

Water-Sorbitol System의 수분활성도에 미치는 Sodium Lactate 및 Sodium Chloride의 영향

박장우 · 이 철
고려대학교 식품공학과

The Effect of Sodium Lactate and Sodium Chloride on Water Activity of Water-Sorbitol System

Jang-Woo Park and Chul Rhee
Department of Food Technology, Korea University

Abstract

The values of water activity in the different concentrations of NaCl and sodium lactate were measured by hygrometer in the water-sorbitol systems. Interaction of NaCl and sodium lactate was evaluated by Raoult's law. The discrepancy between experimental and theoretical value by the Raoult's law was defined as interaction between water-sorbitol and added solutes in the systems. The changes of interacted water and solutes were observed in whole range of water activity. The value of interacted water (water: sorbitol=1 : 1.1241) obtained by added sodium lactate was found to be higher than sodium chloride. The amount of interacted solute reached maximum about Aw 0.87, while the interactions between added solute and sorbitol showed an increasing tendency below Aw 0.87.

Key words : sodium lactate, sodium chloride, sorbitol, water activity

서 론

식품의 저장안정성을 향상시키기 위하여 식품의 수분활성도를 저하시키는 방법으로써 보습제의 이용은 널리 알려져 있다⁽¹⁾. 보습제는 재흡수 없이 섭취가 용이하고, 냉장 또는 열처리없이 저장성이 안정한 중간수분식품(intermediate moisture food, IMF)의 제조에 중요하며^(2,3), 일반적으로 polyols, sugars 및 salts가 이용되고 있다⁽³⁾.

보습제 첨가와 식품의 수분활성도와의 관계는 Benmegui 등⁽⁴⁾, Chen⁽⁵⁾, Chirife 등⁽⁶⁾ 및 여러 연구자들⁽⁷⁻¹¹⁾에 의해 연구 보고되었다. Benmegui 등⁽⁴⁾ 및 Chirife 등⁽⁷⁾은 단일 수용성전해질 및 비전해질 용액과 수분활성도와의 관계를 연구하였다. 그 결과 비전해질 용액에 있어서 용질의 몰 분율이 증가함에 따라 polyols는 sorbitol>erythritol>glycerol>mannitol의 순으로, sugars는 sucrose>maltose>glucose>xylose의 순으로 수분활성도의 저하효과가 있다고 보고하였으며, 단일 수용성전해질 용액에 있어서는 $MgI_2 > MgCl_2 > CaCl_2 > NaCl > KCl$ 의 순으로 수분활성도의 저하효과가 있다고 보고하였다. Chen^(5,8)은 혼합용질 용액에서의 수분활성도를 예측하여 그 실험식을 구하였고, Chirife 등⁽⁶⁾은 sodium lactate에

의한 수분활성도의 저하효과를 조사한 결과 sodium lactate는 Raoult의 법칙으로부터 negative deviation region에 존재하지 않는다고 보고하였다.

최근에는 위의 연구자들이 사용한 실험재료 중 sucrose와 NaCl을 식품계(starch, protein)에 적용시켜, 이들 용질이 식품계의 수분활성도에 미치는 영향에 대하여 여러 연구자들⁽¹²⁻¹⁹⁾이 실험하였다. 예로써 Chinachoti 등^(12,13,16), Mistry 등⁽¹⁸⁾ 및 Hardy 등⁽¹⁹⁾은 sucrose와 NaCl이 전분 및 단백질의 수분활성도에 미치는 영향을 조사한 결과 전분에 sucrose 및 NaCl을 첨가한 경우와 단백질에 NaCl을 첨가한 경우, 같은 수분활성도에서 이론치보다 실험치의 수분함량이 더 낮게 나타났고, sucrose-protein의 경우는 이와는 반대현상이 나타났다고 보고하였다. 이상의 실험들은 보습제의 농도별 첨가에 따른 수분활성도의 저하현상을 하나의 실험식으로 나타냈거나, 보습제로써 비이온성 용질(sucrose) 및 이온성 식품(NaCl)를 사용하여 이 중 한 가지만을 어떤 식품계[비이온성 식품(starch) 혹은 이온성 식품(protein)]에 첨가함으로써 식품계와 첨가된 용질간의 상호작용관계를 나타낸 것이다.

