

감마선 조사 도토리로부터 분리한 전분의 이화학적 및 관능적 특성

권중호 · 김수진 · 이정은 · 이수정¹ · 김성곤² · 김정숙³ · 변명우⁴
 경북대학교 식품공학과, ¹부천대학 식품영양과, ²단국대학교 식품영양학과,
³계명문화대학 식품과학과, ⁴한국원자력연구소

Physicochemical and Organoleptic Properties of Starch Isolated from Gamma-Irradiated Acorn

Joong-Ho Kwon, Soo-Jin Kim, Jungeun Lee, Soo-Jeong Lee¹, Sung-Kon Kim²,
 Jeong-Sook Kim³ and Myung-Woo Byun⁴

Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University

¹Department of Food & Nutrition, Bucheon College

²Department of Food & Nutrition, Dankook University

³Department of Food Science, Keimyung College

⁴Korea Atomic Energy Research Institute

Physicochemical and organoleptic properties were investigated in starch extracted from acorn gamma-irradiated for insect control. Hunter's color L, a, and b values were unchanged upon irradiation at 0.25 to 10 kGy. Scanning electron microscopic observation revealed no changes with gamma irradiation at 1 kGy, that is effective for disinfection, whereas 10 kGy resulted in some clefts on the starch surface. X-ray diffraction analysis showed patterns of both amorphous and crystalline regions were not different among the treatment groups. Water-binding property, swelling power, solubility, and gelatinization patterns of starch were influenced by irradiation dose, but 1 kGy dose was not detrimental to the physicochemical properties. Textural parameters of acorn gel were relatively stable, but significant reductions were found in hardness, adhesiveness, and chewiness in samples irradiated at 3 kGy or higher. Results revealed that irradiation at 1 kGy or lower could be applied for insect control without causing apparent changes in physicochemical and organoleptic properties of acorn starch.

Key words: acorn, gamma-irradiation, starch, qualities

서 론

도토리는 견과류에 속하는 잎산물로서 우리나라 전국의 산야에서 자생하고 있는 참나무과(*Fagaceae*), 참나무속(*Genus Querus*) 교목의 열매이다. 옛부터 도토리는 이태리, 스페인 등에서 빵, 과자, 죽 및 대용커피로 이용되었고 일본에서는 떡을 만드는데 사용되었으며, 우리 나라에서는 도토리 전분을 묵의 재료로 사용하고 있다⁽¹⁾. 도토리에는 젤(gel) 형성능이 우수한 전분질이 65~69% 정도 함유되어 있으며, 특히 떫은맛과 갈변현상의 원인이 되는 항산화성 탄닌 성분을 다양 함유하고 있는 것이 특징이다⁽¹⁻³⁾.

일반적으로 전분은 의약, 산업분야에서 여러 가지 용도로

사용되고 있으며 서유럽에서는 전분의 55%는 식품용으로, 43%는 비 식품용으로 사용되고 있다⁽⁴⁾. 김과 이⁽⁵⁾는 수종의 도토리 전분의 이화학적 성질, 호화도, 점도 및 X선 회절 등을 조사하고, 호화온도는 61~68°C, X선 회절도는 감자 전분과 옥수수 전분의 중간구조를 가지며 이는 생육조건의 차이에 의한 것으로 추정하였다. 최근 도토리 전분은 도토리묵, 도토리국수, 도토리빵 등 다양한 가공식품의 원료로 사용되고 있으며, 도토리 추출물은 지질 대사 및 항산화 효소계의 개선 기능이 있는 것으로 알려지고 있다^(3,6). 이와 같이 도토리는 전통기호식품 또는 건강식품소재로서 이용 분야가 확대되고 있다^(7,8).

