

水産食品の 乾燥方法에 關한 研究

I. 오징어의 固定層乾燥

許 宗 和

慶尙大學校 食品加工學科

Studies on the Drying Methods of Sea Foods

I. Fixed Bed Drying of Squid

Jong-Wha HUR

Department of Food Science and Technology, Gyeong Sang National University,
Jinju, 620 Korea

Fixed bed drying method was selected to reduce the initial drying time of squid and the effects of drying air temperature and bed height on the drying rate were investigated, with following results.

1. The drying rate in the fixed bed dryer was faster than that of natural convection type dryer heated indirectly and that of hot air dryer heated directly.
2. Shirai-equation was applicable to squid being dried. Using the equation, drying rate constant obtained was as shown in table 1.

緒 論

오징어는 우리 나라에서 최근에 그 어획량이 점차 회복되고 있으며 (1978년 2만 1천톤)¹⁾, 그 가공품의 반이상이 천일건조에 의존하고 있는데, 어획량이 대부분 7~9월의 여름철에 집중되고 있어 당마 등의 자연조건에 제약을 받고 있는 실정이다.

오징어는 건조중에 비를 맞으면, 수용성 단백질의 용출과 세균의 침입으로 육질이 얇아지고 적갈색으로 변색되며 악취가 나는 소위 비오징어가 되기 쉬운데, 이를 막기 위해서는 비를 맞지않게 하고, 일반적으로 식품에 세균이 발육할 수 없는 한계 수분함량인 40% 이하로 초기에 빨리 수분함량을 낮출 것이 요구된다.

오징어 건조에는 맑은 날씨 조건에서도 3~5일이 소요되며, 초기의 수분함량이 40% 이하로 된 후에는 건조속도가 너무 빠를 경우에 생기는 Skin effect 현

상을 막기 위해 내부확산이 가능하도록 산적하거나 건조를 일시 중단시켜야 하는 번거로움이 따른다.^{2),3)} 배等⁴⁾은 오징어 건조에 간접가열에 의한 자연 환기 건조 및 직접가열에 의한 열풍건조를 한 결과, 초기 수분함량을 40% 이하로 낮추는데 각각 24시간 및 9시간이 소요된다고 보고 한 바가 있다.

본 실험에서는 오징어의 초기 건조를 보다 빨리 하고 내부확산이 간단한 방법의 하나로 고정층 건조를 실험하여 열풍의 온도와 층고가 건조속도에 미치는 영향을 검토하고, Shirai가 밝힌 함수율과 건조시간의 관계식^{5),6)}에서 건조 속도상수 (k)를 구하였다.

方 法

1. 理 論

오징어의 수분량은 수산물의 함수율 측정에 일반

적으로 사용하는 습량 기준함수열 (W_w)로 계산하며 그 정의는 다음과 같이 제시된 바 있다⁷⁾

$$W_w = \frac{W_d}{1+W_d} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 W_d 는 건량기준의 함수열이다.

위의 (1)식은 재료의 함수열을 측정하는데 쓰이는 하나, 더욱 간편한 방법으로 아래와 같이 그 무게로 나타내는 것이 편리하다.

$$W_w = \frac{M_t - M_o}{M_t} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 M_t 는 임의의 건조시간에서의 재료의 총질량이며 M_o 는 무수재료의 질량이다.

건조속도는 일반적으로 단위시간당 증발하는 수분의 양으로 다음과 같이 나타낸다.

$$R = -\frac{M_o}{A} \frac{(\Delta W)}{\Delta t} \dots\dots\dots(3)$$

윗식에서 A 는 증발 면적을 나타내며 R 은 시간에 따른 함수열 변화 곡선의 기울기가 된다. 또 (3)식으로부터 임의의 함수열까지의 건조 시간을 구할 수 있다.

$$\text{즉, } t = \int_0^t dt = \frac{M_o}{A} \int_{w_2}^{w_1} \frac{dW}{R} \dots\dots\dots(4)$$

