

토란분말의 건조, 볶음 및 증자 조건에 따른 이화학적 특성

문지혜 · 최희돈 · 최인욱 · 김윤숙*
한국식품연구원

Physicochemical Properties of Taro Flours with Different Drying, Roasting and Steaming Conditions

Ji-Hye Moon, Hee Don Choi, InWook Choi, and Yoon-Sook Kim*
Korea Food Research Institute

Abstract To evaluate the processing adaptability of taro flours, the physicochemical properties of taro flour with different drying, roasting and steaming conditions were investigated. The moisture content and total dietary fiber were decreased as temperature increased with hot-air drying. Freeze-dried taro flours showed the highest vitamin C contents. Taro flours made by freeze-drying and hot-air drying showed significantly higher total dietary fiber content than those with roasting and steaming process. Steamed taro flours had the highest water absorption index, while hot-air dried and freeze dried taro flours had the highest water solubility index. No differences were displayed in the differential scanning calorimetry (DSC) thermal characteristics among hot-air dried and freeze dried taro flours. Roasted taro displayed decreased onset temperature and peak temperature as roasting temperature increased. Using a rapid visco-analyzer, the peak viscosity, through viscosity, and final viscosity of dried and steamed taro flours were higher than roasted taro flours, whereas the set back value, which is a prediction of retrogradation, decreased with steaming processing. From those results, it could be concluded that hot-air dried taro flours, which have high gelatinization viscosity, are beneficial in imparting viscosity to dough products and hot-air drying after steaming taro flours, which retard retrogradation, is good for porridge and flake base products.

Keywords: taro, taro flour, drying, roasting, steaming

서 론

토란은 아열대 지방에서 재배되는 괴경작물로 동남아시아, 중앙아프리카, 태평양 섬, 필리핀, 인도, 일본 등에서 재배된다(1). 국내에서는 2010년을 기준으로 189 ha의 재배면적에서 2,397톤이 생산되고 있다(2). 토란의 녹말은 입자가 작아서 음식을 만들어 먹으면 소화가 매우 잘되어 하와이나 태평양의 섬에서는 유아식으로 이용되고 있다(3). 토란을 이용한 음식으로는 토란국, 토란병, 토란김치 등이 있으며 태평양의 섬에서는 굽거나 삶아서 기름에 볶아 먹거나 토란을 발효시켜 포이(Poi)라는 발효식품을 만들어 먹기도 한다(4,5). 최근에는 토란 가루의 호화온도 상승의 효과와 노화지연 등의 특성을 이용하여 복합분 형태로 식품에 첨가하여 응용하거나(4,6), 토란가루의 수분과 지방흡수력의 물성을 이용하여 빵, 케이크, 비스킷 등의 첨가제로 사용하고 있다(7). 또한 기름에 튀긴 토란칩과 토란가루를 사출시켜 만든 파스타, 씨리얼, 팽화 snack 등의 다양한 가공식품의 소재로 사용되고 있으며(8,9), 상업적 안정제의 훌륭한 대체 물질로도 주목받고 있다(10,11).

토란은 수확 후 기계적 손상과 증산, 발아, 절단이나 박피 시 조직연화 및 갈변 현상에 의해 품질이 저하된다(12). 그리고 수분함량이 많아 장기간 저장이 불가능하기 때문에 수확 후 건조시켜 분말화하는 가공과정을 통해 상품화해야 할 필요가 있다. 토란을 분말화하면 수분활성도가 낮아져 저장성이 좋아지며 죽 및 여러 가공제품에 손쉽게 첨가할 수 있는 장점이 있다(13). Aboubakar 등(14)은 여섯 가지 종의 토란을 분말 및 전분의 형태로 제조하여 물리화학적 및 열적 특성을 연구하였으며, Njintang 등(15)은 다섯 가지 종의 토란분말의 기능적 특성을 비교하고 죽 형태로 제조 시 관능적 특성을 조사하였다. 이에 더불어 Njintang 등(16)은 토란죽의 재료로 이용되는 토란분말 제조 시 삶는 시간 및 건조온도가 이화학적 특성에 미치는 영향과 소화성에 대해 연구하였고, Iwuoha 등(17)은 참마로 찜 과정을 거친 분말을 제조하여 이화학적 특성을 비교하였다.

이에 따라 본 연구에서는 토란 분말의 가공 활용도를 높이기 위해 국내에서 재배되는 대표 품종인 알토란으로 열풍건조, 동결건조, 건조 후 로스팅처리 및 증자 후 건조처리의 방법을 이용하여 토란분말을 제조하였고 이들의 영양성분과 이화학적 특성의 변화를 관찰하여 토란분말의 가공적성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에서는 전라남도 구례군에서 생산된 알토란을 시료로 사용하였으며, 구입한 시료는 실험에 사용할 때까지 2-5°C에서

*Corresponding author: Yoon-Sook Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9281
Fax: 82-31-780-9281
E-mail: kimyus@kfri.re.kr
Received June 7, 2011; revised August 17, 2011;
accepted August 21, 2011

보관하였다.