도토리는 보통 초가을부터 10월 말 경까지 수확되어 출하되거나 저장에 들어가게 된다. 그러나 도토리는 밤과 동일하게 이미 산지에서 수확 전 해충에 대부분 오염되어 있어서 저장 초기부터 충해의 발생이 나타나 원료 도토리의 저장에 큰 어려움이 내재되어 있다^(9,10). 또한 밤, 도토리 등 견과류는 수확 후 일정기간이 지나면 발아하게 되므로⁽¹¹⁾ 원료의 상품성과 저장성 향상을 위해서는 발아·발근 억제 방법도 마

*Corresponding author : Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Tel: 82-53-950-5775

Fax: 82-53-950-6772

E-mail: jhkwan@knu.ac.kr

련되어야 하겠다. 특히 견과류 임산물에 기생하는 해충은 국가간 교역 시 검역경계대상이 될 수 있으므로^(10,12) 시장개방화 시대에 대비한 검역방안이 요구되고 있다. 검역대상 경계 해충의 경우 엄격한 국제검역규정인 생물학적인 위협기준(profit-9 security: 수출용 농산물에 살아 있는 해충의 존재확률이 3/100,000 이하일 것)을 적용 받고 있으며, 이러한 해충들을 사멸시키기 위한 검역처리에 methyl bromide (MBr) 훈증법이 대부분 사용되고 있으나, 이 방법은 Montreal 의정서 협약에서 오존층 파괴물질로 판명되어 주요 국가들에 의해 사용이 규제되고 있으므로⁽¹³⁾ 새로운 대체기술이 필요하게 되었다.

따라서 본 연구는 도토리의 해충사멸 연구에서 그 효과가 인정된 감마선 조사가 도토리 전분의 이화학적, 관능적 품질에 미치는 영향을 검토하여 해충관리를 위한 적정 조사선량을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

도토리는 경북 의성 지방에서 10월 초순에 수확된 것을 구입하여 시료로 하였다. 시료의 일반 성분을 분석⁽¹⁴⁾한 결과 수분 39.29%, 조단백질 3.05%, 조지방 2.76%, 회분 1.42%, 탄수화물 53.48% 등이었다.

감마선 조사

전분 추출을 위한 도토리시료의 감마선 조사는 한국원자력연구소의 조사시설(⁶⁰Co)을 이용하여 0.25~10 kGy(±9%)의 범위의 평균 흡수선량을 얻도록 하였다. 이 때 흡수선량의 확인은 ceric cerous dosimeter와 Harwell Amber Perspex dosimeter(3042 Batch H)를 사용하여 실시하였다. 처리된 시료는 방충망이 부착된 일정 크기의 PVC 상자에 구분 포장하여 실온(18±5°C)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

도토리 전분의 제조

전분의 제조는 감마선 조사된 도토리를 4°C의 중류수에 1일간 침지시켜 껌질을 제거한 후 mixer로 15분간 마쇄한 다음 100 mesh체와 270 mesh체에 차례로 걸렸다. 체를 통과한 부분에 0.2% NaOH 용액을 가하여 현탁 시킨 후 냉장고(4°C)에 하루 밤 방치하여 가라앉힌 다음 상징액을 제거하였다. 이 알칼리 용액의 처리는 상징액이 무색으로 될 때까지 반

복한 후 상징액의 pH가 중성이 될 때까지 중류수로 세척하여 20°C에서 건조시키고 100 mesh로 분쇄하여 전분시료로 사용하였다⁽⁶⁾. 무처리 대조구 전분의 일반성분은 수분 7.18%, 조단백질 0.04%(N×6.25), 조회분 0.08%, 탄수화물 92.7% 등이었다.

전분의 이화학적 특성시험

전분 시료의 기계적 색도는 색차계(Color & Color Difference Meter, Model No. 100/DP, Nippon Densoku Kogyo Co., Japan)를 이용하여 분말의 색도를 측정하고 Hunter scale에 의한 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 및 색차(ΔE) 값으로 나타내었다. 이 때 사용한 표준백판은 L = 97.53, a = 0.22, b = 1.73이었다. 전분의 물결합력 측정은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽¹⁵⁾으로, 팽윤력과 용해도는 Schoch⁽¹⁶⁾의 방법에 따라 80°C에서 측정하였다. 전분 입자의 표면 형태는 주사전자현미경(scanning electron microscope, Hitachi S-4200, Japan)으로 3,500 및 7,000배 확대하여 관찰하였다. 전분의 X-선 회절도 분석은 X-선 회절기(X'pert PW3710, Phillips, Netherlands)를 이용하여 scanning speed 0.04° 20/s, voltage 300 kV, current 20 mA의 조건으로 회절각도 2θ: 5~40°까지 회절 시켜 분석하였다. 한편 전분의 호화특성을 알아보기 위해 감마선 조사된 도토리에서 분리된 전분의 현탁액(7%, 건량 기준)을 만들어 Rapid Visco Analyser(New Port Scientific, Warriewater, Australia)로 Medcalf와 Gilles의 방법⁽¹⁵⁾을 응용하여 측정하였다. 즉, 전분현탁액을 25°C부터 95°C까지 분당 7°C 속도로 가열하고 95°C에서 5분간 유지시켰다. Rapid visogram으로부터 호화개시온도(°C), 최고점도, 95°C에서 5분 후의 점도 등을 구하였다. 또한 전분의 호화온도는 전분시료에 중류수를 넣어 0.2% 농도의 현탁액을 만든 후 5 mL를 취해 항온 수조에서 30~98°C의 일정 온도로 5분간 가열한 다음 625 nm에서 흡광도를 측정하였다.

