

# 식품의 건조 및 수축 특성에 관한 연구

## - 1. 다시마 건조 중의 수축 현상 -

조 덕 제 · 허 중 화\* · 정 수 열\*\*

경남전문대학 식품영양과

### Drying and Shrinking Characteristics of Food

#### 1. Shrinking Phenomena during Drying of Sea Tangle

Duck-Jae CHO, Jong-Hwa HUR\*, and Soo-Yeol CHUNG\*\*

Department of Food and Nutrition

Kyung Nam Junior College, Pusan 616-012, Korea

Square slices of sea tangle was dried in constant condition of thickness (1.54mm), air temperature (50°C), relative humidity (30%) and air velocity (0.4m/s). The shrunk surface area and the shrinking rate were investigated. The results obtained are summarized as follows :

- 1) Comparing the shrinking of transverse section with that of vertical section, the transverse section was proceeded more double shrinkage than vertical section.
- 2) The shrunk surface area curve showed nearly a linear shrinkage up to 90min of drying time.
- 3) The shrinking rate was rapidly increased in first falling rate period, and was largest in the early period of second falling rate period.

### 서 론

식품의 건조시에 일어나는 변화의 하나가 수축 현상이며 식품은 완전한 탄성체가 아니므로 균일한 수축양상을 보기가 어렵고 식품의 종류나 건조방법 등에 따라 다른 수축양상을 보인다. 특히 수분이 많고 유연한 조직을 가진 식품을 열풍건조할 경우 표면수축이 가장 현저하고 또한 건조속도나 건조단계에 따라서 그 수축양상도 차이가 많다.

(木村, 1984 ; Suzuki and Kubota, 1976)

Kilpartrick et al. (1982)은 야채의 표면적 수축은

건조초기 단계에서는 거의 증발한 수분의 부피와 같으나 건조가 진행되면 체적수축은 적어지고 함유율 15%내지 20%이하가 되면 표면적 수축은 일어나지 않는다고 하였으며, Kishimoto (1982)는 어육을 건조하면 약 50%의 수축을 일으키고 있기 때문에 수축이 건조에 미치는 영향은 무시할 수 없다고 보고하였다.

이와같이 건조중 수축이 일어나면 변곡 및 균열 등을 유발하여 제품의 품질을 손상시키는 일이 있으므로 적절한 건조법의 선택이 중요하다.

한편 다시마는 옛부터 수산식품분야에서 중요한 위치를 차지하고 있으며 다른 식품소재와는 달리

\*경상대학교 식품공학과

(Department of Food Science and Technology, Gyeong Sang National University, Jinju 660-300, Korea)

\*\*동주여자전문대학 식품영양과

(Department of Food and Nutrition, Dong Ju Women's Junior College, Pusan 604-083, Korea)

독특한 풍미와 식감이 있는 식품이다. 이와같은 전통적인 다시마를 건조하여 사용할 경우 천일건조로서 생산되어지는 것이 대부분이지만 열풍건조한 건조다시마는 주로 가공식품소재로서 이용되어지고 있다. 따라서 열풍건조할 경우 보존에 적합한 함수율까지 조절하는 조치가 행해지고 있으며 건조초기 동안 높은 온도에 방치되어지기 때문에 수축현상 혹은 화학성분의 표면으로의 이동현상에 의하여 건조전의 품질과는 비교할 수 없는 변화를 동반하게 된다(Yokoya, 1981). 따라서 본 연구에서는 실험실 규모의 열풍건조기를 제작하여 다시마의 건조수축현상에 대해서 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

경남 양산군 일광면 대변리의 양식장에서 6개월간 양식한 다시마 (*Laminaria japonica*)를 실험에 사용하였다. 다시마를 잘 수세하여 부착한 이물질을 제거하고 가로×세로를 각각 3cm×4cm로 절단한 다음 5°C의 수중에 넣어서 24시간 침지하여 수분함량(93%)을 안정화시킨후 온도 50°C, 상대습도 30%, 풍속 0.4m/s인 조건하에서 건조하였다.

사용한 다시마의 엽장, 엽폭, 중량 및 두께의 평균값은 각각 198.9cm, 11.4cm, 248g 및 1.54mm 이었다.

