

## 토란과 토란 전분의 이화학적 성질과 가공 적성

김은경, 김철재<sup>†</sup>

숙명여자대학교 식품영양학과

### 서론

토란은 우자(芋子), 토련(土蓮), 토지(土芝), 흑토, 땅토란으로 불리며 부위에 따라 우, 우자, 우두, 우경, 우엽으로 나뉘며 열대, 온대 지방에서 재배되는 다년생 초본으로 지대가 습한 곳에서 잘 자란다. 토란은 *Araceae*과에 속하며 전세계적으로 100속이 있으며 1,500품종 이상이 분포하고 있다. 식용가능한 토란 중에서 *Colocasia*와 *Xanthosoma*속이 중요하며 *C. esculenta*종이 가장 잘 알려져 있다. 토란은 전세계적으로 생산·소비지역에 따라 taro, dasheen, eddoe, cocoyam으로 불리워지나 taro가 많이 사용되어진다. 토란은 고대작물로 기원은 아시아, 아마도 인도로 추정되며 2,000년 전에 이집트로 전파되었다. 선사시대에 태평양연안 섬으로, 저중해로 그리고 기원전 100년에 서부아프리카에서 경작되었으며 그 후 서인도제도과 아메리카의 열대 지역으로 전파되었다(1). 중국의 사기(史記)에 토란의 기록이 있으며, 제민요술(齊民要術)에는 15품종을 들고 있다. 중국에는 기원 전에 전래된 것으로 추측되며, 우리나라는 향약구급방에 기록된 것으로 미루어 고려시대 이전에 도입된 것으로 여겨진다. 근채류에 속하는 토란의 국내 생산은 약 2,000톤 정도이며 토란의 생산은 현재 주로 전남 곡성 농협에서 수확된 물량을 수거하여 서울 등 대도시에서 판매하는 양이 전체의 80% 이상을 차지하며 그 외에 경기도 여주, 인천지역과 충청도 지역에서는 소량 재배로 농가에 보탬이 되지 못하는 실정이다. 7월 중순부터 수확하나 보통은 10월 중순이 수확의 적기이다(2).

토란의 재배 및 수확에 관한 연구는 일본의 경우 과거부터 활발히 이루어졌으나 우리나라에서는 매우 미비한 실정이다. 그런 상황인 중에서 토란의 잎수가 많으면 많을수록 토란의 개수가 많아 수확이 증가한다는 보고가 있으며(3), 종구 크기가 수량에 미치는 효과에 관한 연구에서 종구 크기가 클수록 큰 종구 수량 비율이 많아서 품종이 좋고 수확이 증가된다고 보고하였다(4,5). 세계적 산지별 생산량을 보면 토란은 남태평양 섬, 하와이, 필리핀, 인도네시아,

일본, 중국, 인도, 남·동아시아, 서아프리카, 이집트, 카리브연해 군도, 미국의 플로리다주 등에서 잘 자라며, 특히 아프리카와 태평양 연안 지역에서는 매우 유용한 식용 작물이다. 토란의 생산량은 지구상에서  $5,607 \times 10^3$ ton을 생산한다(6). Gollifer와 Booth(7) 그리고 Maduwesi와 Onyike(8)은 수확 후 1~2주 지나면 저장 중 손상이 오기 시작한다고 보고하였으나 수확 후 4주까지는 저장이 가능하다고 보고도 있다. Passam(9)은 수확 후, 6주 저장 후 28~35%의 무게 감소를 보였다고 보고하였다. 그러므로 토란은 2주부터 손상이 오며 6주 후에는 현격한 손실을 초래한다고 보며 이것이 토란 수확 후 저장의 가장 중요한 문제점이다.

토란의 약리 작용으로는 동의보감에는 토란은 산부의 어혈을 터뜨리고 피와 원기를 보호할 뿐 아니라 장과 위를 원만하게 하고 기부(肌膚)를 채우며 죽을 윤택하게 하고 숙혈(宿血)과 사기(邪氣)를 없애준다고 하였다. 또한 토란은 해독의 특효약이다 라고 했다(10). 민간요법으로 토란은 관절염 치료요법으로 사용되었으며(11), 지금도 퇴행성 골관절염으로 기인된 통증과 부종 등에 부착하여 치료를 실시하고 있다. 최근의 논문으로는, 이(12)와 조(13)는 외용을 위주로 한 효능 검증을 실시하였는데 외용이 관절염 및 통풍에 좋은 결과를 얻었다고 보고하였다. 안(14)은 토란이 장과 위를 보하며 골 중의 숙혈을 없애주고 독이 있으면 이독이 된다고 설명하고 있다. 산림경제에서는 토란을 다려 먹으면 양식 같아서 배고프지 아니하다 하였고, 신간 구황촬요에서는 물 가깝고 비옥한 곳에 심었다가 가물면 물을 주고 김을 자주 매어주면 수확을 배가 되게 하여 구황 식품으로 쓰였다고 한다.

본 논문에서는 토란의 영양 성분과 토란가루 및 토란전분의 이화학적 성질 및 토란을 이용한 가공 식품 개발에 관해 논의하고자 한다.

### 토란의 일반 영양 성분

토란의 일반성분은 품종, 성장온도, 관수이용 및 사용된

<sup>†</sup>Corresponding author

Table 1. Proximate analysis of taro

Moisture(%)	Protein(%)	Fat(%)	Carbohydrate(%)	Fiber(%)	Ash(%)	Reference
82.79	2.61	0.39	10.32	0.95	1.11	15
88.1	2.3	0.2	7.8	0.7	0.9	16
75.83	1.25	0.21	-	-	1.53	17
70.6	1.2	1.5	26.5	0.2	1.2	18
66.8	1.2	0.3	31.0	3.8	1.0	19

비료, 토질, 수확시 성숙정도, 수확 후 저장조건 등에 따라 달라질 수 있다. 특히 토란의 품종과 산지에 따라 일반성분의 변동폭은 넓다. Table 1에서 볼 수 있듯이, 70~83%가 수분으로 구성되며, 나머지 대부분은 전분형태의 탄수화물이 주성분이다. 다른 근채류처럼 단백질과 지방이 적음은 동일하나, 섬유와 회분은 비교적 많이 함유하고 있다.

당질성분으로는 glucose, fructose, sucrose, maltose 등이다(Table 2). 이 중 sucrose가 많은 양을 차지하나 대부분의 근채류에서 전분-sucrose 전환이 수확 후 중요한 대사이기 때문에 성장정도나 수확 후 저장조건에 따라 달라진다. 토란이 갖는 끈적끈적한 점질물 성분은 다당류로 methyl pentose, galactose, fructose를 갖고 있으며 단백질과 강하게 결합하고 있다. Table 2의 raffinose의 함량은 적으나 품종에 따라 다르며, 갖고 있지 않는 품종도 있다. 식이섬유의 생리활성물질로써의 관심은 높아지고 있으나 국내 식품에 대한 분석 자료가 불충분하여 특정 식품에만 제한되어 있어서 토란에 대한 식이섬유소 함량은 충분하지는 않지만 15.51%(dry taro), 2.82%(wet taro)로 보고되고 있다(20).