전분겔의 가공적성시험

전분겔의 제조는 시료 3.0 g을 50 mL screw cap tube에 담고 9.9%(w/v, 건물 기준)가 되도록 물을 가하여 잘 분산시킨 다음 항온수조에서 온도가 95°C가 유지되도록 하여 20분간 혼들면서 가열하여 높이 5.0 cm, 직경이 3.0 cm의 원형틀에 담아 20°C에서 3시간 성형시켰다. 전분겔의 텍스처는 rheometer(COMPAC-100, SUN Scientific, Japan)를 이용하여 road cell 2 kg, table speed 60 mm/분의 조건으로 직경 3.5 cm의

Table 1. Effect of gamma irradiation on Hunter colors for acorn starch

Hunter parameter ¹⁾	Irradiation dose (kGy)						
	0	0.25	0.5	1	3	5	10
L	79.41	79.40	79.52	79.21	79.54	79.50	79.83
a	1.32	1.26	1.24	1.37	1.37	1.37	1.35
b	17.58	17.75	17.84	17.32	17.31	17.47	18.27
ΔE	0	0.18	0.29	0.33	0.30	0.16	0.86

¹⁾L: Degree of whiteness (white+100↔0 black).

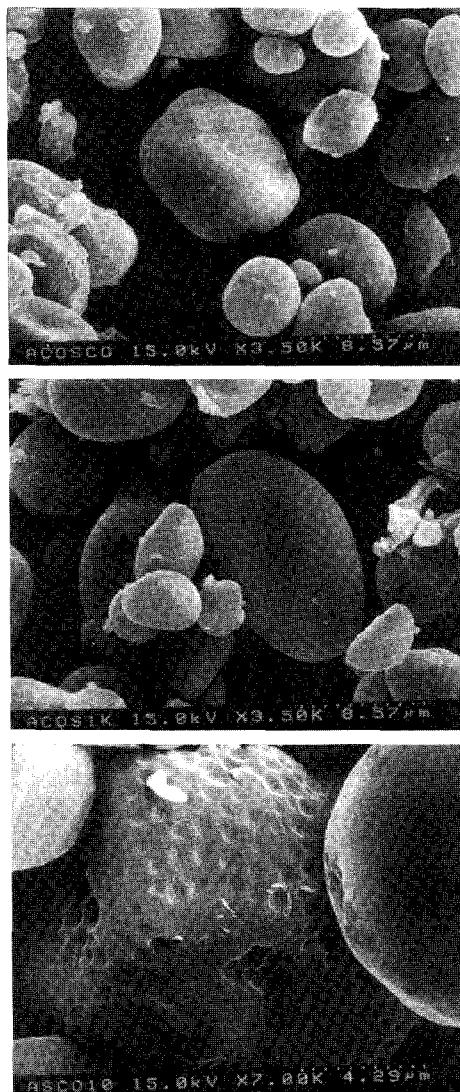
a: Degree of redness (red+100↔ 0↔-80 green).

b: Degree of yellowness (yellow+70↔0↔-80 blue).

