Journal of Radiation Industry 6 (4) : 299~304 (2012)

감마선 조사에 따른 동결건조과일의 품질 특성 평가

최수정 · 윤영민 · 한인준 · 김재경 · 박종흠 · 이주운 · 류은순[1] · 육홍선[2] · 김재훈 · 송범석*

한국원자력연구원 첨단방사선연구소
[1]부경대학교 식품영양학과, [2]충남대학교 식품영양학과

Evaluation of Quality Properties of Gamma-irradiated Freeze-dried Fruits

Soo-Jeong Choi, Young-Min Yoon, In-Jun Han, Jae-Kyung Kim, Jong-Heum Park, Ju-Woon Lee, Eun-Soon Lyu[1], Hong-Sun Yook[2], Jae-Hun Kim and Beom-Seok Song*

Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, Jeongeup 580-185, Korea
[1]Department of Food Science and Nutrition, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
[2]Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract - **The quality properties of freeze-dried apples, pears, strawberries and pineapples gamma-irradiated at 0, 1, 2, 3, 4, and 5 kGy were evaluated to develop germ-free products for immuno-compromised patients. The initial count of total aerobic bacteria in non-irradiated apples, pears, strawberries and pineapple was 2.5, 3.1, 2.6, and 3.2 log CFU · g^{-1}, respectively. Microorganisms were not observed in apples after 1 kGy, in pears and strawberries after 4 kGy, and in pineapples at 5 kGy within a detection limit of 10 CFU · g^{-1}. In addition, the sterilization of each sample was confirmed at the same dose. The score for the overall acceptance of freeze-dried fruit irradiated at a sterilization dose was 5.5 for apples, 4.1 for pineapples, and 4.0 for the other fruits, whereas that of non-irradiated control sample was 5.6 for apples, 5.2 for pears, and 5.8 for strawberries and pineapples with a 7-point scale. As a result, gamma irradiation of 1 kGy for apples, 4 kGy for strawberries and pears, and 5 kGy for pineapples is sufficient to sterilize each freeze-dried fruit with acceptable sensory properties.**

Key words : Freeze-drying, Fruits, Gamma irradiation, Quality evaluation

서 론

건조과일은 사과, 배, 또는 딸기 등의 생과를 건조하여 저장성을 높이고 편의성을 향상시킨 식품으로 과채가공품에 속한다 (KFDA 2012). 최근에는 소비자의 생활패턴 변화와 well-being 또는 LOHAS와 같은 건강지향적 욕구와 맞물려 즉석섭취가 가능한 건조과일에 대한 소비는 해마다 증가하고 있는 추세이다. 아울러 과일을 건조시 일반 건조식품과 마찬가지로 저장성이 향상되고 제품 무게의 감소로 물류비용이 절감되는 등의 효과가 있다 (Park *et al.* 2004).

식품의 건조 방법에는 열풍, 동결건조 및 microwave

* Corresponding author: Beom-Seok Song, Tel. +82-63-570-3211, Fax. +82-63-570-3207, E-mail. sbs0110@kaeri.re.kr

vacuum 건조 등의 있으며, 상업적으로는 열풍건조와 동결건조를 가장 널리 사용하고 있다. 열풍건조는 역사가 가장 오래된 건조법이나 건조 후 제품의 형태가 변형되며, 조직이 단단해지고, 갈변현상, 조단백질, 조지방 및 환원당과 같은 영양성분 함량 변화(Kwon *et al.* 1998) 등 여러 가지 변화를 가져온다(Krokida and Maroulis 2000; Hu *et al.* 2006). 동결건조는 승화원리를 통한 건조법으로 건조속도가 느리고, 건조 단가가 높으나, 과일과 같이 열에 민감한 재료의 건조에 적합하며, 식품의 관능적 특성과 생화학적 성질의 변화가 적어 고품질의 건조제품을 생산할 수 있게 한다(Ceballos *et al.* 2012). 또한 승화로 인해 다공성의 구조(Hammami *et al.* 1999; Krokida and Maroulis 2000)를 형성하게 되어 다른 건조가공법과 비교했을 때 우수한 복원성과 조직감을 갖게 된다(Krokida *et al.* 1998).