그러나 식품공업에서는 일반적으로 여러 보습제가 혼합된 형태로 사용되어지기 때문에 보습제의 혼합첨가에 따른 식품의 수분활성도 저하효과에 대한 연구가 더 중요하다고 생각되어지고 있다.

따라서 본 실험에서는 식품의 첨가물로 사용되는 여러

Corresponding author: Chul Rhee, Department of Food Technology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

물질을 연구 검토한 결과, 용질의 몰 분율이 증가함에 따라 수분활성도의 저하효과가 큰 sorbitol, sodium lactate 및 NaCl을 보습제로 사용하여 water-sorbitol system의 수분활성도에 미치는 sodium lactate 및 sodium chloride의 영향에 대하여 연구하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 보습제는 특급시약 제품으로 다가 알코올로서 sorbitol을, 염류로는 sodium chloride, sodium lactate(50, 70% solution)를 사용하였다.

보습제 용액의 조제

Raoult의 법칙을 이용하여 일정 수분량에 sorbitol, sodium lactate 및 NaCl을 각각 농도별로 첨가하여 조제하였다. 또한 water-sorbitol system의 경우 수분과 sorbitol의 혼합무게비는 1 : 0.5322, 1 : 0.7619, 1 : 1.1241, 1 : 1.7858, 1 : 2.5292로 하였다.

수분활성도의 측정

혼합비율이 다른 water-sorbitol systems에 sodium lactate 및 NaCl을 각각 농도별로 첨가하여 만들어진 용액을 25°C에서 hygrometer(Rotronic-Hygroskop DT)를 사용하여 측정하였다. 또한 이와 같이 만들어진 용액들의 증기압은 Raoult의 법칙에 따른다는 가정하에 Aw의 이론치를 계산하였다⁽¹⁾.

Interacted water량의 계산

일정 수분량에 sorbitol, sodium lactate 및 NaCl을 각각 농도별로 첨가함으로써 그리고 혼합비율이 다른 water-sorbitol system에 sodium lactate 및 NaCl을 각각 농도별로 첨가함으로써 측정된 Aw 전범위에서 나타난 수분함량의 실험치가 이론치보다 더 높은 값을 갖는 경우 이를 interacted water로 하였다^(12,13,15,16,19,20). 예로써 첨가된 용질들에 의해 상호작용된 수분함량은 Fig. 1에 나타난 방법으로 구하였다. 즉, Fig. 1은 수분과 sorbitol의 혼합무게비가 1 : 0.5322인 sorbitol 수용액에 NaCl을 농도별로 첨가함에 따라 나타난 수분활성도의 측정치와 이론치를 도시한 경우로써 각각의 수분활성도에서 수분함량의 실험치가 이론치보다 높은 값을 갖는 경우 이를 interacted water로 하여 이 양의 변화를 NaCl의 첨가비에 대해 나타낸 것이다.

Interacted solute량의 계산

혼합비율이 각기 다른 water-sorbitol system에 용질들을 각각 농도별로 첨가함에 따라 발생된 수분함량의 실험치가 이론치보다 더 낮은 값을 갖는 경우, 예로써 Fig. 1에서 첨가된 용질과 상호작용하는 수분의 양이 마

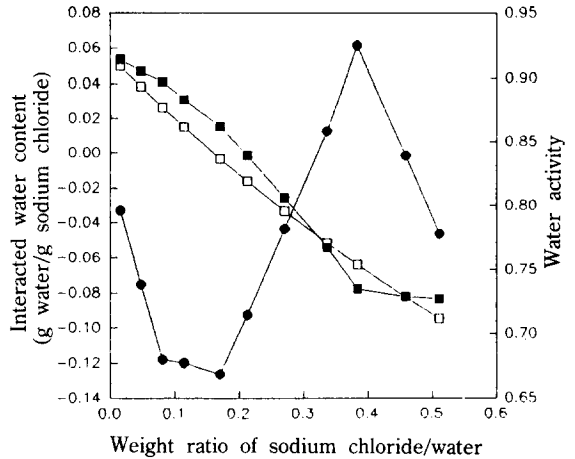


Fig. 1. Comparison of theoretical and experimental curve of Aw, and changes of interacted water content as affected by sodium chloride at 25°C

