

건조전처리로서 삼투건조의 이용

윤 광 섭

대구효성가톨릭대학교 식품공학과

Utilization of Osmotic Dehydration as Pretreatment prior to Drying

Kwang-Seob Youn

Department of Food Science and Technology, Catholic University of Taegu-Hyosung

Abstracts

In the drying process, many undesirable physicochemical changes occur that influence dried food product qualities. Pretreatments method is used to reduce the deterioration of dried food product qualities such as color, flavor, texture, rehydration ability and retention of nutrients. The methods of pretreatments are blanching, chemical treatment and osmotic dehydration. Osmotic dehydration is a water removal process which is based on placing foods in a concentrated osmotic solution or in a dry osmotic material. A large number of process variables have a significant effect on process and final product quality. In order to improve final product quality it is necessary to know the role of each process variable and understand the mechanisms throughout the process. Osmotic dehydration is a valuable processing tool with great future in minimal processing of fruits and vegetables.

key words : drying, blanching, osmotic dehydration, pretreatment

서 론

과일과 채소류는 열량원이기보다는 색과 맛을 줄이는 기호성식품인 동시에 무기질과 비타민, 식이섬유소등이 기대되는 건강지향성 식품으로서 예전에는 주로 생식용으로 이용되어 왔으나, 최근에는 생활 수준이 향상됨에 따라 많은 가공품의 개발이 요구되고 있으며, 특히 건조과일이나 채소류의 품질 개선을 위한 건조방법 및 건조 전 전처리에 관한 많은 연구가 진행중이다. 식품산업에 있어서 건조는 수분함량이 많은 식품에서 수분을 제거하여 미생물 및 효소에 의한 부패나 변질을 방지하여 저장성이나 수송성을 부여함은 물론 새로운 식품개발에도 많이 이용되고 있다. 건조과정 중 일어나는 현상은 외부로부터 가해진

열에너지에 의한 표면수분의 제거, 식품내부에서 표면으로 수분의 이동이 동시에 일어나며 이 두가지 현상에 의해 건조속도가 결정된다. 외부로부터 가해지는 에너지는 대류, 전도, 복사 또는 이들의 혼합형태로 전달되며 또는 microwave건조의 경우와 같이 유전자열원리에 의한 내부발생열을 이용하기도 한다. 수분제거속도는 건조공기의 온도, 습도, 속도 및 표면적에 의해 결정되며 내부수면의 표면으로의 이동은 시료의 특성, 온도, 수분함량등에 의해 결정된다(1).

건조방법으로는 천일건조를 비롯하여 열풍건조가 있으며 최근들어 건조제품의 산업화로 인하여 동결건조, 진공건조, 마이크로파 및 원적외선 등 방법이 다양화 되고 있으며 이를 건조법을 이용한 여러가지 제품이 개발되고 있다(2). 천일건조는 기후의 영향을 받으며 장기간의 건조시간이 필요하고 최종 수분함량의 조절이 어려울뿐 만 아니라 건조중에 산화반응이나 광화학반응 등으로 인하여 제품이 변색되거나

Corresponding author : Kwang-Seob Youn, Department of Food Science and Technology, Catholic University of Taegu-Hyosung, Hayang, 712-702, Korea

영양 성분이 파괴되는 등 경제적인 손실이 발생한다 (3). 열풍건조는 건조시간이 빠르고 간편하며 경제적인 것 뿐만 아니라 건조시간의 조절이 가능하나 수분손실에 기인된 수축현상, 빠른 건조에 의한 표면경화현상, 건조물의 낮은 복원력, 갈변 반응으로 인한 색상, 조직감, 맛 및 영양가 저하 등의 문제점이 따른다(4). 동결건조는 건조된 제품의 질감, 향기 및 성분의 변화가 적고 건조식품의 재수화가 빨라 많이 사용되고 있으나 건조시간이 많이 걸리고 비용이 많이 든다(5). 진공건조는 색조, 풍미, 보존성, 복원성 등이 우수하지만 동결건조와 마찬가지로 비용이 많이 드는 결점이 있다(6).

식품건조의 목적은 수분제거에 있는데 건조 공정 중 건조조건에 의하여 식품의 물리·화학적변화가 유발되어 건조식품의 품질열화가 발생하게 되는데 물리적 변화로는 수축이나 표면경화, 비가역적 변화로 인한 재수화 효율의 감소, 휘발성분의 손실등이 있을수 있으며 화학적 변화로는 maillard 반응이나 지질의 산화, 색소의 산화, 영양성분의 손실 등이 있을 수 있다(7). 따라서 여기에서는 건조시 발생하는 품질의 변화를 알아보고 품질저하를 막을 수 있는 건조전처리 방법에 대하여 알아보도록 하겠다.

건조시 품질 변화

1. 물리적변화(1,7,8,9)

1) 가용성 물질의 이동

건조가 진행됨에 따라 가용성 물질은 수분과 함께 표면으로 이동하여 건조 후에 표면에 축적된다. 또한 건조중 건조표면에서의 가용물질의 농도가 식품내부보다 높아지므로 농도차에 의하여 가용물질이 외부로부터 내부로 이동되기도 한다.

2) 표면경화(Case Hardening)

과일, 육류, 생선 등을 건조할 때 표면이 단단해지고 침투성이 저하되어 건조속도가 낮아지는 현상을 표면경화라 한다. 표면경화기구는 아직 밝혀지지 않았으나 가용성물질의 표면으로 이동과 건조후기의 표면온도상승에 따른 표면층의 물리·화학적 변화에 기인하는 것으로 추정되고 있다.