한편 면역력이 부족하거나 결핍된 환자 또는 치료를 받는 암환자 등에게는 현저히 떨어진 면역력으로 인해 식품의 섭취 시 살균 또는 멸균된 식품을 섭취해야만 한다(Richard *et al.* 1998). 현재까지 이러한 환자식의 살균 및 멸균은 레토르트 등의 가열 공정을 통하여 처리되고 있으나 가열 처리가 불가능한 식품의 경우 방사선 조사와 같은 비가열 살균 방법의 활용이 필요하다. 방사선 조사 기술은 대표적인 비가열 살균기술로 완전히 포장한 상태에서 처리 할 수 있어 식품의 이차오염 없이 안전하게 제품을 생산할 수 있으며, 또한 식품에 잔류독성이 전혀 없고, 식품고유의 생화학적 품질을 유지할 수 있는 기술이다(Byun 1997). 이러한 특성으로 방사선 조사 기술은 열에 민감한 과일과 야채 등의 생과 외에 건조된 제품의 살균 및 멸균이 가능하다(Kim 2009). 선행연구를 통한 소아암 환자를 대상으로 실시한 설문조사에 따르면 아이스크림 또는 과자류와 같은 기호식품에 대한 선호도가 높았으며 방사선으로 멸균한 제품에 대한 구매 의사가 높은 것으로 나타났다(Han 2012). 또한 김 등(2009)은 방사선으로 완전 멸균된 무균식은 영양성분의 손실이 거의 없기 때문에 환자의 치료 효과가 양호하다고 보고 한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 동결건조된 사과, 배, 딸기 및 파인애플의 감마선 조사에 따른 미생물학적, 이화학적 및 관능적 특성의 변화를 파악하여 동결건조과일의 환자식 이용 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

건조과일 제조를 위해 사과(부사, 2011년산, 예천, 경상북도), 배(신고, 2011년산, 나주, 전라남도), 딸기(매향, 2011년산, 논산, 충청도), 파인애플(델몬트, MD2, 2012년산, 필리핀)을 구입했다. 사과, 배 및 파인애플은 비가식부를 제거하여, 1 cm 두께로 자르고, 딸기는 꽃받침과 줄기를 제거한 뒤 과육을 세로로 2등분 하였다. 전처리된 과일들은 deep freezer(CLN-71UWM, Osaka, Japan)에서 냉동 후, 동결건조기(VD-800F, Taitec, Tokyo, Japan)를 이용하여 건조 하였으며 최종 건조된 제품의 수분함량은 20% 이내였다.

감마선 조사

건조과일의 감마선 조사는 선원 11.1 PBq, ^{60}Co 감마선 조사시설(IR-70 gamma irradiator, MDS Nordion, Canada)을 이용하였다. 건조과일들을 각각 1, 2, 3, 4 및 5 kGy의 흡수선량(선량률 10 kGy · h^{-1})이 되도록 조사하였다. 조사 후 총 흡수선량 확인은 alanine dosimeter(Oeric cerous dosimeter, Bruker Instruments, Rheinstetten, Germany)를 사용하였다. Dosimetry 시스템(Kishor *et al.* 1995)은 국제원자력기구(IAEA)의 규격에 준용하여 표준화한 후 사용하였으며, 총 흡수선량의 오차는 2% 이내였다.

미생물 검사

미생물 검사에 사용한 배지는 Difco co. (Detroit, MI, USA)에서 구입하여 사용하였다. 시료의 총균수 검사는 시료 10 g에 대한 멸균된 peptone수 100 ml를 가하여 1분간 stomacher(Mark II Lab Blender, Tekmar Teledyne Technologies Inc., Sacramento, CA, USA)를 이용하여 균질화한 후 10진 희석법으로 희석하여 Plate Count Agar 9개의 plate에 도말 후 35°C에서 2일간 배양하여 30～300개의 집락을 형성한 배지만을 계수하였다.

감마선 조사된 건조과일의 멸균 여부를 확인하기 위해 세균발육시험법(KFDA 2012)을 이용하였다. 즉, 시료를 무균적으로 취한 후, 멸균 PBS buffer solution 45 ml를 가하고, 20초간 vortexing 하였다. 이 용액의 1.0 ml에 멸균된 thioglycollate medium(Sigma-Aldrich co. St. Louis, MO, USA)을 가하고, 35°C의 incubator(MIR-262, Sanyo, Tokyo, Japan)에서 45시간 동안 배양시켜 yellow 계통으로 변색되지 않는 것을 멸균된 것으로 확정하였다.

