

水產食品의 乾燥方法에 關한 研究

2. 갑오징어의 固定層乾燥

許宗和

慶尚大學校 食品加工學科

Studies on the Drying Methods of Sea Foods

2. Fixed-Bed Drying of Cuttlefish

Jong-Wha HUR

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

For the removal of initial water content in cuttlefish, the effects of fixed-bed drying condition on the drying rate were investigated, with following results.

1. The drying rate of cuttlefish dried at fixed-bed condition was also faster than that at natural convection type or hot air dryer.
2. By controlling air temperature and its direction to cut-and-peeled sample the drying time can be reduced to 2 hrs.
3. Shirai's equation and Arrhenius' law were applicable to fixed-bed dried cuttlefish. Drying rate constant (k) by Shirai's equation, and Arrhenius' plot were as shown in Table 3, 4 and Fig. 3, respectively.

緒論

갑오징어 *Sepida esculenta* Hoyle는 생식 또는 전제 품으로 많이 먹는 중요한 수산식품의 하나이며, 그 어획량이 급격히 증가하고 있는데(1973년 3,077 t, 1978년 30,024 t)¹⁾, 갑오징어의 전제품은 대부분이 천일건조에 의존하므로 기상조건의 영향을 많이 받게 된다.

갑오징어의 초기 수분함량을 40%이하로 빨리 낮추어 세균발육을 막고, 비오징어현상을 방지하기 위하여 前報²⁾에 이어 갑오징어의 고정층 건조를 실시하였다.

시료의 크기와 겹질의 영향 및 열풍온도와 고정층 높이, 열풍의 방향 등이 건조속도에 미치는 영향을

검토하고 Shirai의 식³⁾에서 건조속도 상수(k)를 구하였으며, Arrhenius' law를 이용하여 온도변화에 따른 건조속도 상수를 반대수 좌표에 플롯트하였다.

實驗方法

1. 使用試料

본 실험에 사용한 갑오징어는 생시료의 몸체(두께 0.8cm)를 1×1cm(a형), 1×2cm(b형), 1×3cm(c형) 및 0.5×3cm(d형)의 형태로 절단하여 건조용 시료로 하였다.

2. 裝置 및 方法

장치는 전보²⁾와 같은 고정층 건조 장치를 사용하였으며, 온도는 K형(C-A)열전대로, 유량은 종류

수 manometer 및 rotameter로 측정하였다.

건조용 공기의 유량은 25 l/min로 고정하고, 온도는 40°C, 50°C, 60°C, 70°C로 변화시켰으며, 고정층 높이는 2.0 cm, 4.0 cm, 6.0 cm, 8.0 cm로 변화시켰다.

시료는 크기를 달리하여 절단하고 (a~d형), 껍질이 있는 대조구와 껍질을 벗긴 처리구로 나누었으며, 절단된 시료를 건조공기의 방향에 대하여 수직 또는 평행으로 두어 건조속도에 미치는 영향을 검토하였다.

結果 및 考察

생시료(수분함량 81.5%)를 사방 1×1cm(a형)로 잘라서 껍질이 붙은 것과 껍질을 제거한 시료를 열풍 온도 60°C로 건조하여 건조시간에 따른 수분 함량의 변화를 Fig. 1에 나타내었다.

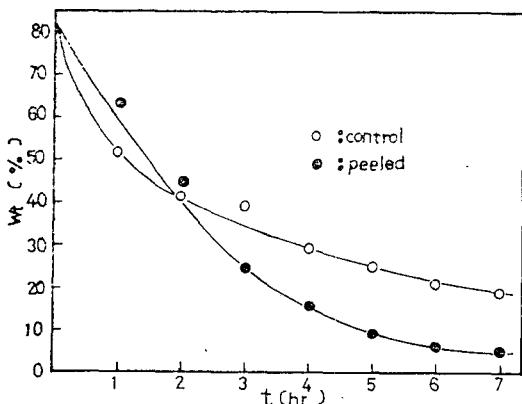


Fig. 1. Water content (Wt) vs. drying time (t) of cuttlefish (at flow rate=25 l/min., 60°C).

껍질이 붙은 시료(control)의 경우, 초기에는 건조 속도가 빨랐으나, 2시간이후 부터는 껍질을 제거한 시료 쪽이 더 빠르게 나타났는데, 이것은 초기에 껍질 부위의 수분 함량이 많아서 수분 증발이 빨리 진행되다가 건조후기에는 건조된 껍질에 의해 건조가 방해를 받기 때문인 것으로 보인다.

또한 껍질의 유무에 관계없이 두 쪽이 다 부패방지의 한계 수분인 40%이하로 낮추는데 약 3시간 정도가 소요되었는데, 이것은 배 等의 오징어건조에서 간접 가열에 의한 자연 환기 건조에서 24시간, 열풍 건조에서 9시간 소요된 결과에 비하면, 갑오징어의 고정층 건조 방법의 건조속도가 더 빠르게 나타나서 갑오징어의 경우에도 고정층 건조 방법이 유

용함을 보였다.