건조방법에 따른 토란분말의 제조

알토란의 껍질을 제거한 후 얇게 슬라이스하여 40°C의 열풍건조기에서 16시간, 60°C의 열풍건조기에서 6시간, 80°C의 열풍건조기에서 3시간 동안 각각 열풍건조를 하거나 또는 동결건조기를 이용하여 건조한 후 mixer를 이용하여 분쇄하였다. 분쇄한 토란분말을 60 mesh의 체를 통과시켜 균일한 입자를 가지는 토란분말을 제조하였으며 이를 밀봉시켜 4°C에서 보관하면서 시료로 사용하였다.

로스팅 및 증자 처리에 따른 토란분말의 제조

로스팅 처리 토란분말을 제조하기 위하여 알토란의 껍질을 제거한 후 얇게 슬라이스하여 60°C에서 열풍건조하여 말린 후 롤밀로 조분쇄하고 150, 180 및 210°C의 열풍건조기에서 10분 동안 로스팅하였다. 이를 mixer로 분쇄하여 60 mesh의 체를 통과시켜 균일한 입자를 가지는 분말을 제조하였다. 증자처리 토란분말을 제조하기 위하여 알토란을 박피한 후 steam 발생기를 이용하여 95°C의 온도로 30분 동안 상압증자하거나, autoclave에서 121°C의 온도로 15분 또는 30분 동안 가압증자한 후 이를 60°C 열풍건조기에서 말린 후 mixer로 분쇄하여 60 mesh의 체를 통과시켜 균일한 입자크기를 가지게 하였다. 각 토란분말은 밀봉시켜 4°C에 보관하면서 시료로 사용하였다.

색도

색도는 색도계(Color QUEST II, Hunter Associates Laboratory Inc. Reston, VA, USA)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness/greenness), 황색도(b, yellowness/blueness)로 나타내었다.

수분함량 측정

수분함량은 AOAC법(18)에 따라 105°C에서 상압 가열 건조법을 이용하여 측정하였다.

비타민 C 함량 측정

토란분말의 비타민 C의 함량은 DNP 법(19)에 의해 측정하였다.

식이섬유 함량 측정

식이섬유 함량은 Prosky 등(20)의 방법에 따라 total dietary fiber assay kit(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 측정하였다.

수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI)

WAI(Water Absorption Index)값과 WSI(Water Solubility Index)값은 Anderson(21)과 Phillips(22)의 방법으로 측정하였다. 토란 분말 1g에 증류수 30 mL를 잘 혼합하여 25°C에서 1분간 혼합한 후 10,000 rpm에서 15분간 원심분리하였다. 상등액은 미리 무게를 구한 수분정량 수기에서 건조하여 고형분량을 WSI로 측정하였으며, 침전물의 무게를 측정하여 다음과 같이 계산하였다.

$$\begin{aligned} \text{수분흡수지수(WAI)} &= \text{침전물의 양/시료량(건물)} \\ \text{수분용해지수(WSI, \%)} &= \text{상등액 고형분량/시료량} \times 100 \end{aligned}$$

DSC(differential scanning calorimetry)에 의한 호화특성

토란분말과 증류수를 1:2의 비율로 하여 DSC(DSC7, Perkin-

Elmer Co., Waltham, MA, USA)를 이용하여 열적특성을 조사하였다(23). 이때 온도는 30°C에서 130°C까지 10°C/min의 속도로 가열하였으며, reference는 빈 시료팬을 사용하였다. 얻어진 흡열피크로부터 엔탈피(ΔH)를 구하였고, 호화개시온도(T_o: onset temperature)와 최대호화온도(T_p: peak temperature)를 분석하였다.

RVA(rapid visco-analyzer)에 의한 호화특성

RVA(RVA-3D, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 사용하여 토란분말의 호화양상을 조사하였다(24). 토란분말을 12% (w/w) 농도가 되도록 칭량하고 이에 가수하여 30 mL로 정용하고 현탁시킨 후 RVA-3D로 점도변화를 측정하였다. 온도 프로그램은 작동 후 1분 동안은 50°C를 유지, 4분 안에 95°C로 가열, 3분 동안 95°C로 유지, 4분 안에 50°C로 냉각 후 1분 동안 50°C로 유지하였다. 페달의 회전속도는 160 rpm으로 고정하여 페이스트 점도를 측정하였다. 곡선으로부터 pasting temperature, peak viscosity, through viscosity, final viscosity, breakdown, setback을 각각 산출하였다.

통계처리

실험 데이터는 SAS 통계 프로그램(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석을 행하였으며 ANOVA 분석 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다. 모든 항목은 3회 반복 실험하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

결과 및 고찰

토란분말의 색도변화

토란의 건조방법에 따른 색도의 변화를 Table 1에 나타내었다. 열풍건조 온도가 40°C에서 80°C로 건조온도가 높아질수록 L값(명도)은 큰 변화를 나타내지 않았으며 황색도는 약간 증가하였다. 또한 동결건조한 토란분말의 L값이 92.76으로 가장 높게 나타났다. Kim 등(3)이 토란의 건조방법으로 동결건조, 열풍건조, 천일건조법을 시행한 결과 동결건조 방법으로 건조시킨 토란 가루의 명도값이 가장 높게 나타난 보고와 유사한 경향이었다. b값(황색도)은 열풍건조의 온도가 높아질수록 8.10에서 10.55까지 점차 증가하였고, 이는 토란 분말이 열에 의해 갈변현상이 일어나 L값은 감소하고 a값과 b값이 증가한 것으로 생각되며 이는 Lee 등(25)의 천마의 건조방법에 따른 색도변화의 경향과 유사하였다.