관능검사

건조과일의 관능검사는 기호도 검사와 특성강도 검사를 실시하였으며, 관련분야를 전공한 연구원들을 대상으로 총 10명의 패널에게 실시하였다. 패널은 관능검사 중

나이, 성별 등을 기록하고 각 시료는 물컵, 시료를 뱉는 컵 및 정수기에서 받을 물을 시료 사이에 제공하였으며, 검사 중의 영향을 최소화하기 위해 total session은 15~20분으로 정하였다. 이때의 평가항목은 기호도 검사로 외관(appearance), 향미(flavor), 맛(taste), 조직감(texture), 종합적 기호도(overall acceptability)로 매우 좋아한다 7점, 좋지도 싫지도 않다 4점, 매우 싫어한다 1점으로 하였으며, 특성강도 검사로 단맛(sweetness), 이취(off-flavor)에 대하여 아주 강하다 7점, 매우 약하다 1점으로 하였다.

통계처리

모든 측정 결과는 평균값±표준편차로 나타내었으며, Statistical Package for the Society Science (SPSS, windows ver 11.0, SPSS INC., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 시료간의 유의성을 검증한 후 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 사후검정을 실시하였다.

결과 및 논의

감마선 조사된 건조과일의 미생물생육정도 및 멸균여부 확인

감마선 조사에 의한 건조과일의 일반호기성미생물의 생육 정도 및 멸균여부 확인 결과를 Table 1과 2에 나타내었다. 사과, 배, 딸기 및 파인애플의 일반호기성미생물은 비조사구에서 각각 2.5, 3.1, 2.6, 3.2 log CFU · g^{-1}으로 나타났으며, 사과는 1 kGy, 배, 딸기 및 파인애플에서는 4 kGy 이상에서 검출되지 않았다(검출한계 10 CFU · g^{-1}).

감마선 조사된 건조과일의 멸균 확인 실험결과에서 비조사구에서는 색이 변하는 양성반응을 보이며, 멸균이 확인된 건조과일구에서는 색이 변하지 않는 음성반응을 나타내었다. 사과, 파인애플은 1 kGy, 5 kGy에서 멸균 음성반응이 나타났고, 배와 딸기는 4 kGy에서 음성으로 나타나 건조과일별 멸균선량을 확인할 수 있었다.

감마선 조사된 건조과일의 관능적 품질 변화

감마선 조사된 건조과일의 외관, 맛, 조직감, 향미, 종합적인 기호도 및 이취에 대해 관능검사 결과를 Table 3~7에 나타내었다.

건조 사과의 경우 외관, 맛, 조직감, 향미, 종합적인 기호도가 비조사구를 제외한 조사구에서도 높은 점수를 나타내었으나 각 실험구마다 유의적인 차이는 나타나지

Table 1. Effect of gamma irradiation on total aerobic bacteria in freeze-dried fruits

Irradiation dose (kGy)	Freeze-dried fruits (log CFU · g^{-1})			
	Apples	Pears	Strawberries	Pineapples
0	2.5±0.04[1)]	3.1±0.04	2.6±0.10	3.2±0.08
1	ND[2)]	2.4±0.05	2.0±0.12	2.7±0.05
2	ND	1.7±0.32	2.2±0.13	1.8±0.07
3	ND	1.0±0.89	1.1±0.17	1.1±0.14
4	ND	ND	ND	ND
5	ND	ND	ND	ND

[1)]Values are mean±standard deviation (n=5).
[2)]Not detected within the detection limit < 10^1 CFU · g^{-1}.

Table 2. Sterility verification of freeze-dried fruits gamma-irradiated at different doses

Irradiation dose (kGy)	Freeze-dried fruits			
	Apples	Pears	Strawberries	Pineapples
0	+[1)]	+	+	+
1	−[2)]	+	+	+
2	−	+	+	+
3	−	+	+	+
4	−	−	−	+
5	−	−	−	−

[1)]Bacterial growth was detected (positive).
[2)]Bacterial growth was not detected (negative).