### 2. 실험장치

공기의 온도, 상대습도 및 풍속의 조절이 가능한 건조기를 만들어 실험에 사용하였다 (Fig. 1). 공기압축기에서 배출된 공기는 구리관을 통하여 냉각장치를 지나면서 냉각, 제습되고, 다시 항온수조에서 가온, 가습되어 건조기 하부에 설치되어 있는 가열장치에 의하여 소정의 온도로 조절된 다음 시료에 대하여 수직으로 흐르게 하였다. 건조기 내부의 가열 온도 조절은 니크롬선을 보빈에 감아서 이것을 센서(pt 100Ω)와 연결하여 자동제어를 가능하게 하였으며 건조용 공기의 풍속은 공기압축기의 Value로 조절하였다. 그리고 유입공기의 속도분포를 일정하게 하기 위해서 건조기 하부에 분산판을 부착하였다.

건조부는 내경 140mm, 길이 90cm의 투명아크릴 수지원통을 사용하였으며 단열을 위하여 asbestos band와 스티로폼을 사용하였다. 건조중 시료의 크기를 사진 촬영하기 위하여 원통의 하부에서 50cm 높이에 가로 및 세로가 각각 12cm 및 15cm인 투명아크릴 창문을 만들었다.

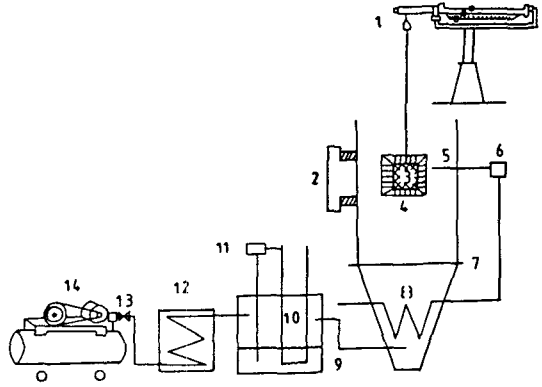


Fig. 1. Schematic diagram of experimental apparatus.

1 : balance, 2 : camera, 3 : sample, 4 : door, 5 : thermocouple, 6 : thermo-regulator, 7 : dispersing plate, 8 : heater, 9 : constant temperature water bath, 10 : heater, 11 : transister relay, 12 : freezing chamber 13 : valve, 14 : air compressor

### 3. 표면적 측정

Fig.2와 같이 알루미늄 판에 눈금이 새겨져 있는 시료 지지대를 만들어 시료를 지지대의 가운데 고정시키고 이것을 니크롬선으로 balance (Ohaus Co., sensitivity=0.01g)에 연결하여 건조중 시료의 중량 변화를 직접 측정하였다. 그리고 건조중 직접 표면적을 측정한다는 것은 불가능하기 때문에 건조기에 만들어둔 창문을 통하여 건조중 일정한 시간마다 시료를 사진 촬영하였다.

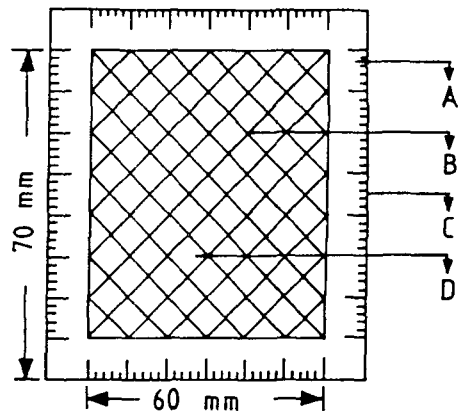


Fig. 2. Support plate of sample.

A : scale, B : steel wire nite, C : aluminium plate, D : sample setting position

시료의 크기와 사진에서의 시료크기를 같이하기 위하여 사진에 접안렌즈(No.1)를 부착하고 사진의 흔들림을 방지하기 위하여 완전 고정시켰다. 사진으로 부터 시료의 가로 및 세로의 크기를 Vernier Calipers (Mitutoyo, Sensitivity = 0.05mm)로서 직접 측정하여 건조중 표면적의 변화를 계산하였다.

