

Glucono Delta-lactone의 첨가가 쌀밥의 품질에 미치는 영향

김재훈¹ · 오상희¹ · 이주운¹ · 이창용² · 변명우^{1*}

¹한국원자력연구소 방사선식품생명공학기술개발
²CJ주식회사 식품연구소 쌀가공센터

Effect of Glucono Delta-lactone on the Quality of Cooked Rice

Jae-Hun Kim¹, Sang-Hee Oh¹, Ju-Woon Lee¹, Chang-Yong Lee² and Myung-Woo Byun^{1*}

¹Dept. of Radiation Food Science & Biotechnology,
Korea Atomic Energy Research Institute, Daejeon 305-353, Korea
²Rice Processing Division, CJ Food R&D, CJ Corp., Seoul 152-050, Korea

Abstract

The effects of glucono delta-lactone on the quality of cooked rice were investigated. Cooked rice was prepared with the addition of acetic acid (AA) and glucono delta-lactone (GDL). Microbial population and textural properties were determined during the storage periods at 30°C. The addition of AA and GDL above 0.1% was effective in the inhibition of bacterial growth for 72 hrs at 30°C. Lightness increased by addition of AA and GDL, but yellowness decreased. Hardness was significantly increased by adding AA and GDL, and also stickiness decreased by adding AA. Whereas, stickiness of cooked rice adding GDL increased significantly as the content of GDL increased. The present results confirmed that GDL was a useful food additive to extend the shelf-life and improve the quality of cooked rice.

Key words: glucono delta-lactone, acetic acid, cooked rice, shelf-life

서 론

쌀밥은 우리나라를 비롯한 아시아인의 식생활에 가장 애용되는 주식으로 최근 다양한 식생활 패턴의 변화와 함께 쌀밥을 이용한 패스트푸드 등 다양한 제품의 소비가 점점 증가하고 있다. 그러나, 식품의 저장안전성 측면에서 불 배 냉동, 레토르트, 동결건조, 무균포장 등의 방법으로 가공한 제품은 장기간 유통이 가능하지만, 이러한 물리적 가공처리 없이 제조되는 제품의 경우 유통기한이 비교적 짧아 위생학적 안전성 확보에 문제가 있다. 따라서, 2~3일 정도의 단기간 저장을 요하는 제품에 대해서는 저장성 및 색, 맛, 텍스처 등의 관능적 품질을 개선시킬 수 있는 방법의 개발이 요구되는 실정이다.

최근 쌀밥의 저장성 및 품질 향상을 위한 방법으로는 녹차 추출물(1), allyl isothiocyanate(2), 식염(3), 자당 및 이소말 토올리고당 등의 당 첨가(4), 계면활성제(5), 축합인산염(6), 초산 및 구연산 등의 유기산 첨가(7,8)와 같이 많은 첨가제를 이용한 연구가 진행되어 왔다. 그러나, 이들 첨가제들은 단지 쌀 전분의 노화방지, 경도감소, 미생물 생육억제 등의 국한된 부분에만 효과가 있을 뿐이며, 오히려 쌀밥 고유의 색, 향, 맛 등의 관능적 품질에 좋지 않은 영향을 미치기 때문에

실용화를 위한 방법으로 적절하지 않다.

GDL(glucono delta-lactone)은 수용액 상태에서 아주 서서히 가수분해되면서 acid form인 gluconic acid로 전환되어 25°C에서 2시간 정도 지나면 lactone과 acid form의 평형이 이루어진다(9). GDL은 GRAS(generally recognized as safe)로 알려진 물질이며, 주로 두부 등의 식품에 응고제(coagulate), 팽창제(leavening agent), pH 저하제(acidulant)로 사용되지만(10), 혼연육과 염지육(11), asparagus(12) 등에 첨가하여 색 고정 및 텍스처를 개선시킬 수 있다는 연구결과도 보고되고 있다. 또한, GDL이 다른 pH 저하제와 구별되는 가장 큰 두가지 특성은 식품의 pH를 서서히 감소시킨다는 점과 무색, 무미, 무취이기 때문에 식품에 첨가할 경우 식품 고유의 관능적 품질을 유지시킬 수 있다는 것이다(9,13,14). 따라서, 본 연구는 쌀밥의 저장기간 연장 및 품질 향상을 위한 식품첨가제로서 GDL의 효과를 평가하는데 그 목적이 있다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 백미는 2003년 충남 청양 지역에서 수확한 동진벼(*Oryza sativa* L.)를 도정직후의 것을 농협에서 구