Table 3. Effect of gamma irradiation on sensory properties of freeze-dried apples

Irradiation dose (kGy)	Attributes						
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptance	Sweetness	Off-flavor
0	5.6±1.36[1)NS2)]	6.0±0.00[NS]	5.6±0.81[NS]	5.3±1.03[NS]	5.6±1.50[NS]	4.1±1.47[NS]	2.1±1.32[NS]
1	5.6±0.51	5.8±0.40	6.0±0.89	5.6±0.81	5.5±1.04	4.5±1.37	2.5±1.97
2	5.6±0.81	5.6±0.51	5.3±1.21	5.0±1.09	5.3±1.21	4.3±1.36	2.6±2.0
3	5.3±1.03	5.5±0.83	5.1±0.98	5.1±1.16	5.1±1.16	3.6±1.21	2.5±1.76
4	5.8±0.40	5.5±0.83	5.0±1.41	4.5±1.22	5.1±0.98	3.3±0.81	2.6±2.06
5	5.1±0.98	5.1±1.16	4.8±1.47	4.3±1.36	5.0±1.41	2.8±0.75	3.3±2.65

[1)]Values are mean±standard deviation (n=10), [2)]NS: Non-significantly.
Mean values within a column follow by the different letter are significantly different ($p<0.05$).

Table 4. Effect of gamma irradiation on sensory properties of freeze-dried pears

Irradiation dose (kGy)	Attributes						
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptance	Sweetness	Off-flavor
0	5.8±0.44[1)NS2)]	5.4±0.89[NS]	5.0±1.00[NS]	5.0±0.70[NS]	5.2±0.83[NS]	4.2±1.64[NS]	1.4±0.89[NS]
1	5.8±0.44	5.2±0.83	5.0±1.00	4.8±0.83	5.2±1.09	3.4±1.14	1.2±0.44
2	5.6±0.54	4.4±1.51	4.4±1.14	4.8±0.83	4.4±0.54	2.8±0.83	1.8±0.83
3	5.6±0.54	4.0±1.58	4.4±1.14	4.4±0.89	4.2±1.58	2.8±0.83	1.8±0.83
4	5.8±0.44	4.0±1.87	3.8±1.30	4.2±1.30	4.0±1.78	2.4±0.54	2.0±0.70
5	5.8±0.44	3.6±2.07	3.8±0.83	4.4±0.89	3.8±1.30	2.4±0.54	2.4±1.14

[1)]Values are mean±standard deviation (n=10), [2)]NS: Non-significantly.
Mean values within a column follow by the different letter are significantly different ($p<0.05$).

Table 5. Effect of gamma irradiation on sensory properties of freeze-dried strawberries

Irradiation dose (kGy)	Attributes						
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptance	Sweetness	Off-flavor
0	5.8±0.44[1)NS2)]	6.0±0.00[ab]	5.4±0.89[a]	5.4±0.54[NS]	5.8±0.44[a]	3.4±2.40[NS]	1.2±0.44[NS]
1	5.8±0.44	6.2±0.44[a]	5.4±0.54[a]	5.4±0.54	5.8±0.44[a]	3.6±2.30	1.2±0.44
2	5.8±0.44	6.2±0.44[a]	4.6±0.54[ab]	5.0±0.70	4.8±0.44[ab]	2.6±1.67	1.2±0.44
3	5.8±0.44	6.0±0.00[ab]	4.4±0.89[ab]	5.4±0.54	4.6±0.89[b]	2.4±1.67	1.4±0.89
4	5.6±0.89	5.0±1.22[bc]	4.2±0.83[b]	4.8±1.09	4.0±1.30[b]	2.0±1.00	2.0±1.73
5	5.6±0.89	4.8±1.30[c]	4.0±1.00[b]	5.4±0.54	3.8±1.09[b]	2.2±1.30	2.4±1.51

[1)]Values are mean±standard deviation (n=10), [2)]NS: Non-significantly.
[a-c]Mean values within a column follow by the different letter are significantly different ($p<0.05$).