토란의 단백질은 albumin과 prolamins으로 이뤄져 있으며(21), albumin이 수용성 저장단백질로 중요하다. 다른 감자류처럼 양은 적은 편이나(2.2%), 아미노산조성은 쌀과 흡사하며 비교적 양질이다(Table 3). Table 3에서 볼 수 있듯이, 다양한 아미노산으로 구성되어 있으며 필수아미노산인 phenylalanine과 leucine 등이 비교적 높게 나타나고 있으나 식물성 단백질이 갖고 있는 문제점인 함황아미노산이 토란에서 부족하다는 것을 알 수 있다. 토란의 지방 함량은 Table 1에서 0.20~0.39%로 나타나고 있으나 심(22)은 0.16~0.35%로 보고하고 있다. 다소 차이가 있음은 토

Table 2. Sugar composition of taro

Sugar	%(fresh weight)
Fructose	0.45
Glucose	0.27
Sucrose	4.25
Maltose	0.45
Raffinose	0.13

Source : Data from Reference(18).

Table 3. Essential and nonessential amino acid composition of taro

Essential Amino acid	Content (mg%)	Nonessential amino acid	Content (mg%)
Histidine	0.24	Alanine	0.43
Isoleucine	0.28	Arginine	0.53
Leucine	0.71	Aspartic acid	1.44
Lysine	0.46	Glutamic acid	1.04
Methionine	0.06	Alycine	0.43
Cystine	0.17	Proline	0.43
Phenylalanine	0.53	Serine	0.63
Tyrosine	0.32		
Threonine	0.38		
Valine	0.48		
TEAA <sup>1)</sup>	3.63	TNEAA <sup>2)</sup>	4.87

<sup>1)</sup>Total essential amino acid

<sup>2)</sup>Total nonessential amino acid.

Source: Data from Reference(17).

란 품종, 수확년도, 생육환경 등의 차이로 기인된다. 따라서 지방함량이 적기 때문에 식품열량원으로 이용하기에는 부적당하다. 토란지방의 지방산 조성은 Table 4과 같이 나타나고 있는데, 포화지방산과 불포화지방산을 고루 갖고 있으나 불포화지방산이 포화지방산보다 양적으로 2.5배정도 많았으며, 주된 지방산은 linoleic acid(45%), palmitic acid(22.7%), oleic acid(6.8%), linoleic acid(7.3%)이다. 이는 심(22)과 Rao(23)가 보고한 지방산 조성과의 거의 일치함을

Table 4. Fatty acid composition of taro lipid

Fatty acid	Content(mg/100g)
Myristate(C14:0)	0.01
Palmitate(C16:0)	1.92
Palmitoleate(C16:1)	trace
Stearate(C18:0)	0.11
Oleate(C18:1)	0.58
Linoleate(C18:2)	4.05
Linolenate(C18:3)	0.65
Arachidate(C20:0)	0.04
Elcosenoate(C20:1)	0.01
Behanate(C22:0)	0.04
Erucate(C22:1)	trace
Lignocerate(C24:0)	0.04
Total	8.8

알 수 있지만, linoleic acid는 심(22)보다 많은 경향이었고, oleic acid는 심보다 훨씬 적은 양이었다. 토란과 같은 근채류에 속하는 한국산 마의 지방 성분 및 지방산에 대한 결과에서는 건조물에 대하여 총 지질의 함량은 1.31~1.70%, 긴마가 단마보다 다소 높았으며, 지방산은 linoleic acid가 가장 많은 부분을 차지하고(44~45%), palmitic acid가 그 다음이었고(26.2~30.1%) oleic acid, linolenic acid 순이었다(24). 이는 토란과 거의 비슷한 지방산 조성을 나타내고 있다. 토란의 무기질과 유기산 함량을 Table 5에 표시하였다(18). 칼슘과 인의 함량이 높았으나 철의 함량이 낮음은 영양적으로 개선되어야 한다. 정과 김(15)은 생토란에서 칼슘이 340mg%, 인은 62.0mg%로 분석하였다. 한편 유기산에서는 malic acid가 60%이상이었으며, oxalic acid는 15% 이상 함유하고 있다. Oxalic acid는 무기질과 결합하여 무기질의 생체내 이용도를 낮추는 산이기 때문에 가공시 제거를 충분히 고려해야만 한다. 토란에 존재하는 비타민은 주로 ascorbic acid이며(86%), 나머지는 niacin, thiamin, riboflavin 등이다.

### 토란의 기타 성분

토란의 껍질을 벗기면 세포의 손상이나 파괴로 효소적 갈변이 일어나 색상이 검어진다. 이는 토란표피에 많이 존재하는 페놀화합물이 polyphenol oxidase와 작용하기 때문이다. 토란의 polyphenol oxidase는 기질 catechol에서 가장 높은 활성을 나타내었으며 최적 pH는 7.0 이고 pH가 4.0이하이면 불활성화되며 최적 온도는 35°C였다(25). 토란의 저장기간을 연장하기 위해 종종 냉장온도에서 저장하나 저장온도가 너무 낮으면 냉해(chill injury)로 인해 갈변 반응이 촉진되기도 한다. 한편 토란은 안토시아닌 색소를 함유하고 있어 적자색의 띠를 발견할 수 있으나 껍질보다 껍질에 더 많이 함유하고 있다. 또 다른 색소로는 카로티노이드 색소로 일부 토란품종에서 발견된다.

MacLeod(26)은 토란의 향기성분을 분석하였다. 총 62

종의 휘발성물질을 검출하였으며 조리된 토란의 향기성분은 구운 감자, 쌀, 곡류가 갖는 향기성분으로 버터향, 흙냄새, 곰팡이 냄새(buttery, earthy, musty, mouldy odors)로 서술하였다. 비록 토란이 적은 양의 지질을 갖고 있지만, 이 지질의 자동산화, 지질분해효소 산화적 또는 비산화적 열 분해로 탄화수소, 산, 알코올 등의 향기성분을 생산하며, 지질이 아닌 당질이나 아미노산의 열작용으로 유도된 향기성분도 포함하고 있다. 가장 풍부한 향기성분은 octane(21.10%)이었으며, 특이한 사항은 Maillard 반응에서 생성된 pyridine이 다른 동식물 식품에서 유도된 것보다 많은 함량(18.60%)을 갖고 있었다.

El-Mahdly와 El-Sebaay(27)는 토란 뿌리에서 점질물 추출하여 이에 관한 물리적 성질을 연구하였다. 토란 점질물질은 중성다당류로 methyl pentose, glucose, galactose, fructose를 함유하며 rhamnose는 없었다.

Lin과 Hung(28)은 토란으로부터 저온(4°C)에서 점질물질을 분리하여 수용성 gum물질로 명명하였다. 토란 수용성 gum물질의 주획분은 분자량이 백만 dalton이었으며 주요구성 성분은 D-galactose(61.6%), D-glucose(19.7%), D-arabinose(16.2%)이었으며 galacturonic acid와 단백질 소량 갖고 있었다. 또한 점도를 측정하여, gum 물질이 중성탄수화물의 중합체로 구성되어 있으며 2% 용액의 점도는 arabic 검과 비교할 수 있었으며 pH나 이온강도에 영향이 없음을 밝혔다. El-Sebaay(29)에 의하면 토란 점질물은 건조량으로 methyl pentose(4.35%), glucose(23.7%), galactose(11.6%), fructose(13.4%), xylose (1.88%) 등이었다. 한편 토란 점질물의 색은 어두운 편이었으나 밀도는 3.679 이었고, pH는 6.9~7.5, 용해도는 65.4mg/ml, 굴절율은 1.3365였고, 점도는 2.97cP였다. Gaid 등(30)의 토란 점질물의 유화 특성에 관한 연구에서는 토란의 유화 능력이 높게 평가하였다. Abdel-Akher 등(31)의 토란의 arabinogalactan의 구조에 관한 연구도 보고되고 있다.