3) 수축(Shrinkage)

동·식물 조직의 건조에서는 냉동건조를 제외하고는 어떠한 건조방법을 사용하더라도 수축현상이 일어나며 수축정도는 건조속도와 밀접한 관련이 있다. 건

조초기에 건조속도가 느리면 수축정도는 증발된 수분량과 직선적인 관계를 나타내나, 건조가 진행됨에 따라 수축정도는 감소한다. 따라서 건조후 시료의 크기와 모양은 건조가 완성되기 전에 미리 정하여진다.

4) 복원성

건조중 조직의 변화나 용질의 이동, 휘발성성분의 손실은 회복될 수 없다. 식품 성분의 교질화화적인 변화로 인하여 건조된 식품을 물에 담그거나 조리하였을 때 원래의 식품과 같이 복원되지 않는다. 이는 건조 중 단백질을 부분적으로 변성시켜 본래 상태와 같이 물을 재흡수 할 수 없게 만들기 때문으로 재수화 효율은 건조식품의 품질지표로 사용되며 최적조건에서의 건조는 식품의 손상을 줄일 뿐만 아니라 빠르고 완전하게 수화가 일어나도록 한다.

5) 휘발성분의 손실

식품이 건조될 때 증발하는 수분과 함께 방향성분이 손실되면 식품 본래의 고유한 방향을 잃게 된다. 식품을 동결하여 저온에서 건조하는 동결건조, 저온에서 감압하에 건조하는 진공건조 등에 의하여 휘발성 방향성분의 손실을 어느 정도는 감소시킬 수 있다.

2. 화학적 변화(1,7,9,10)

1) 갈변반응 및 색소의 파괴

과일이나 채소의 조직에 함유되어 있는 폴리페놀(polyphenol)의 산화로 유발되는 것이 한 예인데 일반적으로 조직 중에 함유되어 있는 폴리페놀 산화효소는 건조 중에도 활성을 잃지 않기 때문에 미리 열처리 또는 약제처리 등을 하여 이 효소를 불활성화 시켜야 한다. 당과 아미노화합물과의 작용에 기인하는 maillard browning을 위시한 비효소적 갈변현상은 변색, 불쾌취(off flavor)의 발생, 단백질의 파괴, 영양가의 저하등 품질을 열화시킨다. 건조중의 갈변은 건조후기에 시료의 수분함량이 낮을 때 가장 심하기 때문에 건조후기의 온도를 낮추면 갈변정도를 줄일 수 있다. 카로틴(carotene), 베타닌(betaannin), 클로로필(chlorophyll) 등의 색도도 산화에 의하여 건조중 파괴되어 활성을 잃는다.

2) 지질의 산화

식품이 건조되는 동안 공기 중의 산소와 접촉하여 열처리를 받기 때문에 식품성분들이 산화반응을 일으킨다. 특히 지질의 산화에 의하여 변패취가 생성되고 비타민 및 카로틴 등의 산화에 의하여 영양가가 손실된다. 또한 무색의 성분들의 산화 또는 상호작용

으로 착색되는 것은 더욱 문제시 되고 있다. 일반적으로 지용성 비타민은 수용성 비타민에 비해 건조중 손실이 적은 편이다. 또한 저온건조보다 고온건조에 서 쉽게 산화되어 산패를 일으키는데 산패를 줄이기 위해서는 항산화제를 사용하는 것이 효과적이다.

3) 비타민의 파괴

건조과정 중 비타민 C 및 티아민(thiamin)의 파괴율이 높으며, 지용성 비타민은 수용성 비타민에 비하여 손실이 적다. 비타민 C는 수분함량이 높을 때 열에 불안정하므로 건조초기의 온도를 낮추어야 하며, 수분함량이 낮아지는 건조후기에는 온도가 높아도 파괴가 적다. 비타민 C의 산화를 억제하기 위하여 아황산등의 환원제로 처리하기도 한다.

4) 단백질 변성 및 아미노산의 파괴

건조초기의 식품온도가 55℃ 이상이 되면 단백질이 변성되는데 건조식품의 조직감, 보수력, 용해성, 거품성 및 수축 등에 영향을 미친다. 육류의 경우 고온건조시 섬유질의 직쇄상 폴리펩타이드사슬 사이의 수분이 제거되고, 인접한 폴리펩타이드사슬이 상호근접하여 결합을 이루어 견고한 구조가 된다. 건조과정 중

특히 열에 약한 필수아미노산인 라이신(lysine)이 파괴되며 아울러 건조 중에 아미노산이 환원당과 maillard 반응을 일으켜 아미노산 함량이 급격히 감소한다.

건조전처리 기술

식품을 건조하는 동안 중요한 품질의 변화로는 수축, 영양성분의 손실, 효소적으로 또는 비효소적으로 일어나는 것인데, 그 밖에 다른 변패반응을 들 수 있는데 이들 반응을 억제하여 품질손상을 감소시키기 위하여 건조 전처리가 필요하다. 건조가 지니는 단점을 보완하기 위하여 전처리로서 품질을 개선하는 많은 연구가 이루어지고 있는데, 끓는 물이나 steam을 이용한 blanching(11), microwave를 이용하는 blanching(12)등이 있으며 또한 chemical을 처리하는 방법으로 sulfiting agent를 처리하는 방법(13)등이 널리 이용되고 있으나 sulfite의 사용이 FDA의 규제를 받자 ascorbic acid, citric acid 등의 유기산을 이용하여 pH를 낮추거나 항산화제를 이용하여 전처리한 보고가 있다(14). 또한 설탕이나 소금용액 등에 침지하는 삼

