

食品保藏과 水分活性에 關한 研究

1. 調節氣流에 의한 乾燥말취치肉의 等溫吸濕曲線의 測定

韓 鳳 浩 · 崔 秀 逸

釜山水產大學 食品工學科

Studies on Food Preservation by Controlling Water Activity

1. Measurement of Sorption Isotherm of Dried Filefish Muscle by Equilibration in Dynamic Stream of Conditioned Air

Bong-Ho HAN and Soo-Il CHOI

Department of Food Science and Technology, National Fisheries University of Busan, Namgu, Busan, 601—01 Korea

An apparatus for continuous measurements of sorption isotherm of dried food was manufactured to shorten the time required for equilibration. The apparatus was so designed that the temperature, air velocity and relative humidity in the experimental chamber could be controlled.

The use of dynamic stream of conditioned air with a velocity of 0.2m/sec, instead of static atmosphere, allowed a faster equilibration of dried filefish muscle at 25°C. The mean time necessary for the equilibration of dried filefish muscle at the water activity of a given state to a higher water activity was about 45 hours.

The monolayer moisture content of dried filefish muscle calculated from BET-equation was 0.092 kg water /kg dry matter at 25°C.

緒 論

水分活性은 食品의 乾燥速度, 食品成分의 化學的 變化, 微生物의 生育 및 死滅, 乾燥 및 濃縮中の 香味 成分의 濃度, 中間水分食品(intermediate moisture foods)의 特性, 食品의 包裝 및 貯藏에 있어서 重要한 구실을 한다(Weisser *et al.*, 1978). 水分活性의 測定方法은 그 原理에 따라 세 種類로 大別할 수 있으며(Loncin, 1975), 測定裝置는 Gál(1967) 및 Duckworth(1975)에 의하여 詳細히 소개되었다. 實際 大部分의 경우 水分活性과 平衡水分含量은 測定試料

를 飽和鹽溶液을 利用, 一定相對濕度の 静止된 空氣 中에 放置하여 平衡狀態에 이르게 함으로써 구하고 있다. Labuza *et al.* (1976)은 이러한 方法에서는 成分自體가 不均一한 食品의 경우, 少量의 試料를 處理하더라도 平衡에 이르는 時間이 길어진다고 하였다. 따라서 本 研究에서는 飽和鹽溶液을 使用하지 않고, 空氣의 風速, 相對濕度 및 溫度의 調節이 可能한 裝置를 考案하여 만들고 이를 利用하여 말취치 乾製品의 等溫吸濕時의 平衡水分含量과 水分活性과의 關係를 檢討하고, 平衡에 이르는 時間을 測定 하였다.

材料 및 方法

1. 材 料

試料魚: 體長 21~25cm, 體重 180~300g의 말취치 *Novodon modestus*를 1981年 7月 3日 釜山 共同魚市場에서 購入, 氷藏한채 實驗室로 옮겨 비닐봉지로 二重包裝하여 -30°C의 凍結庫에 貯藏하여 두고 實驗에 使用하였다. 解凍한 말취치의 頭部, 內臟, 지느러미를 除去하고 껍질을 벗겨 fillet로 한 後, stainless 容器를 使用하여 두께 0.4cm로 하고 이를 溫度 45°C, 相對濕度 4%, 風速 0.3m/sec의 條件下에서 乾燥시켰다. 乾燥말취치는 五酸化磷이 든 메시케이더에 한달간 保藏하였다가 等溫吸濕用의 試料로 使用하였다.