Lectin은 콩류나 식물의 씨앗, 뿌리, 잎, 껍질 등에 존재한다(32). Lectin은 광범위한 이화학적, 생물학적 기능을 가진 단백질 또는 당 단백질로서 정제되며, lectin은 결합 부위가 적고 단순하나 높은 특이성과 당과의 결합 균일성 때문에, 항체같은 분자의 균등한 결합 부위의 조사를 하는데도 유용하게 사용되고 있으며, 악성세포의 성장 억제제로서 이용 연구가 시도되고 있다. 서(33-35)는 토란에서 분리된 lectin을 쥐에 먹었을 때 쥐의 성장촉진을 저해하였으며 PER도 낮아짐을 알 수 있었으며 100°C에서 20분간 가열시킨 lectin도 현저하게 성장을 저해시키지 못하였고 적혈구 응집활성(hemagglutinating activity)를 보여주고

Table 5. Mineral and organic acid composition of taro

Mineral	Content (mg/100g)	Organic acid	Content (mg/100g)
Calcium	43	Oxalic acid	0.02-0.06
Iron	0.6	Malic acid	0.19-0.24
Phosphorus	84	Citric acid	0.05-0.08
Magnesium	33		
Potassium	591		
Sodium	11		

Source : Data modified from References(18).

있었다. 또한 lectin의 항영양 작용 기구 해명의 하나로 쥐의 소장내의 흡착 양상을 토란에서 추출한 lectin을 가지고 측정하였는데 소장 부위에 의한 흡착량은 유의적 차이가 없었고 lectin이 소장 세포와 반응해서 여러 가지 항영양 작용을 유도한다고 생각하였고, 생체 내에서의 소장은 lectin이 가장 흡착되기 쉬운 상태임을 알 수 있었다.

토란이 갖고 있는 또 다른 비영양소(antinutritional factor)는 trypsin inhibitor(TI)으로 Oagta와 Makisumi(36)는 야생토란(*Colocasia antiquorum*)에서 3개의 TI를 분리하였다. 분자량은 40,000이고 2개의 subunit로 구성되어 있으며 탄수화물이나 SH group을 갖지 않는 순수한 단백질로 아미노산 조성도 subunit간 모두 비슷하였다. 이 TI는 bovine trypsin에 강하게 결합하여 subtilisin, porcine pepsin, papain과는 결합하지 않는 특성이 있다.

토란에 있는  $\alpha$ -amylase inhibitor는 비교적 분자량이 큰 단백질로(37) 인간의 타액 및 췌장아밀라제, 돼지의 췌장아밀라제의 활성을 저해시키나 일부 미생물이 생산하는 아밀라제는 저해하지 못하였다. 토란이 성장함에 따라 활성이 감소하는 것으로 알려지고 있다.

### 토란 가루 및 토란 전분의 이화학적 특성

생토란으로는 장기간 저장이 불가능하므로 수확 후 가공 과정을 거쳐야 하는데, 가장 보편적으로 행하는 가공 방법은 건조시켜 분말화 하는 것이다. 토란의 무게는 작은 것은 10~39g, 중간 크기는 40~69g, 큰 것은 70~100g이었으며, 폐기율은 7~10%였다. 토란의 건조 방법은 동결건조법, 열풍건조법(50°C), 천일건조법(26±2°C)으로 행했는데, 토란 가루의 수율은 30%였으며, 열풍 건조에서 적절한 건조 온도는 50°C이었다. 건조 방법을 달리한 토란 가루의 색도는 Table 6과 같다. 천일 건조에서는 L값(명도)이 현저히 낮았는데 이는 토란의 효소적 갈변과 Maillard 반응에 의한 영향으로 생각되며 동결 건조 방법에서 a값(적색도)은 낮게 나타났으며 열풍건조 방법에서 b값(황색도)이 높게 나타났다. Moy 등(48)에 따르면 동결 건조법, 천일 건조법,

Table 6. Hunter color values of taro flours

	L	a	b	ΔE
FDF <sup>1)</sup>	85.16±0.39	-0.9±0.06	11.09±0.22	15.61±0.22
CDF <sup>2)</sup>	76.06±1.03	2.20±0.24	12.67±0.21	24.36±1.03
SDF <sup>3)</sup>	63.88±1.27	2.41±0.13	10.27±0.18	35.01±1.25

<sup>1)</sup>FDF: Freeze dried flours.

<sup>2)</sup>CDF: Convection oven dried flours.

<sup>3)</sup>SDF: Sun dried flours.

열풍 건조법을 사용하여 저장하였을 때 저장 기간이 증가할수록 수분은 증가하고 anthocyanin의 양은 감소하였고 catalase activity는 많이 감소하였다. 건조된 토란 가루의 무기질 Mg, Ca, P, Na, K 함량은 Table 7에서와 같이 인과 칼륨의 양이 많았다. 인은 식품 가공시 수율을 증가시키는 능력이 있으므로 바람직한 현상이다. Godoy 등(39)은 토란 가루의 물리적 특성에 관한 연구에서 지방흡수력은 0.96~1.26g(fat/flour), 수분흡수력은 1.37~1.74g(water/flour), foam capacity는 5.56~19.21ml, gelation capacity는 0.73~1.31%, whippability는 2.67~14.27%였다.

토란 전분의 제조는 Jane 등(40)의 방법(Fig. 1)으로 제조하였다. 토란 전분은 수분 13.52%, 지방 0.18%, 회분 0.87%으로 열풍 건조된 토란 전분의 수분 결합력은 107.71%였고, 전분 농도를 0.5%, 1%, 1.5%, 2%하여 점도를 측정할 결과 농도의 증가에 따라 항복응력이 점차 증가함을 보였다. Jane 등(40)은 토란가루로부터 토란 전분의 함유량은 73~76%. 토란 전분 수율은 51~58%였으며 불규칙적인 매우 작은 입자 구조를 가졌다고 했으며 amylose 함량은 18~24%였다. Jane 등(40)의 수율이 높게 나타난 것은 토란 품종, 전분수율 측정 방법 등의 차이에 따른 것으로 사료된다. 김과 신(41)의 보고에 의하면 쌀전분 제조에서 탈지 처리를 하는 방법에 따라 수율은 많이 차이가 난다고 하였다. Maga(18)는 전분 입자의 크기를 측정한 결과는 평균 전분 입자 크기 범위는 1.5~6.6 $\mu$ m이었으며, amylose와 amylopectin의 함량의 비율은 1:7정도였고 amylose 함량은 10.8~13.5%였다. 토란 전분의 팽윤력, 용해도를 각각 50~90°C에서 측정한 결과는 Table 8과 같다. 온도가 증가할수록 팽윤력과 용해도가 증가하였고 70°C 이후에는 현격한 증가를 보이는데 이는 온도에 의한 전분 입자의 호화 때문인 것 같다. 김과 신(41)의 결과에 의하면 탈지 쌀전분은 용해도와 팽윤력에 영향을 미친다고 하였으며 전분 입자의 내부 치밀도가 낮은 것이 수분 흡수가 크다고 하며 멥쌀 전분이 찹쌀 전분보다 비결정 부분이 적고 내부 치밀도가

Table 7. Mineral composition of taro flours and taro starches

	Mg (mg/100g)	Ca (mg/100g)	P (mg/100g)	Na (mg/100g)
FDF <sup>1)</sup>	14.57±0.17	14.25±0.11	46.68±0.88	57.06±0.04
CDF <sup>2)</sup>	13.31±0.34	11.30±0.75	35.87±0.57	48.03±0.56
SDF <sup>3)</sup>	13.34±0.19	16.69±0.33	38.23±0.33	55.74±0.73
Taro starches	1.57±0.61	7.28±1.37	2.78±1.22	5.37±0.13

<sup>1)</sup>FDF: Freeze dried flours

<sup>2)</sup>CDF: Convection oven dried flours.