Table 1. Chemical reactions that influence the quality of foods during conventional dehydration(7)

Major constituent affected	Conditions	Chemical events	Effect on food quality
Carbohydrates	Heat + amino groups	Maillard reactions, strecker degradation	Color, flavor, texture, nutritive value
Proteins	Moderate heat	Denaturation but insufficient to inactive enzymes and enzyme inhibitors	Solubility, texture, WHC, whippability
	Active carbonyl from carbohydrates or peroxidizing lipids	Maillard reactions, strecker degradation	Color, flavor, texture, nutritive value
Lipids Unsaturated	Oxygen plus metals, irradiation, myoglobin, chlorophyll, oxidase	Oxidation	Flavor, color
Peroxidizing lipids	Protein	Proteins : thiol-disulfide interchange, crosslinking, oxidative degradation product, Maillard reactions, strecker degradation, oxidation of pigments	Color, flavor, texture, nutritive value
Peroxidizing lipids	Pigments	Oxidation of pigments	Decoloration
Peroxidizing lipids	Flavors	Oxidation of flavors	Off-flavors
Pigments Chlorophyll Anthocyanins Myoglobin Carotenoids	Peroxidizing lipids and/or oxidase	Oxidation	Decolorization
Vitamin C	Oxidase or oxygen	Oxidation and maillard reactions	Color

Table 2. Effect of blanch treatment on vitamin content, rehydration and texture of freeze-dried(18)

Treatment	Carotene	Ascorbic acid (mg/100dry wt)	Alphatocopherol	Rehydration ratios	Instron texture(N)
Steam blanched	32.32 ^a	269.33 ^b	1.25 ^b	9.46 ^a	71.67 ^b
Water blanched	30.21 ^a	127.20 ^c	2.85 ^a	7.85 ^b	46.57 ^c
Microwave blanched	24.86 ^b	309.98 ^a	2.67 ^a	8.21 ^b	97.23 ^a
Standard Deviation	3.48	83.22	.80	.862	28.59

¹Means within columns followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to Duncan's multiple range test.

투건조(15)와 같은 전처리 방법 등이 개발되어 그 이용성이 증대되고 있다.

1. 데치기(Blanching)

Blanching 조작은 과일이나 채소류의 조직 중에 함유되어 있는 폴리페놀 산화효소, 리폭시게나제 및 그 밖의 산화 효소들을 불활성화시키기 위하여 시행하는 것으로 효소의 불활성화로 off flavor 발생, texture나 color의 변화, 영양성분의 손실등의 품질변화를 막을 수 있지만, 가열로 인하여 세포벽이 약해져 mineral, vitamin등이 손실되므로 60일 이내 소비될 경우에는 일반적으로 조작을 하지 않는다(16). 보통 과일이나 채소를 4~5분간 90℃~100℃의 열탕에 담그거나 수증기로 분사시켜 처리하는데 열처리 후에 곧 냉각하여 성분의 변화를 방지 시켜야 한다. Blanching의 효과를 개선하고자 Odland 등(17)은 휘발성 유기산에 의해 색소가 파괴된다고 보고 암모니아를 사용하여 중화시킴으로 색의 변화를 개선한 결과 다른 물리화학적 특성도 우수하다고 보고 하였는데 일반적으로 blanching 조작의 이점은 클로로필등과 같은 천연색소들을 보존하고, 비타민의 손실이나 맛의 변화등을 감소할 수 있고, 조직의 유연화와 표피의 왁스질의 제거, 토사나 먼지등의 제거, 건조 중 수축이 경감되어 건조제품의 복원성의 향상도 가능하다. 또한 한가지의 전처리방법으로 microwave를 이용하게 되면 분자간 마찰로 세포조직이 붕괴되고 빠른 가열로 인하여 표면이나 내부에 상처가 생길 수 있어 최종제품에 영향을 줄 수도 있지만 vitamin과 색의 보존, 처리시간의 단축, 가열효율이 높은 장점이 있다(18). Table 2에 전처리 방법에 따른 비타민함량의 변화와 재수화 특성을 나타내었다. Carotene함량은 microwawe 처리가 낮는데 열손상에 기인하는 것으로 생각되고, ascorbic acid가 water처리에서 낮은 값을 보이는 이유는 leaching으로 인한 수용성의 손실로 볼 수 있으며 vitamin E는 steam처리시 산화에 의하여 낮은 값을 나타내는 것으로 보인다. 재수화율은 비슷하였으나

microwave 처리가 재수화후의 조직이 가장 단단함을 보였고 water처리는 조리후의 특성과 유사하였다. Baldwin 등(19)은 microwave 전처리가 다른 전처리 방법과 비교해 볼 때 수율이 우수해 전처리로 사용가능함을 보고하였으며 효율을 증대시키기 위해서는 밀폐된 용기를 사용하거나 개방된 상태에서는 가열 증기와 병용하는 것이 효과적이며 처리 후 신속한 냉각이 품질의 열화를 막는다고 하였다(20).