等溫吸濕曲線의 測定裝置: Fig. 1의 空氣의 엔탈피 圖表에서 溫度 40°C, 相對濕度 20%의 空氣(P_2)는 溫度 θ_1 에서 飽和된 空氣(P_1)를, 그리고 P_4 의 空氣는 P_3 의 空氣를 40°C로 加熱함으로써 얻을 수 있다 (Loncin, 1969). 이러한 原理를 利用하여 飽和鹽溶液을 使用하지 않고 空氣의 濕度調節이 可能한 Fig. 2의 裝置를 만들어 實驗에 使用하였다. 速度調節機를

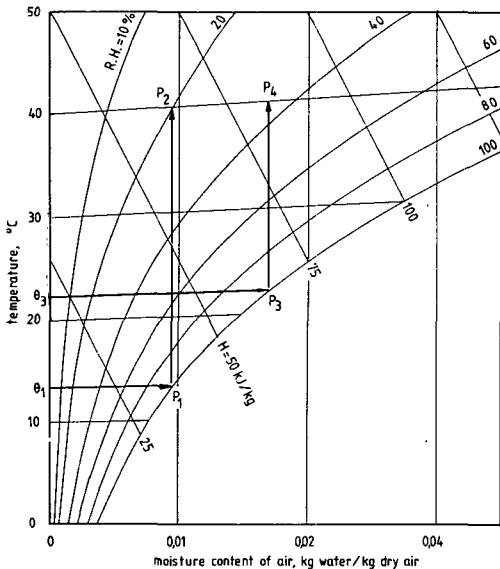


Fig. 1. Enthalpy diagram of moist air.

通過한 壓縮空氣는 세개의 加熱加濕用 水槽에서의 溫度調節과 恒溫水槽에서의 最終 溫度調節에 의하여 測定室內에서 一定한 溫度, 濕度 및 風速을 維持하도록 하였다. 恒溫水槽에 들어가는 空氣의 溫度變化幅을 줄이기 위하여서는 첫 加熱加濕用 水槽를 높은

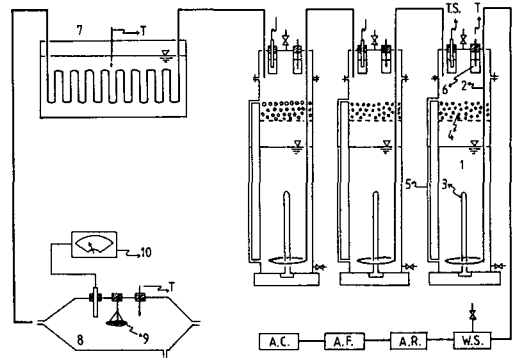


Fig. 2. Principle of air humidity control system. A.C., air compressor; A.F., air filter; A.R., air regulator; T, thermometer; T.S., thermoswitch; W.S., water supplier; 1, water tank; 2, sparger; 3, heater; 4, raschig ring; 5, water level; 6, paraffin oil; 7, water bath; 8, experimental chamber; 9, tray; 10, hygrometer.

溫度로 加熱하고 나머지 두개의 加熱加濕用 水槽에서는 空氣가 점차 冷却되도록 하였다. 전체 裝置는 glass wool과 asbestos band로 遮斷熱하여 溫度變化가 없도록 하였다.

2. 實驗方法

水分含量 및 揮發性鹽基窒素: 水分은 減壓乾燥法으로, 揮發性鹽基窒素는 微量擴散法(日本厚生省, 1960)으로 測定하였다.

等溫吸濕曲線의 測定: 말취치 乾製品 5~7g을 stainless 그물로 만든 직경 8.5cm의 원형 tray에 얹어 測定室內의 空氣에 고정된 고리에 매달고, 25°C에서 낮은 相對濕度에서 부터 吸濕시켰다. 粉末食品을 測定對象으로 할 경우, 風速을 너무 높게 할 수 없으므로 本 研究에서는 風速을 0.2m/sec로 하였다. 2時間 간격으로 試料의 무게를 測定하였으며, 4~6時間동안 무게 變化가 없을 때를 주어진 相對濕度에서의 平衡點으로 하였다.