4. 수축율의 측정

橋本과 大島の 방법(橋本·大島, 1958)에 따라서 아래식에서 부터 구하였다.

$$\text{수축율} = \left(1 - \frac{A}{A_0}\right) \times 100$$

A<sub>0</sub>: 건조초기의 면적(%10/cm<sup>2</sup>)  
A: 일정건조후의 면적(%10/cm<sup>2</sup>)

5. 수축속도의 측정

Yokoya (1977)의 방법에 따라서 1시간당 무수시의 면적 1cm<sup>2</sup>당 수축한 면적으로서 나타내었다. 차원은 1/hr이다.

결과 및 고찰

1. 건조수축

다시마 엽체의 가로 및 세로의 상대적인 길이변화를 건조시간에 대해서 나타낸 것은 Fig.3 과 같다. 가로 및 세로 모두 건조시간이 경과함에 따라 90분까지는 직선적으로 수축이 일어났으나 그후는 수

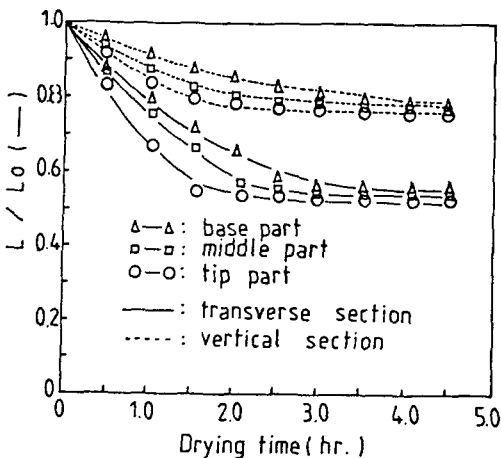


Fig. 3. Relative shrinking curve of vertical and transverse section at various part of sea tangle.

Ta=50°C, RH=30%, U=0.4m/s

축의 정도가 원만하게된 다음 180분 이후에는 평형 수축에 도달하였다. 또한 건조후 90분간은 건조속도의 변화면에서는 감률건조 1단계의 종말기에 해당되며 수축면에서는 다시마 엽체의 주위부가 수축되어 제1단계의 수축이 완료되는 시간에 해당되었다. 이와같이 다시마류는 수막에 의해서 표피세포가 감싸져 있기 때문에 건조의 진행과 함께 간격수, 흡착수가 제거되고 유리수가 점차 제거되어지며 세포가 격은 상호근접되어 수축이 일어나지만 (Yokoya, 1977) 이와같은 수축현상도 품종 및 채취부위에 따라서 다르게 나타난다고 생각된다. 가로 및 세로의 길이변화에서 부터 건조시간 90분까지의 수축율을 산출하여 Table 1에 나타내었다. 가로수축의 경우 기부, 중간부 및 선단부의 수축율의 평균값은 35.0%이었으며 세로수축의 경우는 15.3%로서 가로수축이 세로수축보다 2배이상 더 많이 수축하였다.

Table 1. The shrinking ratio of vertical and transverse section with various part after 90 min.(%)

Part	Transverse section	Vertical section
base	25.0	8.5
middle	33.7	17.5
tip	46.3	20.1
average	35.0	15.3

Yokoya (1977)는 곤포의 건조수축에 관한 연구에서 가로는 세로보다 2배의 속도로 직선적인 수축이 이루어졌다고 보고하였는데 다시마를 사용한 본 실험의 결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 이와같은 직선적인 수축현상은 세포내의 유리수가 용이하게 세포간격을 통과해서 표피층 방향으로 이동하기 때문에 엽체표면에서 수분의 증발이 현저하게 일어난 결과로 생각된다.

2. 표면적 수축

건조과정중에 측정된 가로와 세로의 길이변화를 측정하여 표면적 수축율을 산출 하였으며 표면적 수축을 함수율 곡선과 대칭시켜 시간에 대해서 나타낸 것은 Fig.4 이다.