<sup>3)</sup>SDF: Sun dried flours.

Table 8. Swelling power and solubility of taro starch

	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C
Swelling power(%)	2.89	2.71	2.76	11.23	11.80
Solubility(%)	2.8	3.2	4.6	11.2	19.5

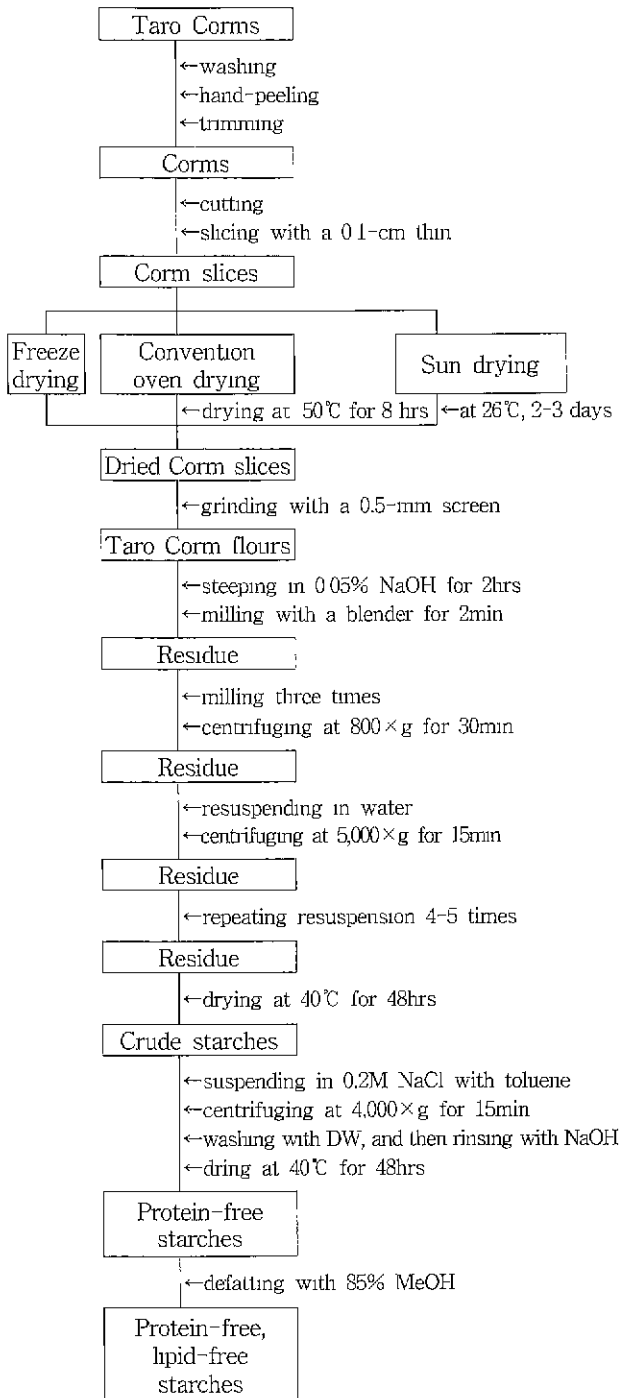


Fig. 1. Flow diagram for processing taro flours and taro starches.

Source: Data modified from Reference(40).

높기 때문에 찹쌀보다 수분 흡수율이 낮았다. 전분의 amy-

lose와 amylopectin의 함량은 각각 15%, 85%이었다. 백과신(42)의 고구마 전분에 대한 저장 중 수분 활성이 이화학적 특성에 미치는 영향은 수분활성도를 조절한 데시케이터에 저장 기간을 달리하였을 때 입자의 모양과 형태에는 변화가 없었고 수분활성이 높을수록, 저장기간이 길수록 수분 함량과 물결합 능력은 증가하였다.

정과 김(15)의 보고에 의하면 토란 전분의 입자는 외형은 다각형의 원형이고 입자의 크기는 작았다. 전분 입자의 크기와 형태는 식물의 종류, 품종에 따라 다르다. 그러나 일반적으로 근채류는 입자가 크고 구형인 반면, 곡류의 입자는 작고 다면체이며, 콩 전분의 입자는 신장 모양이다. 이런 결과로 보면 토란의 입자는 근채류이면서도 곡류의 입자 형태와 비슷함을 알 수 있다. X-ray 회절도에 의한 전분 입자의 결정 구조는 A형의 결정 구조를 나타내어서 근채류 전분의 전형적인 B형의 결정 구조와도 상이하였다. 생 전분은 X-ray 회절도 분석에 따라 A형 B형으로 분광 형태를 나타내는데, 곡류는 A형, 근채류와 amylose 함량이 높은 전분은 B형, 콩 전분은 A형과 B형이 혼합된 형태인 C형에 속한다. 이런 결과를 비교해도 토란 전분은 근채류이면서 곡류의 분광 형태의 성질을 가짐을 알 수 있었다. 토란 가루와 토란 전분의 X-ray 회절도 검사에 대한 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2에서 나타나는 형태는 정과 김(15)의 결과와 Jane 등(40)의 결과와 매우 흡사한 A형 구조를 나타내었다.

Fig. 3에서 보면 DSC 검사의 결과는 토란가루의 호화 개시온도는 60~90°C였고, 토란 전분의 호화개시 온도는 50°C였다. Enthalpy는 토란가루가 78.82~139.9(J/g)였고, 토란 전분은 227.1(J/g)였다. Sievert와 Wursch(43)은 amylose 함량이 DSC 검사에서 가열과 냉각에 영향을 주며 아밀로오스 함량이 많아지면 많아질수록 melting peak가 보여주는 enthalpy의 양도 증가한다도 보고하였다. 정과 김등(15)의 토란 전분의 호화 개시 온도는 60~65°C였고 70~75°C에서 거의 호화되었다. Jane 등(40)은 호화온도는 토란가루가 72~79°C, 토란 전분은 69~74°C였고 토란 전분은 점도가 매우 높았다고 보고하였으며 토란 전분이 함유한 적은 양의 지방과 다량의 인의 영향을 서술하였다. Moorthy 등(44)은 토란 전분을 사출시켜서 입자 크기와 amylose 함량과 점도를 측정하였는데 종류에 따라서 입자 크기는 2.96~5.19µm이었고 총 amylose함량은 14~19%였다. Uwakwe(45)은 남부 나이지리아 인들의 전통 음식으로 사용되는 soup에 점증제(thickner)로 토란을 이용하여 열처리와 탈지의 효과에 대한 연구를 하였는데 탈지 토란에서 탄수화물은 증가하였고, 탈지 토란의 점증제로서의