열풍의 온도(60°C)와 유량(25 l/min.)을 고정시키고 시료의 크기를 변화시켜 건조한 결과는 Fig. 2와 같이 나타났는데, 갑오징어의 b형($1\times2\times0.8\text{cm}$)과 c형($1\times3\times0.8\text{cm}$)시료는 비슷한 건조 속도를 보였으나, a형($1\times1\times0.8\text{cm}$)은 b형, c형보다 급격히 건조 속도가 증가되었으며, d형($0.5\times3\times0.8\text{cm}$)도 b, c형 보다 빨리 건조되는 등, 절단에 의해 표면적이 증가할수록 건조 속도가 증가되는 경향을 보였다.

수분 함량을 40%이하로 낮추는데 b, c형은 4시간 이상이 소요되나, a, d형은 2~3시간이내에 가능하였다.

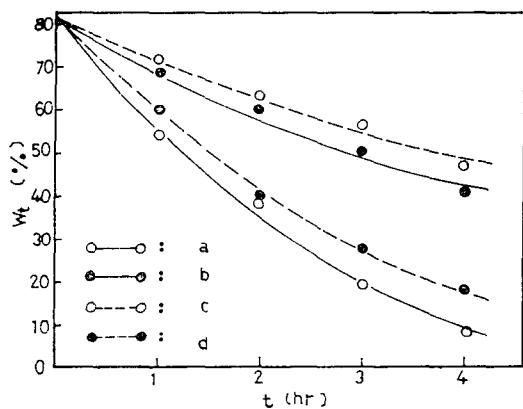


Fig. 2. Water content (Wt) vs. drying time (t) of cuttlefish in different size (at flow rate=25 l/min., 60°C).
a : $1\times1\times0.8\text{cm}$ b : $1\times2\times0.8\text{cm}$
c : $1\times3\times0.8\text{cm}$ d : $0.5\times3\times0.8\text{cm}$

b형 시료를 열풍의 방향에 대하여 평행(/) 및 수직(⊥)으로 두고 열풍온도를 40°C, 50°C, 60°C, 70°C로 변화시켜 건조했을 때의 수분함량의 변화를 Table 1에 나타내었다.

Table 1에 의하면, 공기 온도의 상승에 따라 건조 속도가 증가하며, 수분 함량을 40% 이하로 낮추는 데에 40°C에서는 4시간, 50~60°C에선 3시간, 70°C에서는 약 2시간이 소요되었으며, 시료는 평행하게 둔 경우가 수직으로 둔 경우보다 건조속도가 빠르게 나타났는데, 이것은 평행하게 둔 경우는 양면에 통과하는 열풍을 직접 접촉하는데 비하여 수직으로 둔 경우는 한 면만 직접 접촉하여 열풍을 받는 표면적이 적은 결과라고 생각된다.

갑오징어의 경우 본 실험 장치로 절단한 시료를 70°C의 열풍에 평행하게 두면 2시간내에 40%이하

로 건조시킬 수 있었다.

Table 1. Water content changes of cuttlefish during fixed-bed drying at different air temperatures and directions

(Unit : %)

Air temp. (°C)	Air direction	Drying time (hr)			
		1	2	3	4
40	//	68.6	57.9	41.5	26.2
	⊥	69.8	59.5	45.0	34.3
50	//	67.4	53.3	30.9	22.1
	⊥	68.1	54.9	34.5	29.4
60	//	57.9	31.4	21.2	16.4
	⊥	68.6	55.2	42.3	27.3
70	//	52.3	24.1	12.5	7.5
	⊥	65.9	43.5	25.0	15.7

// : Parallel to airflow

⊥ : Perpendicular to air flow

Specimen size : $1 \times 2 \times 0.8 \text{ cm}$

a, b 형 시료를, 열풍의 온도 (60°C) 와 유량을 고정시킨 상태에서, 충고를 2.0 cm , 4.0 cm , 6.0 cm , 8.0 cm 로 변화시켜 고정층 건조시킨 결과를 Table 2로 표시하였는데, 충고가 높을수록 건조속도가 느린 경향을 보였으며 4시간 건조후에 a 형이 b 형보다 10% 가량의 수분함량이 적게 나타났다. 그러나 이런 건조조건에서도 충고를 8.0 cm 까지 높이더라도 4시간이내에 모두 수분함량을 40% 이하로 충분히 낮출 수 있었다.

Table 2. Water content changes of cuttlefish during fixed-bed drying at different bed heights

(Unit : %)

Bed height (cm)	Specimen size*	Drying time(hr)			
		1	2	3	4
2.0	a	64.0	39.7	19.6	9.4
	b	69.9	53.0	34.6	22.4
4.0	a	66.0	42.6	21.4	13.7
	b	70.6	56.3	36.6	23.5
6.0	a	68.8	48.5	25.6	15.0
	b	71.2	54.5	38.7	25.1
8.0	a	69.0	51.4	32.9	19.7
	b	71.2	58.7	43.6	28.9

*a : $1 \times 1 \times 0.8 \text{ cm}$

b : $1 \times 2 \times 0.8 \text{ cm}$

또한 전보의 (9), (10)식으로 나타낸 바 있는 Shirai 식을 이용하여 k 값을 계산한 결과 b 형 시료의 열풍 온도 및 풍향에 따른 k 값은 Table 3과 같이, 충고

및 시료 크기에 따른 k 값은 Table 4와 같이 표시되었다.