*Corresponding author. E-mail: mwbyun@kaeri.re.kr
Phone: 82-42-868-8060, Fax: 82-42-868-8043

입하였으며, 보관중의 품질변화를 방지하기 위해 진공포장을 한 후 냉장보관하며 사용하였다. Acetic acid(AA) 및 glucono delta-lactone(GDL)은 식품첨가제 등급으로 구입하여 사용하였다.

취반조건

취반은 Lee 등(15)이 제시한 방법에 따라 평균수분함량 14.5%인 원료 쌀 500 g을 가볍게 4회 수세하고 증류수 750 mL을 가하여 실온에서 1시간 수침시킨 후 전기밥솥(model RJ-0570, LG, Korea)에 취반하였다. 아세트산은 쌀 무게에 대해 각각 0.05% 및 0.01%를, GDL은 0.05%, 0.1%, 0.15% 및 0.2%를 취반수에 혼합하여 첨가하였다. 취반 후의 시료는 무균실 내에서 30분간 방치하여 실온까지 냉각시킨 후 멸균용기(PP/EVOH/PP, Toyo-Seikan, Japan)에 200 g씩 담아 polypropylene bag에 합기 포장한 후 30°C incubator(model MIR 262, Sanyo Co., Japan)에 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물분석

시료 10 g과 90 mL의 멸균 peptone수(0.1%, Difco Lab., Detroit, MI, USA)를 멸균 bag에 넣고, stomacher lab blender(model 400, Tekmar Co., USA)에서 2분간 균질화 하였다. 이 용액을 다시 멸균 peptone수로 10배씩 단계별로 희석한 다음 plate count agar(PCA, Difco Co., USA)에 도말하고 30°C에서 48시간 동안 배양한 후 30~300개의 집락을 형성한 배지만 계수하여 시료 1 g당 colony forming unit(CFU)로 나타냈다.

pH 및 색도 측정

pH는 시료 10 g에 증류수를 가하고 homogenizer(model AM-11, Nissei Co., Japan)에 1분간 균질화하여 최종 100 mL이 되도록 증류수를 가한 후 pH meter (Orion 520 A, Boston, MA, USA)로 측정하였다. 색도는 Hunter 색차계(Spectrophotometer CM-3500d, Minolta Co., Osaka, Japan, 100kCi)를 이용하여 L*(lightness), a*(redness), b*(yellowness)값을 측정하였다. 이때 zero calibration은 CM-A124

box를 이용하였고, white calibration은 CM-A120 box를 이용하였다.

텍스처 측정

텍스처는 시료 15 g을 원형틀(40×20 mm)에 담아 성형한 후 Texture Analyser(TA-XY2i, Stable Micro System Co. Ltd., Surrey, England)를 이용하여 측정하였다. 측정조건은 plastic plunger(cylindrical type, 10 mm diameter)를 사용하여 3mm/sec의 test speed와 50% deformation ratio 하에서 2회 반복압착시험을 하여 texture profile analysis 곡선을 얻었다. 이 곡선을 가지고 경도(hardness)와 점착성(stickiness)의 특성치를 구하였으며, 이들의 값을 이용하여 점착성과 경도의 비(stickiness/hardness, S/H)를 구하였다.

통계분석

이상의 실험에서 얻어진 결과는 Statistical Package for Social Sciences(SPSS, 10.0)(16)를 이용하여 one way ANOVA 분석을 하였으며, 시료간의 유의성은 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 비교하였다.

