

## 감자의 가공품질에 영향을 미치는 토양 및 기상조건

정진철\* · 윤영호 · 장동철 · 박천수 · 김승열

고령지농업시험장 산지작물과

(2003년 11월 5일 접수, 2003년 12월 8일 수리)

### Processing Quality of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Tubers as Influenced by Soil and Climatic Conditions

Jin-Cheol Jeong\*, Yeong-Ho Yun, Dong-Chil Chang, Chun-Soo Park and Sung-Yeol Kim (Highland Crop Research Division, National Alpine Agricultural Experiment Station, RDA, Pyeongchang, Gangwon 232-955, Korea)

**ABSTRACT :** In order to examine the difference in processing quality of potato tubers among localities, chemical properties of soils were analyzed and climatic conditions were investigated. Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) were grown at seven localities of Korea during two years from 1994 to 1995. Soil samples and tubers were obtained from 2 to 3 commercial farms per locality with 10 days interval from 70 days before harvesting. As the result of that, higher correlation in processing quality was found with organic material content among soil conditions. On the climatic conditions, minimum temperature and sunshine hours during the period from 30 to 11 days before harvesting exhibited highly significant negative correlations with all quality parameters except reducing sugar content. Additionally, regression equations based on the observed level of these factors showed the relatively high coefficients of determination for dry matter content and chip color. To produce higher quality potatoes for processing, therefore, climatic conditions such as minimum temperature and sunshine hour and soil condition such as organic matter content have to be considered before the selection of areas or fields.

**Key words:** potato, processing quality, soil, climatic condition, correlation coefficient.

### 서 론

감자는 구한말에 국내에 도입되어 재배되기 시작하였으며, 식량 작물이 부족하던 시절 배고픔을 달래주던 救荒작물 역할을 수행하였다. 1970년대 본격적인 식량증산 정책이 시행되면서 1980년대 이후에는 副食작물로 그 역할이 변하였고, 최근에는 패스트푸드 산업이 발달하면서 가공원료 이용비율이 급속히 증가되고 있다. 일반작물들은 식용으로 이용되기에 다소 부족한 저급의 생산물이 가공원료용으로 이용되는 경우가 많지만 가공원료용 감자는 오히려 식용감자 보다 고품질이 요구되고 있다. 이는 가공원료의 품질이 프렌치프라이나 감자 칩과 같은 가공제품의 품질에 결정적인 영향을 미치기 때문이다.

일반적으로 감자 가공원료의 품질은 괴경의 건물율(혹은 비중)과 환원당 함량에 의해 결정된다<sup>1)</sup>. 건물율은 가공제품의

품질뿐 아니라 수율을 좌우하며, 환원당 함량이 높을 경우 제품 제조과정에서 제품을 갈변시키고 쓴맛의 원인이 되기 때문이다. 이러한 품질요인들은 재배과정에서 유전적인 요인<sup>2)</sup>과 다양한 환경조건<sup>3)</sup>에 의해 결정된다. 특히 토양조건 중 감자 괴경의 품질에 큰 영향을 미치는 물리적 특성에 관련하여 Murphy and Goven<sup>4)</sup>은 토양 종류중 양토가 감자 생육에 적합한 토양온도와 토양수분을 유지시켜 궁극적으로 고품질의 감자 생산에 적합하다고 하였고, Motes and Greig<sup>5)</sup>는 낮은 토양온도와 적정 토양수분이 고품질의 감자 생산에 유리하다고 보고한 바 있다. 또한 토양 화학성과의 관계를 구명키 위한 시비개선 등 많은 연구<sup>6-8)</sup>가 수행된 바 있다. 기상조건 또한 가공품질에 영향을 미치는데, 동일 품종에 대한 유사한 토양조건을 지닌 재배지역간 품질차이 비교 연구<sup>9)</sup>가 이를 증명해주고 있다. 최근에는 기상환경 조건을 요인으로 감자의 생육이나 품질을 예측하기 위한 연구<sup>10-12)</sup>와 지구 온난화와 오존층 파괴 등 기상변화에 따른 작물생육의 변화양상을 추정하는 연구<sup>13)</sup>도 시도되고 있다.

특히 우리나라는 주요 생산국과 달리 여름철의 고온 장마 기로 인하여 감자 생육기간 연장에 제한을 받으므로 고품질

\*연락처:

Tel: +82-33-330-7825 Fax: +82-33-330-7715

E-mail: jcjeong@rda.go.kr

의 감자 가공원료를 생산하기 위해서는 가능한 기상환경 조건이 뛰어난 지역의 선택이나 적절한 토양관리가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국내 주요 감자 재배지역을 대상으로 토양환경 및 기상환경을 조사하고, 각 지역에서 생산된 감자의 가공품질을 분석하여 환경요인과 가공품질간의 관련성을 구명코자 하였다. 또한 이러한 결과들을 바탕으로 가공품질에 결정적으로 영향을 미치는 요인들을 이용하여 감자 가공품질을 예측, 가공원료용 감자의 재배적지 선정에 활용할 수 있는 방법을 구명키 위하여 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 시험은 1994년과 1995년의 2년에 걸쳐 수행되었으며, 시험에 이용된 품종은 '수미 (Superior)' 감자(*Solanum tuberosum* L.)였다. 씨감자는 바이러스병에 감염되지 않은 보급등급을 전남 보성, 경북 고령, 충남 연기, 경기 수원 및 강원 강릉, 평창, 인제 등 7개 지역(지역당 2~3개 포장)에 파종하였다. 파종시기는 각 7개 지역의 관행적 시기를 잡아 Table 1과 같은 환경조건에서 수행하였다.

