

모형식품의 수분활성도 예측

정승현 · 장규섭* · 박영덕*

오뚜기 중앙연구소, *충남대학교 농과대학 식품공학과

Prediction of Water Activity for Gelatinized Model Foods

Seung-Hyeon Jung, Kyu-Seob Chang* and Young-Deok Park*

Ottogi Research Center

*Department of Food Science and Technology, Agricultural, Chungnam National University, Taejeon, Korea

Abstract

This study was to predict water activity of gelatinized model foods containing moisture, protein and starch with different concentration of of humectants such as sodium chloride and sucrose. The water activity of each samples were determined by electrical hygrometry. The degree of lowering water activity in model foods with humectant solutions was following order as NaCl>sucrose. Model food P₂S₁ was predominant in depression of water activity by humectants than other model foods. The multiple regression equations between water activity and different humectants concentration, compositions and solution ratio of model foods were obtained and R² values were higher than 0.91.

Key words: water activity, gelatinized model foods

서 론

수분활성도란 어떤 임의의 온도에 있어서 그 식품의 수증기압의 비율로서 정의되며 이때 수증기압은 그 식품속의 수분에 녹아있는 용질의 종류와 양에 의해 영향을 받게 된다^(1,2). 수분활성도에 대한 개념이 정립된 것은 1950년대 초이며 그후 수분활성도가 식품의 품질이나 저장안전성에 중요한 인자임이 밝혀져 활발한 연구가 진행되었으며^(3,4), 수분활성도에 관한 최초의 연구는 Scott에 의한 보고였다⁽⁵⁾. 수분활성도 식품에 첨가되는 용질의 종류에 크게 영향을 받는데⁽⁶⁾, Lang 등⁽⁷⁾은 전분, 자당 및 염화나트륨의 혼합비율에 따른 이상 또는 삼상화합물(binary, ternary mixture)의 수분활성도를 예측할 수 있는 방정식을 연구하였고, Fontan⁽⁸⁾은 식품첨가물로서 전해질농 낮은 농도의 첨가로 수분활성도를 낮출 수 있는 보습제를 규명하는 연구를 시도하였으며, 비전해질에 관한 연구도 수행한 바 있다^(9, 12). 또한 Rosa 등^(13,14)은 중간식품의 제조, 가공시 첨가되는 보습제의 종류와 양, 당류와 염류간의 상호작용, 용질과 용매간의 친화력, 혼합순서 등을 고려해야 함을 보고하였다.

그러나 식품의 수분활성도에 관한 현재까지의 연구는 대부분 어느 한 식품을 대상으로 국한되어 이루어졌으며, 식품의 구성성분과 용질의 농도가 수분활성도에 어떠한

영향을 미치며 상호간에 어떻게 작용하는가에 대한 연구는 아주 미미한 실정이다. 따라서 본 연구는 보습제로 NaCl과 Sucrose를 각각 농도를 달리 조합하여 만든 모형식품에서 각 성분의 배합비가 수분활성도에 미치는 영향을 규명하는 한편 수분활성도 변화를 회귀식으로 도출하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 보습제는 (주)덕산약품의 1급 시약을 사용하였고 감자 전분은 침전법으로 제조한 (주)방일산업의 제품과 단백질은 (주)동방유량의 유지를 저온으로 추출하고 난 탈지대두박에서 분리한 대두 단백질을 4℃에서 보관하면서 사용하였다. 시료로 사용한 분리대두단백과 감자전분의 일반성분은 Table 1과 같다.

보습제용액 조제

모형식품을 조제하는데 필요한 수분에 실제 식품가공에서 많이 쓰이는 강전해질인 식염(NaCl)과 비전해질인 설탕(Sucrose)을 사용하였는데, NaCl은 0~25%까지 6개 구간을, Sucrose는 0~70%까지 15개 구간을 5%(w/w) 간격으로 조제 사용하였다.

