

乾燥凍結 감자의 復元性에 미치는 乾燥條件의 影響

金正象·吳相龍·申東禾·閔丙蓉

農漁村開發公社 綜合食品研究院
(1986년 6월 20일 수리)

Drying Conditions for the Rehydration Properties of Dehydrofrozen Potatoes

Jong-Sang Kim, Sang-Lyong Oh, Dong-Hwa Shin and Byong-Yong Min

Food Research Institute/AFDC, Banwol, Kyungki-Do 170-31, Korea

Abstract

The relationship between weight reduction and rehydration of dehydrofrozen potato was determined. At initial stage of dehydration sliced potato lost moisture rapidly. After drying for 2 hours weight reduction of sliced potato was 56% for Superior var., and 55% for Irish Cobbler. The empirical drying equations were obtained as follows: $\frac{M-M_e}{M_o-M_e} = \exp(-0.4487 \theta^{1.2328})$ and $\frac{M-M_e}{M_o-M_e} = \exp(-0.4951 \theta^{1.1949})$ for Irish Cobbler and Superior, respectively, where M_o , M_e , and M are dry base moisture content(%) of initial, equilibrium and at time θ in hour, respectively. With the decrease of weight above 50%, the rehydration rate decreased sharply and the color index L value also decreased while a and b increased. Lightness of dehydrofrozen potato decreased slightly and rehydration rate remained constant during storage at -18°C . The sulfite treatment led to increase of L value and decrease of a and b values.

緒 論

감자는 주로 澱粉으로 구성된 食用作物로서 西區에서는 원래 主食으로서 가정단위로 소비되어 왔으나 산업이 발전함에 따라 工場規模로 가공 처리되어 소비되는 경향으로 변화하였다¹⁾. 우리나라의 감자생산량은 연간 44만톤인데²⁾, 이 가운데 일부는 전분이나 칩의 형태로 가공되나 그 비율은 아직 미미한 실정이다. 감자는 收穫 후 저장에 문제가 있는데 특히 生體저장시 병해를 입거나 수분증발에 의한 重量減小 및 빛에 노출되었을 때 일어

나는 表皮의 靑變 등 때문에³⁾ 서구에서는 감자칩, 후렌치 후라이, 후레이크 및 통조림 등으로 가공 처리하여 저장한다. 국내에서는 감자칩 외에 감자깡, 감자빵, 국수, 감자豚肉통조림 등의 加工製品이 있으나 그 생산량은 아직 낮은 수준에 머물러 있다¹⁾. 감자의 중간제품으로는 후렌치후라이와 후레이크 등의 제품이 있는데 전자는 용도가 제한되어 있고 후자의 경우는 장기저장할 때 지방의 酸敗問題가 제기된다.¹⁾

한편 감자를 건조에 의해 저장할 경우 運送이나 취급 등의 측면에서 편리한 점은 있으나 復元性이 낮은 결점이 있다. 이와 같은 것을 감안하여 고안

된 것이 건조동결 저장방법인데 이는 건조와 동결이라는 제액적 방법을 결합시킨 것으로 서구에서는 감자, 사과, 완두콩, 당근 등과 같은 果菜類의 저장에 주로 이용되고 있다⁴⁾. 이 저장방법은 동결 저장방법에 비하여 제품의 취급이 용이하고, 포장재로서 깡통 대신 종이나 플라스틱제질의 용기를 사용할 수 있어 포장비용이 절약되며 부피감소로 인하여 동결 및 운송비용이 절감된다. 건조동결방법은 동결전에 일부 건조시킨다는 점에서 동결에 의한 저장과는 구별되며 건조중 세포 구조가 非可逆적으로 변화되어서는 안된다. 따라서 본 연구에서는 건조동결공정에 따라 감자를 저장할 때, 가능한 감자 원래의 품질을 유지하기 위한 건조조건에 관한 실험을 수행하고 저장중 품질변화를 관찰하였기에 보고하는 바이다.