건조 후 로스팅 처리와 증자 후 건조 처리한 토란분말의 색도변화를 측정한 결과는 Table 1에 나타내었다. 건조 후 로스팅 처리한 토란분말의 L값은 처리온도가 150°C에서 210°C로 증가함에 따라 감소하였고 a값(적색도)과 b값(황색도)도 건조처리만 한 토란분말에 비해 크게 증가하였다. Chung 등(26)이 로스팅 온도에 따른 울무의 색도를 측정한 결과 로스팅 온도가 190°C 이상에서는 L값이 크게 감소하고 적색도는 상승하였다고 보고한 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

증자조건에 따른 색도의 영향으로 95°C에서 30분 동안 상압 증자 후 건조 처리한 토란분말의 L값은 84.03으로 나타났다. 또한 121°C에서 15분간 가압 증자 후 건조 처리한 토란분말의 L값은 81.38로 121°C에서 30분간 가압 증자 후 건조한 토란분말의 L값과 같은 것으로 나타났으며 가압 증자 한 토란분말이 상압 증자 후 건조한 토란분말보다 낮은 L값을 보였다. 황색도의 경우 열풍건조 하거나 동결건조 처리만 한 토란분말과도 큰 차이를 나타내지 않았다.

Table 1. The Hunter's color value of taro flours prepared with different drying, roasting and steaming conditions

Samples ¹⁾	L	a	b
HADTF 40	90.95	-0.43	8.10
HADTF 60	90.93	-0.49	8.50
HADTF 80	89.37	-0.17	10.55
FDTF	92.76	-1.07	9.09
HADRTF 150	84.78	1.72	12.54
HADRTF 180	77.97	3.04	15.28
HADRTF 210	70.36	4.07	15.75
STHADTF 95-30	84.03	-0.73	5.97
STHADTF 121-15	81.38	-0.17	8.38
STHADTF 121-30	81.38	-0.12	9.52

¹⁾Taro flour samples were prepared by hot-air dried at 40°C (HADTF 40°C), hot-air dried at 60°C (HADTF 60°C), hot-air dried at 80°C (HADTF 80°C), freeze dried (FDTF), hot-air dried at 60°C and roasted at 150°C (HADRTF 150v), hot-air dried at 60°C and roasted at 180°C (HADRTF 180°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 210°C (HADRTF 210°C), steamed 30 min at 95°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 95-30°C), steamed 15 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-15°C), and steamed 30 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-30°C).

Table 2. The moisture and vitamin C content of taro flours prepared with different drying conditions

Samples ¹⁾	Moisture (%)	Vit.C (mg%, dry basis)
HADTF 40	7.46±0.63 ^{2)a3)}	6.46±0.10 ^b
HADTF 60	6.13±0.56 ^b	6.26±1.51 ^b
HADTF 80	5.61±0.09 ^b	5.04±1.39 ^b
FDTF	5.74±0.04 ^b	30.55±0.07 ^a

¹⁾Taro flour samples were prepared by hot-air dried at 40°C (HADTF 40°C), hot-air dried at 60°C (HADTF 60°C), hot-air dried at 80°C (HADTF 80°C), freeze dried (FDTF).

²⁾Each value represents mean±SD (n=3)

³⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$)

수분 함량 및 비타민 C 함량

토란에 함유된 비타민은 주로 ascorbic acid이며(86%), 나머지는 niacin, thiamin, riboflavin이다. 토란의 비타민 C는 토란의 숙성, 재배환경, 저장조건에 큰 영향을 받으며 특히 토란의 가공과정 중에 손실되기 쉬운 영양소이다. 따라서 토란의 건조방법에 따른 수분함량과 비타민 C의 함량을 측정하였다(Table 2). 토란 분말의 수분함량은 5.61-7.46%로 건조온도가 높아질수록 수분함량이 점차 감소하였고 동결건조한 토란분말은 열풍건조된 토란 분말에 비하여 5.74%로 비교적 낮은 수분함량을 나타내었다. 비타민 C의 함량은 동결건조한 토란분말이 30.55 mg%로 가장 높았으며, 40-60°C에서 열풍건조시에는 5.04-6.46 mg%로 열에 의하여 동결건조 분말에 비해 비타민 C 함량이 크게 감소하였다.

식이섬유 함량

토란분말의 건조방법에 따른 식이섬유 함량의 변화는 Table 3과 같았다. 40°C에서 열풍 건조한 토란분말의 식이섬유함량은 26.13 g/100 g dry basis로 가장 높았고 열풍 건조 시 온도가 높아질수록 식이섬유의 함량이 점차 감소하였다. 동결 건조한 토란분말은 17.60 g/100 g dry basis로 60°C 및 80°C에서 열풍 건조한 시료와 차이를 나타내지 않았다.