결과 및 고찰

미생물 생육에 미치는 영향

아세트산 및 GDL을 첨가한 쌀밥의 저장기간 중 총균수의 변화를 Table 1에 나타냈다. 취반 직후의 모든 시료에서는 미생물이 검출되지 않았으나 대조구와 아세트산 0.05% 첨가구는 24시간부터 미생물 생육이 관찰되었고 72시간까지 급격히 증가하였다. 또한, GDL 0.05% 첨가구의 경우 24시간까지는 미생물이 검출되지 않았으나 이후 급격한 증가를 보여 48시간부터 부패가 진행되는 것으로 나타났다. 그러나, 아세트산 0.1% 첨가구와 GDL 0.1~0.2% 첨가구는 저장기간 동안 미생물이 검출되지 않았다. 이는 0.1% 이상의 아세트산과 GDL의 첨가에 의한 pH 저하는 취반 중의 열처리 작용과 함께 상승작용을 일으켜 미생물의 사멸 및 생육저해에 효과적임을 입증한 결과이다.

Hong 등(17)은 밥의 부패는 주로 쌀의 표면에 부착된 *Ba-*

Table 1. Changes in total viable cells of cooked rice during storage at 30°C (log CFU/g)

Storage (hr)	Control	Acetic acid (%)		GDL (%)			
		0.05	0.1	0.05	0.1	0.15	0.2
0	N.D. ¹⁾	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
24	5.32 (±0.25) ^{a2/23)}	4.29 (±0.22) ^{b2)}	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
48	8.38 (±0.13) ^{a3)}	7.69 (±0.10) ^{b3)}	N.D.	3.41 (±0.05) ^{c3)}	N.D.	N.D.	N.D.
72	9.55 (±0.34) ^{a3)}	9.37 (±0.31) ^{a3)}	N.D.	7.28 (±0.29) ^{b3)}	N.D.	N.D.	N.D.

¹⁾Not detected.

²⁾Values with different letters (a~c) within a row differ significantly (p<0.05).

³⁾Values with different letters (x~z) within a column differ significantly (p<0.05).

cillus 속 미생물(*B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. cereus*)에 의해 발생되며, 이들 미생물은 열에 안정한 포자를 형성하여 취반 후에도 1~2 log cycle 정도의 미생물이 검출된다고 보고하였다. 한편, 포자형성 미생물의 생육을 저해하기 위해서는 pH 조절과 열처리의 병용처리가 가장 효과적인 것으로 알려져 있으며, Kim 등(2)도 밥에 0.1% 아세트산을 첨가하여 미생물의 생육이 억제됨을 확인하였다.

pH에 미치는 영향

아세트산 및 GDL을 첨가한 쌀밥의 저장기간 중 pH의 변화를 Table 2에 나타냈다. 취반 직후 아세트산 및 GDL 첨가량이 증가함에 따라 밥의 pH가 감소가 하는 것을 확인하였다. 저장기간 중 대조구와 아세트산 및 GDL 0.05% 첨가구는 부패로 인해 정확한 pH를 측정하지 못하였으나 미생물 생육에 의한 pH 감소가 예상되었다. 그러나, 아세트산 0.1% 첨가구와 GDL 0.1~0.2% 첨가구의 pH는 저장기간 동안 유의적 변화가 없는 것으로 나타났다. 이는 미생물 생육결과에서와 마찬가지로 0.1% 이상의 아세트산 및 GDL의 첨가로 인해 미생물의 생육이 억제되었음을 뒷받침하는 결과이다.

색도에 미치는 영향

아세트산 및 GDL을 첨가한 쌀밥의 저장기간 중 색도의 변화를 Table 3에 나타냈다. 취반 직후 적색도(a^*)는 아세트산과 GDL 첨가에 의한 변화가 관찰되지 않았으나, 명도(L^*)는 증가하였으며, 황색도(b^*)는 감소하는 것으로 나타났다. Fenemma(18)는 쌀 전분에 산을 첨가할 경우 pH 감소에 의해 명도는 증가하고 황색도는 감소하였다고 보고하여 본 결과와 일치하는 경향이였다. 일반적으로 밥의 명도가 높고 황색도가 낮을수록 외관상 좋은 품질의 밥이라 할 수 있다(7). GDL은 주로 두부 등의 식품에 응고, 팽창, pH 저하의 목적으로 사용되지만 두부의 명도를 밝게 하고 색택을 향상시키며(10,19,20), 염지육과 훈연육에 사용하였을 때에도 색도개선 효과가 있다고 알려져 있다(11).