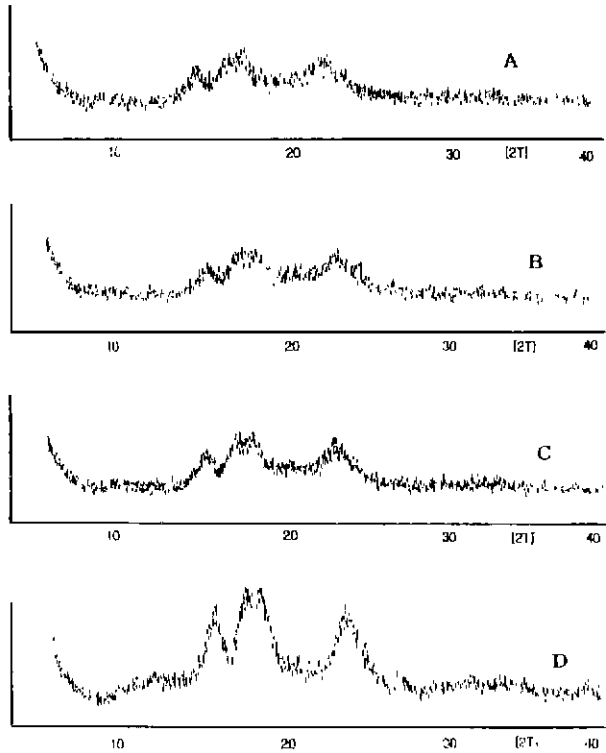


Fig. 2. X-Ray diffraction pattern of taro flours and taro starches.

A: freeze drying of taro flours, B: convection oven drying of taro flours(50°C), C: sun drying of taro flours(26±2°C), D: convection oven drying of taro starches(30°C).

사용 가능성을 확인하였다. 전분은 쉽게 노화가 일어나므로 저장 중 노화를 방지하고 상품의 품질을 장기간 유지할 수 있도록 변형 전분을 이용하는 방법들이 연구되어 지고 있다. 권과 신(46)의 수분-열처리와 노화에 의해 고 아밀로스 옥수수 전분으로부터 형성된 변성 전분에 관한 연구에서는 수분-열처리는 호화 온도가 증가되고 엔탈피는 감소한다. 노화 전분은 140°C 근처에서 peak를 보였다. 수분-열처리 전분에서 분리한 저항 전분(resistant starch)도 생 전분이나 노화 전분에서 분리된 저항 전분보다 효소에 대한 저항성이 커지는 것을 볼 수 있었다. 강 등(47)은 쌀 전분을 산처리하였을 때 시간에 따라 가수분해율이 증가하였으며 산처리 전분 겔(50%)의 초기 노화도는 산 가수분해 정도에 영향을 받으며 산에 의한 amylopectin의  $\alpha$ -1,6 결합의 분해는 노화를 촉진시킨다고 보고하였다.

### 토란의 가공 적성

토란은 수분 함량이 많고 점질 물질이 있어서 저장 가공에 다른 근채류나 곡류보다 어려움이 많다. 토란의 가공방법은 생토란을 정선하여 껍질을 벗기고 세절한 후 삶기, 찌

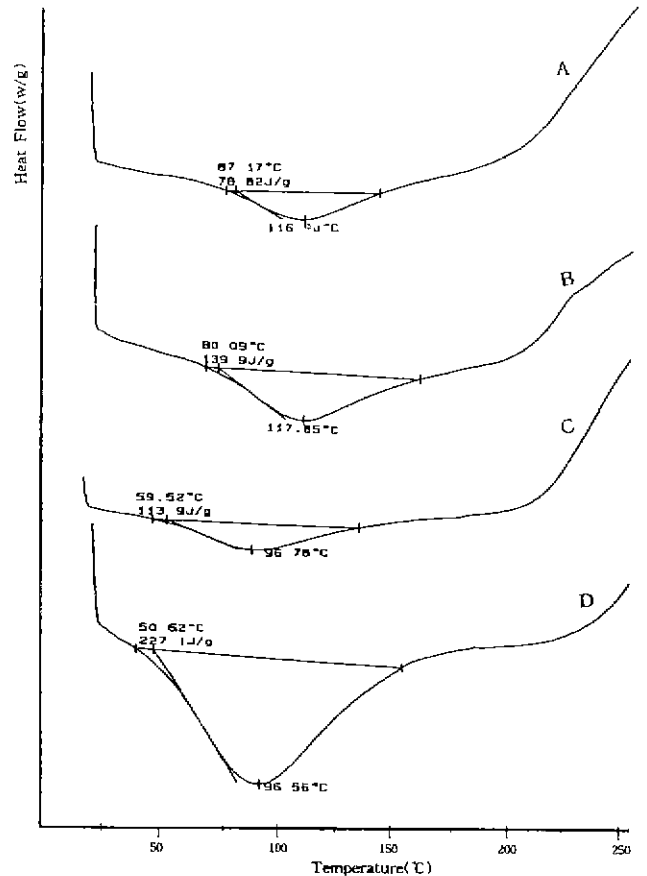


Fig. 3. Difference scanning calorimetry of taro flours and taro starches.

(from 20°C to 180°C with 5°C/min)

A: freeze drying of taro flours, B: convection oven drying of taro flours(50°C), C: sun drying of taro flours(26±2°C), D: convection oven drying of taro starches(30°C).

기, 굽기 등의 열처리 가공한 Hawaii 원주민의 주식인 Poi를 비롯한 페이스트 식품(48), 생토란의 수분을 건조시켜 토란가루로 만든 후, 빵, 케이크, 비스킷 등의 첨가재료로 사용. 생토란의 얇은 조각(slice)을 기름에 튀긴 토란칩(chip)으로 가공(49), 토란가루를 사출시켜 기능성을 향상시킨 식품재료로의 활용(50) 그리고 토란가루나 토란으로부터 분리한 전분을 이용한 복합분 형태로의 이용으로 우리나라의 떡이 대표적이다(51). 따라서 토란은 지역적 특성이나 문화여건에 맞는 재래음식이나 토란이 갖는 영양성분을 이용한 다양하고 독특한 식품으로 이용되어 왔다. 또한 토란은 가내에서 간단히 조리 후 곧 바로 먹었지 큰규모로 상품화되지는 않고 있다. 이 점에 있어 토란은 상품화의 잠재성이 있는 작물로 여겨지고 있다. 정상적인 식사에서 생토란을 사용하는 경우는 거의 없으며, 가공과정에는 거의 점질물질의 제거, 수분감소, 열처리 등을 하고 있다. 가공이 식품에 존재하는 전분의 구조에 미치는 영향은 때

우 다양하고, 그것이 전분의 소화와 그 영양학적 가치에도 영향을 준다. Maga 등(50)은 토란의 껍질을 벗길 때나 토란 가공 중에 나타나는 갈변현상이 문제점이라고 지적하였으며, 수확시 상처나 역시 껍질을 벗길 때에 나타나는 crystalline taro 현상이 가공에서의 어려운 문제라고 보고하였다. Moy 등(38)은 polyethylene bags으로 21°C, 38°C, 60°C에서 습도를 10%에서 70%까지 올리면서 6개월 동안 저장 중의 pH, 색도, catalase activity, 관능검사 등을 조사하였는데 너무 높은 저장온도에서는 갈변이 일어났고 안토시아닌 색소도 감소하였다.