건조후 로스팅 또는 증자 후 건조 처리한 토란분말의 식이섬

Table 3. The total dietary fiber content of taro flours prepared with different drying, roasting and steaming conditions

Samples ¹⁾	Total dietary fiber (% dry basis)
HADTF 40	26.13±0.49 ^{2)a3)}
HADTF 60	18.35±0.56 ^b
HADTF 80	17.25±0.31 ^b
FDTF	17.60±0.06 ^b
HADRTF 150	13.61±0.03 ^d
HADRTF 180	14.86±0.13 ^c
HADRTF 210	13.57±0.04 ^d
STHADTF 95-30	15.21±0.02 ^b
STHADTF 121-15	15.42±0.06 ^b
STHADTF 121-30	15.96±0.02 ^a

¹⁾Taro flour samples were prepared by hot-air dried at 40°C (HADTF 40°C), hot-air dried at 60°C (HADTF 60°C), hot-air dried at 80°C (HADTF 80°C), freeze dried (FDTF), hot-air dried at 60°C and roasted at 150°C (HADRTF 150°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 180°C (HADRTF 180°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 210°C (HADRTF 210°C), steamed 30 min at 95°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 95-30°C), steamed 15 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-15°C), and steamed 30 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-30°C).

²⁾Each value represents mean±SD (n=3)

³⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$)

유 함량의 변화를 측정된 결과(Table 3), 180°C에서 건조 후 로스팅한 토란 분말의 식이섬유 함량은 14.86 g/100 g dry basis로 150°C와 210°C에서 건조한 후 로스팅한 토란분말 보다 약간 높게 나타났으나 큰 유의적 차이는 보이지 않았다. 증자 후 건조 처리 구에서도 상압 증자의 경우 15.21 g/100 g dry basis로, 가압 증자한 토란은 각각 15.42, 15.96 g/100 g dry basis의 식이섬유 함량을 나타내었고 가압조건과 시간에 따라서는 토란분말의 식이섬유 함량이 큰 차이가 없었다. 그러나 건조 후 로스팅 처리한 토란분말의 식이섬유 함량은 증자 후 건조 처리한 토란의 식이섬유 함량에 비하여 유의적으로 낮은 값을 나타내어 로스팅에 의한 식이섬유의 감소를 관찰할 수 있었다. Maga 등(9)은 생토란에 비하여 끓이거나 증자 및 구운 토란의 식이섬유 함량은 항상 되었으며 조리방법에 따른 식이섬유 함량은 차이를 나타내지 않았다고 보고한바 있다. 일반적으로 열처리에 의하여 불용성 식물 세포벽으로부터 식이섬유가 용해되거나 제한된 수분조건에서 건조 열처리시 전분이 소입자화 되어 서로 결합하게 되면 새로운 식이섬유를 만들게 되어 식이섬유 함량이 증가하는 현상을 나타내게 된다(27). 본 실험의 결과에서 열처리를 하지 않은 동결건조 토란분말에 비해 열풍 건조한 토란분말의 경우 식이섬유 함량이 높았지만 건조 후 로스팅 및 증자 후 건조 처리한 토란분말의 경우에는 식이섬유 함량이 낮아 다소 다른 경향을 나타내었다.

수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI)

건조방법을 달리하여 제조한 토란분말의 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI)를 측정하였다(Table 4). 열풍 건조한 토란 분말의 수분흡수지수는 건조온도가 증가함에 따라 수분흡수지수가 상승하는 경향을 보였다. 이와 달리 수분용해지수는 건조온도가 높아질수록 26.84%에서 21.24%로 감소하였고 동결 건조한 토란분말은 31.05%로 가장 높은 수치를 나타내었다. Njintang 등(16)은 토란분말을 50-80°C의 열풍건조기에서 건조시켰을 때 건조온도가 증가함에 따라 수분용해지수는 증가하는 경향을 나타내었다. Shih 등(28)은 열풍건조나 extrusion된 고구마 분말이 동

Table 4. The water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) of taro flours prepared with different drying, roasting and steaming conditions

Samples ¹⁾	WAI	WSI (%)
HADTF 40	2.50±0.09 ^{2)c3)}	26.84±0.66 ^b
HADTF 60	3.66±0.08 ^a	23.56±0.27 ^c
HADTF 80	3.41±0.11 ^b	21.24±0.01 ^d
FDTF	2.72±0.01 ^c	31.05±0.47 ^a
HADRTF 150	3.04±0.10 ^f	8.60±0.24 ^a
HADRTF 180	3.78±0.04 ^d	6.96±0.02 ^c
HADRTF 210	3.61±0.01 ^e	6.05±0.01 ^d
STHADTF 95-30	4.99±0.07 ^a	7.89±0.42 ^{ab}
STHADTF 121-15	4.40±0.03 ^c	7.34±0.15 ^{bc}
STHADTF 121-30	4.69±0.08 ^b	8.24±0.58 ^a

¹⁾Taro flour samples were prepared by hot-air dried at 40°C (HADTF 40°C), hot-air dried at 60°C (HADTF 60°C), hot-air dried at 80°C (HADTF 80°C), freeze dried (FDTF), hot-air dried at 60°C and roasted at 150°C (HADRTF 150°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 180°C (HADRTF 180°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 210°C (HADRTF 210°C), steamed 30 min at 95°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 95-30°C), steamed 15 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-15°C), and steamed 30 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-30°C).