저장기간 중의 색도 변화는 0.1% 아세트산 첨가구와 0.1% GDL 첨가구의 황색도는 저장기간에 따라 증가하는 경향이였으나, GDL 0.15%와 0.2% 첨가구의 황색도는 저장기간

중 유의적인 변화가 없는 것으로 나타났다. 한편, 명도는 0.1% 아세트산 첨가구는 저장기간 중 유의적으로 감소하였으나, 0.1%~0.2% GDL 첨가구는 저장기간 중 명도의 변화가 없는 것으로 나타났다. 이는 밥의 색도 개선에 있어서 아세트산보다 GDL의 첨가가 더욱 효과적임을 나타낸다.

텍스처에 미치는 영향

아세트산 및 GDL을 첨가한 쌀밥의 저장기간 중 조직감의 변화를 Table 4에 나타냈다. 취반 직후 경도(hardness)는 아세트산 및 GDL의 첨가에 의해 유의적으로 증가하였으며, 점착성(stickiness)은 아세트산 첨가구의 경우 감소한데 반해 GDL 첨가구는 증가하는 것으로 나타났다. 경도와 점착성은 밥의 질감을 결정하는데 있어서 가장 중요한 지표로 사용되는 인자로서 밥의 경도가 낮고 점착성이 높을수록 즉, 점착성 대 경도의 비(stickiness/hardness, S/H)가 클수록 밥의 품질이 좋다고 보고되었다(20). 취반 직후 아세트산 처리구의 S/H값은 대조구에 비해 감소하였으나 이와 반대로 GDL 첨가구의 값은 증가하였다. 이는 GDL 첨가에 의한 경도의 증가보다는 상대적으로 점착성의 증가폭이 더욱 크기 때문이다. 전분에 산을 첨가하여 pH를 저하시킬 경우 경도는 증가하고 점착성은 감소한다는 보고(21,22)는 본 실험의 아세트산 첨가구와 일치하는 경향이였으나, 아세트산과는 달리 GDL 첨가구의 경우 점착성의 증가를 가져왔다.

GDL은 다른 pH 저하제와는 달리 pH가 서서히 감소되는 특징을 갖기 때문에 두부에 첨가했을 때 콩 단백질에 작용하여 curd를 형성하게 된다(23,24). 쌀은 수분을 제외한 95% 정도가 전분으로 구성되어 있기 때문에 전분의 특성이 밥의 조직감을 결정짓는 가장 중요한 요소이지만, 단백질 또한 밥의 품질에 상당한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(25, 26). 따라서, 이러한 조직감의 변화는 GDL이 쌀의 주요 구성 성분인 전분과 단백질에 대해 아세트산과는 다른 작용으로 영향을 주었기 때문으로 생각되며, 특히 점착성의 증가는 쌀 단백질과의 상호작용에 기인한 것으로 사료된다.

저장 72시간 경과 후 0.2% GDL 첨가구를 제외한 나머지 시료의 경도는 유의적으로 증가하는 경향이였으나, 점착성

Table 2. Changes in pH of cooked rice during storage at 30°C

Storage (hr)	Control	Acetic acid (%)		GDL (%)			
		0.05	0.1	0.05	0.1	0.15	0.2
0	6.60 (±0.03) ^{a1)}	6.05 (±0.04) ^{bc}	5.50 (±0.08) ^d	6.25 (±0.07) ^b	6.05 (±0.03) ^{bc}	5.90 (±0.04) ^c	5.75 (±0.02) ^{cd}
24	- ²⁾	-	5.47 (±0.05) ^c	6.20 (±0.03) ^a	6.09 (±0.05) ^a	5.96 (±0.08) ^{ab}	5.77 (±0.06) ^b
48	-	-	5.42 (±0.04) ^c	-	6.12 (±0.05) ^a	6.00 (±0.04) ^{ab}	5.82 (±0.05) ^b
72	-	-	5.40 (±0.04) ^c	-	6.15 (±0.06) ^a	6.03 (±0.05) ^{ab}	5.87 (±0.04) ^b

¹⁾Values with different letters (a~d) within a row differ significantly (p<0.05).