Table 6. Effect of gamma irradiation on sensory properties of freeze-dried pineapples

Irradiation dose (kGy)	Attributes						
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptance	Sweetness	Off-flavor
0	5.6±0.51[1)NS2)]	5.8±0.40[NS]	6.0±0.00[NS]	5.8±0.40[NS]	5.8±0.40[ab]	4.5±1.22[a]	1.3±0.51[NS]
1	6.0±0.00	6.3±0.51	5.8±0.40	5.6±0.81	6.1±0.40[a]	4.5±1.76[a]	1.3±0.51
2	5.8±0.40	5.8±0.98	5.1±0.75	5.3±1.03	5.6±0.81[ab]	4.0±1.26[ab]	1.5±0.83
3	5.5±0.83	5.5±1.22	5.1±1.16	5.5±0.83	5.6±0.81[ab]	3.5±1.37[abc]	1.5±0.83
4	5.5±0.83	4.8±1.60	4.8±0.98	4.8±1.16	4.8±0.98[bc]	2.8±0.75[bc]	2.1±1.94
5	5.6±0.51	4.3±2.06	4.5±1.37	4.5±0.83	4.1±1.16[c]	2.1±0.40[c]	2.1±1.94

[1)]Values are mean±standard deviation (n=10), [2)]NS: Non-significantly.
[a-c]Mean values within a column follow by the different letter are significantly different ($p<0.05$).

않았다. 따라서 5 kGy 이하의 감마선 조사는 건조된 사과의 관능적 품질에 영향을 미치지 않는 것을 사료된다.

건조 배의 경우 역시 사과와 마찬가지로 기호도 검사 항목별로 다소 감소하는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이는 1 kGy 이상의 감마선 조사가 배의 관능적 품질을 저하시킨다는 (Kwon *et al.* 2002)의 결과와는 상이하게 나타났다. 사과와 배에서의 이와 같은 결과는 감마선 조사에 의한 화학변화가 수분함량에 비례하고 있어 과실과 같은 신선 식품에서는 비교적 화학반응이 일어나기 쉬우나, 동결이나 건조된 과실에서는 방사선에 의하여 물분자로부터 생성되는 라디칼이 비교적 적어 화학반응이 현저하게 낮아지기 때문으로 판단된다 (김 등 2009).

건조 딸기의 경우 외관과 조직감의 기호도는 조사구와 비조사구에서 유의적 차이를 나타내지 않았으나, 향미, 맛, 그리고 종합적인 기호도가 조사선량이 증가함에 따라 크게 감소하며 유의적인 차이를 나타냈다 ($p<0.05$). 그럼에도 불구하고 건조 딸기의 멸균 선량인 4 kGy에서 종합적인 기호도 점수가 4.0으로 보통(4점) 수준의 기호도를 나타내었다. 단맛과 이취의 특성 강도는 방사선 조사선량이 증가할수록 각각 감소하거나 증가하는 양상을 보였지만 유의적인 차이를 나타내지는 않았다.

건조 파인애플의 경우 종합적인 기호도를 제외한 항목별에서 감소하는 양상을 나타내지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 종합적인 기호도는 조사선량이 증가할수록 기호도가 낮아지며 유의적인 차이를 보였으나($p<0.05$), 비조사구가 5.8, 멸균 선량인 5 kGy에서는 4.1로 보통 수준의 기호도를 나타내었다. 이취에 대한 특성 강도는 유의적 차이를 나타내지는 않았으나, 단맛의 특성 강도는 비조사구에서 4.5, 멸균선량인 5 kGy에서는 2.1로 감소하며 유의적 차이를 나타냈다($p<0.05$). Adisak *et al.* (2011)의 보고에 따르면 파인애플의 당성분 중 sucrose가 가장 많았으며 감마선 조사로 인해 이당류가 단당류로 분해되어(Sokhey *et al.* 1993) 단맛이 감소되는 것으로 사료된다.

결론적으로 감마선 조사된 건조과일(사과, 배, 딸기, 파인애플)의 멸균은 5 kGy 이하의 조사선량으로 가능하였으며, 각각의 멸균선량에서의 관능품질은 사과와 배의 경우처럼 비조사구와 유의적 차이가 없거나, 딸기와 파인애플과 같이 유의적으로 감소하나 보통(4점) 수준으로 나타나 5 kGy 이하로 방사선 멸균된 건조과일은 소비자(특히, 면역결핍 환자들)에게 수용 가능할 것으로 판단된다. 이는 가열처리보다 감마선 조사 처리로 인해 발생되는 열이 적기 때문에 건조과일과 같이 열에 민감한 재료에 특이적으로 적용할 수 있다(김 등 2009)는 장점을 잘 반영한 것으로 판단된다.