²⁾Each value represents mean±SD (n=3)

³⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$)

결 건조된 고구마분말에 비해 수분용해지수가 높게 나타났으며 이는 가공처리 과정으로 인하여 전분분해가 더 많이 이루어져 soluble matrix가 증가됨에 따라 수분용해지수가 증가된 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 열풍건조보다 동결 건조된 토란분말이 수분용해지수가 더 높아 다소 다른 경향을 나타내었다.

건조 후 로스팅 또는 증자 후 건조 처리한 토란분말의 수분흡수지수와 수분용해지수는 Table 4와 같았다. 토란분말을 150-210°C에서 로스팅하였을 때 수분흡수지수는 3.04-3.78로 큰 차이를 나타내지 않았으며 증자 후 건조 처리를 한 토란분말의 수분흡수지수는 4.40-4.99로 건조 후 로스팅을 한 토란분말보다 높게 나타났다. 이는 증자 과정을 거치면서 분말의 내부침투도가 낮아져 수분흡수지수가 증가한 것으로 생각된다(29). 또한 식이섬유의 함량이 높을수록 수분보유능력이 커지므로(30) 건조 후 로스팅 처리군보다 증자 후 건조 처리군의 수분흡수지수가 더 높게 나타난 것으로 사료된다. 수분용해지수는 건조 후 로스팅 처리한 토란분말과 증자 후 건조 처리한 토란분말에서 큰 차이를 나타내지 않았으나, 열풍건조 및 동결건조 처리한 토란분말에 비해 현저히 낮은 값을 나타내었다.

DSC에 의한 호화특성

토란분말의 호화 중 열역학적 특성을 DSC를 이용하여 측정된 결과(Table 5), 열풍건조 및 동결건조한 토란분말의 호화개시온도(T_o)는 87.76-89.04°C로 유의적인 차이를 보이지 않았다. 최대호화온도(T_p)는 40-80°C의 온도에서 열풍건조시 93.38-95.58°C로 나타났으며, 동결건조시 93.75°C로 건조방법에 따른 시료간의 유의적인 차이가 없었다. Aboubakar 등(14)은 여섯가지 토란분말을 50로 열풍건조하여 DSC를 측정한 결과 호화개시온도가 56.14-65.49°C, 최대호화온도는 58.99-69.75°C로 본 연구결과보다 낮은 값을 나타내었다. 호화엔탈피(ΔH)는 40°C와 80°C에서 열풍건조한 토란분말이 각각 13.44 J/g과 11.38 J/g로 나타났으며 동결건조한 토란분말은 7.59 J/g으로 가장 낮은 값을 나타내었으나 건조방

Table 5. The DSC (Difference scanning calorimetry) characteristics of taro flours prepared with different drying, roasting and steaming conditions

Samples ¹⁾	T_o ²⁾ (°C)	T_p ³⁾ (°C)	ΔH ⁴⁾ (J/g)
HADTF 40	88.90±0.93 ⁵⁾⁶⁾	95.58±1.44 ^a	13.44±4.93 ^a
HADTF 60	87.76±0.89 ^a	93.38±0.73 ^a	9.46±0.47 ^a
HADTF 80	88.66±0.18 ^a	94.31±0.12 ^a	11.38±0.05 ^a
FDTF	89.04±0.95 ^a	93.75±0.76 ^a	7.59±0.88 ^a
HADRTF 150	85.40±0.43 ^a	92.70±0.01 ^a	11.78±0.55 ^a
HADRTF 180	83.57±0.05 ^b	89.92±0.60 ^b	9.29±1.03 ^a
HADRTF 210	77.43±0.54 ^c	85.70±0.13 ^c	12.00±2.76 ^a
STHADTF 95-30	n.d. ⁷⁾	n.d.	n.d.
STHADTF 121-15	n.d.	n.d.	n.d.
STHADTF 121-30	n.d.	n.d.	n.d.

¹⁾Taro flour samples were prepared by hot-air dried at 40°C (HADTF 40°C), hot-air dried at 60°C (HADTF 60°C), hot-air dried at 80°C (HADTF 80°C), freeze dried (FDTF), hot-air dried at 60°C and roasted at 150°C (HADRTF 150°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 180°C (HADRTF 180°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 210°C (HADRTF 210°C), steamed 30 min at 95°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 95-30°C), steamed 15 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-15°C), and steamed 30 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-30°C).

²⁾ T_o : onset temperature

³⁾ T_p : peak temperature

⁴⁾ ΔH : enthalpy

⁵⁾Each value represents mean±SD (n=3)

⁶⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different ($p < 0.05$)

⁷⁾n.d.: not detected

법에 의한 유의성은 보이지 않았다. Kwon 등(31)은 마의 경우 동결건조에 비해 열풍건조의 열처리를 통해 호화개시온도가 상승되어 이 같은 호화특성 변화를 통하여 제빵적성과 같은 가공제품 개발의 검토를 제시한 바 있다.