²⁾pH analysis could not be done due to spoilage.

Table 3. Changes in Hunter color value of cooked rice during storage at 30°C

Storage (hr)	Control	Acetic acid (%)		GDL (%)				
		0.05	0.1	0.05	0.1	0.15	0.2	
L*	0	59.12 (±1.09) ^{c1)}	60.48 (±1.42) ^b	60.12 (±2.23) ^{bx2)}	60.23 (±2.07) ^{bx}	61.48 (±2.02) ^{abx}	62.46 (±1.39) ^{ax}	62.66 (±1.33) ^{ax}
	24	- ³⁾	-	59.63 (±2.45) ^{bx}	60.18 (±1.59) ^{bx}	62.22 (±2.03) ^{ax}	62.04 (±2.77) ^{ax}	62.59 (±2.31) ^{ax}
	48	-	-	59.20 (±0.84) ^{bxy}	-	62.52 (±1.47) ^{ax}	63.60 (±2.62) ^{ax}	61.95 (±1.29) ^{abx}
	72	-	-	58.78 (±1.93) ^{by}	-	61.42 (±0.94) ^{abx}	62.88 (±2.45) ^{ax}	62.41 (±1.86) ^{ax}
a*	0	-1.69 (±0.18) ^a	-1.71 (±0.06) ^a	-1.63 (±0.18) ^{ax}	-1.77 (±0.07) ^{ax}	-1.70 (±0.23) ^{ax}	-1.68 (±0.10) ^{ax}	-1.61 (±0.11) ^{ax}
	24	-	-	-1.71 (±0.23) ^{ax}	-1.73 (±0.19) ^{ax}	-1.69 (±0.15) ^{ax}	-1.76 (±0.28) ^{ax}	-1.72 (±0.09) ^{ax}
	48	-	-	-1.62 (±0.18) ^{ax}	-	-1.75 (±0.13) ^{ax}	-1.81 (±0.16) ^{ax}	-1.77 (±0.22) ^{ax}
	72	-	-	-1.69 (±0.11) ^{ax}	-	-1.73 (±0.31) ^{ax}	-1.65 (±0.22) ^{ax}	-1.70 (±0.27) ^{ax}
b*	0	3.55 (±0.63) ^a	3.32 (±0.37) ^{ab}	3.15 (±0.82) ^{by}	3.23 (±0.50) ^{abx}	3.13 (±0.64) ^{by}	3.06 (±0.74) ^{bx}	2.71 (±0.52) ^{cx}
	24	-	-	3.22 (±0.77) ^{ay}	3.31 (±0.69) ^{ax}	3.15 (±0.88) ^{aby}	3.00 (±0.55) ^{abx}	2.78 (±0.79) ^{bx}
	48	-	-	3.28 (±0.86) ^{ay}	-	3.29 (±0.79) ^{axy}	2.98 (±0.84) ^{bx}	2.77 (±0.44) ^{cx}
	72	-	-	3.62 (±0.51) ^{ax}	-	3.59 (±0.71) ^{ax}	3.05 (±0.68) ^{bx}	2.81 (±0.57) ^{cx}

¹⁾Values with different letters (a~c) within a row differ significantly (p<0.05).
²⁾Values with different letters (x~y) within a column differ significantly (p<0.05).
³⁾Color determination could not be done due to spoilage.