□—□: Theoretical Aw, ■—■: Experimental Aw, ●—●: Interacted water content

이너스로 나타난 경우, 이를 첨가된 용질들과 sorbitol 간의 상호작용에 기인한 것으로 보고, 낮은 값을 나타내는 Aw에서 실제로 사용한 용질의 양과 이론적으로 필요한 용질의 양과의 차이를 interacted solute로 하였다^(12,13,15,16,19,20).

결과 및 고찰

보습제 첨가에 의한 수분활성도의 저하효과

Sorbitol, sodium lactate 및 NaCl을 일정 수분량에 각각 농도별로 첨가하여 얻은 용액의 Aw 측정치와 Raoult의 법칙에 따른 이론치를 비교한 결과는 Fig. 2, 3과 같았다.

이에 따르면 용질들의 첨가에 따라 측정된 Aw값이 이론치보다 모두 낮게 나타났으며, 또한 sorbitol, sodium lactate 및 NaCl의 첨가에 따른 포화점은 1몰의 물에 대하여 각각 0.3333, 0.3747, 0.0752몰이었고, 이 지점에서의 수분활성도는 각각 0.736, 0.451, 0.764이었다. 또한 용질의 농도가 증가할 수록 높은 수분활성도 범위에서 NaCl의 경우 급격한 수분활성도의 감소를 보이는 반면, sorbitol 및 sodium lactate의 경우는 거의 비슷한 수분활성도의 감소현상을 나타냈다.

이런 현상은 첨가된 용질들의 각기 다른 용해성에 기인된 것으로 생각되며, 이 결과는 Benmergui 등⁽⁴⁾ 및 Chirife 등^(6,7)의 결과와 일치하고 있다.

Interacted water

일정 수분량에 sorbitol, sodium lactate 및 NaCl을 각각 농도별로 첨가함으로써 그리고 혼합비율이 다른

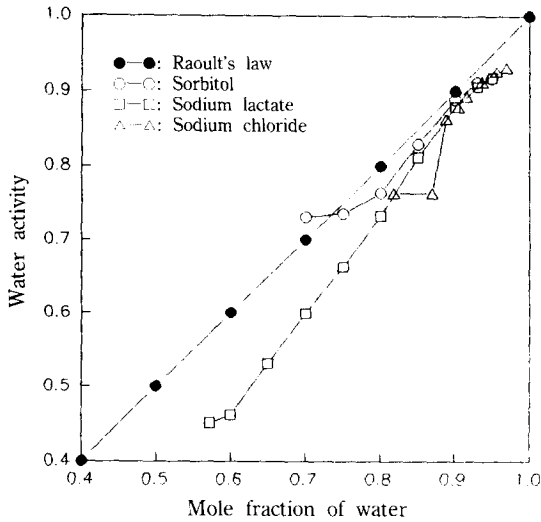


Fig. 2. Comparison of A_w depression by solute with theoretical value from Raoult's law at 25°C

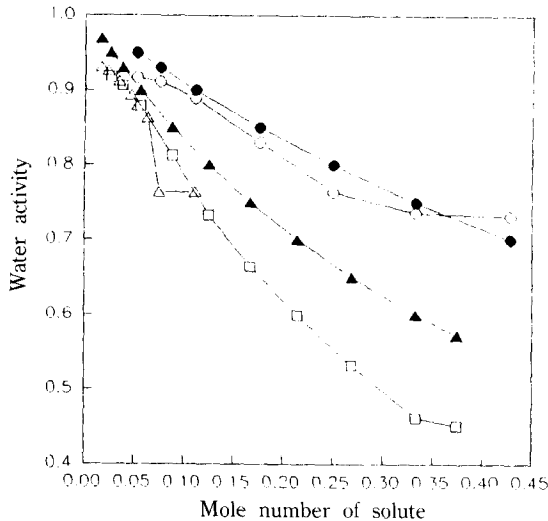


Fig. 3. Comparison of theoretical value of A_w and experimental A_w as affected by solute at 25°C