건조 후 로스팅 처리에 따른 토란분말의 열역학적 특성으로, 150-210°C로 로스팅한 토란분말은 77.43-85.40°C로 나타났으며 로스팅 온도가 높아질수록 호화개시온도가 낮아지는 경향을 나타내었다. 최대호화온도(T_p)도 로스팅 온도가 증가함에 따라 감소하였다. 호화엔탈피(ΔH)의 변화는 150-210°C에서 로스팅 처리한 토란분말에서 9.29-12.00 J/g로 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. Sodhi 등(32)은 높은 호화개시온도, 최대호화온도 및 호화종결온도는 작은 전분입자들의 치밀한 성질과 입자 내 전분분자의 규칙성이 높은 것에 기인한다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 로스팅 온도가 증가함에 따라 전분분자의 질서가 낮아져 호화개시온도 및 호화최대온도가 감소하는 것으로 판단된다. 건조 후 로스팅 과정을 거친 토란분말은 모두 일정한 엔탈피를 갖는 흡열반응 곡선을 나타내는 반면 증자 후 건조시킨 토란분말은 호화개시온도와 최대호화온도 및 엔탈피를 갖지 않는 곡선으로 나타났다.

RVA에 의한 호화특성

건조방법에 따른 토란분말의 RVA 특성을 조사한 결과는 Table 6과 같았다. 열풍건조 및 동결 건조한 토란 분말의 pasting temperature는 46.65-52.30°C로 나타났으며, 열풍건조 온도가 높아질수록 점차 낮아졌고 동결 건조한 토란분말과도 유의적인 차이를 나타내었다. 최고점도(peak viscosity)는 열풍건조 온도가 높아질수록 1279 cP에서 1896 cP로 상승하였으며 60°C와 80°C에서 열풍 건조한 토란분말이 동결 건조한 토란분말보다 더 높게 나타

Table 6. The RVA (Rapid visco-analyzer) pasting properties of taro flours prepared with different drying roasting and steaming conditions

Samples ¹⁾	Pasting temp. (°C)	Peak viscosity (cP)	Through viscosity (cP)	Final viscosity (cP)	Breakdown	Setback
HADTF 40	52.30±0.28 ^{2) a3)}	1279.00±4.24 ^b	752.00±18.38 ^b	2398.00±8.49 ^c	527.00±14.14 ^a	1646.00±26.87 ^c
HADTF 60	51.15±0.07 ^{ab}	1640.50±105.36 ^{ab}	886.00±155.56 ^b	2946.50±40.31 ^b	754.50±50.20 ^a	2060.50±115.26 ^b
HADTF 80	46.65±0.35 ^c	1896.00±32.53 ^a	1271.50±51.62 ^a	3315.50±37.48 ^a	624.50±19.09 ^a	2044.00±89.10 ^b
FDTF	49.30±1.41 ^b	1574.00±304.06 ^{ab}	735.00±8.49 ^b	3466.00±206.48 ^a	839.00±295.57 ^a	2731.00±197.99 ^a
HADRTF 150	46.05±0.07 ^b	698.50±72.83 ^c	572.50±58.69 ^c	1304.50±118.09 ^b	126.00±14.14 ^c	732.00±59.40 ^a
HADRTF 180	47.80±0.42 ^b	107.00±0.01 ^d	99.00±0.01 ^d	220.00±2.83 ^c	8.00±0.01 ^c	121.00±2.83 ^d
HADRTF 210	48.60±0.57 ^a	42.50±0.71 ^d	40.00±1.41 ^d	61.50±0.71 ^c	2.50±0.71 ^c	21.50±0.71 ^e
STHADTF 95-30	n.d. ⁴⁾	1978.00±255.97 ^a	1488.00±137.18 ^a	1857.00±173.95 ^a	490.00±118.79 ^a	369.00±36.77 ^b
STHADTF 121-15	n.d.	1740.50±55.86 ^a	1431.00±65.05 ^a	1799.50±70.00 ^a	309.50±9.19 ^b	368.50±4.95 ^b
STHADTF 121-30	n.d.	1456.00±46.67 ^b	1036.50±38.89 ^b	1329.50±45.96 ^b	419.50±7.78 ^{ab}	293.00±7.07 ^c

¹⁾Taro flour samples were prepared by hot-air dried at 40°C (HADTF 40°C), hot-air dried at 60°C (HADTF 60°C), hot-air dried at 80°C (HADTF 80°C), freeze dried (FDTF), hot-air dried at 60°C and roasted at 150°C (HADRTF 150°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 180°C (HADRTF 180°C), hot-air dried at 60°C and roasted at 210°C (HADRTF 210°C), steamed 30 min at 95°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 95-30°C), steamed 15 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-15°C), and steamed 30 min at 121°C and hot-air dried at 60°C (STHADTF 121-30°C).

²⁾Each value represents mean±S.D. (n=3)

³⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different (p<0.05)

⁴⁾n.d.: not detected

났다. 이러한 결과는 Kwon 등(28)의 건조방법에 따른 마 분말의 호화특성 변화 연구에서 최고점도 및 최고점도 도달온도가 동결 건조 시료보다 65°C에서 열풍 건조한 시료에서 값이 더 높았다는 보고와 유사하게 나타났다. 또한 pasta에서 분리한 전분을 건조온도를 달리하여 점도변화를 측정하였을 때 저온건조 pasta가 고온건조 pasta보다 점도가 낮게 나타났으며 저온건조에 의해 전분입자의 손상이 더 크기 때문에 이에 따른 pasting viscosity도 감소한다는 보고한 바 있어 본 실험 결과도 이러한 영향에 의한 것으로 판단된다(33). 냉각 중 전분입자가 붕괴되기 쉬운 정도를 나타내는 breakdown과 냉각 후 노화의 정도를 나타내는 setback은 동결 건조한 토란분말에서 가장 높게 나타났다.