(4)식에서 항을 건조 기간에서의 건조 시간은 w_1 , w_2 가 w_c 보다 클 경우이므로

$$R = R_c,$$

$$t_c = \frac{M_o(W_1 - W_2)}{A R_c} \dots\dots\dots(5)$$

감을 건조기간에서는 일반적으로 (4)식을 도식적 분함으로써 건조시간을 구할 수 있으나, R 이 w 에 대하여 선형일 경우에는,

$$Rd = mW_t + b \dots\dots\dots(6)$$

이므로, 건조시간 t_d 는 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} t_d &= \frac{M_o}{A} \int_{w_4}^{w_3} \frac{dW}{mW_t + b} \\ &= \frac{M_o}{mA} \ln \frac{mW_3 + b}{mW_4 + b} \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

그러므로 전체 건조시간은 (5)식과 (7)을 더하면,

$$t_{total} = \frac{M_o}{A} \frac{(W_1 - W_2)}{R_c} + \frac{1}{m} \ln \frac{mW_3 + b}{mW_4 + b} \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{단, } W_3, W_4 < W_c$$

건조중 재료의 수축은 일어나지 않으며 재료의 함수열이 일정하다는 가정하에서 Shirai는 다음식이 건조특성을 잘 나타내고 있음을 밝힌 바 있다.⁶⁾

$$\frac{W_t}{W_o} = e^{-kt} \dots\dots\dots(9)$$

$$-k = \frac{1}{t} \ln \frac{W_t}{W_o} \dots\dots\dots(10)$$

윗식에서 w_o 는 초기함수열이며 k 는 건조속도상수이다. (10)식에서 $\ln \frac{W_t}{W_o}$ 와 t 의 plot은 원점을 통하는 직선이 되며 그 기울기로 부터 건조속도 상수 (k)를 구할 수 있다.

2. 使用試料

본 실험에 사용한 시료는 생오징어의 물체(무게 0.4 cm)를 사방 1 cm로 잘라서 사용하였다.

3. 無水材料 무게의 測定

실험에 필요한 양의 시료를 저울병에 넣어 105 ± 0.5 °C에서 60 ± 5 분간 건조시킨 후 그 무게를 측정하여 무수재료 무게 M_o 를 결정하였다.

4. 初期含水率의 測定

시료의 M_o 를 측정하고 (2)식을 사용하여 초기함수열 w_o 를 결정하였다.

5. 固定層 乾燥裝置

고정층 건조의 실험장치를 Fig.1에 표시하였다. 판은 내경이 4.3 cm, 길이가 100 cm인 유리관을 사용하였다.

분산판은 60 mesh의 철망을 썼으며, 압력이 자동

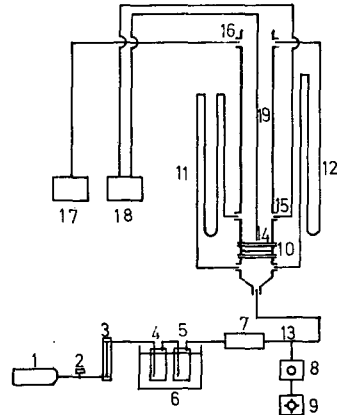


Fig.1. Diagram of fixed bed dryer

- | | |
|--------------------|-------------------------------|
| 1. Air compressor | 8. Temperature controller |
| 2. Needle valve | 9. Voltage controller |
| 3. Rotameter | 10. Distributor |
| 4. Saturation tank | 11, 12. Manometer |
| 5. Cleaner | 13, 14, 15, 16. Thermocouples |
| 6. Water bath | 17, 18. Temperature recorder |
| 7. Heater | 19. Bed |

조절되는 압축기에서 송출되는 건조용 공기는 5°C로 유지되어 있는 항온조에 장치한 포화기를 통하여 일정한 속도와 습도를 유지하도록 하였다. 또한 공기가 통과하는 통로는 0.625 cm의 동관을 사용하였고, 열손실을 줄이기 위하여 석면종이(두께 15cm)로 보온하여 전기로와 층(bed)의 입구온도와외 온도차를 5% 미만으로 하였다.