材料 및 方法

1. 材料

試料 감자는 1985년 봄에 수확한 남작(Irish Cobbler), 수미(Superior) 2品種을 농촌진흥청 원예시험장으로 부터 구득하여 사용하였다. 시험에 사용한 감자의 평균수분함량은 남작품종이 82.6%, 수미품종이 81.5%이었다.

2. 實驗方法

1) 건조동결감자의 제조

건조동결감자는 그림 1의 제조공정에 따라 제조하였다⁴⁾. 즉, 감자를 水洗한 다음 中間크기의 감자(50~80gr)을 골라 剝皮하고 가정용 후렌치 후라이 절단기를 사용하여 9×9mm의 크기로 자르고 선별하여 93~95°C에서 3분간 블렌칭하였다. 이것을 실온까지 냉각시킨 다음 熱風乾燥機(用量 : 50

×37×60cm)에서 건조하였다. 이 때 空氣速度는 2.4m/s이었으며 2개의 tray(50×35cm)에 각각 500g씩 고르게 편 다음 70±1°C에서 건조하였다. 건조한 감자는 폴리에틸렌백(두께 : 0.8mm) 포장지에 포장하여 -18°C에서 동결저장하였다.

2) 復元性

건조동결감자의 복원성은 Von Loesecke의 방법⁵⁾을 變形하여 측정하였다. 즉, 건조동결감자 20g을 300ml 비이커에 넣고 증류수 80ml를 加하여 남작 품종은 8분간 끓이고 수미품종은 10분간 끓인 다음 흡인여과하여 물을 제거하고 복원된 감자의 무게를 측정하여 다음의 관계식으로부터 복원정도를 算出하였다⁶⁾.

$$\% \text{ Recovery} = (100 - \% \text{ weight reduction}) \times (\text{rehydration ratio})$$

Rehydration ratio

$$= \frac{\text{Weight of rehydrated sample}}{\text{Weight of dehydrated sample}}$$

3) 색깔

건조동결감자를 복원시킨 다음 유발에서 마쇄하여 색차계(Color & Color difference meter, Yasuda Seiki Seisakusho, No, UC600-1V)를 사용 측정하였으며 색깔은 Hunter System에 따라 L, a, b로 나타내었다.

4) 텍스처

건조동결 감자를 前述한 바와 같은 방법으로 復元한 다음 Bourne의 방법에 준하여⁷⁾ Universal testing machine(Instron Co. TMI140)을 사용하여 실온에서 측정하였으며 TPA(texture profile analysis) 방법에 따라 부서짐성, 견고성, 응집성, 부착성을 구하고 이로부터 감성을 산출하였다. 이때 측정조건은 다음과 같다.

- Plunger diameter : 1mm
- Clearance : 2.25m
- Sample height : 9mm
- Crosshead speed : 100mm/min.
- Chart speed : 200mm/min.

5) Sulfite 處理

블렌칭한 절단감자를 0.5% Na₂SO₃ 용액과 0.5% NaHSO₃ 용액을 같은 비율로 혼합한 용액에 10분간 沈漬하였다. 절단감자를 용액으로부터 건져서 선반 위에 올려놓고 10분간 放置하여 과잉의 용액이 제거되도록 하였다. Sulfite 처리한 감자는 前述한 방법으로 건조하여 동결 저장하면서 색깔을 측정하였다. SO₂ 함량은 Von Loesecke의 방법⁸⁾

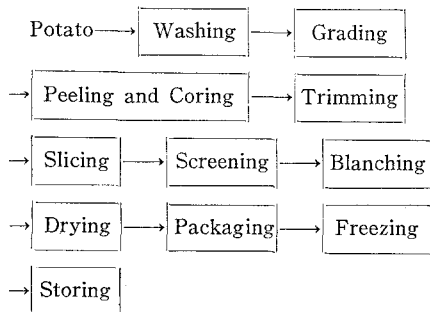


Fig. 1. Flow diagram for dehydrofrozen potato processing.

에 따라 측정하였다.