표면적 수축에 있어서도 90분까지는 직선적으로 수축하였으며 이것은 Fig.3 에 나타난 가로 및 세로의 수축곡선과 일치하였고 이기간에서는 수분함량도 직선적인 감소를 나타내었다. 그리고 90분에서 180분까지의 수축곡선은 완만한 곡선을 나타내었으며, 이수축기간의 과정에서는 주위부가 먼저 수축이

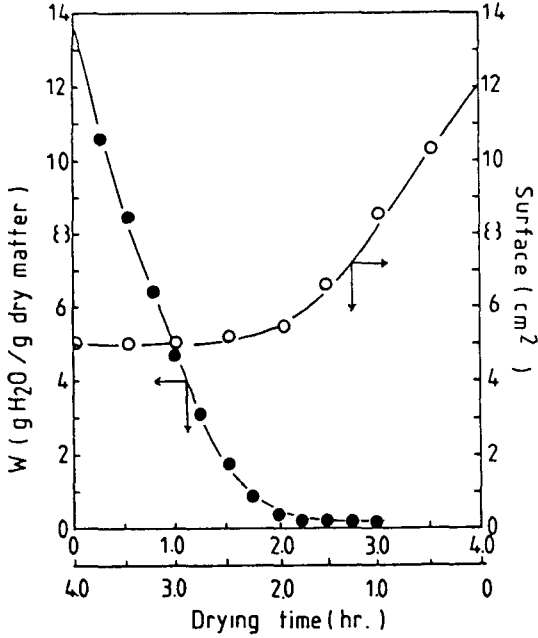


Fig. 4. Drying and surface area shrinking curve of sea tangle.  
Part=middle,  $T_a=50^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH}=30\%$ ,  
 $U=0.4\text{m/s}$

되고 중심부는 다량의 수분이 존재하여 약간 볼록상으로 부푸는 것이 관찰되었다. 또한 건조가 더욱 진행되어 주위부가 딱딱하게 되고(표면경화), 반면 중심부는 주위부보다 늦게 건조되므로 인장력에 의해 오목상으로 되는 수도 있는데 이와같은 오목볼록상의 형태는 다시마의 크기와 건조조건등에 영향을 받는다.

### 3. 건조속도와 표면적 수축과의 관계

다시마의 표면적 수축현상은 건조속도와와의 사이에 상관관계가 있다고 생각되기 때문에 표면수축과 건조속도와의 관계를 함수율에 대하여 Fig.5에 나타내었다.

그림에서 나타난 바와 같이 건조속도는 항률건조기간이 없이 바로 감률건조 제1단계(F-I) 및 감률건조2단계(F-II)의 건조속도구간으로 나타났다. 그리고 표면적 수축은 감률건조1단계에서는 빠르고 감률건조2단계에서는 느리며, 함수율 20% 이하에서는 표면적 수축은 거의 일어나지 않았다.

Yokoya (1977)는 표면적 수축은 표면에서 수분이 평균적으로 증발하고 있을때 직선적인 수축기간이 나타나고 이것은 건조속도와 대응해서 나타난다고 하였으며, 또한 Shinohara and Wada (1955)는 감자

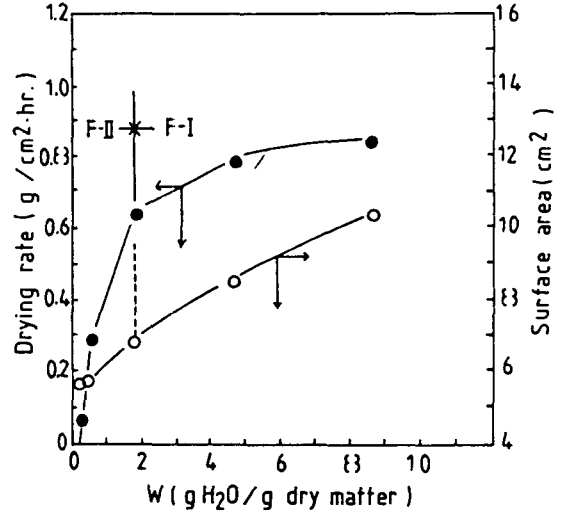


Fig. 5. Surface area shrinkage and drying rate curve of sea tangle.  
Part=middle,  $T_a=50^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH}=30\%$ ,  
 $U=0.4\text{m/s}$

및 고구마의 건조에 관한 연구에서 건조속도와 건조수축은 각각 기본적인 4단계가 있고 이들은 서로 대응해서 나타났다고 보고하였다. 본 실험에서는 표면적 수축곡선에서는 기울기가 다른 2단계의 기간이 나타났고 이곡선의 각 단계는 대체로 건조속도의 각 단계에 대응해서 나타났다.