온도는 열전대로, 유량은 증류수 manometer로 측정하였다.

건조용 공기의 유량은 25 l/min로 고정하고, 온도는 30°C, 45°C, 60°C로 변화시켰으며, 고정층 높이는 2.0 cm, 4.0 cm, 6.0 cm로 변화시켜서 건조하였다.

結果 및 考察

생시료(수분함량 76%)를 온도별로 건조하여 건조시간에 따른 함수율의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 열풍의 온도가 높아짐에 따라 건조속도는 빨라지는 경향을 보였는데, 열풍온도가 45°C와 60°C일때 수분함량을 40% 가까이 내리는데에 약 4시간이 소요되었다.

배等⁴⁾이 오징어를 현수건조한 결과에 의하면 초기의 함수율을 40%까지 내리는 데, 간접가열에 의한 자연환기 건조는 24시간, 직접가열에 의한 열풍건조에서는 9시간이 소요된 결과와 비교하면, 같은 온도와 유량의 범위에서 고정층은 4시간이 소요되므로 매우 빠른 건조속도를 나타내었다.

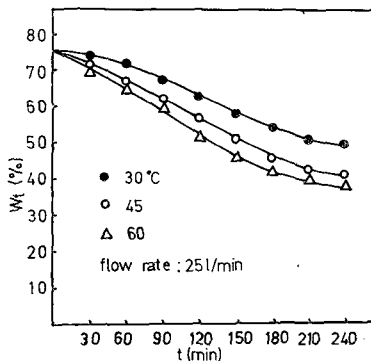


Fig. 2. W_t vs. drying time.

열풍의 온도와 유량을 고정시키고 층고를 변화시켜 건조한 결과는 Fig. 3과 같이 나타났는데, 오징어 고정층의 층고가 클수록 건조속도는 느린 경향을 보였다.

그러나, 시료편(1×1×0.4 cm)으로 만든 오징어는 고정층에서 여러 층으로 산적된 상태에서도 40% 가까이 함수량을 낮추는데에 층고가 2 cm인 경우 3시간, 4 cm 때 4시간, 6 cm에선 약간 더 소요되었

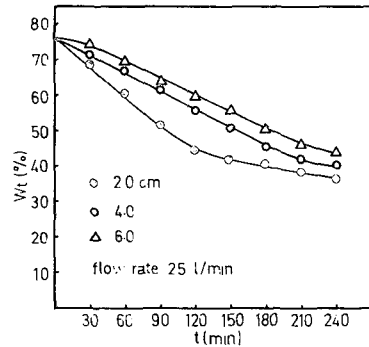


Fig. 3. W_t vs. drying time at different bed height.

는데, 이것은 오징어를 적당한 크기로 자른 경우 고정층 건조방법을 선택해도 좋다는 결과로 판단된다.

Fig. 2와 Fig. 3에서 시료 오징어의 한계 함수율(W_o)은 0.4~0.5 사이에 있었다.

이상과 같은 결과를 Shirai 식⁵⁾과의 관계를 알아 보기 위하여 종축은 $\ln\left(\frac{W_t}{W_o}\right)$ 로 하고 횡축을 건조시간으로 하여 Fig. 4와 Fig. 5로 나타내었다.

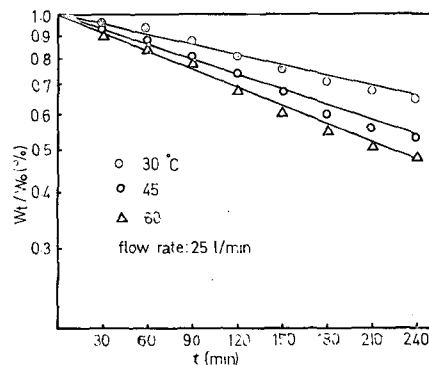


Fig. 4. $\ln\left(\frac{W_t}{W_o}\right)$ vs. drying time of squid.