結果 및 考察

1. 切斷 감자의 乾燥

절단감자(9×9mm)의 건조곡선은 그림 2와 같다. 건조시작 후 처음 2시간까지는 수분함량이 급격히

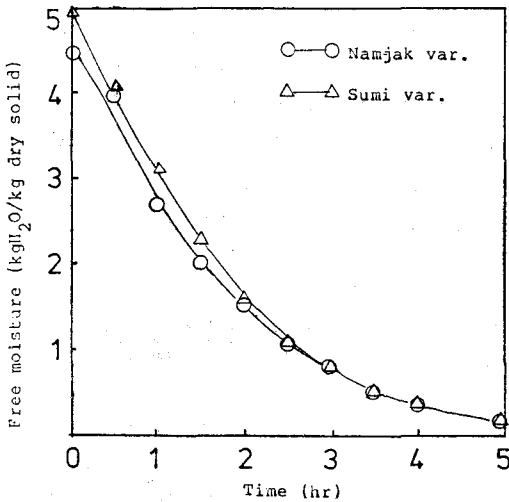


Fig. 2. Drying Curve of Sliced Potato.

감소하였으나 그 이후는 점차 둔화되는 경향을 보였다. 건조전 시료감자의 수분함량은 남작품종이 4.5kg H₂O/kg dry solid(81.7% w.b.), 수미품종이 5.0kg H₂O/kg dry solid(83.3% w.b.)이었으며 2시간 건조후 각각 1.5kg H₂O/kg dry solid(59.3% w.b.) 및 1.6 kgH₂O/kg dry solid(61.9% w.b.)로 되어 건조전 시료무게의 55% 및 56%에 해당하는 만큼의 수분이 증발하였다. 건조전 무게의 절반으로 감소되기 위해서는 105분 정도의 건조시간이 소요되었으며 품종간 건조속도의 차이는 거의 없었다. 건조중 감자표면은 수분증발에 의하여 주위 온도보다 낮게 유지되는데 이러한 증발에 의한 냉각효과를 충분히 얻기 위해서는 건조공기의 속도가 2.5~3.0m/sec 이상이어야 하는데⁴⁾ 본 실험에서 사용한 열풍건조기의 風速은 2.4m/sec이었으므로 충분한 冷却效果를 얻기에는 미흡하였던 것으로 판단된다. 절단감자의 건조는 初期段階에서 급속히 진행되며 그림 3에서 보듯이 乾燥樣相이 減率乾燥形態를 보이므로 감률건조시의 水分移動에 대한 이론식을 적용하면 대략적인 乾燥機作을 알 수 있다. 감률건조시 수분의 이동은 Fick's

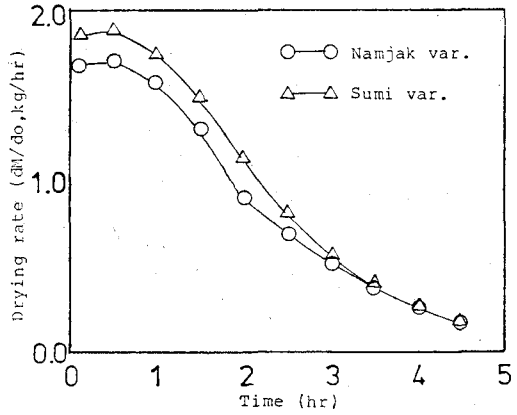


Fig. 3. Drying rate curve for sliced potato.

法則 ($\frac{\partial M}{\partial L} = D \frac{\partial M}{\partial t}$)에 따르는 것으로 알려져 있으며⁴⁾ 다음과 같은 式으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-A\theta) \quad (1)$$