모형식품의 조성

수용액, 감자전분(P) 및 분리대두단백(S)의 세 가지 성분을 조합하여 모형식품을 조제하였는데 이때 수용액

Corresponding author: Seung-Hyeon Jung, Ottogi Research Center, 160, Pyeongchon-dong, Anyang, Kyeonggi-do, 430-070

Table 1. Composition¹⁾ of potato starch and soy protein isolate

Sample	Moisture	protein	Fat	Carbohydrate	Ash
Soy protein isolate	10.6	82.1	0.3	1.9	6.2
Potato starch	15.3	0.3	0.2	84.1	0.1

¹⁾%, (w/w)

Table 2. Formula of gelatinized model foods

Food formula ¹⁾	Solution (%)		
	50	60	70
P ₁ S ₄	0.0 : 50.0	0.0 : 40.0	0.0 : 30.0
P ₁ S ₃	12.5 : 37.5	10.0 : 22.5	7.5 : 22.5
P ₁ S ₂	16.7 : 33.3	13.3 : 26.7	10.0 : 20.0
P ₁ S ₁	25.0 : 25.0	20.0 : 20.0	15.0 : 15.0
P ₂ S ₁	33.3 : 16.7	26.7 : 13.3	20.0 : 10.0
P ₃ S ₁	37.5 : 12.5	30.0 : 10.0	22.5 : 7.5
P ₄ S ₀	50.0 : 0.0	40.0 : 0.0	30.0 : 0.0

¹⁾P and S denote protein isolate and starch, respectively, and number represents the ratio of their composition

의 첨가는 각 보습제의 농도별로 전체 모형식품의 10% 함량차이로 3구간을 정하고 전분과 분리대두단백을 0 : 4에서 4 : 0까지 7개 수준으로 Table 2와 같이 조합하여 모형식품을 조제하였다.

수분활성도 측정

깊이 45 mm, 직경 55 mm의 알루미늄 용기에 혼합된 각 성분을 넣고 121°C 에서 15분 증자후 30분 냉각한 후 Novasina사제 Model EF3A-3 전기습도계를 사용하여 시료병에 2/3정도 시료를 채운 후 25°C 의 기밀용기에서 평형수분함량에 도달시키고 측정기에 부착되어 있는 평형상태지시계와 기록계를 이용하여 평형상대습도를 측정하여 수분활성도를 구하였다.

결과분석

충남대학교 전산소의 Spss-X 통계 패키지를 이용하여 모형식품의 구성분과 보습제의 농도 및 첨가수준과 수분활성도의 관계를 회귀식으로 도출하였다.

결과 및 고찰

NaCl의 첨가효과

NaCl 용액의 농도, 성분비, 용액첨가량은 모든 모형식품의 수분활성도에 밀접한 관계가 있었다. 용질의 농도에 따른 수분활성도의 변화는 용질의 농도가 증가하면 수분활성도는 감소하였고 전분만의 모형식품(P₀S₄)은 단백질과 전분혼합물(P₁S₁)과 단백질만의 모형식품(P₄S₀)보다 높은 수분활성도를 나타냈다.

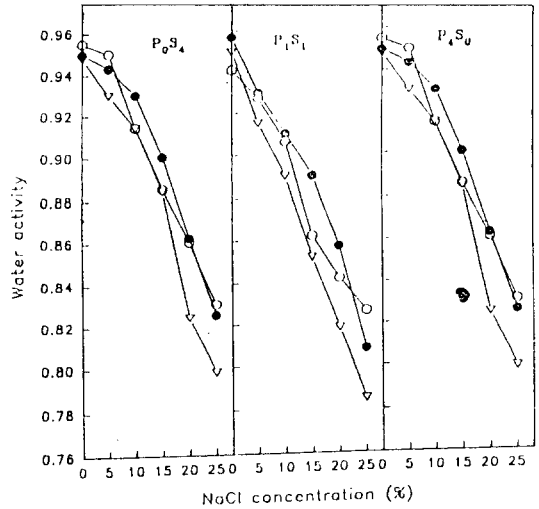


Fig. 1. Effect of solute concentration on water activity of model foods with various solution and solid ratio
○—○; 5:5, ●—●; 6:4, ▽—▽; 7:3