위의 Fig. 4와 Fig. 5에서 기울기가 (10)식에 나타난 건조속도 상수, k 값이 된다. 이 k 값은 Table 1과 같았다.

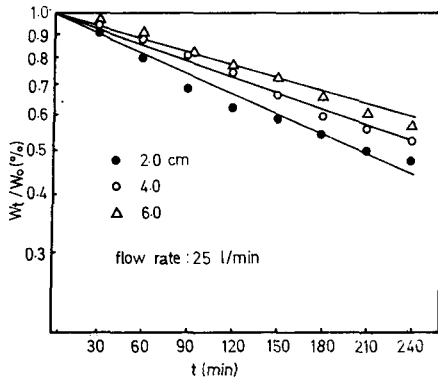


Fig. 5. $\ln \left(\frac{W_t}{W_o} \right)$ vs. drying time at different bed height.

Table 1. Values of drying rate constant (k) at different conditions

unit: min^{-1}					
Temperature ($^{\circ}\text{C}$)			Bed height at 45°C (cm)		
30	45	60	2.0	4.0	6.0
0.15	0.19	0.22	0.23	0.20	0.17

Table 1의 결과에서 오징어의 건조속도 상수는 열풍온도가 높아질수록, 층고가 낮을수록 커짐을 알 수 있다.

結 論

오징어 건조에 있어서 초기의 건조속도를 촉진하는 방법의 하나로 고정층건조를 시도하여 건조속도 및 Shirai식에 의한 건조속도 상수 (k)를 구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 오징어의 함수량을 40% 이하로 낮추는데 고정층 건조의 경우 4시간정도 소요되어 보다 나은 건조방법으로 판단된다.

2. 건조속도상수, k (Table 1)를 구하기 위한 Shirai식은 본 실험의 범위에서 잘 일치하였다.

謝 辭

본 실험에 있어서 조언을 주신釜山大學校 工科大學 化學工學科의 徐吉德 博士님과 장치제작에 협조하여 주신 同大學 反應工學室의 辛春桓氏께 감사말 드린다.

Nomenclature

- A Drying area, cm^2
- b A constant
- k Drying rate constant, min^{-1}
- M Weight of sample, g
- M_o Weight of dry sample, g
- M_t Weight at drying time, g
- m A constant
- R Drying rate, $g\text{-water}/\text{min cm}^2$
- R_c Constant drying rate, $g\text{-water}/\text{min cm}^2$
- R_d Falling drying rate, $g\text{-water}/\text{min cm}^2$
- t Drying time, min
- t_c Drying time in constant drying rate period, min
- t_d Drying time in falling drying rate period, min
- t_{total} $t_c + t_d$, min
- W_c Critical moisture content, %
- W_d Moisture content based on dry weight, %
- W_o Initial moisture content, %
- W_t Moisture content at drying time, %
- W_w Moisture content based on wet weight, %

文 獻

- 1) 농수산부. 1979. 수산통계연보. 67, 162—163.
- 2) 野中順三 外. 1965. 水産食品學. 恒星社 厚生閣 190—192.
- 3) Fukuda, M., and M. Ishida. 1954. Study for artificial drying of squids. Bull. Fac. Fisheries Hokkaido Univ. 4(4), 337—343.
- 4) 배옥성, 백국기. 1970. 오징어 인공건조장치 성능비교시험. 국립수산진흥원 사업보고 (7), pp. 70
- 5) 桐榮良三・林信也. 1959. 粒粉體材料の減率乾燥期間の過程解析. 化學工學(日). 23 (10), 641—646.
- 6) 白井研究. 1963. 流動層を利用した食品乾燥に関する研究. 東京工業大學. 豫備實驗報告, 1.1—12
- 7) Marshall, W. R., Jr., and O. A. Hougen. 1942. Drying of solids by through circulation. Trans. Am. Inst. Chem. Eng. 38, 91—121.