●—●: Theoretical value (sorbitol), ○—○: Sorbitol, ▲—▲: Theoretical value (NaCl and sodium lactate), □—□: Sodium lactate, △—△: Sodium chloride

water-sorbitol system에 sodium lactate 및 NaCl을 각각 농도별로 첨가함으로써 나타난 수분활성도 및 상호작용된 수분의 양을 Fig. 4~6에 도시하였다. Fig. 4에 나타난 결과를 보면 첨가된 용질은 NaCl > sodium lactate > sorbitol 순으로 수분과 正의 상호작용을 나타냈다. 이는 비전해질인 sorbitol의 경우, 물분자들과 결합하는 형태인 수소결합의 증가에 의해 회합하는 양이 많아지기 때문인 것으로 생각되어지며, 전해질인 sodium lactate 및 NaCl의 경우는 이 용질들이 물속에서 해리되어 물분자

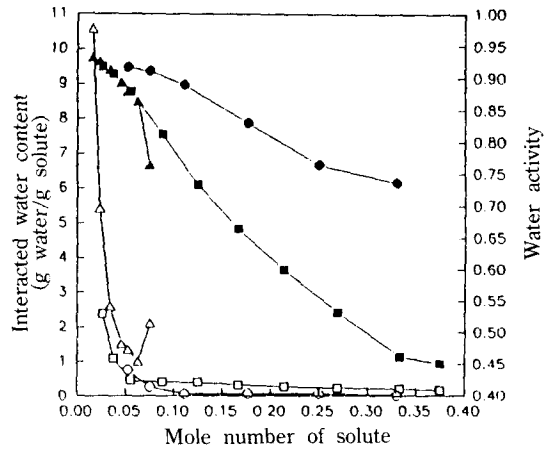


Fig. 4. Relationship between experimental A_w and interacted water content as affected by solute at 25°C

●—●: Experimental A_w (sorbitol), ■—■: Experimental A_w (sodium lactate), ▲—▲: Experimental A_w (sodium chloride), ○—○: Interacted water content (sorbitol), □—□: Interacted water content (sodium lactate), △—△: Interacted water content (sodium chloride)

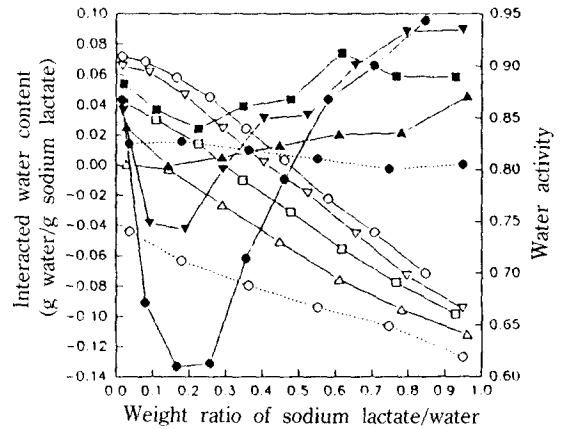


Fig. 5. Relationship between experimental A_w and interacted water content by mixture ratio and sodium lactate at 25°C

●—●: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 0.5322), ▼—▼: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 0.7619), ■—■: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 1.1241), ▲—▲: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 1.7858), ●—●: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 2.5292), ○—○: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 0.5322), ▽—▽: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 0.6719), □—□: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 1.1241), △—△: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 1.7858), ○—○: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 2.5292)

들과 당량수만큼 더 많이 결합할 수 있기 때문에 이와 같은 결과가 나온것으로 생각되어 진다. 또한 이들 용질모두 묽은 용액에서 가장 많이 수분과 상호작용된