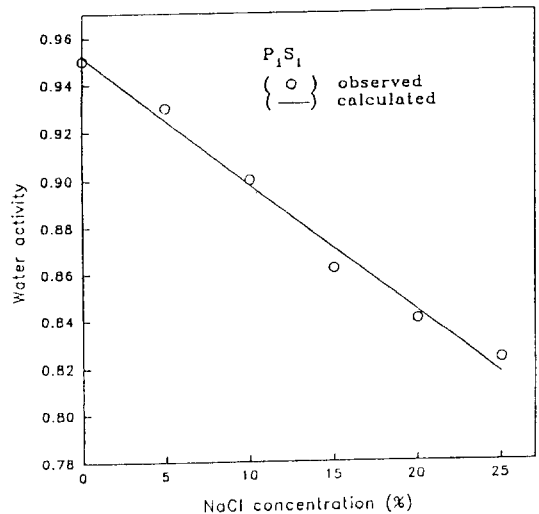


Fig. 2. Comparison of observed and calculated (regression equation) water activity as a function of solute concentration in the model foods with solution and solid in the ratio 5:5

Fig. 1은 NaCl 용액첨가량에 따른 수분활성도의 변화를 나타내는 것인데 P₀S₄, P₁S₁, P₄S₀ 성분의 모든 모형식품에서 같은 양상으로 수분활성도가 감소함을 보였다. NaCl의 농도가 10%, 15%인 모형식품에서는 용액 첨가량이 60%인 것보다 50%인 것이 낮은 수분활성도를 나타냈으나 농도가 25%인 모형식품에서는 70%, 60%, 50% 순으로 수분활성도 강하효과를 보여주었다.

P₁S₁은 용액첨가량이 70%일 때에 NaCl 포화용액의

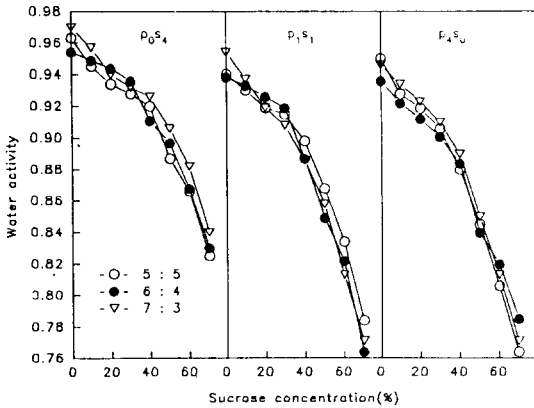


Fig. 3. Effect of solute concentration on water activity of model foods with various solution and solid ratio
○—○; 5:5, ●—●; 6:4, ▽—▽; 7:3

수분활성도인 0.75에 가깝게 0.763까지 강하함을 보였다. 이는 Chirife⁽¹⁵⁾의 중간수분식품 수분활성도 예측 방정식과 유사한 경향을 나타내고 있다.

Fig. 2는 실제 측정된 수분활성도와 회귀방정식에서 얻은 이론치와 비교하여 나타낸 것인데 Aw 0.006 Unit 미만의 오차를 보였으며 Fontan⁽⁶⁾ 등의 오차계산방법인,

$$\text{오차(\%)} = \frac{\text{계산치} - \text{실측치}}{1 - \text{실측치}} \times 100$$

으로 계산한 결과 5% 이내의 차이를 보였다.

모형식품 중에서 용질의 농도에 따라 이상적으로 수분활성도가 강하하지 않는 것은 식품중의 단일분자막을 이루는 결합수와 용질이 식품의 불용성 성분과 결합하여 용질로서 작용하지 못하는 현상, 용질분자들간의 상호작용으로 NaCl과 단백질의 결합에 의한 불용성물질 생성⁽¹⁶⁾으로 실측치와 계산치간의 차이가 있는 것으로 사료된다.

Sucrose의 첨가효과

Fig. 3은 모형식품에서 용질의 농도에 따른 수분활성도를 본 것인데 sucrose 용액농도가 40%(w/w) 일 때까지 수분활성도의 변화는 작은 강하효과를 보였지만 용액농도 40% 이상에서는 큰 폭의 수분활성도 강하효과를 나타내었다. Chirife⁽⁹⁾ 등의 비전해질 단순용액 수분활성도 예측실험에서 sucrose 농도 45%(w/w)까지는 수분활성도가 0.95 정도의 낮은 강하를 보였지만 그 이상의 농도인 50%, 60%, 70%에서는 급격한 수분활성도의 감소를 보였다. 용액첨가량이 60%, 70%인 모형식품에서도 같은 경향을 나타내었고 성분간에는 P₁S₁가 낮은 수분활성도를 나타내었다.