여기서

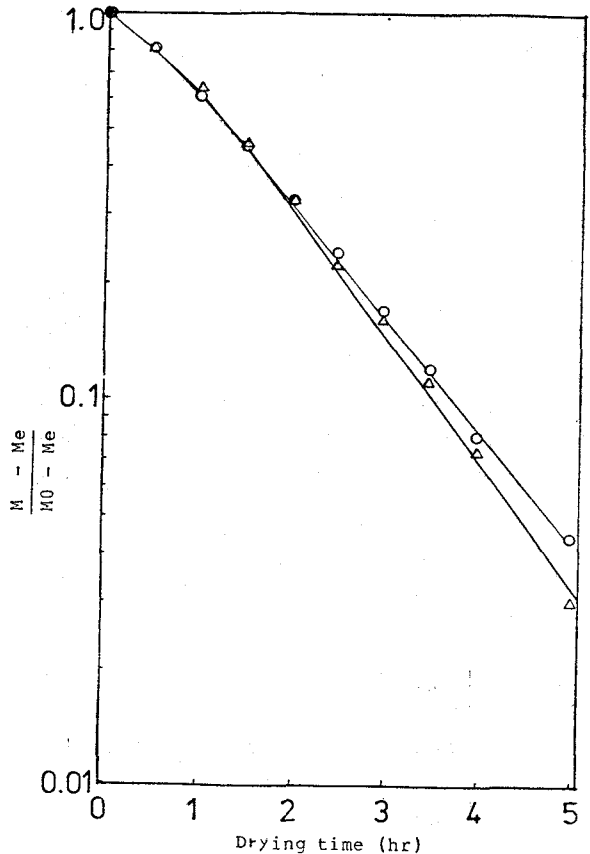


Fig. 4. Plot of dimensionless moisture content vs drying time.

M = 수분함량(건물기준) %

θ = 건조시간(hr)

M_0 = 초기수분함량(건물기준) %

M_e = 평형수분함량(건물기준) %

A = 실험상수

(1)식에 근거하여 그림 4와 같이 semilog 그래프에 도시한 결과 일정한 A 값을 얻을 수 없으므로 이와같은 모델로는 절단감자의 건조기작을 설명할 수 없다. 따라서 (1)식을 변형한 PAGE 모델⁹⁾을 적용시켜 보았다.

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-A\theta^B) \quad (2)$$

여기서 B = 상수

위 식을 그림 5와 같이 log-log 그래프에 도시한

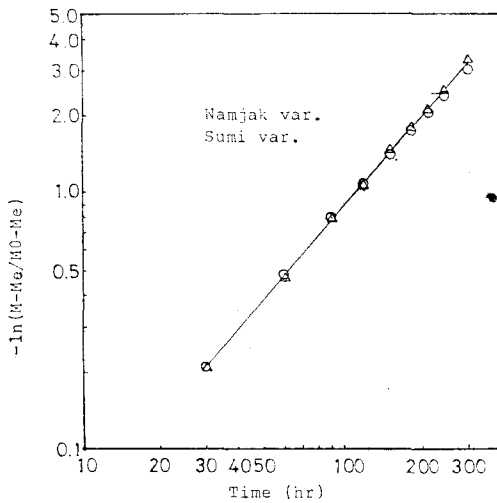


Fig. 5. Plot of $\ln(-\ln(M - M_e / M_0 - M_e))$ vs \ln (time).

결과 직선을 얻을 수 있었으며 linear regression으로 상수 A, B 값을 구한 결과 남작품종의 경우는 각각 0.4487, 1.2328이었으며 수미품종은 0.4951, 1.1949이었다. 따라서 남작품종 및 수미품종의 乾燥式은 (3) 및 (4)식으로 나타낼 수 있다.

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-0.4487 \theta^{1.2328}) \quad (3)$$

$$\frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \exp(-0.4951 \theta^{1.1949}) \quad (4)$$

2. 건조동결 감자의 復元性

건조동결한 감자를 -18°C 에서 저장하면서 復元性을 측정 한 결과는 그림 6 및 7과 같다. 건조가 진행됨에 따라 復元性은 감소하였으며 특히 중량

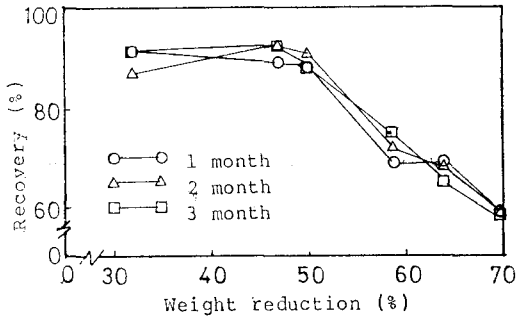


Fig. 6. Recovery of dehydrofrozen potato (Namjak var.) as rehydrated product during storage.