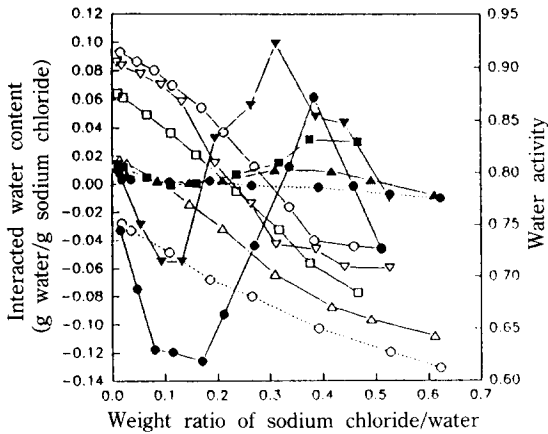


Fig. 6. Relationship between experimental A_w and interacted water content by mixture ratio and sodium chloride at 25°C

●—●: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 0.5322), ▼—▼: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 0.7619), ■—■: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 1.1241), ▲—▲: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 1.7858), ●—●: Interacted water content (Water: Sorbitol=1 : 2.5292), ○—○: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 0.5322), ▽—▽: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 0.7619), □—□: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 1.1241), △—△: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 1.7858), ◇—◇: Experimental A_w (Water: Sorbitol=1 : 2.5292)

것으로 나타났으며, NaCl의 경우 약 0.065몰(이 때의 A_w 는 0.85임)까지 상호작용된 수분량이 감소하는 경향을 보이다가 이 지점 이상에서는 다시 증가하는데 이는 NaCl이 결정화되는 과정에서 상 변화에 의한 것으로 사료된다. 이 결과는 Bone⁽³⁾과 Ross⁽¹⁰⁾가 실험한 결과와 일치하고 있다.

Fig. 5, 6은 혼합무게비가 다른 sorbitol수용액에 sodium lactate 및 NaCl을 각각 농도별로 첨가함에 따라 나타난 수분활성도의 변화 및 상호작용된 수분의 양의 변화를 나타낸 것이다. 이에 따르면 sorbitol 수용액의 농도 및 용질의 첨가량의 증가에 따라 수분활성도는 낮아지는 경향을 보이나, 이에 따른 상호작용된 수분의 양의 변화는 다음과 같이 나타났다. 즉, 수분활성도 전 범위에서 수분과 sorbitol의 혼합무게가 1 : 1.1241일 때 상호작용된 수분의 양이 가장 많이 나타났고, 그 양은 NaCl보다 sodium lactate를 첨가했을 때 더 많게 나타났으며, 그 혼합무게비가 1 : 0.522일 때 sodium lactate 및 NaCl의 첨가비를 각각 0.1644 및 0.1701까지, 또한 혼합무게가 1 : 0.7619일 때는 이들의 첨가비를 각각 0.1880 및 0.1325까지 증가시킬수록 첨가된 용질들과 상호작용하는 수분의 양은 감소하는 경향을, 즉 負의 상호작용을 보이며, 용질들의 첨가비가 이 이상 증가시킬 경우 수분과의 상호작용이 負에서 正의 상호작용으로 변화하는 경향을 나타내고 있다. 이는 water-sorbitol sy-

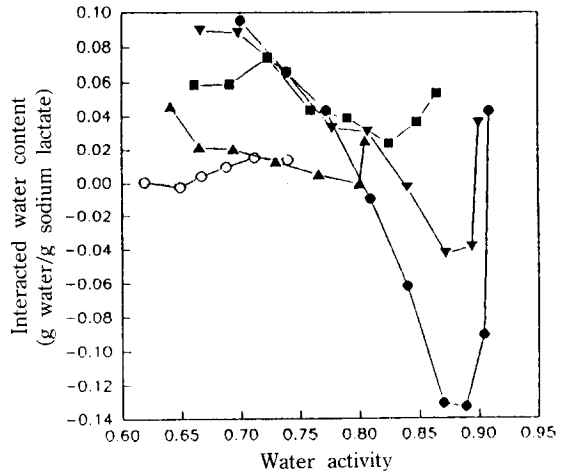


Fig. 7. The changes of interacted water content in water-sorbitol system by mixture ratio and solute at 25°C

