, 中, 下層에서의 溫度 變化를 나타낸 것이다. 이 경우 熱風만을 熱源으로 사용했을 때 보다도 赤外線熱源을 추가했을 때 溫度上昇速度가 빨랐으며, 中間層과

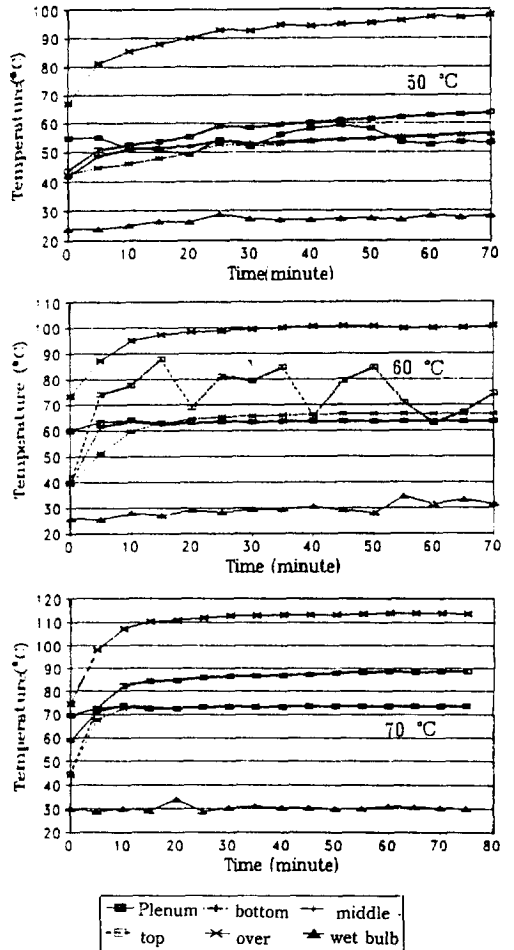


Figure 4. Temperature variation at each layer when the heating sources are infrared heater and convection heat air flow. (coarse powder)

下層部の 溫度는 熱風의 영향이 커서 60°C, 70°C의 경우 거의 熱風溫度와 비슷한 값을 가지며 50°C 일 경우는 熱風의 溫度가 낮아서 시간이 지날수록 上昇하는 경향을 보였으며, 또한 粉末 上層部の 溫度도 熱風의 溫度에 따라 熱風 溫度가 높을수록 높게 나타났다.

그림 4와 그림 5를 비교해 보면 그림 5의 경우 粒子 크기가 작아도 中, 下層部の 粉末 高추의 溫度는 熱風溫度의 영향을 받았으며, 굵은 粉末보다 훨씬 熱風溫度에 접근했다.



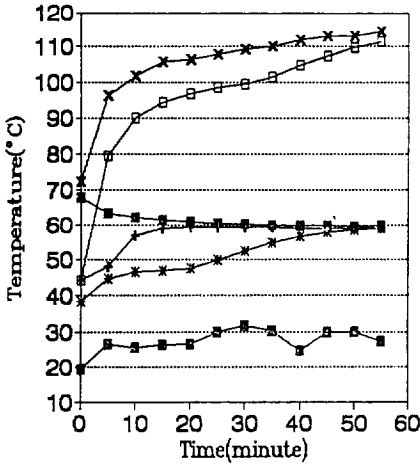


Figure 5. Temperature variation at each layer when the heating sources are infrared heater and convection heat air flow. (medium powder)

그림 5에서 분말 고추의 상층부의 온도는 적외선의 영향을 더욱 크게 받아서 적외선에 의해 더워진 공기의 온도와 거의 같아졌다. 분말의 입자가 굵은 경우인 그림 4에서는 상층부의 분말 온도가 열풍의 온도의 영향을 받아 온도가 천천히 상승했으나, 그림 5의 경우에는 상층부 분말의 온도는 적외선의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 이는 분말의 입자가 작을 수록 적외선에 의한 분말 온도의 상승속도가 빠른 것을 알 수 있다.