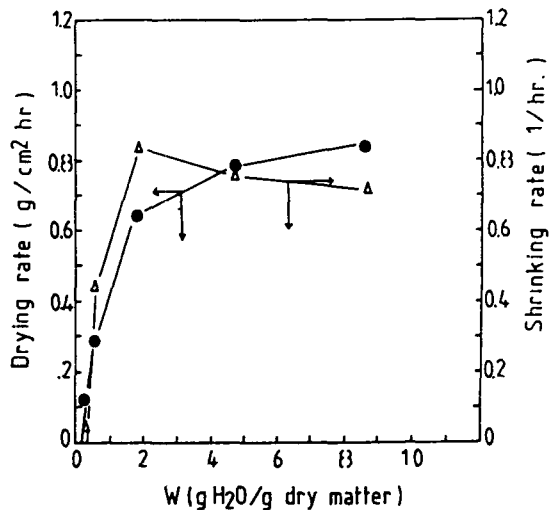


Fig. 6. Drying and shrinking characteristics curve.  
Part=middle,  $T_a=50^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH}=30\%$ ,  
 $U=0.4\text{m/s}$

#### 4. 수축속도

건조과정에 있어서 수축의 상태를 밝히기 위하여 수축속도를 함수율에 대해서 plot하고 건조속도와 대응시켜 Fig. 6에 나타내었다.

Yokoya (1977) 는 항률건조기에서는 수막이 표면을 둘러싸고 표면이 습윤상태를 유지하기 때문에 수축이 일어나지 않으며 그후 건조부분이 점차 중심부로 이동하기 때문에 수축속도는 급격하게 증가하고 감률건조2단계의 초기에 최대치에 달하게 된다고 보고하였다. 본 실험에서도 감률건조1단계에서는 급격히 수축속도가 증가하고 감률건조2단계의 초기에 최대의 수축에 달하였으며 그 후는 점차 감소하여 수축속도는 정지되었다. 이와같이 다시마의 수축이 수분증발과 동시에 쉽게 일어나는 것은 조직구조가 유연하여 내부확산이 잘 일어나는 데에 기인한다고 생각된다

#### 요 약

건제품으로 가공, 저장되고 있는 다시마는 조직이 연약하여 건조중 상당한 수축현상을 일으키는데 이의 기초적인 자료를 얻기 위하여 일정한 온도 (50% 10°C), 상대습도 (30%) 및 풍속 (0.4m/s)으로 열풍 건조를 행하여 가로와 세로의 길이변화, 표면적 수축변화 및 수축속도의 변화등에 관하여 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 가로수축이 세로수축보다 건조시간 90분까지 약2배 더 많이 수축하였다.

2) 다시마의 표면적 수축은 건조시간 90분까지는 직선적으로 나타났으며, 전건조과정에서 보인 2단계

의 수축곡선은 건조속도곡선의 2단계와 잘 일치하였다.

3) 수축속도는 감률건조1단계에서 급속히 증가하여 감률건조2단계의 초기에 최대의 수축에 달하였다.

#### 文 獻

- Kilpatrick, P. W., E. Lowe and W. B. Van Arsdel. 1955. Tunnel dehydrations for fruits and vegetables. Ad. Food Res. 6, 359~361.
- Kishimoto, A. 1982. Drying accompanied with shrinkage. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 28(7), 726~731.
- Shinohara, H and M. Wada. 1955. Air drying of sweet potatoes and potatoes. Chem. Eng. 19(11), 568~573.
- Suzuki, K., K. Kubota, T. Hasegawa and H. Hosaka. 1976. Shrinkage in dehydration of root vegetables. J. Food Sci. 41, 1189~1193.
- Yokoya, K. 1977. On the drying shrinkage of miyabe. J. Soc. Agr. Che. Japan 51(5), 281~286.
- Yokoya, K. 1981. Rehydration characteristics and texture of *Laminaria japonica*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish. 47(12), 1637~1641.
- 橋本建司・大島浩. 1958. 水産物の乾燥工程中の變化. 1. リッリコンブの乾燥曲線について. 北水試月報. 28 (5), 8~21.
- 木村進. 1984. 乾燥方法と食品の品質, 乾燥食品事典. 朝倉書居, 東京. pp.168~171.

1987년 10월 5일 접수

1988년 2월 22일 수리