결 론

본 연구는 면역결핍 환자를 위한 멸균 제품 개발을 위해 1～5 kGy로 감마선 조사된 동결건조과일(사과, 배, 딸기, 파인애플)의 품질 특성을 평가하였다. 사과, 배, 딸기, 파인애플의 비조사구에서 초기 일반호기성미생물은 각각 2.5, 3.1, 2.6 및 3.2 log CFU · g^{-1}으로 나타났다. 그러나 사과는 1 kGy 이상, 배 및 딸기에서는 4 kGy 이상 그리고 파인애플은 5 kGy의 조사선량에서 일반 호기성 미생물이 검출한계 (log CFU · g^{-1}) 이하로 나타났으며 멸균된 것으로 확인되었다. 7점 척도법으로 시행된 관능검사 중 비조사구의 종합적인 기호도는 사과 5.6점, 배 5.2점, 딸기 및 파인애플은 5.8점을 보였으며, 멸균선량에서의 종합적인 기호도는 사과 5.5점, 파인애플에서는 4.1점, 그리고 그 밖의 건조과일(배 및 딸기)는 각각 4.0점으로 나타났다. 결론적으로, 사과 1 kGy, 배 및 딸기는 4 kGy, 파인애플 5 kGy 감마선 조사로 각각의 동결건조과일의 멸균이 가능하며 수용 가능한 관능적 품질을 나타내었다.

사 사

본 연구는 원자력연구개발사업 및 식품의약품안전청 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(KFDA-10162식품안082 및 KFDA-11162식품안047)에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

김왕근, 정일윤, 이주운, 변명우. 2009. 방사선 식품생명공학. 29-168pp. 1st ed. 도서출판 생각나눔, 고양시.

Adisak J and Jintana J. 2011. Chemical properties and sugar contents in 'Smooth Cayenne' pineapple fruit during maturation. *Thai J. Agricultural Sci.* **902**:423-426.

Byun MW. 1997. Application and aspect of irradiation technology in food industry. *Food Sci. Ind.* **30**:89-100.

Ceballos AM, Giraldo GI and Orrego CE. 2012. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. *J. Food Engineering* **111**:360-365.

Hammami C, Rene F and Marin M. 1999. Process-quality optimization of the vacuum freeze-drying of apple slices by the response surface method. *Int. J. Food Sci. Technol.* **34**:145-160.

Han IJ. 2012. Quality properties of gamma-irradiated *Tarakjuk* (Milk porridge) for patient food. doctor thesis. 112pp. Sunchon National University. Suncheon.

Hu Q, Zhang M, Mujumdar A, Du W and Sun J. 2006. Effects of different drying methods on the quality changes of granular edamame. *Drying Technol.* **24**:1025-1032.

Johnson AM and Resurreccion AVA. 2009. Sensory profiling of electron-beam irradiated ready-to-eat poultry frankfurters. *Food Sci. Technol.* **42**:265-274.

KFDA. 2012. Food Code. Munyoungsa, Seoul, Korea.

Kim KH, Lee HJ, Lee S, Kim HJ, Lee EY, Kim NY and Yook HS. 2006. Microbiological · Sensorial characteristics of gamma irradiated-commercial powdery soup during accelerated storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**:1064-1069.

Kishor M and Feinhard G. 1995. Reference dosimeter system of the IAEA. *Radiat. Phys. Chem.* **46**:1247-1250.

Krokida MK and Maroulis ZB. 2000. The effect of drying methods on viscoelastic behavior of dehydrated fruits and vegetables. *Int. J. Food Sci. Technol.* **35**:391-400.

Krokida MK, Karathanos VT and Maroulis ZB. 1998. Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. *J. Food Engineering* **35**: 369-380.

Kwon JH, Kang HJ, Jo DJ, Chung HS, Kwon YJ, Byun MW, Choi SJ and Choi JU. 2002. Effects of gamma radiation and methyl bromide fumigation on quarantine pest and quality of Asian pears. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**:57-63.

Kwon JH, Lee GD, Lee SJ, Chung SK and Choi JU. 1998. 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.

Park JH, Bae SM and Kim JS. 2004. Fermentation characteristics of Takju prepared with old rice. *Korea J. Food Sci. Technol.* **36**:609-615.

Richard JA and Walter JC. 1998. Nutritional support of the pediatric oncology patient. *Nutrition* **14**:124-129.

Sokhey AS and Hanna MA. 1993. Properties of irradiated starches. *Food Structure* **12**:397-410.

Manuscript Received: October 29, 2012
Revised: November 17, 2012
Revision Accepted: December 3, 2012