2. 화학처리에 의한 전처리

1) 아황산 가스 및 아황산염 처리

일반적으로 채소류의 건조시 유통혼증을 통하여 살균 및 효소를 실효시켜 blanching의 효과를 얻을 수 있으므로 과채류의 갈변을 억제하기 위하여 널리 사용된다. 온 아황산처리는 식품에 작용하여 식품표면층의 물에 녹아 아황산이 되어 강한 환원작용에 의하여 효소적 갈변 반응과 비효소적 갈변반응을 억제한다. 보통 밀폐된 혼증실 안에 식품을 넣고 황을 태워 발생하는 아황산 가스를 채운 다음 30분~5시간 놓아 두는데 아황산가스 대신 0.2%~0.6%정도의 아황산염 또는 산성아황산염의 식품을 침적하여도 같은 효과가 있으며 일부 비타민들의 손실을 감소시키고 미생물에 대한 살균효과가 있다고 알려져 있다. Zhao 등(21)은 황의 처리로 저장중 색과 carotene의 손실을 연장해주며 starch처리보다 우수한 재수화율을 보였다고 보고 하였다. 그러나 천식이 있는 사람이 섭취했을때 allergy를 일으키거나 기관지염을 유발하여 실신할수도 있어 그 사용이 1986년 부터 FDA에서 규제되고 있다. 그러나 황 등(22)의 보고에 의하면 여러가지 전처리 방법중 아황산 처리가 우수한 전처리 방법으로서, 사용에 대한 규제보다는 잔존량에 대한 규제로 바뀌어야 한다고 보고하였다.

2) 기타

산화방지제 처리로는 동물성 식품을 열풍처리하여 건조할 경우 지방이나 지용성 성분들의 산화가 발생

하여 향미가 손상되므로 산화적 변패를 억제 또는 방지하기 위하여 건조전에 처리한다. 수산화나트륨 처리는 포도나 자두 같이 과피에 왁스질이 피복되어 있는 과실들은 건조속도를 높이기 위하여 건조전에 보통 0.5 ~ 1%의 수산화나트륨 뜨거운 용액에 침적하여 왁스질을 제거해야 하는데 처리후에는 반드시 물로 세척해야 한다. Ponting 등(23)은 wax 층을 가진 과일의 건조 효율을 증대하고자 전처리 용매로 여러 가지를 사용해 본 결과 ethyl oleate가 가장 효과적임을 보고하였다.

3. 삼투건조

삼투건조는 채소나 과일과 같은 식품을 고농도의 용액에 침지함으로써 식품 속에 존재하는 수분을 제거하는 과정이다. 이 과정에서 식품과 용액사이의 수분활성차에 의해 두 방향의 흐름이 생기는데, 한 흐름은 식품 속의 수분이 삼투용액으로, 또 다른 한 흐름은 삼투용액 속의 용질이나 용해된 분말이 식품 속으로 확산되는 것이다(24). 이 때 용질의 확산보다는 수분의 확산도가 빠르므로 결과적으로 건조가 이루어진다. 시간에 따른 수분과 용질의 농도변화를 보면 침지 초기에 많은 양의 수분이 제거되므로 단시간의 침지는 건조 전처리 공정으로 사용될 수 있다. 삼투건조의 장점은 열에 의한 색과 맛의 손상을 최소화 시키고, 효소적 산화갈변에 의한 변색을 억제하여 sulfur dioxide와 같은 화학처리가 필요없으며, 신맛을 제거시킴과 동시에 단맛을 증가시키거나 신맛과 단맛을 동시에 증가시킴으로써 기호성을 향상시킨다(25). 또한 삼투건조는 열풍건조중 일어나는 영양소의 파괴를 감소시키고, 건조시간을 단축시켜 에너지 효율을 증가시킨다(26). 삼투용액으로는 설탕이나 소금이 많이 이용되며 이외 과당이나 포도당, 유당 등도 이용되는데, 소금은 채소에 있어서 우수한 삼투용액이나 식품에 짠맛을 부여함으로써 과일의 이용에는 적합하지 못하다. 삼투건조에 있어서 수분제거의 양과 속도는 여러 요인에 의해 영향을 받으며, 일반적으로 삼투용액의 농도, 침지시간, 온도, 삼투용액과 식품의 비, 그리고 식품의 표면적이 증가할수록 삼투건조후 과실의 중량감소는 증가된다(27). 과일이나 채소에서 동결(28), 진공(29) 그리고 열풍건조(30)의 전처리로 혹은 새로운 제품개발의 목적으로 삼투건조가 많이 이용되고 있으며, 이에 따른 건조중 물질의 이동(31), 성분의 변화(32), 조직의 변화(33) 등에 관한 많은 연구가 보고되고 있다.

건조전처리로서 삼투건조

삼투건조는 건조과정에서 에너지를 감소시킬 수 있는 효과적인 방법으로 50℃ 정도의 낮은 온도에서 처리하기 때문에 조직의 손상이 거의 없고 건조시 색을 보존할 수 있으며 당은 휘발성 향기 성분의 손실을 방지해 주는 역할을 한다. 삼투건조동안 흡수된 당은 최종건조품의 acceptability를 개선시키고 열풍, 진공, 냉동건조동안 식품의 조직을 보호하는 역할을 하게된다. 하지만 경우에 따라서 너무 많은 당의 흡수는 오히려 영양적인 면이나 기호성에 나쁜 영향을 주게 되므로 조직감이나 재수화성, 건조후의 안정성을 유지할 수 있는 최소한의 당의 흡수와 아울러 많은 양의 수분제거가 삼투건조의 목적이 된다. 삼투건조시 많은 변수들이 효율성이나 품질에 영향을 미치는데 그 중 중요한 변수로는 원료의 특성이나 전처리의 유무, 삼투용액의 종류, 침지액의 농도, 침지온도, 교반유무, 담금비율, 침지시간등을 들 수 있다. 최종건조품의 품질을 개선하고 삼투건조를 효율적으로 수행하기 위해서는 각 공정변수의 역할과 효과를 알아야 한다.