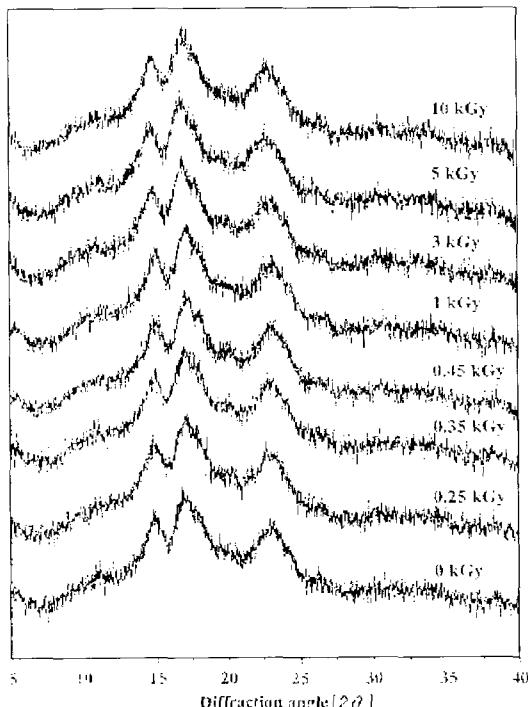
ΔE : Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$).

Table 2. The characteristic properties of starch isolated from irradiated acorn

Properties	Irradiated dose (kGy)						
	0	0.25	0.5	1	3	5	10
WBC (%) ¹⁾	122.43 ^{a2)}	122.30 ^a	122.37 ^a	119.16 ^{ab}	117.99 ^b	108.17 ^c	106.28 ^c
Swelling power	44.04 ^a	45.61 ^a	45.65 ^a	44.20 ^a	44.22 ^a	44.95 ^a	45.86 ^a
Solubility (%)	80.67 ^a	80.05 ^a	78.47 ^a	77.91 ^a	77.73 ^a	76.96 ^b	73.01 ^c

¹⁾Water binding capacity.²⁾Mean in the same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).**Fig. 1. Scanning electronic micrographs of starch isolated from irradiated acorn (top: control, middle: 1 kGy, bottom: 10 kGy).**

probe로 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 전분겔의 관능검사는 예비실험에서 선발된 15명의 검사요원에게 각각 한 조각의 겔을 제시하고 색(color), 견고성(hardness), 떫은맛(astringency), 냄새(odor)에 대하여 차이식별검사⁽¹⁷⁾를 실시하였다. 이때 표준시료(R)와 차이가 없다는 5점, R보다 대단히 좋다는 1점, R보다 대단히 나쁘다는 9점으로 평가하였다. 결과분석은 statistical analysis system(SAS)과 Duncan's multiple range test에 의해 유의적 차이를 검정하였다⁽¹⁸⁾.

**Fig. 2. X-ray diffraction patterns of starch isolated from irradiated acorn.**

결과 및 고찰

전분의 이화학적 특성에 대한 감마선 조사의 영향

전분의 외관적 품질을 확인하는 지표로써 감마선 조사(0~10 kGy) 도토리에서 추출한 전분의 Hunter L, a 및 b 값은 측정한 결과, 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b)에서 비조사구와 0.25~10 kGy 조사구 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다(Table 1).

도토리 전분의 물결합력, 팽윤력, 용해도 및 청가를 비교한 결과는 Table 2와 같다. 도토리 전분의 물결합력은 무처리구에서 122.43%로서 일반 두류 전분류 보다 높은 값으로⁽¹⁹⁾, 처리구간에는 큰 차이를 보이지 않았으나 1 kGy 이상에서는 다소 감소되는 경향이 있다($p<0.05$). 도토리 전분의 팽윤력의 경우에는 감마선 조사구간에 일정한 경향이 없이 유의적인 차이를 보이지 않았다. 용해도의 경우에는 조사선량 증가에 따라 비례적으로 감소하는 경향이지만 3 kGy까지는 유의적 차이를 보이지 않았다.