Table 3. Drying rate constant (k) of cuttlefish at different temperatures

(Unit : hr^{-1})

Air direction	Air temperature (°C)			
	40	50	60	70
//	1.44	1.70	2.08	2.83
⊥	1.32	1.50	1.60	1.93

Specimen size : $1 \times 2 \times 0.8 \text{ cm}$

Symbols for air direction are same as in Table 1.

Table 4. Drying rate constant (k) of cuttle fish at different bed heights

(Unit : hr^{-1})

Specimen size*	Bed height at 60°C (cm)			
	2.0	4.0	6.0	8.0
a	2.10	2.00	1.90	1.68
b	1.63	1.58	1.50	1.40

* a : $1 \times 1 \times 0.8 \text{ cm}$

b : $1 \times 2 \times 0.8 \text{ cm}$

이 k 값들의 온도에 대한 의존도를 관찰하기 위해 아래와 같이 Arrhenius' law를 이용하면 (단, E는 활성화 에너지, Kcal/mole, k는 건조속도 상수, hr^{-1} , R는 기체상수, T는 절대온도, K로 두면),

$$k \propto T^m e^{-E/RT} \quad (1)$$

이 되며, (1)식에 대수를 취하여 T에 대하여 미분하면 k의 온도에 대한 변화는,

$$\frac{d(\ln k)}{dt} = \frac{mRT + E}{RT^2} \quad (2)$$

로 나타나며, 대부분의 반응에서 $mRT \ll E$ 이므로 mRT 항을 무시하면,

$$k \propto e^{-E/RT} \quad (3)$$

이 되는데, 이 (3)식을 이용하여 종축을 $\ln k$, 횡축 을 $\frac{1}{T}$ 로 하면, 그 기울기는 $-\frac{E}{R}$ 로 나타남을 알 수 있다⁴⁾.

Table 3을 Arrhenius' plot 하면 Fig. 3으로 나타나는데, 이 그림은 기체의 통과 방향과 평행하게 둔 시료가 수직으로 둔 것보다 활성화 에너지가 더 크게 온도에 더 민감하다는 것을 보여주고 있다.

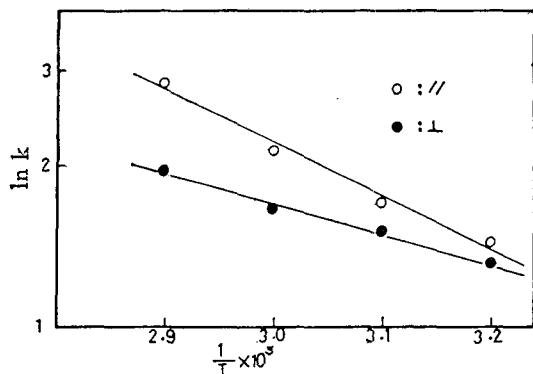


Fig. 3. Arrhenius' plot illustrating influence of temperature on drying rate constant (k) of cuttlefish.

// : Parallel to air flow

⊥ : Perpendicular to air flow

要 約

갑오징어 우리나라에서 비교적 많이 어획되어 대부분 천일건조에 의해 가공되고 있다. 갑오징어의 고정층 건조를 실시하여 건조 속도 및 Shirai식에 의한 건조 속도 상수 (k)를 구하고, Arrhenius' plot에 의해 온도 의존성을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 갑오징어의 수분 함량을 40 % 이하로 낮추는데 본 실험의 경우 4시간이내가 소요되어 고정층 건조 방법이 배등의 열풍건조법보다 효과적인 방법으로 판단된다.

2. 시료의 세분화, 접질 제거, 열풍의 온도 상승 및 방향 조정 등으로 건조시간을 2시간으로 단축할 수 있었다.

3. 본 실험의 결과는 Shirai식과 Arrhenius' law에 잘 적용되었다.

文 献

- 1) 농수산부. 1979. 수산통계연보, p. 79.
- 2) 許宗和. 1982. 水產食品의 乾燥方法에 關한 研究 I. 오징어의 固定層乾燥. 韓水誌 15(1), 107-110.
- 3) 白井研究. 1963. 流動層を利用した食品乾燥に 關する研究. 東京工業大學. 豊備實驗報告 1, 1-12.
- 4) Octave Levenspiel. 1972. Chemical Reaction Engineering. John Wiley & Sons, Inc. p. 8-29.
- 5) 배옥성, 배국기. 1970. 오징어 인공건조 장치 성능 비교 시험. 국립수산진흥원 사업보고 (7), p. 70.