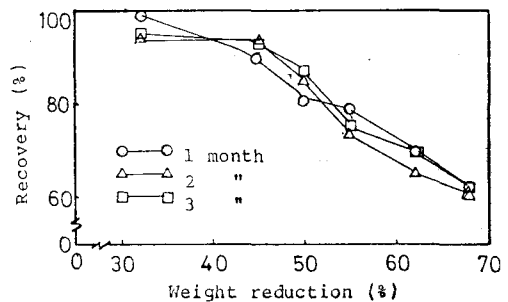


Fig. 7. Recovery of dehydrofrozen potato (Sumi var.) as rehydrated product during storage.

감소가 50% 이상이 되면 그 경향은 두드러졌다. 그러나 저장기간별 復元性의 차이는 관찰되지 않았다. Labelle 등⁹⁾은 건조동결된 cherry를 復元시켰을 때 50% 중량감소된 제품에서는 61%까지 復元됨을 보고하였으며 Lazar¹⁰⁾은 건조동결 사과 경우 3/8in 크기의 spy dice 형태로 자른 것은 거의 100% 復元됨에 반하여 slice 형태는 이보다 復元性이 낮아 70% 정도 復元된다고 하였다. 본 실험 결과 건조감량을 50%로 기준할 때 남작품종은 약 85%, 수미품종은 90% 정도 復元되었으며 이후 건조감량이 증가하면 제품의 復元性이 크게 감소되어 절단감자를 건조동결 저장할 경우 건조를 중량감소를 50% 이내로 하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

3. 건조동결 감자의 저장 중 색깔변화

건조동결한 감자를 3개월간 동결 저장하면서 색

Table 1. Color changes as Hunter value of dehydrofrozen potatoes during storage

Variety	Drying time (mine)	Storage time(month)											
		1				2				3			
		L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
Namjak	0	71.1	-1.97	10.5	21.0	70.9	-1.57	10.4	21.0	72.6	-1.69	11.2	19.7
	60	71.9	-1.61	10.6	19.8	68.5	-1.77	10.3	22.9	69.6	-1.79	10.5	22.0
	90	71.8	-1.70	11.8	20.7	69.5	-1.79	12.5	23.1	69.2	-1.90	11.6	22.9
	105	70.8	-1.51	11.4	21.4	67.8	-1.70	12.0	24.3	69.3	-1.81	12.0	23.0
	120	70.8	-1.63	11.3	21.4	68.0	-1.64	12.0	24.0	67.0	-1.49	11.0	24.5
	150	70.0	-1.56	12.2	22.6	68.1	-1.27	12.8	24.3	68.0	-1.61	12.5	24.4
	180	69.6	-1.21	12.7	23.0	68.0	-1.00	13.4	24.7	69.2	-1.12	14.0	24.1
Sumi	0	70.7	-1.72	10.2	20.8	70.4	-2.13	10.3	21.3	70.1	-2.18	11.2	21.8
	60	70.6	-1.79	10.4	20.4	70.1	-1.73	10.3	21.5	69.9	-1.76	10.8	21.8
	90	70.9	-1.75	11.5	20.9	70.1	-1.79	11.3	22.0	69.4	-1.81	12.7	23.2
	105	70.1	-1.80	11.7	21.7	69.9	-1.84	11.1	22.0	69.5	-1.95	11.8	22.8
	120	69.7	-1.45	12.0	22.1	68.7	-1.56	12.0	23.4	68.5	-1.33	12.8	24.0
	150	70.3	-1.35	13.2	22.7	69.9	-1.27	13.1	22.9	68.9	-1.16	13.7	24.0
	180	69.3	-1.23	13.2	23.3	69.1	-1.18	12.9	23.5	69.9	-1.22	13.3	23.9