건조 후 로스팅 또는 증자 후 건조 처리한 토란분말의 RVA 특성을 조사한 결과(Table 6), pasting temperature는 토란을 열풍 건조 후 150°C에서 210°C로 로스팅 처리시 46.05-48.60°C로 로스팅 온도가 높아질수록 점차 증가하였다. 또한 최고점도(peak viscosity)와 최저점도(through viscosity) 및 최종점도(final viscosity)는 로스팅 온도가 증가할수록 점차 감소하였다. 특히 로스팅 처리온도가 150°C에서보다 180°C와 210°C에서 로스팅 처리를 하는 경우에는 점도가 크게 감소하였으며 열풍 건조 및 동결 건조 시료에 비해 점도가 크게 저하되었다. 냉각 중 전분입자가 붕괴되기 쉬운 정도를 나타내는 breakdown과 냉각 후 노화의 정도를 나타내는 setback도 로스팅 온도가 높아질수록 크게 감소하였다. Lee 등(34)은 멥쌀가루의 볶음온도가 증가함에 따라 타락죽의 점도가 저하되는 경향을 보고한 바 있다. 또한 이러한 결과에 대하여 로스팅과 같은 가공과정중 amylase 용출에 의한 전분손상 및 손실로 전분입자의 팽윤력과 수화를 감소시켜 pasting viscosity를 감소시키는 것에 기인한다고 보고한 바 있다. 증자하여 건조한 토란분말은 증자과정으로 인하여 이미 호화된 이후에 분말화 한 것이므로 호화개시온도가 나타나지 않았으며, 최고점도, 최저점도 및 최종점도는 높게 나타났다. 상압증자시 가압증자에 비해 점도, breakdown 및 setback의 수치가 좀 더 높게 나타났다.

요 약

토란분말의 가공 활용도를 높이기 위해서 열풍건조, 동결건조, 건조 후 로스팅 및 증자 후 건조 처리하는 가공공정을 이용하여 토란분말을 제조하였으며, 이들의 영양성분 및 이화학적 특성의 변화를 관찰하여 가공적성을 검토하였다. 토란분말의 수분함량과 식이섬유 함량은 열풍건조 온도가 높아질수록 감소하였고 비타민 C 함량은 동결 건조한 토란분말에서 가장 높았다. 건조 후 로스팅하거나 증자 후 건조 처리한 토란분말의 식이섬유 함량은 열풍 건조나 동결 건조한 분말에 비해 감소하였다. 수분흡수지수는 상대적으로 증자 후 건조 처리한 분말에서 높게 나타났고 수분용해지수는 열풍건조 및 동결 건조한 토란분말에서 높게 나타났다. DSC를 이용한 토란분말의 호화 중 열역학적 특성은 열풍건조와 동결 건조한 토란분말에서 유의성 있는 차이를 보이지 않았으며, 건조 후 로스팅 처리 온도가 높아질수록 호화개시온도와 최대호화온도는 감소하였다. RVA 특성에서는 열풍 건조 시 온도가 높아질수록 호화개시온도가 점차 낮아지고 최고점도는 증가하였으며 전분입자가 붕괴되기 쉬운 정도를 나타내는 breakdown과 냉각 후 노화의 정도를 나타내는 setback의 수치도 높게 나타났다. 반면 증자 후 건조 처리한 토란분말은 최고점도가 높게 나타났으나 breakdown 및 setback의 수치는 낮게 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때, 열풍 건조한 토란분말의 경우 식이섬유 함량이 높으며, 호화 시 점도가 높아 반죽제품의 점도부여에 적합할 것으로 판단되며, 증자 후 건조 처리한 토란분말의 경우 수분흡수지수가 다른 처리분말에 비해 높고 호화 시 점도가 높으면서 노화를 지연시키는 작용을 하기 때문에 죽이나 후레이크 같은 분말제품이나 dough의 첨가제로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 과제의 일부로 이에 감사를 드립니다.