Table 4. Changes in textural properties of cooked rice during storage at 30°C

Storage (hr)	Control	Acetic acid (%)		GDL (%)				
		0.05	0.1	0.05	0.1	0.15	0.2	
Hardness (g)	0	324.36 (±15.87) ^{b1)}	326.86 (±12.33) ^b	338.71 (±29.30) ^{abx2)}	334.71 (±20.06) ^{ab}	349.66 (±24.22) ^{ax}	347.50 (±18.59) ^{ax}	352.94 (±11.58) ^{ax}
	72	- ³⁾	-	364.29 (±20.27) ^{by}	-	371.62 (±19.57) ^{ay}	375.97 (±15.20) ^{ay}	368.43 (±22.76) ^{ax}
Stickiness	0	43.72 (±12.68) ^{bc}	42.42 (±6.45) ^{bc}	36.64 (±14.74) ^{cx}	43.00 (±9.10) ^{bc}	57.69 (±9.68) ^{bx}	57.11 (±7.23) ^{bx}	77.44 (±19.29) ^{ax}
	72	-	-	34.52 (±9.29) ^{cx}	-	52.31 (±16.53) ^{bx}	55.52 (±8.08) ^{bx}	75.27 (±11.12) ^{ax}
S/H ⁴⁾	0	0.135 (±0.05) ^{bc}	0.129 (±0.10) ^{bc}	0.108 (±0.09) ^{cx}	0.128 (±0.09) ^{bc}	0.165 (±0.08) ^{bx}	0.164 (±0.07) ^{bx}	0.219 (±0.06) ^{ax}
	72	-	-	0.095 (±0.07) ^{cx}	-	0.141 (±0.04) ^{by}	0.148 (±0.05) ^{by}	0.204 (±0.07) ^{ax}

¹⁾Values with different letters (a~c) within a row differ significantly (p<0.05).
²⁾Values with different letters (x~y) within a column differ significantly (p<0.05).
³⁾Texture analysis could not be done due to spoilage.
⁴⁾Stickiness/Hardness (| Adhesiveness/Hardness |, A/H).

의 경우 모든 시료에서 유의적인 변화가 없었다. Okabe(20)는 일반적으로 밥을 저장할 경우 노화로 인한 경도의 증가와 점착성의 감소에 의해 S/H 값이 감소하게 된다고 보고하였

다. 본 실험의 결과도 저장기간이 증가함에 따라 S/H 값이 감소하는 경향이었으나, GDL 첨가구의 S/H값은 저장 72시간 경과 후에도 취반 직후의 대조구보다 높게 나타났다. 특

히 GDL 0.2% 첨가구의 경우 저장 72시간까지 취반 직후의 S/H값과 유의적 차이가 없는 것으로 보아 GDL이 밥의 조직감 향상 및 노화억제를 위한 매우 효과적인 방법의 일환으로 사용될 수 있음을 나타내었다.

요 약

쌀밥의 저장기간 연장과 품질개선을 목적으로 glucono delta-lactone(GDL) 및 acetic acid(AA)를 첨가하여 취반한 후 30°C에 저장하면서 미생물학적, 물리적 색도, 조직감을 평가하였다. 대조구와 아세트산 0.05% 및 GDL 0.05% 첨가구가 저장 중 미생물 생육으로 인해 부패된 것과 달리 아세트산 0.1% 첨가구와 GDL 0.1%~0.2% 첨가구는 저장 72시간까지 미생물이 검출되지 않았다. 색도의 경우 아세트산과 GDL 첨가에 의해 명도는 증가하였고 황색도는 감소하였다. 경도는 아세트산과 GDL 첨가에 의해 증가하는 경향이었으나, 점착성은 아세트산 첨가구가 감소한 것과 달리 GDL 첨가구는 증가하여 밥의 조직감이 향상된 것으로 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 GDL은 쌀밥의 저장기간 연장뿐만 아니라 밥의 색과 조직감 등 쌀밥의 품질을 향상시키는 데 아주 효과적인 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부 및 한국과학기술기획평가원을 지원받아 2004년도 원자력연구개발사업을 통해 수행되었으며, 그 지원에 감사드립니다.