한편 처리구별 전분입자의 형태를 주사전자현미경(SEM)으로 관찰해 본 결과, 1 kGy 정도의 감마선 조사는 전분입자

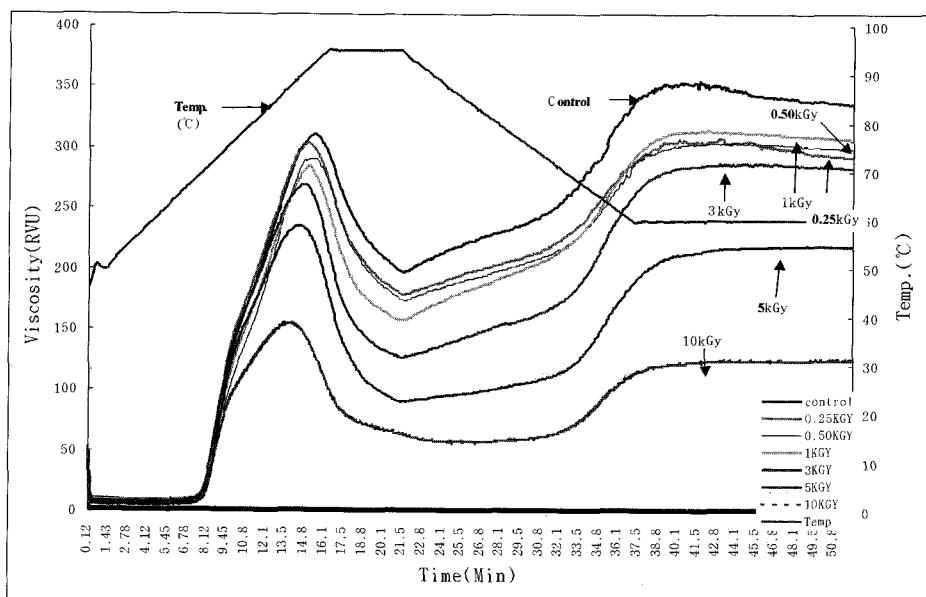


Fig. 3. RVA amylograms of starch isolated from irradiated acorn.

Table 3. Viscosity characteristics of starch isolated from irradiated acorn

Irradiation dose (kGy)	Initial pasting temp. (°C)	Peak viscosity (RVU)	Holding viscosity (RVU)	Viscosity at 50°C (RVU)	Break down (RVU)
0.00	67.30	311	197	335	114
0.25	67.45	304	179	292	125
0.50	67.70	291	174	299	117
1.00	67.00	285	158	306	127
3.00	67.70	269	127	283	142
5.00	70.15	235	90	218	145
10.00	68.85	155	57	124	98

의 형태에 변화를 초래하지 않았으나 10 kGy 조사구에서는 입자표면의 손상이 뚜렷이 관찰되었다(Fig. 1). 그리고 처리구별 전분의 X-선 회절분석에서 회절양상에서는 모두 2θ 15°, 17.1°, 22.9°에서 peak 강도를 보여 A형(20)에 가까운 회절양상을 보였으며, 30° 이상 부분에서는 강도가 거의 없어 전분의 무정형 부분에 해당된다고 사료된다(Fig. 2). 따라서 처리구별 회절양상에서 큰 차이를 보이지 않는 것은 감마선처리에 의해 대부분이 전분입자의 무정형 부분에서 일어나고 전분의 결정성 영역에서는 큰 변화가 일어나지 않았음을 시사해 주고 있다.

아밀로그램에 의한 도토리 전분의 호화양상을 측정하여 Fig. 3 및 Table 3에 나타내었다. 대조구와 감마선 처리구의 호화개시 온도는 67.0°C~70.15°C로, 65°C 이상에서 팽윤력이 급격히 증가한다는 보고를 뒷받침하였다⁽²¹⁾. 그리고 5 kGy 이상 조사구에서 온도가 약간 높아지는 경향을 보였다. 도토리 전분은 감마선 조사선량의 증가에 따라 최고점도, holding viscosity, 냉각점도는 감마선 조사에 의하여 낮아졌다. 한편 breakdown은 조사선량이 높아질수록 10 kGy에서는 다시 감소하였다. 이러한 결과는 방사선조사 옥수수전분⁽²²⁾ 및 밤전분⁽²³⁾에 대한 결과와 유사하였다.