結果 및 考察

溫度 25°C의 주어진 相對濕度에서 平衡에 이른 말취치 乾製品이 보다 높은 相對濕度에서 다시 平衡에 이를 때까지의 時間을 Table 1에 나타내었다. 그리고 水分活性和 平衡水分含量의 關係를 Fig. 3에 나타내었다.

吸濕은 脫濕, 即 乾燥의 反對現象으로 볼 수 있다.

乾燥의 경우 Karel *et al.* (1975)에 따르면 定速乾燥速度는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$-\frac{dn_s}{dt} = A \cdot Kg(P_s - P_a) \dots\dots\dots(1)$$

Table 1. Time necessary for equilibration of dried filefish muscle at 25°C in dynamic stream of conditioned air with a velocity of 0.2m/sec

Equilibration of water activity from	Equilibration time to	hr
	0.078	49
0.078	0.087	42
0.087	0.120	45
0.120	0.183	46
0.183	0.220	45
0.220	0.380	48
0.380	0.550	46
0.550	0.705	40
0.705	0.890	41

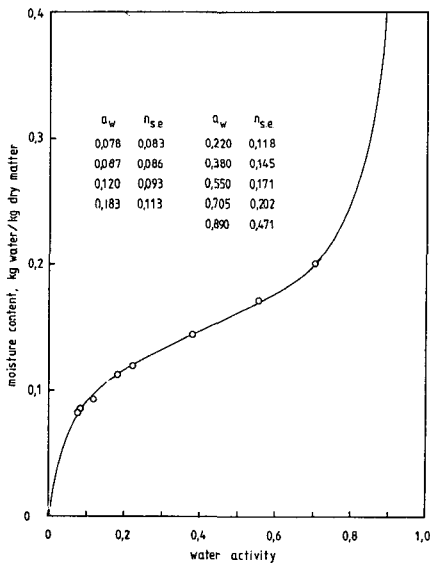


Fig. 3. Adsorption isotherm of dried filefish muscle at 25°C.

減速乾燥期에서는 乾燥速度가 다음과 같이 나타내어진다(Loncin, 1969).

$$-\frac{dn_s}{dt} = A_s \cdot \frac{n_{sa} - n_{se}}{R_d + R_s} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 物質傳達을 방해하는 因子로는 gas film coefficient인 Kg 와 $1/(R_d + R_s)$ 로 생각할 수 있다. 脫濕

速度를 높이기 위하여서는, 우선 定速乾燥期에서는 空氣가 亂流를 형성하게 하여 Kg 가 커지도록, 즉 被乾燥物表面을 둘러싼 空氣層의 物質傳達에 대한 저항력이 작아지게 하여야 한다. 脫濕의 反對現象인 吸濕에서도 같은 理由에서 製品表面에 亂流를 형성시키는 것이 바람직하나, 粉末食品의 경우 空氣의 速度를 심하게 높일 수 없기 때문에 本研究에서는 風速을 0.2m/sec로 하였다. 말쥐치 乾製品이 平衡에 이르는 時間이 比較的 짧은 것은 製品表面에 형성될 수 있는 空氣層의 膜이 없어서서 水分의 移動이 静止된 空氣中에서보다 빨랐기 때문으로 생각된다. Multon *et al.*(1980)은 飽和鹽溶液을 利用하되, 本研究에서와 유사하게 0.4m/sec의 風速을 維持시킴으로써 微量의 試料를 處理할 경우, 平衡에 이르는 時間을 5~10分으로 短縮시킬 수 있다고 報告하였다. 그러나 本研究에서는 平均 45時間程度 所要되었다.