1. 원료의 특성

1) 품종, 속도

동일 종에서도 품종이나 속도에 삼투건조특성이 다르게 나타난다. 품종이나 속도에 따라 생체조직의 구조가 많은 차이가 나고 이러한 구조의 차이는 시료와 삼투용매 사이의 확산속도나 물질이동에 많은 영향을 미치게 된다(34).

2) 크기와 형태

크기와 형태에 따라서도 삼투효과가 달리 나타나는데 접촉하는 표면적이나 표면적과 두께의 비등이 달라지기 때문이다(25). 일반적으로 표면적과 두께의 비율(A/L)이 높을수록 수분제거가 많고 당의 흡수도 많아 지는데(27) 표면적과 두께의 비율(A/L)이 높은 경우에도 수분제거 양이 적은 경우가 있는데 이는 당의 흡수량이 많아져 수분의 확산도가 감소한 때문으로 생각할 수 있다.

2. 전처리

전처리는 식품의 조직에 영향을 주게 되는데 조직의 붕괴는 수분과 당의 이동을 원활히 하여 당의 흡수량을 증가시킨다(35). Blanching이나 sulfiding, acidification, 냉동이나 해동등의 전처리는 당의 흡수를 증대시켜 수

Table 3. Organoleptic scores for osmotic pre-concentrated freeze dried apple(5)

Osmosis Treatment	Taste Score (DRY) ¹	Sig. ²	Texture Score (DRY) ¹	Taste Score (Rehydration) ¹	Sig. ²
60% Sucrose	7.50	A	7.00	6.45	A
40% Sucrose	7.58	A	6.75	7.18	A
15% Sucrose/25% Lactose	6.83	A	6.33	6.64	A
15% Sucrose/25% Maltodextrin	6.67	A	6.50	6.00	A
15% Sucrose/25% Lactose	7.42	A	7.33	7.70	A
25% Sucrose/25% Lactose	7.17	A	7.17	7.40	A
35% Sucrose/25% Lactose	7.50	A	7.25	7.90	A
15% Sucrose/25% Maltodextrin	6.92	A	6.82	7.17	A
25% Sucrose/25% Maltodextrin	7.17	A	7.36	7.58	A
35% Sucrose/25% Maltodextrin	6.58	A	7.36	7.67	A
Two Step ³ : NaCl/Sucrose	3.82	A	6.27	-	-
10% NaCl/40% Sucrose	3.09	B	5.82	-	-
15% NaCl/35% Sucrose	2.5	B	6.45	-	-

¹Nine point hedonic scale(9=like extremely; 1=dislike extremely).

²Significance : within test, samples having a different letter are different at 1% level of significance.

³Two step : 1 h in 25 % NaCl, rinsed, 3 h in 60% sucrose, rinsed.

분제거/당의흡수(WL/SG)비를 낮추게 된다(33).

3. 삼투용액의 조성

삼투건조에서 사용되는 용매의 용질은 한 종류 혹은 혼합 용질이 사용되는데 과일이나 채소류의 경우 주로 설탕과 소금이 이용된다. 그 외 사용되는 용질로는 설탕/산이나 설탕/소금 혼합물, com syrup, glucose, fructose, glucose/fructose와 glucose/polysaccharide 혼합물 등이 사용되며 설탕이나 소금, 설탕/소금 등을 분말형태로 사용하기도 한다(34). 사용의 간편성이나 향의 보존, 효율적인 측면에서 소금과 설탕용액이 가장 널리 이용되는데 순수한 설탕용액보다는 설탕과 소금의 혼합용액을 사용하게 되면 더 낮은 수분활성도를 얻을 수 있는데 이는 소금 흡수력에 기인한다. 일반적으로 당은 침투력이 낮아 식품 표면 바로 아래층에 집적되어 수분제거에 방해가 되지만 소금은 침투깊이가 깊어 삼투용액에서 소금의 사용은 더 많은 수분의 제거가 가능하게 한다(36). 또한 삼투용매에 산을 첨가함으로써 삼투건조의 효율을 높일 수 있는데 3.5% 농도까지의 유기산(acetic, citric, lactic)의 첨가는 열대과일의 경우 삼투건조 효율은 증가하지만 품질에는 변화가 없었는데 이는 산성화된 용액내에서 pectin의 가수분해나 고분자의 분해가 건조효율을 개선하기 때문이라고 보고 하였다(37). 용질의 분자량도 수분제거나 용질의 흡수에 많은 영향을 미치는데 용질의 분자량이 작을수록 침투범위와 깊이는 커지게 된다(33). Table 3은 혼합용매의 효과를 비교해 본 결과로서 설탕을 단독으로 이용하거나 당(lactose)을 혼합했을 때 비교적 높은 관능결과를 보

였으나 소금에 침지후 당침지한 경우 낮은 값을 보여 사용할 때에는 소금농도를 낮추어야 할 것으로 생각된다.

4. 삼투용액의 농도

삼투용액의 농도를 높이면 수분 제거와 당의 흡수가 많아지는데 흡수되는 당의 양보다는 제거되는 수분의 양이 더 많아 건조가 이루어지게 된다(25). 그러나 삼투공정의 초기에는 당의 흡수가 수분의 제거량보다 더 많아 고농도의 삼투용액에서 침지시간이 짧게 되면 당의 흡수를 증가시켜 WL/SG 값이 낮아지게 된다. 일반적으로 농도가 증가하면 당의 흡수량이 많아지지만 농도가 65% 이상이 되면 더 이상 무게감소가 없는데(15) 일정 농도이상에서는 농도를 증가시키는 것만으로는 더 이상의 수분제거가 이루어지지 않게 된다. Table 4는 농도의 효과를 나타낸 것으로 침지 20시간후의 물질이동 특성을 보여 주고 있다. 40%이상의 농도에서는 용매와 감자가 비슷한 고형분 함량(SSC)을 보여 평형에 도달하였으나 10, 20%의 농도에서는 평형에 이르지 못하였다. 수분손실과 고형분함량은 20%농도 이상에서 지속적인 증가를 보였다.