문헌

1. Sajeev MS, Manikantan MR, Kingsly ARP, Moorthy SN, Sreekumar J. Texture analysis of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) cormels during storage and cooking. *J. Food Sci.* 69: 315-321 (2004)
2. MFAFF. Marketing policy bureau. p. 9. Present condition and actual production of vegetables from greenhouse. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Gyeonggi-do, Korea (2010)
3. Kim EK, Kim CJ. Physicochemical and processing property of taro and taro starch. *Food Ind. Nutr.* 3: 55-64 (1998)
4. Kim EK, Chung EK, Lee HO, Yum CA. A study on physicochemical properties of taro during the pretreatment process of making *toranbyung*. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 5: 255-262 (1995)
5. Allen ON, Allen EK. The manufacture of poi from taro in Hawaii. Hawaii Agriculture Experiment Station. Honolulu, HI, USA (1933)
6. Jane J, Shen L, Chen J, Lim S, Kasemsuwan T, Nip WK. Physical and chemical studies of taro starches and flours. *Cereal Chem.* 69: 528-535 (1992)
7. Godoy CV, Tulin EE, Quevedo ES. Physicochemical properties of raw and blanched taro flours. *J. Food Process. Pres.* 16: 239-252 (1992)
8. Crabtree J, Baldry J. The use of taro products in bread making. *J. Food Technol.* 17: 771-777 (1982)
9. Maga JA, Liu MB, Rey T. Taro extrusion. *Carbohydr. Polym.* 21: 177-178 (1993)
10. Onyeike EN, Olungwe T, Uwakwe AA. Effect of heat-treatment and defatting on the proximate composition of some Nigerian local soup thickeners. *Food Chem.* 53: 173-175 (1995)
11. Hong GP, Nip WK. Functional properties of precooked taro flour in sorbets. *Food Chem.* 36: 261-270 (1990)
12. Jeong JW, Park KJ, Lee HJ, Kim JH, Kwon KH. Effect of immersion liquids on quality characteristics of peeled taro during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 742-750 (2006)
13. Njintang YN, Mbofung CMF. Development of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flour as an ingredient for food processing: Effect of gelatinisation and drying temperature on the dehydration kinetics and colour of flour. *J. Food Eng.* 58: 259-265 (2003)
14. Aboubakar, Njintang YN, Scher J, Mbofung CMF. Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *J. Food Eng.* 86: 294-305 (2008)
15. Njintang YN, Mbofung CMF, Moates GK, Parker ML, Craig F, Smith AC, Waldron WK. Functional properties of five varieties of taro flour, and relationship to creep recovery and sensory characteristics of achu (taro based paste). *J. Food Eng.* 82: 114-120 (2007)
16. Njintang YN, Mbofung CMF. Effect of pre-cooking time and drying temperature on the physico-chemical characteristics and *in-vitro* carbohydrate digestibility of taro flour. *Lebensm. -Wiss. Technol.* 39: 684-691 (2006)
17. Iwuoha CI. Comparative evaluation of physicochemical qualities of flours from steam-processed yam tubers. *Food Chem.* 85: 541-551 (2004)
18. AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 15th ed. Method 777, 780, 788. Association of Official Analytical Communities, Arlington, VA, USA (1990)
19. Ku KM, Kim HS, Kim BS, Kang YH. Antioxidant activities and antioxidant constituents of pepper leaves from various cultivars and correlation between antioxidant activities and antioxidant constituents. *J. Appl. Biol. Chem.* 52: 70-76 (2009)
20. Prosky L, Asp N, Swizer TF, Devries J, Furda I. Determination of insoluble and total dietary fiber on foods and food products: Interlaboratory study. *J. AOAC Int.* 71: 1017-1023 (1988)
21. Anderson RA. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem.* 59: 265-271 (1982)
22. Phillips RD, Chinnan MS, Granch AL, Miller J, Mcwatters KH. Effects of pre-treatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *J. Food Sci.* 53: 805-809 (1998)
23. Donovan JW. Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers* 18: 263-267 (1979)
24. Tie J, Park HY, Ryu GH. Characteristics of cereals prepared by extrusion-cooking and freeze-drying. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 757-762 (2005)
25. Lee BY, Choi HS, Hwang JB. Analysis of food components of *Gastrodiae Rhizoma* and changes in several characteristics at the various drying conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 37-42 (2002)
26. Chung HS, Kim JK, Youn KS. Effects of roasting temperature on phytochemical properties of Job's tears (*Coix lachryma Jobi* L. var *ma-yeun*) powder and extracts. *Korean J. Food Preserv.* 13: 477-482 (2006)
27. Hwang JK, Kim CT, Cho SJ, Kim CJ. Effects of various thermal treatments on physicochemical properties of wheat bran. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 394-403 (1995)
28. Shih MC, Kuo CC, Chiang W. Effects of drying and extrusion on colour, chemical composition, antioxidant activities, and mitogenic response of spleen lymphocytes of sweet potatoes. *Food Chem.* 117: 114-121 (2009)
29. Lim JH, Kim JH, Seo YH, Moon KD. Effects of low-temperature blanching on physical properties of chestnut powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1216-1220 (1999)
30. Kye SK. Water binding capacity of vegetable fiber. *Korean J. Food Nutr.* 9: 231-235 (1996)
31. Kwon JH, Lee GD, Lee SJ, Chung SK, Choi JU. Changes in chemical components and physical properties with freeze drying and hot air-drying of *Dioscorea batatas*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 908-913 (1998)
32. Sodhi NS, Singh N. Morphological, thermal, and rheological properties of starches separated from rice cultivars grown in India. *Food Chem.* 80: 99-108 (2003)
33. Yue P, Rayas-Duarte P, Elias E. Effect of drying temperature on physicochemical properties of starch isolated from pasta. *Cereal Chem.* 76: 541-547 (1999)
34. Lee GC, Kim SJ, Koh BK. Effect of roasting condition on the physicochemical properties of rice flour and the quality characteristics of *tarakjuk*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 905-913 (2003)