## 2) 物質 傳達 現象

그림 6은 굵은 粉末에 대해서, 그림 7은 보통 粉末에 대해서 熱風의 溫度가 50°C, 60°C, 그리고 70°C일 때 含水率의 變化를 나타낸 것이다. 含水率 變化는 熱風의 경우 초기 5분까지는 下層에서의 수분이 위로 上昇하면서 재흡습 현상이 나타났다. 그러나, 15분 간격으로 측정하였을 때는 굵은 粉末의 경우 재흡습 現象을 발견할 수 없었으나 보통 粉末의 경우 그림 7에 나타난 것과

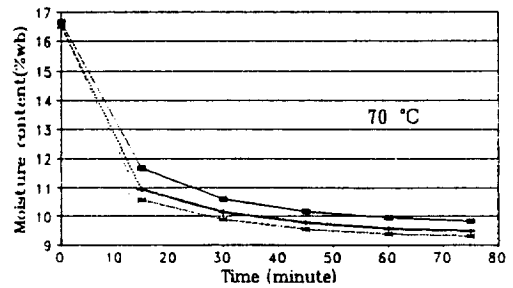
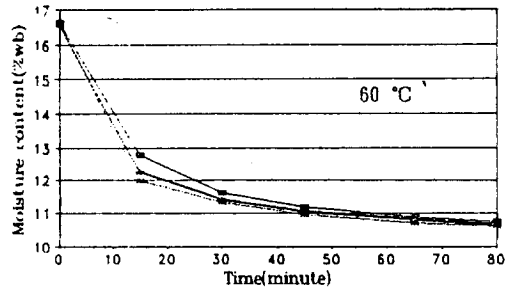
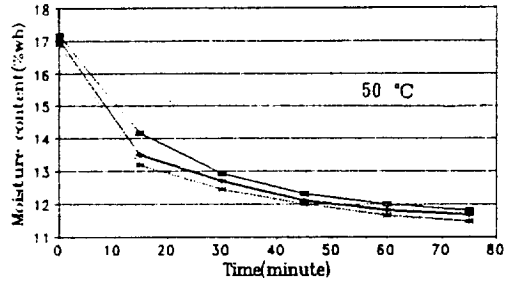


Figure 6. Moisture content variation at each layer when the heating temperatures are 50°C, 60°C and 70°C. (coarse powder)

같이 15분 정도까지는 熱風의 溫度가 50°C, 60°C일 때 재흡습 現象이 나타났다. 熱風의 溫度가 작을 수록 각 층간의 含水率 差異는 크게 나타났으며 粉末 粒子가 작을 수록 厚層乾燥 特性이 뚜렷히 나타나 含水率 差異는 더욱 크게 나타났다.

그림 8은 굵은 粉末에 대해, 그림 9는 보통 粉末에 대해 乾燥熱源으로 赤外線과 熱風을 동시에 사용했을 때 나타난 含水率 變化이다. 이 경우 上層部에서 含水率 減少이 가장 크게 감소하였

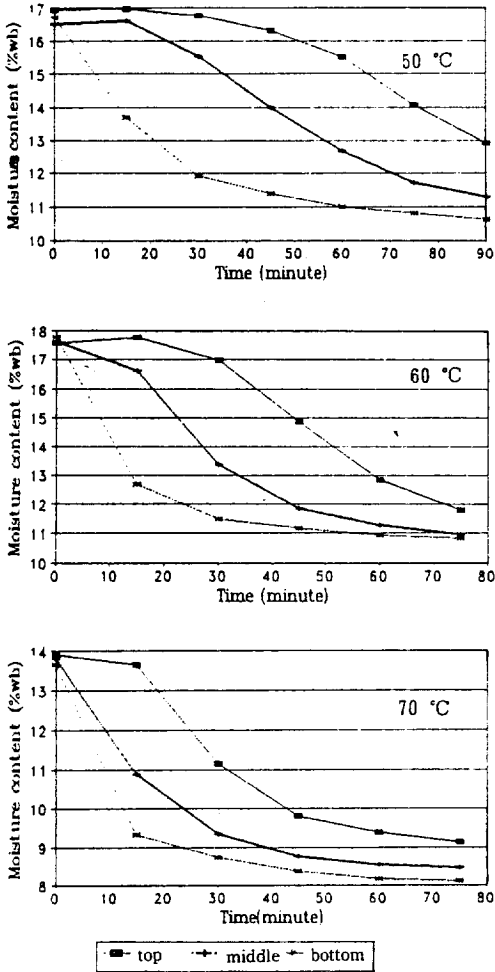


Figure 7. Moisture content variation at each layer when the heating temperatures are 50°C, 60°C and 70°C.(medium powder)

으며 上層과 中層의 含水率이 下層보다 점차 작게 나타났다.