문 헌

- Roh HJ, Shin TS, Lee KS, Shin MK. 1996. Effect of water extract of green tea on the quality and the shelf-life of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 28: 417-420.
- Kim YS, Ahn ES, Shin DH. 2002. Extension of shelf-life by treatment with allyl isothiocyanate in combination with acetic acid on cooked rice. *J Food Sci* 67: 274-279.
- Chang S, Liu L. 1991. Retrogradation of rice starches studied by differential scanning calorimetry and influence of sugar, NaCl and lipids. *J Food Sci* 56: 564-570.
- Choi CR, Shin MS. 1996. Effects of sugars on the retrogradation of rice flour gels. *Korean J Food Sci Technol* 28: 904-909.
- Kim SK, Lee SK, Shin MS. 1997. Effect of surfactants on the characteristics of cooked rice during storage. *Korean J Soc Food Sci* 13: 278-285.
- Kim IW, Lee KH, Kim SK. 1985. Effect of polyphosphate on firming rate of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 17: 245-247.
- Hatae K, Ayabe S, Kainuma Y, Shimada A. 1995. Improving the eating quality of Thai rice by addition of ingredients to cooking water. *J Cookery Sci Japan* 28: 231-237.
- Takei Y, Hayashi T, Asai Y. 1997. Effect of components from mixed ingredients on the texture of cooked rice. *J Cookery Sci Japan* 30: 253-256.
- MacCarthy MJ, Heil JR, Kruegermann C, Desvignes D. 1991. Acid requirement for pH modification of processed foods. *J Food Sci* 56: 973-976.
- Food and Nutrition Board, National Academy of Sciences. 1996. *Food Chemicals Codex*. 4th ed. National Academy Press, Washington, DC.
- Friedman LJ, Greenwald CG. 1992. Food additives. In *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 4th ed. John Wiley & Sons, Ltd., New York. Vol 11, p 805-833.
- McGlynn WG, Davis DR, Honarmond F. 1993. Gluconic acid influences texture and color of canned asparagus. *J Food Sci* 58: 614-615.
- Tomasichio M, Montanari A. 1992. Conserve al naturale de prodotti vegetali acidificati con glucono delta-lactone e acido citrico. *Ind Conserve* 67: 312-315.
- McCormick JD. 1983. The pH factor: Choosing the optimum acidulant. *Proc Prepared Food* 152: 106-111.
- Lee YS, Oh SH, Lee JW, Kim JH, Rhee CO, Lee HG, Byun MW. 2004. Effect of gamma irradiation on quality of cooked rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 582-586.
- SPSS. 1999. *SPSS for windows*. Rel. 10.05, SPPS Inc., Chicago, USA.
- Hong JS, Lee KS, Choi DS, Noh WS. 1994. *Applied microbiology*. Hak Mun Pub Co., Seoul. p 252.
- Fenemma OR. 1985. *Food Chemistry*. Marcel Dekker, New York.
- Tsai SJ, Lan CY, Kao CS, Chen SC. 1981. Studies on the yield and quality characteristics of tofu. *J Food Sci* 46: 1734-1737.
- Okabe M. 1979. Texture measurement of cooked rice and its relationship to the eating quality. *J Texture Std* 14: 131-152.
- Virtanen T, Autio K, Suortti T, Poutanen K. 1993. Heat-induced changes in native and acid-modified oat starch pastes. *J Cereal Sci* 17: 137-145.
- Hoover R. 2000. Acid-treated starches. *Food Rev Int* 16: 369-392.
- deMan JM, deMan L, Gupta S. 1986. Texture and microstructure of soybean curd (tofu) as affected by different coagulant. *Food Microstructure* 5: 83-89.
- Hou HJ, Chang KC, Shih MC. 1997. Yield and textural properties of soft tofu as affected by coagulation method. *J Food Sci* 62: 824-827.
- Martin M, Fitzgerald MA. 2002. Proteins in rice grains influence cooking properties! *J Cereal Sci* 36: 285-294.
- Teo CH, Karim AA, Cheah PB, Norziah MH, Seow CC. 2000. On the roles of protein and starch in the aging of non-waxy rice flour. *Food Chem* 69: 229-236.

(2004년 9월 3일 접수; 2004년 11월 30일 채택)