P₁S₁은 P₀S₄보다 낮은 수분활성도를 나타내 Sucrose 용액을 이용하여 조제한 모형식품에서는 전분에서 보다

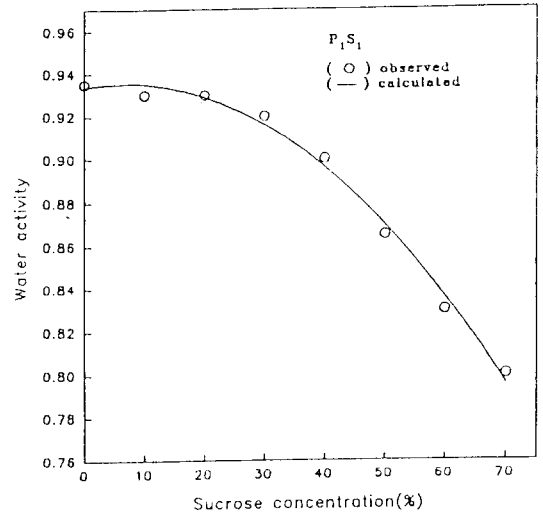


Fig. 4. Comparison of observed and calculated (regression equation) water activity as a function of solute concentration in the model foods with solution and solid in the ratio 5:5

Table 3. Multiple regression equation of model foods with solution content, 50~70%⁽¹⁾

Humectant	Equation	R ²
NaCl	$E(Aw) = 0.9317 - 3.48 \times 10^{-3}X - 1.019 \times 10^{-4}X^2 - 2.217 \times 10^{-4}Y + 3.924 \times 10^{-6}Y^2 - 7.163 \times 10^{-6}Z^2$	0.910
Sucrose	$E(Aw) = 0.9259 + 1.715 \times 10^{-4}X - 3.317 \times 10^{-5}X^2 + 2.451 \times 10^{-4}Y - 1.604 \times 10^{-6}Y^2 + 1.076 \times 10^{-6}Z^2$	0.935

¹⁾X: solute concentration(%), Y: {starch/total solid (starch + protein)} × 100, Z: solution ratio of model food(%)

는 단백질에서 수분활성도 강하효과가 크게 나타났다. 이는 단백질 성분 중에서 Sucrose의 용해도가 높은 용질로서 잘 작용되는 것으로 사료된다.

Sucrose 용액을 이용하여 조제한 모형식품에서는 단순 sucrose 용액 몰농도가 나타내는 수분활성도 보다 낮은 수분활성도를 얻었는데, 이는 수용액상에 비용질인 식품성분이 혼합되어 있을 때 용질과 비용질의 상호작용으로 물의 3차원적 구조(three dimensional structure)를 파괴시키거나, 용질과 인접한 물분자들에 간접적인 영향을 주어 수소결합을 촉진시켜 물의 유효농도와 수분활성도를 감소시킨다는 보고⁽⁹⁾에서와 같이 모형식품 중의 용질과 성분간에 상당한 상호작용이 있을 것으로 보인다.

Fig. 4는 고형분(단백질 P : 전분 S)과 sucrose 용액을 5 : 5의 비율로 조합하여 제조한 P₁S₁ 모형식품의 수분활성도를 회귀식에서 얻은 계산치와 실측치를 비교하여 나타낸 것인데 Aw 0.003 Unit 미만의 오차를 보였으며

오차는 1.75% 이내였다.

다중회귀분석

Table 3은 모형식품의 용액농도, 용액첨가량 성분비가 수분활성도에 미치는 영향을 다중회귀분석한 것이다. 성분비에서는 전분을 기준으로 충고형분 중의 전분함량을 퍼센트로 나타내었고 NaCl과 Sucrose는 용액첨가량 50%, 60%, 70% 조건을 분석하였다. 모든 모형식품에서 용질의 농도가 수분활성도에 큰 영향을 미쳤으며 NaCl 용액에서는 용액첨가량도 용질농도와 비슷한 영향을 미쳤다.