Bradburg 등(52)은 생토란의 껍질을 벗기고 4등분하여 삶기(20분), 찌기(25분), 굽기(200°C에서 30분) 등의 열처리 가공을 하였을 때, 가공된 토란의 영양성이 생토란보다 우수하였으며 열 처리 방법에 따른 영양 성분의 변화는 거의 없음을 알 수 있었다. Godoy 등(39)은 생토란 가루와 데친 (blanching) 토란 가루의 이화학적 특성을 밀가루와 비교 연구하였는데 단백질 함량과 지질 함량은 낮은 반면 당과 식이섬유소는 밀가루보다 현저히 높으며 토란가루의 수분과 지방흡수력이 떨어졌으나 거품형성력, 거품안정성 및 질소용해도는 밀가루만 못하였다. 전반적으로 토란은 영양성이나 물성특성면에서 낮으므로 토란가루의 이용을 위해서는 단백질을 보강하여 식품 가공에 응용되는 것이 바람직하다고 보고하였다.

Hong과 Nip(53)은 토란가루를 이용한 열대성 과일 sor

bet의 기능적 특성을 연구하였는데 carrageenan gum, locust bean gum, carboxymethyl cellulose(CMC)와 같은 상업적 안정제의 대체품으로서 sorbet를 제조하는데 토란 가루를 사용하였다. 기능적 특성을 점도, 경도, 용해특성 등을 비교하였는데 토란가루는 상업적 안정제의 훌륭한 대체 물질이 될 수 있다고 보고하였다. 생토란은 빨리 상하기 때문에 천일, 동결, 열풍건조하여 분말로 한 후 밀가루나 쌀 가루 등에 첨가하여 사용하는 경우가 많다. 토란가루의 호화 온도는 동결건조에서는 66~72°C, 열풍건조에서는 64~71.5°C, 천일건조에서는 67~73°C였다. 토란가루의 적정 첨가량은 토란병에서는 40%까지 사용 가능하였으며(51), 빵에서는 15%가, 케이크에서는 30%가 적절하였으며 비스킷에서는 20%가 적절하였다(54). 또는 snacks을 만들기 위해서나 아침식사 대용의 breakfast cereal로 사용될 수 있다. 한편 Maga 등(50)은 15%의 수분을 함유한 토란을 120°C에서 사출가공이 토란이 갖는 영양성분특성(단수화물은 높고 지방과 단백질은 적음)을 표출시키는 적절한 가공방법으로 지적하고 있으며 사출된 토란가루는 파스타 (pasta), breakfast cereal, 팽창시킨 snack 등에 사용될 수 있으며 특히 팽창 snack에서 좋은 효과를 얻을 수 있다고 하였다.

김 등(17)은 복합분으로서의 효과를 얻기 위하여 찹쌀가루와 맵쌀가루에 토란가루를 20, 30, 40, 50, 60%로 첨가하였을 때의 호화 특성 및 점도를 조사했다(Table 9). 혼합

Table 9. Amylograph data of glutinous rice flours with taro and rice flours mixed with taro

Flour composition	Initial pasting temp (°C)		Maximum viscosity(B.U.)		Peak temp. (°C)		Viscosity at 95°C(B.U.)		15min height <sup>1)</sup> (B.U.)		Breakdown <sup>2)</sup> (B.U.)	
	GR <sup>3)</sup>	R <sup>3)</sup>	GR	R	GR	R	GR	R	GR	R	GR	R
20	70.0	72.5	480	660	88.0	91.5	350	550	260	340	220	320
30	72.0	77.0	590	640	90.5	93.5	500	610	350	390	240	250
40	76.0	80.0	610	570	93.5	94.0	600	560	440	460	170	110
50	80.5	83.0	620	430	94.0	95.0	610	410	550	430	70	0
60	82.5	82.5	590	530	94.0	95.0	540	440	590	530	0	0

<sup>1)</sup>Peak height after 15min. holding at 95°C.

<sup>2)</sup>Difference between maximum viscosity and viscosity after holding at 95°C for 15min.

Source: Data modified from Reference(17).

<sup>3)</sup>GR: Glutinous rice, R: Rice.

Table 10. Farinograph data on composite flours of wheat flours and taro starch

Sample	Water absorption(%)	Developing time(min)	Stability (min)	Weakening (B.U.)	Elasticity (B.U.)	Valorimeter value
Wheat flour	60.0	15	1.0	100	120	36
Wheat flour+2%T <sup>1)</sup>	59.4	1.2	0.5	100	120	38
Wheat flour+5%T	59.5	1.1	0.5	110	110	36
Wheat flour+10%T	60.0	1.0	0.5	115	110	35

<sup>1)</sup>Taro starch

Source: Data modified from Reference(15).

가루의 농도를 10%로 하여 호화 개시 온도를 측정된 결과, 찹쌀과 멥쌀 모두 토란 첨가량이 증가할수록 호화 개시 온도가 높아지는 경향을 보였다. 최고점도는 찹쌀가루에 토란 첨가량이 많아질수록 증가하여 50%일 때 620 B.U.로 가장 높았는데 비하여, 멥쌀가루의 최고점도는 토란 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈다. 최고 점도일 때 온도는 혼합가루의 토란 함량이 높아질수록 상승하였으며, 95°C에서 15분 후 점도 차이는 토란 첨가량이 높아질수록 감소하다가 찹쌀 혼합분의 경우 토란 첨가량이 60%일 때, 멥쌀 혼합분의 경우 50, 60%일 때 차이가 없었다. 이들의 amylograph 특성은 95°C 이전에 최고점도에 도달하였다가 95°C에서 15분간 덩치는 동안 점도가 감소하는 일반적인 양상과 다르게 95°C에서 15분간 덩치는 동안 점도가 상승하여 최고 점도에 이르는 특이한 경향을 나타내었다. 일반적으로 Brabender hot paste의 점도 양상은 전분 입자의 팽윤 정도, 열 또는 전단력에 대한 전분 입자의 저항도에 따라 달라지며, 토란가루의 첨가량이 높아질수록 결합력이 증가함을 알 수 있었다. 또한, 밀가루에 토란 전분 첨가를 한 복합분의 farinogram특성에 미치는 영향은 각각 전분을 2%, 5%, 10%를 첨가하였을 때 토란 전분의 첨가량이 증가함에 따라 물흡수율은 59.4-60.0%으로 약간 증가하고 반죽의 안정도는 0.5로 변함이 없었으나 반죽의 탄성은 10%에서 약간 감소하였는데(Table 10), 이는 밀가루에 함유된 gluten의 함량이 상대적으로 낮아지기 때문인 것 같다. 밀가루 반죽에 토란의 양을 증가시켜서 첨가하려면 gluten 단백질에 보강해 주는 방법도 생각해 볼 수 있겠다(15).