各水分活性에 있어서의 平衡水分은 이미 報告된 대구肉(Jason, 1959), 대구魚粉 및 농어魚粉(Heiss, 1968)에 比하여 높은 含水量을 보였다. 이는 水分의 移行이 充分히 이루어진 때문으로 생각할 수 있다. 다른 理由로는 原料魚인 말쥐치肉의 鮮度와의 關係를 들 수 있다. 卞과 南(1981)에 따르면, 말쥐치 肉蛋白質의 55%와 31%가 筋原纖維蛋白質과 筋原質蛋白質으로써, 이들은 鮮도가 低下될수록 減少하고 細胞內殘查蛋白質이 增加한다고 하였다. 本研究에서 各水分活性에 있어서의 平衡水分含水量이 높은 것은 試料말쥐치의 揮發性鹽基窒素量, 11.84mg/100g로 미루어보아 이들 蛋白質의 變性이 적어서 保水性이 좋았기 때문인 것으로 추측된다.

單分子層의 水分含量: 주어진 溫度에서 相對濕度和 平衡水分含量, 單分子層의 水分含量, 그리고 吸着水分의 分子層의 數의 關係는 BET式(Brunauer *et al.*, 1938)으로 표시된다.

$$n_{se} = n_{sm} \cdot \frac{c\varphi}{1-\varphi} \cdot \frac{1-(n+1)\varphi^n + n\varphi^{n+1}}{1+(c-1)\varphi - c\varphi^{n+1}} \dots\dots(3)$$

Kneule(1968)에 따르면, $n=1$ 일때 單分子層의 경우인 Langmuir式

$$n_{se} = n_{sm} \frac{c\varphi}{1+c\varphi} \dots\dots\dots(4)$$

으로 나타내어지며, $0 < \varphi < 0.35$ 의 경우 BET式은

$$n_{se} = n_{sm} \frac{c\varphi}{(1-\varphi)(1-\varphi+c\varphi)} \dots\dots\dots(5)$$

로 표시된 다고 한다. Görling(1954)은 나무와 감자의 吸濕現象에 관한 研究에서 式(5)를 다음과 같은 直線關係로 나타내었다.

$$\frac{\varphi}{1-\varphi} \cdot \frac{1}{n_{se}} = \frac{1}{n_{sm}C} + \frac{c-1}{n_{sm}C} \cdot \varphi \dots\dots(6)$$

式(6)을 利用하여 구한 말취치 乾製品의 平衡水分含量과 相對濕度와의 關係를 Fig. 4에 나타내었다. $0 < \varphi < 0.4$ 의 범위에서 直線關係를 얻을 수 있었으며, 單分子層의 水分含量은 高형물 1Kg당 0.092Kg 이었다. Kim *et al.* (1973)은 乾燥명태의 경우 單分子層의 水分含量이 8.2%라고 하였다.

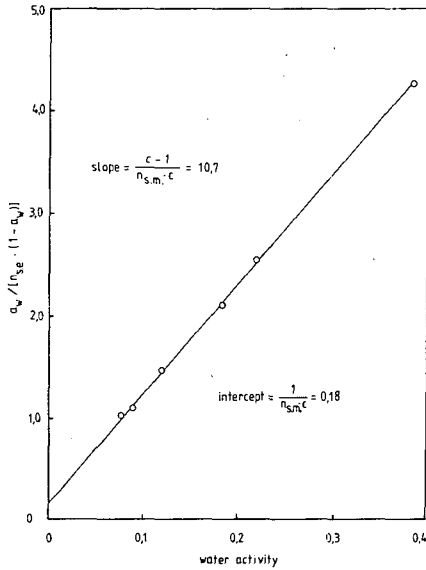


Fig. 4. BET-plot for determination of the "monolayer value" for water in dried filefish muscle at 25°C.

本 研究의 乾燥말취치의 경우 8.42%로써 마른명태의 그것과 유사한 값을 보였다.

要 約

等溫吸濕曲線測定時의 乾製品이 주어진 對相濕度에서 平衡에 이르는 時間을 短縮시키기 위하여 調節氣流를 利用하는 裝置를 만들고, 이를 利用하여 25°C에서 말취치 乾製品의 等溫吸濕曲線을 測定하였다.