전분질의 관능적 특성

감마선 조사 도토리에서 추출된 전분의 가공적성을 알아보기 위하여 전분겔을 제조하고 처리선량별 텍스쳐를 측정해 보았다. 도토리묵의 texture를 측정하여 처리구별 각 parameter의 값을 Table 4에 나타내었다. 전반적인 물성 인자들은 1 kGy 선량 이하에서는 변화가 크지 않았으나 3 kGy 이상 조사구에서는 hardness, adhesiveness, gumminess, chewiness 등에서 큰 변화를 초래하였다. 이상의 결과는 처리구별 관능적 품질과 직접적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 한편 감마선 처리된 도토리의 전분을 사용하여 묵을 제조한 다음 관능적 품질(색깔, 견고성, 맵은맛, 향기)에 대한 기호도를 무처리 대조구를 표준시료(R)로 하여 관능검사를 실시한 결과, Table 4에 나타난 바와 같이 묵시료의 색상, 맵은 맛 및 향기는 처리구간에 유의적인 차이가 없었으나 견고성은 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 본 실험에서 3 kGy 이상의 고선량 감마선 조사는 도토리 전분의 이화학적 특성과 가공적성에 유의적인 변화를 가져왔으나 도토리의 해충 사멸에 필요한 조사선량 범위(0.5~1 kGy)에서는 대조구와 유의적인 차이가 없는 것으로 확인되었다.

Table 4. Textural properties of starch gels extracted and prepared from irradiated acorn

Irradiation dose (kGy)	Textural properties ¹⁾					
	Hard. (g)	Adhes.	Cohes.	Spring.	Gumm. (g)	Chew.
0.00	83.24 ^{a2)}	-135.22 ^d	0.608 ^a	0.883 ^{ab}	47.48 ^a	42.52 ^a
0.25	83.40 ^a	-131.21 ^d	0.596 ^{ab}	0.881 ^{ab}	49.93 ^a	42.51 ^a
0.50	73.04 ^b	-116.67 ^c	0.565 ^b	0.827 ^d	41.28 ^c	34.06 ^b
1.00	75.08 ^b	-109.84 ^{bc}	0.612 ^a	0.858 ^c	45.91 ^{ab}	36.49 ^b
3.00	56.26 ^c	-102.76 ^b	0.594 ^{ab}	0.874 ^{abc}	32.10 ^d	28.87 ^c
5.00	56.64 ^c	-101.40 ^{ab}	0.599 ^{ab}	0.865 ^a	32.52 ^d	28.21 ^c
10.00	37.70 ^d	-90.96 ^a	0.585 ^{ab}	0.887 ^a	22.04 ^e	19.79 ^d

¹⁾ Hard., hardness; Adhes., adhesiveness; Cohes., cohesiveness; Spring., springiness; Gumm., gumminess; Chew., chewiness.²⁾ Means with different superscripts in the same column are significantly different ($p<0.01$).**Table 5. Mean score and F-value for sensory color, hardness, astringency and odor of acorn starch gel extracted and prepared from irradiated acorn¹⁾**

Sensory parameter	Irradiation (kGy)						
	0.00	0.25	0.5	1.00	3.00	5.00	10.00
Color	5.00 ^a	5.10 ^a	4.80 ^a	5.00 ^a	5.30 ^a	4.80 ^a	5.10 ^a
Hardness	5.00 ^a	4.80 ^a	4.60 ^{ab}	4.80 ^{ab}	4.60 ^{ab}	4.80 ^{ab}	4.70 ^{ab}
Astringency	5.00 ^a	4.90 ^a	5.00 ^a	4.90 ^a	4.80 ^a	4.80 ^a	4.60 ^a
Odor	5.00 ^a	4.50 ^a	4.70 ^a	4.60 ^a	4.50 ^a	4.60 ^a	4.60 ^a

¹⁾ Mean in the same row with different superscripts are significantly different ($p<0.01$).

요 약

도토리의 해충방제를 위한 감마선 조사가 도토리에서 추출한 전분의 이화학적 및 관능적 특성에 미치는 영향을 검토했다. 전분의 기계적 색도(Hunter L, a, b)는 0.25~10 kGy 범위에서 변화되지 않았다. 살충선량인 1 kGy의 감마선 조사는 전분입자의 형태에 변화를 초래하지 않았으나 10 kGy에서는 입자표면의 손상이 관찰되었다. X-선 회절분석에서 회절양상은 전분입자의 무정형 부분이나 결정성 영역에 있어서 처리구간에 차이가 나타나지 않았다. 물결합력, 팽윤력, 용해도, 호화양상 등은 감마선 조사선량의 증가로 변화를 보였으며, 0.5~1 kGy 범위에서는 전분의 이화학적 특성에 거의 영향이 없었다. 한편 도토리전분 겔을 제조하여 처리선량별 텍스쳐를 측정해 본 결과, 전반적인 물성 인자들은 1 kGy 선량 이하에서는 변화가 크지 않았으나 3 kGy 이상 조사구에서는 경도, 점착성, 씹힘성 등에 있어서 변화가 심하였다. 이상의 결과에서 1 kGy 이하의 감마선 조사는 도토리 전분의 이화학적 특성과 가공적성에 유의적인 변화를 주지 않으면서 도토리의 해충을 사멸할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 과학기술부 원자력연구개발사업의 연구 결과의 일부이며 지원에 감사 드립니다.