Table 2. Textural properties of dehydrofrozen potatoes

Variety	Drying time (min)	Fracturability (g)	Hardness (g)	Cohesiveness	Adhesiveness (g, cm)	Gumminess
Namjak	0	10.57	20.71	0.427	5.16	8.84
	60	16.42	17.92	0.415	9.24	7.44
	90	19.00	20.29	0.473	10.75	9.60
	105	21.50	22.71	0.486	10.32	11.04
	120	21.50	25.49	0.466	11.79	11.88
	150	22.80	28.11	0.491	11.14	13.80
	180	27.81	33.50	0.492	10.04	16.48
Sumi	0	23.27	19.71	0.353	5.73	6.96
	60	24.00	23.09	0.459	7.31	10.60
	90	24.82	23.82	0.444	11.56	10.58
	105	22.04	24.40	0.462	9.32	11.27
	120	33.46	27.50	0.448	9.12	12.32
	150	32.34	43.80	0.480	11.40	21.02
	180	35.60	51.71	0.461	11.11	23.84

갈변화를 측정된 결과는 표 1와 같다. 즉, 저장기간중 L값이 약간 감소하였으며 표준백색(L=39.2, a=0.921, b=0.78)에 대한 ΔE값은 증가하여 저장중 약간의 갈변화가 일어남을 알 수 있었다. 한

편 건조시간이 길수록 L값이 낮아졌으며 a, b값이 큰 것으로 나타나 건조중 비효소적갈변화가 상당히 진행됨을 알 수 있었으며, 특히 150분 이상 건조할 경우 표면색깔이 급격히 갈변됨을 육안으

Table 3. Effect of SO₂ treatment on the color as Hunter value of dehydrofrozen potatoes

		Storage time (month)											
		0				1				2			
		L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE	L	a	b	ΔE
Control	Namjak	70.7	-1.81	11.4	21.5	69.8	-1.55	12.4	22.7	70.3	-1.45	12.0	22.1
	Sumi	70.9	-1.92	11.1	22.1	70.9	-1.71	11.1	21.2	70.5	-1.41	12.2	21.9
Treatment	Namjak	70.9	-2.05	11.7	21.5	70.0	-1.71	12.6	22.7	72.6	-1.60	12.0	20.2
	Sumi	71.1	-2.28	11.8	21.4	72.5	-2.28	10.9	19.7	71.9	-1.92	12.0	20.8

로 확인할 수 있었다.

4. 건조시간에 따른 텍스처의 변화

절단감자를 건조하여 3개월간 동결저장한 후 텍스처를 측정된 결과는 표 2와 같다. 건조가 진행될수록 견고성을 비롯한 전체측정항목이 증가하였으며 특히 건조시간이 2시간 이상이 되면서 그 경향은 두드러졌다. 품종에 따라서는 수미품종이 남작품종보다 부서짐성이 높았으며 이는 복원시 수미품종이 남작품종보다 表面構造가 원형에 가깝게 유지되는 것과 相關關係가 있는 듯하다.

5. Sulfite 處理效果

건조동결감자의 제조중 SO₂ 처리가 제품의 선택에 미치는 효과를 보기 위하여 0.5% NaHSO₃ 용액과 0.5% NaSO₃ 용액을 同量의 比率로 혼합한 沈漬液(2490ppm SO₂)에 블랜칭한 절단감자를 담가서 sulfite 처리를 한 다음 건조동결 저장하면서 색깔을 측정된 결과는 표 3과 같다. 즉 처리구 및 무처리구 共に 저장중 L값의 변화는 거의 없었으나 a 및 b 값은 약간 증가하는 경향을 보였다. 한편 sulfite 처리한 제품은 저장기간에 관계없이 무처리구에 비하여 L값이 크고 a 및 b 값이 작게 나타나 sulfite 처리효과를 확인할 수 있었다. 블랜칭과정중 갈변에 관련되는 효소는 대부분 불활성화되므로 건조나 저장중의 변색은 주로 마이알반응에 의하여 일어나는 것으로 생각된다.