5. 삼투공정의 온도

확산은 온도에 따른 현상으로 높은 온도에서의 삼투처리는 세포막을 팽윤시켜 수분제거가 빠르게 일어나도록 도와주고 또한 삼투용액의 점도를 낮춤으로서 표면에서 물질이동이 원활해져 식품내의 용질이 동속도가 증가한다. 일반적으로 30~50℃에서의 삼투

Table 4. Influence of sucrose concentration on mass transport data and water activity(aw) for osmotic concentration of potato cubes(20hr, 23℃, R¹=4)(36)

Osmosis data	Initial potato	Water	Sucrose solution(%)					
			10	20	40	50	60	70
Potato								
SG ²	0	-2.7	-0.2	4.6	13.7	16.3	18.6	15.8
WL ³	0	17.7	3.6	25.8	40.7	49.6	59.9	67.9
TS ⁴	20.3	20.6	21.1	32.0	47.0	55.3	64.6	73.4
SSC ⁵	5.8	3.1	6.2	15.5	32.8	41.9	52.8	61.5
aw	0.991±0.000	0.992±0.000	0.990±0.000	0.984±0.000	0.970±0.000	0.959±0.001	0.928±0.000	0.890±0.001
Initial solution								
SSC		0	10.3	20.4	40.2	50.4	60.9	71.1
aw		0.993	0.987	0.981	0.964	0.946	0.899	0.823
Final solution								
SSC		0.7	9.7	17.3	34.5	42.8	51.8	59.9
aw		0.993	0.986	0.983	0.971	0.960	0.933	0.895

¹R is Solution to sample ratio(W/W).

²SG is solids gain(g solids/100g initial potato).

³WL is water loss (g water/100g initial potato).

⁴TS is total solids of potato(%).

⁵SSC is soluble solids concentration(g soluble solids/ 100 g solution in potato).

처리는 실온에 비하여 더 많은 당질의 흡수를 나타내는데(34) 이는 세포막의 팽윤으로 인한 당분자의 투과성이 높아지기 때문으로 생각할 수 있다. 그러나 Lenart 와 Flink의 보고(36)에 의하면 온도를 높일 경우 수분제거에는 영향을 미치나 당의 투과에는 영향이 없어 당의 흡수는 없었다고 보고하였는데 소금의 경우는 그런현상을 보이지 않았다. 따라서 가능한 온도범위내에서의 온도상승은 당의 침투는 막고 많은 수분의 제거를 이룰 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 과일, 채소의 경우, 너무 높은 온도는 softening, browning, flavor loss등의 품질에 좋지 않은 영향을 주게되므로 통상적으로 50℃이하에서 행하게 된다(15).

6. 삼투처리시간

식품과 삼투용액사이의 평형에 이르는 시간은 용액과 식품의 수분활성도나 고형분농도가 같아지는 시점으로 통상적으로 20시간 정도인데 용질의 흡수를 제외한 대부분의 물질이동특성은 4시간 이후에는 크게 변화되지 않는다. 따라서 실제 삼투건조의 처리시간은 물질이동 특성과 제품의 특성을 고려하여 결정하는데 대부분의 경우 3시간에서 5시간 정도를 행하게 된다(5,24,28). Table 8은 시간에 따른 물질이동 특성값을 나타낸 것으로 삼투효과가 시간에 따라 계속적으로 증가함을 보이는데 낮은 농도에서는 그 정도가 적지만 고농도에서는 상대적으로 증가폭이 높았다. 수분손실을 제외하고는 초기 30분 이내에 침투 4시간후의 결과와 거의 근접함을 보였다.

Table 5. Mass transport data for osmotic concentrations of apple slices(5)

Osmosis solute concentration	Time (h)					
	0	1/2	1	2	3	4
25% Sucrose						
SG ¹	0	7.6	7.4	7.2	7.7	8.5
WL ²	0	-7.0	-1.8	-3.5	-0.29	+5.1
TS ³	12.4	17.4	17.9	17.8	18.6	20.1
NSC ⁴	1.00	1.40	1.44	1.44	1.50	1.62
40% Sucrose						
SG	0	10.6	12.6	15.4	12.0	13.2
WL	0	2.9	8.0	16.3	22.1	25.0
TS	12.5	21.4	24.0	28.1	27.4	29.1
NSC	1.00	1.71	1.92	2.25	2.19	2.33
50% Sucrose						
SG	0	12.3	13.5	22.0	17.9	15.9
WL	0	7.7	20.9	17.8	31.0	38.9
TS	11.0	22.2	26.6	31.8	33.1	35.0
NSC	1.00	2.02	2.42	2.89	3.01	3.18
60% Sucrose						
SG	0	18.5	19.7	19.5	22.5	25.5
WL	0	22.0	32.0	27.2	43.3	48.7
TS	10.8	30.4	34.7	32.7	42.2	36.5
NSC	1.00	2.81	3.21	3.03	3.91	3.38

¹SG = Solids gain (g solid/100g initial apple).

²WL = Water loss (g water/ 100g initial apple).

³TS = Total solids(gsolids/ 100g apple).

⁴NSC = Normalized solids content = (TS)_t/(TS)₀.