●—●: Water: Sorbitol=1 : 0.5322 + various conc. of sodium lactate, ▼—▼: Water: Sorbitol=1 : 0.7619 + various conc. of sodium lactate, ■—■: Water: Sorbitol=1 : 1.1241 + various conc. of sodium lactate, ▲—▲: Water: Sorbitol=1 : 1.7858 + various conc. of sodium lactate, ○—○: Water: Sorbitol=1 : 2.5292 + various conc. of sodium lactate

stem에 이들 용질들을 첨가함에 따라 첨가된 용질들이 sorbitol과 서로 상호작용을 하여 수분과 결합할 수 있는 용질의 구조를 변형시키거나 그 첨가량이 sorbitol과 반응하는 양을 넘어서면 나머지 용질의 양은 수분과 상호작용을 일으켜 수분과의 상호작용이 負에서 正의 상호작용으로 변화하는 경향을 보이는 것으로 사료된다.

또한 Fig. 6에서 수분과 sorbitol의 혼합무게비가 1 : 0.5322 및 1 : 0.7619일 때 NaCl의 첨가비가 각각 0.3 및 0.4 부근에서 첨가된 NaCl과 상호작용하는 수분의 양이 갑자기 감소되는 현상을 보이는데 이것은 첨가된 NaCl의 용해성에 의해 이 지점에서 NaCl의 결정화가 일어나기 때문인 것으로 생각되어 진다. 이러한 경향을 수분활성도와 상호작용된 수분의 양간의 관계로 나타낸 것이 Fig. 7, 8이다. 이에 따르면 중간수분식품의 수분활성도 범위인 0.70부터 0.90 사이에서 sodium lactate 및 NaCl을 각각 농도별로 첨가했을 때 이들 용질과 상호작용된 수분의 양이 가장 많게 나온 sorbitol 수용액은 수분과 sorbitol의 혼합무게가 1 : 1.1241인 경우이었다. 또한 이 때 첨가물로서 NaCl을 사용했을 때 보다 sodium lactate를 사용했을 때 그 효과는 더 크게 나타났다.

Interacted solute

Water-sorbitol systems에 용질들을 첨가함에 따라 이들 용질과 상호작용하는 수분의 양이 마이너스로 나타나는 현상을 첨가된 용질들과 water-sorbitol system내 sorbitol과의 상호작용에 의한 것으로 보고 이 양을 inter-

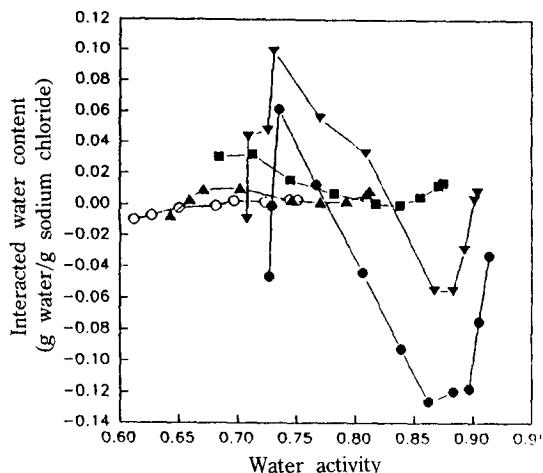


Fig. 8. The changes of interacted water content in water-sorbitol system by mixture ratio and solute at 25°C
 ●—●: Water: Sorbitol=1 : 0.5322 + various conc. of sodium chloride, ▼—▼: Water: Sorbitol=1 : 0.7619 + various conc. of sodium chloride, ■—■: Water: Sorbitol=1 : 1.1241 + various conc. of sodium chloride, ▲—▲: Water: Sorbitol=1 : 1.7858 + various conc. of sodium chloride, ○—○: Water: Sorbitol=1 : 2.5292 + various conc. of sodium chloride