문 헌

1. Kim, J.O. and Lee, M.J. Studies on some physico-chemical properties of the acorn starch. Korean J. Food Sci. Technol. 8: 230-

- 235 (1976)
2. Park, J.Y. and Koo, S.J. A study on the tannin components and physical properties of acorn starch-Gallic acid contents and viscosity. Korean J. Nutr. 17: 41-49 (1984)
3. Lee, M.H., Jeong, J.H. and Oh, M.J. Antioxidative activity of gallic acid in acorn starch. J. Korean Soc. Food Nutr. 21: 693-700 (1992)
4. Lee, H.A. Physico-chemical properties of acorn starch. Food Sci. Biotechnol. 10: 620-626 (2001)
5. Kim, J.O. and Lee, M.J. Studies on some physicochemical properties of acorn starch. Korean J. Food Sci. Technol. 8: 230-235 (1973)
6. Sung, I.S., Kim, M.J. and Cho, S.Y. Effect of *Quercus acutissima* CARRUTHERS extracts on the lipid metabolism. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 327-333 (1997)
7. Chung, D.H., Yu, T.J. and Choi, B.K. Studies on the utilization of acorn starch. J. Korean Agri. Chem. Soc. 18: 102-108 (1975)
8. Kim, C.S. and Shin, E.T. Studies on the utilization of varieties of acorn in Korea. Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng. 3: 17-22 (1975)
9. Shin, D.H., Bae, J.S. and Bae, K.W. Studies on the preservation of Korean chestnuts. Korean J. Nutr. Food 11: 41-46 (1982)
10. Kwon, J.H., Kim, S.J., Chung, H.W., Kwon, Y.J., Chung, H.S. and Byun, M.W. Comparative effects of gamma irradiation and methyl bromide fumigation on disinfestation and physicochemical quality of acorn. Korean J. Postharvest Sci. Technol. 5: 199-206 (1998)
11. Cho, H.O., Yang, H.S., Byun, M.W., Kwon, J.H. and Kim, J.G. Batch scale storage of sprouting foods by irradiation combined with natural low temperature. Korean J. Food Sci. Technol. 15: 231-237 (1983)
12. NPQS. Summary of Plant Quarantine Systems in Different Countries. National Plant Quarantine Service Report 92-2-41, Anyang (1998-2000)
13. UNEP. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. pp. 294. 1994. Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee (1995)
14. AOAC. Official Methods of Analysis. 13th ed., Association of

- Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA (1980)
15. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. Wheat starch. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568 (1965)
16. Schoch, T.J. Swelling power and solubility of granular starches. Vol. IV. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler, R.L. (eds.). p.106, Academic Press, New York, USA (1964)
17. Larmond, E. Methods for Sensory Evaluation of Food. Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada (1973)
18. SAS. *SAS Users Guide. version 8.1. Statistical Analysis System*. Institute, Cary, NC, USA (2001)
19. Kim, H.S., Kwon, M.R. and Ahn, S.Y. Physicochemical properties of starch from cow pea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 19: 18-22 (1987)
20. Zobel, H.F. Starch granule structure. pp. 1-36. In: *Developments in Carbohydrate Chemistry*. American Association of Cereal Chemistry. Alexander, J. and Zobel, H. F. (eds.). St. Paul, USA (1992)
21. Ferrier, R.J. *Carbohydrate Chemistry*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK (1993)
22. Kang, I.J., Byun, M.W., Yook, H.S., Lee, S.J. and Chung, C.K. Properties of corn starches isolated from irradiated glutinous and non-glutinous corn grains. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 2: 23-28 (1997)
23. Kwon, J.H., Park, S.H. and Kim, S.K. Effects of ionizing energy on some physico-chemical properties of chestnut starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 83-85 (1993)

(2002년 10월 28일 접수; 2002년 12월 9일 채택)