Table 6. Influence of solution to potato ratio on mass transport data and water activity(a_w) for osmotic concentration potato cubes (20hr : 21 °C : solution=60.6% sucrose) (35)

	Initial potato conditions	Ratio(solution : potato)				
		1	2	4	6	10
Potato						
SG ¹	0	13.0	14.2	14.7	15.5	16.9
WL ²	0	50.4	54.0	58.7	60.4	61.0
TS ³	21.4	55.0	59.2	64.5	66.9	68.4
SSC ⁴	6.1	39.2	44.1	49.9	53.1	55.5
a_w	0.991±0.001	0.964±0.001	0.956±0.001	0.930±0.004	0.907±0.003	0.876±0.009
Solution						
SSC	60.5	34.5	44.9	51.4	54.0	56.8
a_w	0.905±0.002	0.970±0.001	0.955±0.001	0.929±0.001	0.908±0.003	0.882±0.008

¹SG is solids gain(g solids/100g initial potato).

²WL is water loss (g water/100g initial potato).

³TS is total solids of potato(%).

⁴SSC is soluble solids concentration(g soluble solids/ 100 g solution in potato).

7. 교반과 용매비

삼투건조시 물질이동으로는 수분과 용질의 이동이라는 두가지의 흐름이 발생하게 되는데 수분의 확산 정도가 삼투용질의 이동속도보다 크기 때문에 많은 양의 수분제거가 이루어져 건조가 이루어 진다(8). 삼투건조가 서서히 진행되면 평형에 도달하는 시간이 길어지게 되고 그만큼 당의 흡수가 많은데 교반을 하게되면 용매와 접촉이 많아지고 따라서 많은 양의 수분을 빠른 시간내에 제거할 수 있으며 특히 점도가 높거나 용매의 흐름성이 낮은 경우에 효과적이다. 교반은 낮은 온도(30°C미만)에서 특히 점도가 높을 경우 효과적이며 삼투건조 초기단계에서 효과적으로 수분을 제거 할 수 있는 방법이다(38). 당은 확산속도가 느리기 때문에 흡수된 당의 대부분은 약 2~3mm의 깊이 정도의 sub-surface층에 모아진다.

삼투후 물로 빨리 행구면 흡수된 당의 대부분을 제거할 수 있다. 이러한 행구는 수분함량을 증가시키지만 본 건조를 행하기 때문에 큰 문제는 되지 않는다. 용액과 식품의 비율도 중요한 요소인데 대부분의 경우 용액의 희석을 막기위해 용액과 식품의 비율 최소한 30:1을 사용하고 있으나 당용액의 농도변화에 따른 물질이동을 관찰하기 위해서는 용액과 식품의 비율 4:1로 사용하기도 한다(24). Table 6은 용매비에 따른 삼투효과를 알아본 결과로서 고형분함량은 용매비 4:1까지는 많은 증가가 있으나 그 이상의 용매비에서는 완만한 증가를 보이고 수분손실도 4:1까지, SG는 용매비에 따라 큰 변화가 없으며 수분활성도는 고형분농도와는 반비례하여 10:1에서 낮은 값을 보였으나 전반적으로 볼 때 4:1이 우수한 것으로 보인다.

결 론

식품건조의 목적은 수분을 제거하는데 있는데 수분제거중 건조조건에 의하여 식품의 물리·화학적변화가 유발되어 품질열화가 발생하게 되는데 이 중 물리적 변화로는 수축이나 표면경화, 비가역적 변화로 인한 재수화 효율의 감소, 휘발성분의 손실등이 있을수 있으며 화학적 변화로는 maillard 반응이나 지질의 산화, 색소의 산화, 영양성분의 손실 등이 있을 수 있다. 건조가 지나는 품질손상을 감소시키기 위하여 전처리로서 품질을 개선하는 많은 연구가 이루어지고 있는데, 끓는 물이나 steam을 이용한 blanching, microwave를 이용하는 blanching등이 있으며 또한 chemical을 처리하는 방법으로 sulfiting agent를 처리하는 방법이나 유기산을 이용하여 pH를 낮추거나 항산화제를 이용하기도 한다. 삼투건조는 농산물을 가공하는 최소가공법의 한 방법으로서 과일이나 채소류의 잉여생산물을 새로운 가공품으로 개발할 수 있는 방법이다. 당의 흡수를 최소로 하고 수분제거를 충분히 할 수 있는 조건을 찾아 최종생산물의 품질을 향상시키고 삼투공정을 컨트롤할 수 있는 연속 처리가 가능한 가공기구의 개발하고 삼투용액을 재사용할 수 있는 방법등을 개발하여 효율성을 높인다면 삼투건조는 소비자의 기호에 맞는 다양한 농산가공품을 생산할 수 있는 건조전처리 기술로서 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