그러나 sucrose 용액에서는 용질농도, 성분비, 용액첨가비 순으로 수분활성도에 영향을 미쳤다. 또 이들의 R² 값을 보면 모두 0.910 이상이었다.

요 약

대두단백질, 전분, 수분을 조합하여 만든 모형식품에 보습제 종류 및 이의 농도에 따른 수분활성도의 변화를 전기습도계법으로 측정하였다. 모형식품의 수분활성도는 NaCl이 Sucrose보다 강하효과가 크게 나타났으며 성분간에는 단백질, 전분혼합물(P₁S₁)에서 수분활성도 강하효과가 높게 나타났다. 또한 용액의 첨가량이 50%에서 70% 범위에서 모형식품의 성분비, 용액 첨가비, 용질의 농도와의 다중회귀식을 다음과 같이 얻었다.

$$\begin{aligned} \text{NaCl } E(A_w) &= 0.9317 - 3.48 \times 10^{-3}X - 1.019 \times 10^{-4}X^2 \\ & \quad 0.910 \\ & - 2.217 \times 10^{-4}Y + 3.924 \times 10^{-6}Y^2 - 7.163 \\ & \quad \times 10^{-6}Z^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sucrose } E(A_w) &= 0.9259 + 1.715 \times 10^{-4}X - 3.317 \times 10^{-5}X^2 \\ & \quad 0.935 \\ & + 2.451 \times 10^{-4}Y - 1.604 \times 10^{-6}Y^2 + 1.076 \\ & \quad \times 10^{-6}Z^2 \end{aligned}$$

X : solute concentration(%), Y : {starch/total solid (starch + protein)} × 100

Z : solution ratio of model food(%)

이때 R²은 각각 0.910, 0.935이었다.

문 헌

1. Troller, J.A. and Christian, J.H.B.: Water activity basic

concept. In *Water activity and food*. Academic press, New York, p.1(1987)

2. Rockland, L.B. and Nishi, S.K.: Influence of water activity on food product quality and stability. *Food Tech.*, **42**, (1980)

3. Lesitner, L. and Rodel, W.: The significance of water activity for in meats. In *Water relations of food*. Academic press, New York, p.303(1975)

4. Marcus Karel et al: Water activity and food preservation. In *Physical principles of food preservation*. Marcel Dekker, Inc. New York, p.237(1975)

5. Scott, W.J.: Water relations of food spoilage microorganisms. *Adv. Food Res.*, **7**, 83(1957)

6. Caurie, M.: A general method for predicting the water activity of sample and multicomponent mixtures of solutes and nonsolutes. *J. Food Tech.*, **21**, 221(1986)

7. Lang, K.W. and Steinberg, M.P.: Predicting water activity from 0.30 to 0.95 of a multicomponent food formulation. *J. Food Sci.*, **46**, 670(1981)

8. Fontan, C.F., Benmergui, E.A. and Chirife, J.: Prediction in multicomponent strong electrolyte aqueous solution. *J. Food Tech.*, **15**, 47(1980)

9. Chirife, J., Fontan, C.F. and Benmergui, E.A.: Aw prediction in aqueous non-electrolyte solution. *J. Food Tech.*, **15**, 59(1980)

10. Chuang, L. and Toledo, R.T.: Prediction the water activity of multicomponent systems from water sorption isotherms of individual components. *J. Food Sci.*, **41**, 922(1976)

11. Caurie, M.: A corrected Ross equation. *J. Food Sci.*, **50**, 1445(1985)

12. Chirife, J., Fontan, C.F. and Scorza, O.S.: A study of water activity lowering behavior of some amino acids. *J. Food Tech.*, **15**, 383(1980)

13. Rosa, J. Kanterewicz and Chirife, J.: Determination and correlation of the water activity of cheese whey solutions. *J. Food Sci.*, **51**, 227(1986)

14. Sloan, A.E. et al.: Effect of sequence and method of addition of humectants and water on Aw lowering ability in an IMF system. *J. Food Sci.*, **42**, 94(1977)

15. Chirife, J.: Prediction of water activity in intermediate moisture foods. *J. Food Tech.*, **13**, 417(1978)

16. Karel, M.: Physico-chemical modification of the state of water in foods, In *water relations of Foods*, Academic Press, New York, p.639(1975)

(1992년 7월 2일 접수)