## 우리나라에서 토란을 이용한 재래음식

토란을 이용한 우리나라 음식으로는 토란국, 토란 단자, 토란병, 및 토란김치 등이 있다. 치생요람(治生要覽)에는 팽우두(삶은 토란, 烹芋頭)에 대해 설명하고 있으며, 향토 음식 중에서 전라도에선 전주 비빔밥과 천이탕과 더불어 토란병이 유명하며, 동국이상국집에 민족사람은 토란을 부식으로 한다고 하였으며, 산림경제에 토란을 진흙처럼 찼어 흉년이 들었을 때 구황식품으로 쓰였다고 한다(55). 김 등(51)은 토란을 이용한 가공 식품을 개발하기 위하여 토란을 쪄 후 토란병을 만들어 관능검사, 기계적 검사, 이화학적 검사를 실시하였다. 그리고, 김 등(17)은 토란의 토란병 가공 전처리 단계의 이화학적 특성을 연구하여 보고하였다. 떡은 농경사회로 자리 잡으면서 전해 내려오는 대표적인 가공품으로서 가래, 제례, 빈례를 위시하여 대소연회,

농경의례, 토속신앙을 배경으로 한 각종 행제, 무의 또는 계절에 따른 절식 등에서 빼놓을 수 없는 한국 고유의 음식이다. 그래서 떡은 특별음식이면서도 밥을 대용할 수 있는 성격의 음식으로 개발되어 쌀에 콩류, 깨류, 그리고 각종 근채류, 견과류, 과일 등을 배합하여 영양적 균형을 이루었다. 특히 떡의 재료에 곡물뿐 아니라, 쌀, 송기, 마, 토란, 신김초 등 토속식품의 색과 향, 맛을 다양하게 활용하였음은 특기할 만하다. 토란을 이용하여 만든 떡이 문헌에 처음 나타나기 시작 한 것은 수문사설(1740년)에 기록된 토란병으로서 이의 제조법은 다른 문헌들에 나타난 지진 떡류와 달랐다. 규합총서(1815년)에는 토란과 찹쌀가루를 섞어서 찹기름에 지진다고 기록되어 있다. 음식법(1854)에는 쌀, 대추, 당귀가루, 실개, 석이가루를 사용하여 만든 토란단자가 기록되어 있다. 역주방문(1800년대 중엽)에는 찹쌀가루 대신 녹두와 토란을 사용하여 차전병을 만들었다는 기록이 있다. 임금님 수라상에 올랐던 토란병에 관한 기록은 이 외에도 부인필지(1915년)에 기록이 있으며, 간편조선요리제법(1934년)에도 토란병에 관한 기록이 있다. 또한, 조선무쌍신식요리제법(1943년)에는 토란을 얇게 저며서 바삭 말려서 찌 먹거나 가루로 만들어서 송편을 만든다는 기록과 우리나라 음식 만드는 법(1952년)에 쓰여진 내용엔 단자처럼 빻아서 설탕을 뿌려 놓거나 가루로 만들어서 송편이나 잠과병을 만들어도 좋다는 기록으로 보건데 토란은 찌서 이용하는 방법 이외에 가루를 만들어 다른 떡에 함께 이용하였음도 알 수 있었다. 이상의 우리 나라의 조리법의 기록에서 토란은 점차 사라지고 있는 재료 중 하나가 되고 있다(56).

## 결 론

토란과 토란 전분의 이화학적 특성과 가공적성에 관해 고찰하였다. 토란은 근채류로서 탄수화물 식품이며 구황식품으로서, 수분이 70~83%이며 전분의 양은 10~19%이었고, 당질 성분으로는 glucose, fructose, sucrose, maltose 등을 갖고 있다. 단백질은 1.3~2.6%이며 아미노산 조성은 쌀과 흡사하며 비교적 양질이다. 토란의 아미노산 중 glutamic acid, aspartic acid, leucine, phenylalanine의 함량이 높았으나 함황아미노산이 제한적 아미노산이었다. 토란의 지방은 0.2~0.4%이고 지방산은 불포화지방산이 높았으며 linoleic acid, palmitic acid, oleic acid, linolenic acid가 다량 검출되었다. 무기질 성분은 calcium, phosphorus, potassium 등이 풍부하게 들어 있다. 특히 풍부한 인의 함량이 전분의 수율과 가공시의 수율을 높여준다고 볼 수 있다.



단 철 함량의 부족함은 토란가공시 영양적으로 고려해야 한다. 유기산은 oxalic acid, malic acid, citric acid 등이 들어 있으며, oxalic acid가 비교적 다른 근채류에 비해 많이 함유하고 있다. 식이섬유소는 건조량으로 15.51% 함유하여 토란은 식이섬유소 식품으로도 전망이 밝다. 토란의 전분 입자는 다각형의 원형이고 크기는 작다. X-ray 회절도에 의한 결정구조는 A형의 구조를 나타내는 것이 특이하였다. DSC 검사에서는 amylose 함량이 많을수록 melting peak 가 보여주는 enthalpy의 양도 증가하는데 토란가루의 호화개시 온도는 60~90°C였고 enthalpy는 78.8-139.9(J/g) 이었고, 토란 전분의 호화개시 온도는 50°C였고 enthalpy는 227.1(J/g)였다. 점도는 수용성 점물질로 다른 근채류에 비해 비교적 높은 편이었고 노화가 더디게 된다는 점도 가공에 적합하다고 사료된다. 효소적 갈변과 점질물질이 토란의 가공에 문제점으로 지적되고 있는 바, polyphenol oxidase의 활성을 억제시켜 맛이나 색의 변화를 주지 않는 가공방법이 연구되어야 하며 점질물질의 물성이나 텍스처 특성을 가공에 응용하는 방법도 모색될 수 있겠다. 또한 토란이 갖는 비영양소 lectin과 아린맛(acridity)의 제거도 가공에서 고려해야 한다. 토란 전분은 입자가 작기 때문에 가루를 낸 것으로 음식을 만들어 먹으면 소화가 잘 된다. 그러므로 토란가루와 토란 전분을 식품첨가 재료물질로서 빵, 케이크, 스넥이나 떡 등의 가공식품에도 다양하게 응용할 수 있는 만큼 영양적인 면과 기능성을 두루 갖춘 식품으로 기대된다. 그러나 토란은 우리나라의 조리법의 기록에서 점차 사라지고 있는 재료 중 하나가 되고 있다. 토란은 근채류 중에서 가공 식품에 재료로서의 역할을 충분히 할 수 있는 훌륭한 알칼리성 식품이며, 기능성을 가진 탄수화물 식품으로써, 아직까지 식품가공 연구에서 기초 자료가 미비한 실정으로 앞으로 이에 관한 많은 연구가 이루어져야 할 분야라고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 숙명여자 대학교 교비 연구비(1998년)에 의하여 수행된 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