다. 色度變化

NBS 값에 의한 色度變化를 살펴보면 50°C에서는 1을 前後 한 값으로 色度變化를 약간 인지할 정도이며, 60°C에서는 2를 前後 한 값으로 색도 변화를 인지하기 쉬운 정도이고, 70°C에서는 3을 前後 한 값으로 色度變化가 확연한 것

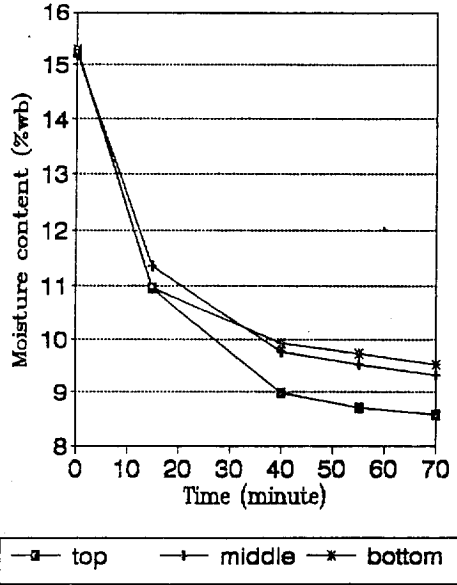


Figure 8. Moisture content variation at each layer when the heating sources are infrared heater and convection heat air flow.(coarse powder)

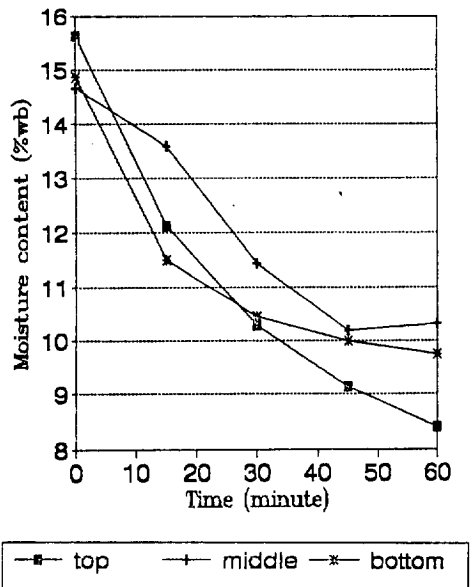


Figure 9. Moisture content variation at each layer when the heating sources are infrared heater and convection heat air flow.(medium powder)

으로 나타났다.

赤外線의 경우 NBS 값으로는變化가 매우 적은 것으로 나타났는데 이는 熱風의 경우 溫度가 높으면 明度 값이 하얀 색에 가까워짐으로써 NBS 값이 커지나, 赤外線의 경우에는 고온에 의한 영향으로 粉末고추의 색이 검은색에 가까워져서 明度 값이 떨어지기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 赤外線의 경우 갈변이 심하게 일어난 결과이다.

입자의 크기는 色度 변화에 아무런 영향을 미치지 않았으며, 乾燥溫度가 낮고, 乾燥가 단시간 내에 이뤄져야 色度 變化를 줄일 수 있는 것으로 나타났다.

#### 라. Capsaicin 含量 變化

Capsaicin 含量 變化에 사용한 시료는 경북 적토마로 실험 전의 含量은 45.26 mg%이었는데 熱風 및 복사 실험 후 capsaicin 含量은 모두 감소한 것으로 나타났다. 熱風의 溫度가 증가할수록 그리고 熱風과 접촉하는 부분일수록 감소량이 컸으며, 赤外線의 경우는 특히 전체적으로 감소량이 컸다. 따라서 粉末 고추의 再乾燥時 熱風의 溫度는 낮아야 하며 화학 반응 면적이 작을수록 含量 감소량을 줄일 수 있는 것으로 판명되었다.

#### 4. 要約 및 結論

本 研究에서는 粉末 고추의 제조 공정 중 분쇄 공정 이후 필요한 再乾燥 過程을 효율적으로 수행하기 위한 기초 실험으로 再乾燥의 熱源을 熱風 對流 方式과 赤外線 輻射 方式을 이용하여 이때 나타나는 熱과 物質 傳達 特性을 구명하고자 하였다. 또한, 粉末 고추의 品質 評價를 수행하여 適正乾燥 條件을 살펴보았다.

本 研究의 結果를 요약하면 다음과 같다.

1) 3가지 품종의 粉末 고추의 化學 成分을 分析하고 이를 이용하여 比熱, 熱傳導係數, 그리고 熱擴散係數의 計算式을 含水率의 함

수로 표시하였다.

2) 各 熱源에 대한 溫度 變化의 경우 溫度가 낮을수록 乾燥 소요시간이 더 소요되었으며 이러한 현상은 입자가 작을수록 더욱 심했으며 粉末 層間의 溫度差도 더 크게 나타났다.