참고문헌

1. 목철균(1990) 건조공정의 이론과 실제. 생물화공,

- 4(4), 21
2. 정문철(1992) 건조식품의 시장동향과 금후의 전망. *식품기술*, 5(1), 80
 3. Holdsworth, S. D.(1971) Dehydration of food products. *J. Food Technol.*, 6, 331
 4. Kozempel, J.F., Sullivan, J.C., Craig, J.R. and Konstance, R.P.(1989) A reserch note. Explosion puffing of fruits and vegetables. *J. Food Sci.*, 54(3), 772
 5. Hawkes, H. and Flink, J.M.(1978) Osmotic concentration of fruit slice prior to freeze dehydration. *J. Food Proc. Preser.*, 2, 265
 6. Mujumdar, A. S.(1987) Handbook of industrial drying. Marcel Dekker Inc., p.544
 7. 김명환(1990) Effects of pretreatment prior to conventional dehydration on dried product quality. *생물화공*. 4(4), 30
 8. Karel, M., Fennema, O.R. and Lund, D.B.(1975) Physical princople of Food preservation. Marcel Dekker Inc., p.333
 9. Fellows, P.(1988) Food processing technology. VCH, Horwood, p.306
 10. MacCathy, D.(1985) Concentration and drying of foods. Elsevier Publishing Inc., p.37
 11. Poulsen, R.L.(1986) Optimization of vegetable blanching. *Food Technol.*, 40(6), 122
 12. Decareau, R.V.(1985) Microwaves in the food processing industry. Academic press Inc., p.152
 13. Labele, R.L. and Moyer, J.C.(1966) Dehydrofreezing red tart cherries. *Food Technol.*, 20, 1345
 14. Langdon, T.T.(1987) Preventing of browning in fresh prepared potatoes without the use of sulfiting agents. *Food Technol.*, 41(5), 64
 15. Ponting, J.D., Watters, G.G., Forrey, R.D., Jackson, R. and Stanley, W. L.(1966) Osmotic dehydration of fruits. *J. Food Sci.*, 20, 1265
 16. Luh, B.S. and Woodroof, J.G.(1988) Commercial Vegetable Processing. 2nd Ed., AVI Publishing Co., p.180
 17. Odland, D. and Eheart, M.S.(1975) Ascorbic acid, mineral and quality retention in frozen broccoli blanched in water, steam and ammonia steam. *J. Food Sci.*, 40, 1004
 18. Quenzer, N.M. and Burns, E.E.(1981) Effects of microwave, steam and water blanching on freeze-dried spinach. *J. Food Sci.*, 46, 410
 19. Baldwin, D.R., Anantheswaran, R.C., Sastry, S.K. and Beelman, R.B.(1986) Effect of microwave blanching on the yield and quality of canned mushrooms. *J. Food Sci.*, 51, 965
 20. 김영해(1996) 공업용 마이크로파 응용기술. 기전출판사. p.62
 21. Zhao, Y.P. and Chang, K.C.(1995) Sulfite and starch affect color and carotenoids of dehydrated carrots during storage. *J. Food Sci.*, 60, 324
 22. 황금택, 임종환(1994) 각종 전처리 및 건조방법이 건조채소류의 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*. 26, 805
 23. Ponting, J.D. and McBean, D.M.(1970) Temperature and dipping treatment effects on drying rates and drying times of grapes, prunes and other waxy fruits. *Food Technol.*, 24, 1403
 24. Conway, J., Castaigne, F., Picard G. and Vovan, X.(1983) Mass trasfer consideration in the osmotic dehydration of apples. *can. inst. Food Sci Technol. J.* 16(1), 25
 25. Farkas, D.F. and Lazar, M.E.(1969) Osmotic dehydration of apple pieces : Effect of temperature and syrup concentration on rate. *Food Technol.*, 23, 688
 26. Islam, M.N. and Flink, J.N.(1982) Dehydration of potato. II. Osmotic concentration and its effect on air drying behavior. *J. Food Technol.*, 17, 387
 27. Lericci, C.R., Dinnavaia, G., Rosa, M.D. and Bartducci, L.(1985) Osmotic dehydration of fruit : Influence of osmotic agents on drying behavior and product quality. *J. Food Sci.*, 50, 1217
 28. Biswal, R.N., Bozorgmehr, O.K., Tompkind, F.D. and Liu, X.(1991) Osmotic concentration of green bean prior to freezing. *J. Food Sci.*, 56(4), 1008
 29. Dixon, G.M., Jen, J.J. and Paynter, V.A.(1976) Tasty apple slices results from combined osmotic-dehydration and vaccum-drying process. *Food Prod. Dev.*, 10(7), 60
 30. 이병우, 신건진, 김명환, 최춘언(1989) 열풍건조 전 전처리 방법이 당근 후레이크의 품질에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, 21(3), 430
 31. Mauro, M.A. and Menegalli, F.C.(1995) Evaluation of diffusion coefficients in osmotic concentration of bananas(Musa Cavendish Lambert). *Inter. J. Food Sci. Technol.*, 30, 199
 32. Dixon, G.M. and Jen, J.J.(1977) A research note : Changes of sugar and apple slices. *J. Food Sci.*,

- 42(4), 1126
33. Saurel, R., Anne-Lucie Raoult-Wack, Rios, G. and Guilbert, S.(1994) Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple II. Frozen plant tissue. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, **29**, 543
34. Lazarides, H.N.(1994) Osmotic preconcentration : development and prospects. in *Minimal processing of foods and process optimization*. Singh, R.P. Eds. CRC press.
35. Lazarides, H.N. and Mavtoudi, N.E.(1995) Freeze/thaw effects on mass transfer rates during osmotic dehydration. *J. food Sci.* **60**(4), 826
36. Lenart, A., and Flink, J.M.(1984) Osmotic concentration of potato. I. Criteria for the end-point of the osmosis process. *J. Food Technol.*, **19**, 45
37. Moy, J.H. L며, N.B.H. and Dollar, A.M.(1978) Effects of sucrose and acids on osmotic dehydration of tropical fruits. *J. food Proc. Pres.*, **2**, 131
38. Raoult, A.L. Lafont, F. Rios, G. and Guilbert, S.(1989) Osmotic dehydration : study of mass transfer in terms of engineering properties. in *drying 89*. Mujundar A.S. and Roques, M. eds. Hemisphere Corp. Newyork, P. 487

(1998년 7월 15일 접수)