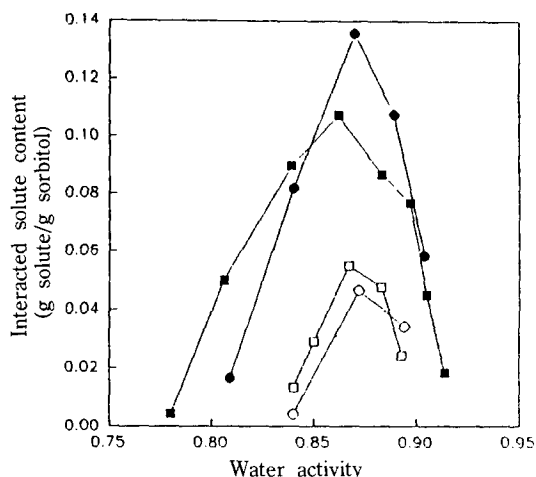


Fig. 9. The changes of interacted solute content in water-sorbitol system by mixture ratio and solute at 25°C
 ●—●: Water: Sorbitol=1 : 0.5322 + various conc. of sodium lactate, ○—○: Water: Sorbitol=1 : 0.7619 + various conc. of sodium lactate, ■—■: Water: Sorbitol=1 : 0.5322 + various conc. of sodium chloride, □—□: Water: Sorbitol=1 : 0.7619 + various conc. of sodium chloride

acted solute로 규정하여 이런 현상이 일어나는 수분활성도 범위에서 상호작용된 용질의 양으로 하여 Fig. 9에 나타났다. 이에 따르면 sorbitol 수용액의 수분과 sorbitol의 혼합무게비가 1 : 0.7619인 경우 보다 1 : 0.5322인

경우 상호작용된 용질의 양이 더 많았으며, 이 때 첨가물로서 NaCl을 사용했을 때보다 sodium lactate를 사용했을 때 더 많게 나타났다. 또한 상호작용된 용질의 양의 변화는 0.87 Aw 부근에서 가장 많았으며, 0.87 Aw 이하에서는 증가하는 경향을 그리고 0.87 Aw 이상에서는 감소하는 경향을 보여주고 있다.

이는 Chinachoti 등^(13,16)이 수분흡수방법을 이용하여 탈습중 전분과 sucrose간의 상호작용 및 수분보존력에 의한 탈습중 전분과 용질(NaCl, sucrose)간의 상호작용을 연구하여 sucrose 및 NaCl은 각각 0.86 및 0.75 Aw에서 전분과 상호작용하는 양이 가장 많았다고 발표한 것과 유사하였다.

요 약

용질의 물분율이 증가함에 따라 수분활성도의 저하효과가 큰 sorbitol, sodium lactate 및 sodium chloride를 보습제로 사용하여 water-sorbitol system에 미치는 sodium lactate 및 sodium chloride의 효과를 조사하였다. 수분과 sorbitol의 혼합무게비가 1 : 0.5322 및 1 : 0.7619인 water-sorbitol systems에서 첨가된 용질들과 sorbitol 수용액내의 sorbitol간에 상호작용이 일어났으며 이 상호작용된 양은 혼합무게비가 1 : 0.7619 경우보다 1 : 0.5322일 때 더 컸으며, 이때 첨가물로서 NaCl을 사용했을 때보다 sodium lactate를 사용했을 때 더 크게 나타났다. 이런 상호작용된 용질의 양의 변화는 0.87 Aw 부근에서 가장 많았으며, 이 이하에서는 증가하는 경향을, 이 이상에서는 감소하는 경향을 나타냈다. 또한 중간수분식품의 수분활성도 범위인 0.70부터 0.90 사이에서 sodium lactate 및 NaCl를 각각 농도별로 첨가했을 때 이들 용질과 상호작용된 수분의 양이 가장 많게 나온 sorbitol 수용액은 수분과 sorbitol의 혼합무게비가 1 : 1.1241인 경우이었다. 또한 이때 첨가물로서 NaCl을 사용했을 때보다 sodium lactate를 사용했을 때 상호작용된 수분의 양은 더 많게 나타났다.