한편 건조동결감자의 저장중 SO₂ 함량의 변화는 그림 8와 같다. 즉 건조하기 전 sulfite 처리 直後의 SO₂ 함량은 남작품종이 100ppm, 수미품종이 85ppm이었으며 건조후 약 70ppm 정도 殘存하였으며 2개월 저장후 그 함량은 60ppm으로 감소되어 비교적 변화폭이 적었다. SO₂ 함량이 50ppm

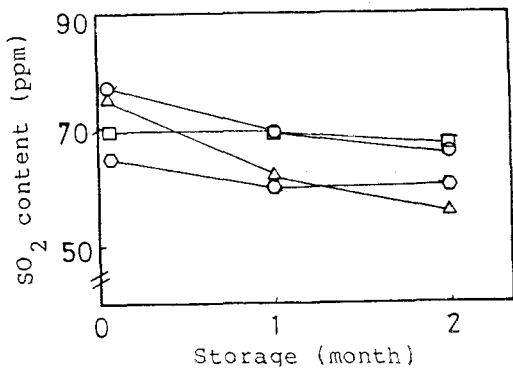


Fig. 8. Changes of SO₂ content in dehydrofrozen potatoes during storage.

- : Namjak, dried for 120min.
- △-△ : Namjak, dried for 150min.
- : Sumi, dried for 105min.
- ◇-◇ : Sumi, dried for 120min.

이상이 되면 SO₂의 특유한 맛을 감지할 수 있게 되어 최종 제품에서는 SO₂의 잔존량이 이보다 훨씬 낮은 수준으로 유지되도록 sulfite 처리시간이나 농도를 감소시켜야 할 것으로 생각된다.

要 約

건조동결감자의 복원성과 건조정도와의 관계를 조사한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 건조초기 단계에서 건조속도가 빨랐으며 2시간 건조후 절단감자의 중량감소는 수미품종이 56%이었으며 남작품종이 55%이었다. 절단감자의 건조중 수분의 이동은 다음의 실험식을 적용할 수 있었는데 남작품종의 경우 $\frac{M-M_e}{M_o-M_e} = \exp(-0.4487 \theta^{1.2328})$ 이었고

수미품종에서는 $\frac{M-M_e}{M_o-M_e} = \exp(-0.4951 \theta^{1.1949})$

이었다. 이 식에서 M_0 , M_e , M 은 각각 초기, 평형상태, 임의의 시간에서의 건물기준 수분함량(%)이며 θ 는 건조시간(h)이다. 건조동결감자는 건조감량이 50% 이상으로 되면서 복원성은 급격히 감소하였으며 L 값이 감소하고 a 와 b 값이 증가하는 경향을 보였다. 저장중 색깔의 변화는 거의 없었으며 sulfite 처리에 의해 L 값이 증가하고 a 와 b 값이 감소하였다.

참 고 문 헌

1. 남영중, 이현유, 오상룡, 김영수 : 농수산부 위탁시험연구사업보고, 농어촌개발공사종합식품연구원, pp.43~81(1984).
2. 농수산부 : 농림통계연보(1985)
3. Smith, O.: Potatoes; Production, Storing, Processing, AVI, Westport, pp.344~358, 593

- ~594(1968).
4. Tressler, D.K. van Arsdel, W.B. Copley, M. J.: The Freezing Preservation of Foods, AVI, Westport, pp.347~376(1968).
5. von Loesecke, H.W.: Drying and Dehydration of Foods, Reinhold Publishing Corp., New York, pp.283~285(1955).
6. Labelle, R.L. Moyer, J.C.: Food Technol., 20 : 105(1966).
7. Bourne, M.C.: J. Food Sci., 33,223(1968).
8. 전재근, 김공환 : 한국농화학회지, 17(1) : 42 (1974).
9. Manjeet S. Chinnan: Transactions of the ASAE, 27, 610(1984).
10. Lazar, M.E. Chapin, E.O., and Smith, G.S.: Food Technol., 15(1) : 32(1961).