3) 熱風의 溫度가 낮을수록 厚層乾燥 特性을 보였다.

4) 輻射熱傳達係數를 구해본 結果 粉末 고추의 두께와는 관계없이 일정한 값을 갖는 것으로 나타났으며 시간이 경과할수록 천천히 감소하는 것으로 나타났다.

5) 各 熱源에 대한 含水率의 變化는 굵은 粉末의 경우 전체 粉末 層에서 계속해서 감소하는 것으로 나타났으나 보통 粉末의 경우 중간 층과 상층에서는 재흡습 현상이 나타났다.

6) 各 熱源에 따른 乾燥速度의 경우 굵은 粉末의 경우 모든 층에서 점차 감소하는 것으로 나타났으나, 보통 粉末의 경우 乾燥 초기에는 증가하다가 다시 감소하는 것으로 나타났다.

7) 色度 變化에서는 50℃일 때 色度 變化가 가장 적었으며, 赤外線의 경우 심각한 갈변 현상이 나타났다.

8) Capsaicin 含量 變化에서는 50℃에서 含量의 감소량이 가장 적었고 赤外線의 경우 含量이 반으로 줄어들었다.

9) 色度 變化와 Capsaicin 含量 變化에서 50℃의 熱風으로 粉末고추를 乾燥시켜야 品質 손실을 최소화 할수 있는 것으로 評價되며 赤外線을 熱源으로 사용할 경우 品質 손실은 심각하게 나타났다.

#### 參 考 文 獻

1. 高學均, 趙鏞珍, 李元碩. 1987. 乾燥條件의 變化가 고추의 乾燥시간과 品質에 미치는 영향에 關한 研究. 서울대 農學 研究 12(1) : 79-88

2. 金銅淵, 李鍾旭, 申秀澈. 1982. 고추의 乾燥 및 粉碎方法에 따른 變色. 韓國農化學會誌 25(1) : 1-7
3. 김현구, 박무현, 민병용, 서기봉. 1984. 저장 상대 습도 및 온도에 따른 분말고추의 吸濕 特性. 韓國食品科學會誌 16(1) : 108-112
4. 朴尚基, 全在根. 1977. 韓國人의 高추 食生活에 關한 調查 研究. 韓國農化學會誌 20(1) : 95-100
5. 신현경, 박재복, 김동철, 민봉기, 이명희, 고헌균, 조용진. 1989. 고추 粉末의 加工 技術 開發에 關한 研究. (1차년도) 韓國食品開發 研究院
6. 李元碩, 高學均, 盧祥夏, 趙鏞珍. 1988. 고추의 乾燥 모델에 關한 研究. 서울대 農學研究 13(2) : 59-71
7. 全在根, 朴尚基. 1979. 고추가루의 色度測定 과 品質과의 關係. 韓國農化學會誌 22(1) : 18-23
8. 全在根, 徐挺植. 1980. 고추가루의 저장습도 와 吸濕속도와의 關係. 韓國農化學會誌 23 (1) : 1-6
9. 全在根, 육산균, 장규섭. 1979. 고추장의 熱 特性 測定에 關한 研究. 韓國食品 科學會誌 11(3) : 157-161
10. Agricultural Engineers Yearbook of Standards. 1983-1984. Published by the American Society of Agricultural Engineers.
11. Bennett, C. O., and J. E. Myers. 1982. Momentum, Heat, and Mass Transfer. McGraw-Hill Book Company.
12. Brooker, D. B., F. W. B. Arkema, and C. W. Hall. 1972. Drying Cereal Grains. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
13. Eckert, E. R. G., and R. M. Drake. 1972. Analysis of Heat and Mass Transfer. McGraw-Hill Book Company.
14. Francis, F. J., and F. M. Clydesdale. 1975. Food Colorimetry : Theory and Applications. The AVI Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut.
15. Hayashi, H., D. R. Heldman, and T. I. Hedrick. 1970. Physical Properties of Nonfat Dry Milk as Influenced by Spray Drying Conditions. Trans. of the ASAE. 14 : 723-725, 731
16. Holman, J. P. 1986. Heat Transfer. 6th edition. McGraw-Hill Book Company.
17. Mohsenin, N. N. 1984. Electromagnetic Radiation Properties of Foods and Agricultural Products. Gordon and Breach Science Publishers.
18. Mohsenin, N. N. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials, Gordon and Breach Science Publishers.
19. Throne, S. 1981. Developments in Food Preservation. Applied Science Publishers.