문 헌

1. Kaplow, M.: Commercial development of intermediate moisture food. *Food Tech.*, 24, 889(1970)
2. Collins, J.L., Chen, C.S., Park, J.R., Mundt, J.O., McCarty, I.M. and Johnston, M.R.: Preliminary studies on some properties of intermediate moisture, deep-fried fish flesh. *J. Food Sci.*, 37, 189(1972)
3. Bone, D.: Water activity in intermediate moisture foods. *Food Tech.*, 27, 71(1973)
4. Benmergui, E.A., Fontan, C.F. and Chirife, J.: The prediction of water activity in aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods. I. Aw prediction in single aqueous electrolyte solutions. *J. Food Sci.*, 14, 625(1979)
5. Chen, C.S.: Water activity-Concentration models for

- solutions of sugars, salts and acids. *J. Food Sci.*, **54**, 1318(1989)
6. Chirife, J. and Fontan, C.F.: Prediction of water activity of aqueous solutions in connection with intermediate moisture food: Experimental investigation of the A_w lowering behavior of sodium lactate and some related compounds. *J. Food Sci.*, **45**, 802(1980)
 7. Chirife, J., Fontan, C.F. and Benmergui, E.A.: The prediction of water activity in aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods. IV. A_w prediction in aqueous non electrolyte solution. *J. Food Technol.*, **15**, 59(1980)
 8. Chen, C.S.: Prediction water activity in solutions of mixed solutes. *J. Food Sci.*, **55**, 494(1990)
 9. Caurie, M.: Raoult's law, water activity and moisture availability in solutions. *J. Food Sci.*, **48**, 648(1983)
 10. Ross, K.D.: Estimation of water activity in intermediate moisture foods. *J. Food Technol.*, **29**, 26(1975)
 11. Lang, K.W. and Steinberg, M.P.: Predicting water activity 0.30 to 0.95 of a multicomponent food formulation. *J. Food Sci.*, **46**, 670(1981)
 12. Chinachoti, P. and Steinberg, M.P.: Interaction of sucrose with gelatin, egg albumin and gluten in freeze-dried mixtures as shown by water sorption. *J. Food Sci.*, **53**, 932(1988)
 13. Chinachoti, P. and Steinberg, M.P.: Interaction of sorbitol with raw starch during desorption as shown by water retention. *J. Food Sci.*, **51**, 450(1986)
 14. Chinachoti, P.: Isotherm equations starch, sucrose and salt for calculation of high system water activity. *J. Food Sci.*, **55**, 265(1990)
 15. Carrillo, P.J., Gilbert, S.G. and Daun, H.: Starch/solute interaction in water sorption as affected by pretreatment. *J. Food Sci.*, **53**, 1199(1988)
 16. Chinachoti, P. and Steinberg, M.P.: Interactions of sucrose with starch during dehydration as shown by water sorption. *J. Food Sci.*, **49**, 1604(1984)
 17. Lang, K.W. and Steinberg, M.P.: Linearization of the water sorption isotherm for homogeneous ingredients over A_w 0.30~0.95. *J. Food Sci.*, **46**, 1450(1981)
 18. Mistry, A., Steinberg, M.P. and Schmidt, S.J.R.: Comparison of vapor and liquid isotherms for casein and casein-sucrose mixture. *J. Food Sci.*, **55**, 434(1990)
 19. Hardy, J.J. and Steinberg, M.P.: Interaction between sodium chloride and paracasein as determined by water sorption. *J. Food Sci.*, **49**, 127(1984)
 20. Chinachoti, P. and Steinberg, M.P.: Interaction of sodium chloride with raw starch in freeze-dried mixtures as shown by water sorption. *J. Food Sci.*, **50**, 825(1985)
-
- (1991년 3월 11일 접수)