1. 調節氣流를 利用함으로써 주어진 水分活性에서 보다 높은 水分活性에 이르는 時間을 平均 45 時間으로 短縮시킬 수 있었다.

2. 單分子層의 水分含量은 高형물 1kg당 0.092kg 이었으며, 乾燥말취치의 製品에 대하여 8.42%였다.

Symbols used in the text

- A : surface, m²
- a_w : water activity
- A_s : specific surface, m²/kg dry matter

- C : constant related to the heat of adsorption
- K_g : gas film coefficient of mass transfer, kg water/hr·Pa·m²
- n : number of molecular layers
- n_s : moisture content, kg water /kg dry matter
- n_{sa} : mean moisture content, kg water/kg dry matter
- n_{se} : equilibrium moisture content, kg water/kg dry matter
- n_{sm} : moisture content for monolayer, kg water/kg dry matter
- P_s : saturated vapor pressure at wet-bulb temperature, Pa
- P_a : partial vapor pressure of water in air, Pa
- R_d : resistance factor against diffusion, m²·hr/kg dry matter
- R_s : resistance factor against drying, m²·hr/kg dry matter
- R.H. : relative humidity, %
- φ : R.H. /100

文 獻

Brunauer, S., B.H. Emmet and E. Teller. 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. J. Amer. Chem. Soc. 60, 309-319.

Duckworth, R.B. 1975. Water relations of food. Academic Press, London·New York·San Francisco. pp. 716.

Gál, S. 1967. Die Methodik der Wasserdampf-Sorptionsmessungen. Springer Verlag. Berlin·Heidelberg·New York. pp. 139.

Görling, P. 1954. Untersuchungen zur Aufklärung des Trocknungsverhaltens pflanzlicher Stoffe, insbesondere von Kartoffelstücken. Diss. TH Darmstadt.

Heiss, R. 1968. Haltbarkeit und Sorptionsverhalten wasserarmer Lebensmittel. Springer Verlag. Berlin·Heidelberg·New York. pp. 163.

Jason, A.C. 1959. Drying and dehydration. In "Fish as food" (ed. Borgstrom, G. 1965). Academic Press. New York·San Francisco·London. pp. 489.

- Karel, M., O. R. Fennema and D. B. Lund. 1975. Physical principles of food preservation. Marcel Dekker, INC. New York and Basel. pp. 474.
- Kim, M. N., H. Y. Choi and K. H. Lee. 1973. Non-enzymatic browning in dried alaska pollack stored at different water activities. J. Korean Soc. Food Nutr. 2(1), 41—47.
- Kneule, F. 1968. Das Trocknen. Verlag Sauerländer Aarau und Frankfurt am Main. pp. 358.
- Labuza, T. P., K. Acott, S. R. Tatini and R. Y. Lee. 1976. Water activity determination: a collaborative study of different methods. J. Food Sci. 41, 910—917.
- Loncin, M. 1975. Basic principles of moisture equilibria. In "Freeze drying and advanced food technology" (ed. Goldblith, S. A., L. Rey and W. W. Rothmayr). Academic Press. London • New York • San Francisco. pp. 730.
- Loncin, M. 1969. Die Grundlagen der Verfahrenstechnik in der Lebensmittelindustrie. Verlag Sauerländer Aarau und Frankfurt am Main. pp. 976.
- Multon, J. L., B. Savet and H. Bizot. 1980. A fast method for measuring the activity of water in foods. Lebensm. -Wiss. u. -Technol. 13, 271—273.
- 日本厚生省. 1960. 食品衛生検査指針, Ⅲ. 揮發性鹽基窒素, 東京, p. 13—16.
- 卞在亨, 南澤正. 1981. 말취치肉의 死後經過에 따른 蛋白質組成의 變化. 韓水誌 14(1), 15—23.
- Weisser, H., R. Bürkle und M. Loncin. 1978. Messen von Sorptionsisothermen bei hohen Temperaturen. ZFL. 29, 310—314.