문 헌

- 1 Chandra, S.: Tropical root crops and their potential for food in the less developed countries. *Food Revs. Inter.*, **2**, 143-169(1986)
- 2 박원기 · 한국 식품학 사전. 신광출판사, p.420(1991)
3. 한규평, 이곽길 : 토란 염수가 수량에 미치는 영향. 농시보고, **18**(원예), 33-36(1976)
- 4 한규평, 남창근 : 토란 종구 크기가 수량에 미치는 영향. 전남농진보, 334-335(1970)
5. 최성규, 한규평, 정병관, 이곽길 : 토란 종구 이용성에 관한 연구. 농시보고, **25**(원예), 42-46(1983)
6. Abraham, A. and Ramachandran, K. · Growing *Colocasia* embryos in nature. *Current Science*, 125-128(1960)
- 7 Gollifer, D. E. and Booth, R. H. : Storage losses of taro corms at British Solomon Islands Protectorate. *Am. Appl Biol.*, **73**, 349(1973)
8. Madeuwesi, J. C. and Onyike, R. I. : Fungal rotting of cocoyams in storage in Nigeria. *Tropical Root Crops*, 235-237(1981)
9. Passam, H. C. : Experiments on the storage of oddoes and tannias under tropical ambient conditions. *Trop. Sci.*, **24**, 39(1982)
10. 허준 : 동의보감. 남산당. p.714(1966)
11. 이시진 : 목초감목. 고문사. p.956-958(1985)
12. 이선미 : 토란 및 토란 복합체의 외용이 관절염에 미치는 영향. 대전 대학교 대학원 석사논문(1995)
13. 조영환 : 토란과 토란 복합체의 외용이 MSU로 유발된 통풍에 미치는 영향. 대전대학교 대학원 석사논문(1996)
14. 안정미 : 식품으로 활용되고 있는 목초에 대한 문헌적 고찰. 경희대학교 대학원 석사논문(1998)
15. 정지현, 김관 : 토란 전분의 이화학적 특성에 관한 연구. 농어촌 개발 연구, **18**(1), 23-28(1983)
16. 농촌진흥청 : 식품성분표. 농촌생활연구소, 5개정판, p.68(1996)
17. 김은경, 정은경, 이현옥, 염초애 : 토란병 제조 전처리 과정중의 토란의 이화학적 특성에 관한 연구. 동아시아식생활학회지, **5**(3), 255-262(1995)
18. Maga, J. A. : Taro composition and food uses. *Food Revs. Inter.*, **8**(3), 443-473(1992)
19. Wills, R. B. H., Lim, J. S. K., Greenfield, H. and Bayliss-Smith, T. : Nutrient composition of taro(*Colocasia esculenta*) cultivars from the Papua New Guinea Highlands. *J. Sci. Food Agric.*, **34**, 1137-1142(1983)
20. Hwang, S. H., Seong, J. J. and Kim, J. I. : Analysis of dietary fiber content of common Korean foods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **24**(3), 396-403(1995)
21. Nip, W. K. and Wei, P. S. : Preliminary study on the grouping of taro by isoelectricfocusing. *Food Chem.*, **41**, 117-122(1991)
22. 심정숙 : 토란의 지방질 성분에 관한 연구. 부산여대 논문집, **17**, 657(1984)
23. Rao, K. S. : Lipid class and fatty acid composition of edible tissues of *Colocasia esculenta* plants. *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 475-478(1988)
24. 김용선, 김상순, 김철재, 권중호 : 한국산 마지질의 분획 정량과 지방산 조성. 한국식품과학회지, **27**(5), 652-657(1995)
25. 변자민 : 토란중 polyphenol oxidase 에 관한 연구. 중앙대학교 석사논문(1993)

26. MacLeod, G. : Combined GC-MS analysis of the aroma components of cooked taro. *Food Chem.*, **38**, 89-96(1990)
27. El-Mahdy, A. R. and El-Sebaiby, L. A. : Preliminary studies on the mucilages extracted from okra fruits, taro tubers, Jew's mellow leaves and fenugreek seeds. *Food Chem.*, **14**, 237-249(1984)
28. Lin, H. and Huang, A. S. : Chemical composition and physical properties of a water soluble gum in taro. *Food Chem.*, **48**, 403-409(1993)
29. El-Sebaiby, L. A. : Preliminary studies on the mucilages extracted from taro tubers. *Food Chem.*, **14**, 237-249(1985)
30. Gaiind, K. N., Chopre, K. S. and Dua, A. C. : Study of mucilage of corm and tuber of taro-Emulsifying properties. *The Indian J. Pharm.*, **30**(9), 208-211(1968)
31. Abdel-Akher, M., Youssef, A. M. and Hegazi, S. M. : The structure of an arabinogalactan from taro. *Pakistan J. Sci. Ind. Res.*, **15**(6)(1972)
32. Liener, I. E. : Phytohemagglutinins(phytolectins). *Ann. Rev. Plant Physiol.*, **27**, 291-319(1976)
33. Seo, Y. J. : Analysis and characterization of the taro isolectin. *J. Korean Soc. Food and Nutr.*, **23**(2), 308-314(1994)
34. Seo, Y. J. : The comparative studies on the lectin from kintoki bean and taro tuber. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **23**(3), 515-519(1994)
35. Seo, Y. J. : Binding of 3H-lectins from kintoki bean and taro tuber to small intestine of the mouse. *J. Korean Soc. Food and Nutr.*, **22**(4), 489-493(1993)
36. Ogata, F. and Makisumi, S. : Isolation and characterization of trypsin inhibitors from tubers of taro. *J. Biochem.*, **96**(5), 1567-1574(1984)
37. Seltzer, R. D. and Strumeyer, D. H. : Purification and characterization of Esculen tamin. A proteinaceous  $\alpha$ -amylase inhibitor from the taro root. *J. Food Biochem.*, **14**, 199-217(1990)
38. Moy, J. H., Wang, N. S. and Nakayama, T. M. : Dehydration and processing problems of taro. *J. Food Sci.*, **42**(4), 917-920(1977)
39. Godoy, C. V. : Physico-chemical properties of raw and blanched taro flours. *J. Food Proc. Preserv.*, **16**, 239-252(1992)
40. Jane, J., Shen, L., Lim, S., Kasemsuwan, T. and Nip, W. K. : Physical and chemical studies of taro starches and flours. *Cereal Chem.*, **69**(5), 528-535(1992)
41. 김수경, 신말식 : 탈지한 멧쌀과 찹쌀 전분의 이화학적 특성. *한국식품과학회지*, **24**(4), 347-352(1992)
42. 백만희, 신말식 : 저장 중 수분 활성이 고구마 전분의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **27**(4), 533-536(1995)
43. Seivert, D. and Wursch, P. : Amylose chain association based on differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, **58**(6), 1332-1345(1993)
44. Moorthy, S. N., Tankamma, P. K. and Unnikrishnan, P. M. : Variability in starch extracted from taro. *Carbohydrate Polymers*, **20**, 169-179(1993)
45. Uwakwe, A. : Effect of heat-treatment and defatting on the proximate composition of some Nigerian local soup thickeners. *Food Chem.*, **53**, 173-175(1995)
46. 권미라, 신말식 : 수분-열처리와 노화에 의해 고아밀로오스 옥수수 전분으로부터 형성된 효소 저항 전분의 특성 비교. *한국농화학회지*, **40**(6), 508-513(1997)
47. 강길진, 김관, 이상규, 김성곤 : 산 처리 쌀 전분의 분자 구조와 노화속도. *한국식품과학회지*, **29**(5), 876-881(1997)
48. Allen, O. N. and Allen, E. K. : *The manufacture of poi from taro in Hawaii*. Hawaii Agricultural Experiment Station, Honolulu, Hawaii(1933)
49. Crabtree, J. and Baldry, J. : The use of taro products in bread making. *J. Food Technol.*, **17**, 771-777(1982)
50. Maga, J. A., Liu, M. B. and Rey, T. : Taro extrusion. *Carbohydrate Polymers*, **21**, 177-178(1993)
51. 김은경, 정은경, 이현옥, 염초애 : 토란병의 질감적 특성에 관한 연구. *동아시아식생활학회지*, **5**(3), 247-253(1995)
52. Brodburg, J. H., Brodshaw, K., Jealous, W., Holloway, W. D. and Phimpisane, T. : *J. Sci. Food Agric.*, **43**, 333(1988)
53. Hong, G. P. and Nip, W. K. : Functional properties of precooked taro flour in sorbets. *Food Chem.*, **36**, 261-270(1990)
54. Purselove, J. W. : *Tropical Crop I*. John Wiley & Sons, Inc., New York, p.61(1972)
55. 김성미, 이성우 : 조선시대 구황 식품의 문헌적 고찰. *동아시아식생활학회지*, **2**(1), 35-39(1992)
56. 이효지 : 조선시대 떡류의 분석적 고찰. *한국음식문화연구원 논문*, p.45(1998)