생육기간 동안 시비와 병충해 및 잡초 방제 등은 관행적인 방법에 준하였으며, 전 포장에서 별도의 관수는 시행치 않고 자연 강우에 의존하였다. 각 지역에서 파종직후 시험포장당 10~15개 지점에서 토양시료를 채취하여 음건하였다. 토양 분석은 농촌진흥청 농업기술연구소의 토양화학분석법<sup>14)</sup>에 준하였다. pH는 토양과 증류수를 1 : 5 비율로 하여 pH meter로 측정하였고, 유기물 함량은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster법으로 측정하였다. 치환성 칼륨, 칼슘 및 마그네슘은 1 N ammonium acetate (pH 7.0)으로 추출하여 원자흡광광도계 (HITACHI Z-6000)를 이용하여 분석하였다.

Table 1. Details of the present experimental localities stationed over the country

Locality	North latitude	East longitude	Altitude (m)	Planting season	Harvesting season	Mean temp. (°C) <sup>a)</sup>
Boseong	34°40'	127°05'	20~30	early Feb.	early June	14.5
Gangneung	37°45'	128°55'	10~20	late Mar.	mid July	18.2
Goryeong	35°45'	128°16'	100~150	early Mar.	mid June	17.2
Inje	38°05'	128°10'	450~500	mid Apr.	mid Aug.	19.6
Pyeongchang	37°40'	128°44'	650~700	early May	early Sep.	17.5
Suwon	37°15'	127°05'	50~100	late Mar.	mid July	18.8
Yeonjee	38°05'	127°15'	50~100	mid Mar.	early July	17.9

<sup>a)</sup> Mean temperature during the growing season.

기상요인 분석을 위하여 시험수행 년도의 기상청 자료를 이용하여 평균온도, 최고·최저온도, 일조시간 및 강수량 등의 결과를 수집하였다. 수집된 자료는 각 지역별 수확시기를 기준으로 열흘간격으로 분할하여 평균치를 구한 후 분석에 이용하였다.

감자 괴경의 가공품질과 관련하여 괴경의 건물율과 환원당 함량을 분석하였으며, 각 괴경으로 감자칩을 제조하여 색도를 조사하였다. 건물율은 괴경을 얇게 썰어 70°C에서 3일간 건조한 후 건물의 함량을 %로 표시하였다. 환원당 함량은 Cronin and Smith<sup>15)</sup> 및 Lindsay<sup>16)</sup>의 방법을 이용하여 분석하였다. 감자칩의 색도를 조사하기 위하여 괴경을 1 mm 두께로 얇게 썬 후 수세하여 180°C 대두유에서 거품이 사라질 때까지 튀겨내었다. 제조된 감자칩은 각각 색차계 (Minolta CR-300)를 이용하여 Hunter's L, a, b 값을 측정 한 후, 명도를 나타내는 L값으로 색도를 표시하였다.

감자 괴경의 품질요인과 토양 및 기상요인 사이의 관련성을 구명하기 위하여 SAS 통계 패키지 (Version 6.12, 한국썬소프트(주))를 이용하여 각 요소들 사이의 상관계수를 계산하였다. 아울러 가공품질과 사이에 높은 상관계수를 나타낸 요인을 이용하여 다중회귀식을 구하였다.

## 결과 및 고찰

동일한 품종을 이용하여 각기 환경조건이 다른 7개 지역에 파종하여 수확된 괴경에 대한 가공품질을 조사한 결과 지역간 많은 차이를 보였다. 가공 제품인 감자칩을 조제하여 색차계를 이용한 색도를 조사한 결과 (Fig. 1), 경북 고령과 충남 연기지역에서 생산된 괴경을 이용한 가공제품의 품질이 우수하여 Hunter's L값 80 내외를 보였으며, 강원 인제에서 생산된 괴경은 상대적으로 열악한 품질인 L값 70 정도로 나타났다.

이러한 지역간 차이는 각 지역의 환경요인의 차이에 기인한 것으로 생각되는데, 일반적으로 감자 괴경의 가공품질은 재배토양의 물리화학적 특성이나 토양수분과 같은 지하부 요인 및 온도와 일조량과 같은 지상부 요인에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다<sup>17)</sup>. 이와 관련하여 Burton and Wilson<sup>18)</sup>은 영국에 있어 위도에 따른 감자 괴경내 환원당 함량이 차이를 보인다고 보고한 바 있다.

다양한 형태의 토양 중 토양수분과 온도 및 물리적 특성이 양호한 양토가 가장 높은 비중의 괴경 생산에 유리하며<sup>4)</sup>, 토양온도가 낮고 적정 토양수분이 유지될 때 고품질의 괴경 생산이 가능하다<sup>9)</sup>고 하였다. 또한 Kunkel and Holstad<sup>6)</sup>는 질소, 인산 및 칼륨에 대한 과도한 시비가 감자 괴경의 비중을 저하시키는 결정적인 요인으로 작용한다고 보고한 바 있다.

국내 주요 생산지 7개 지역을 대상으로 각각의 재배 포장에 대하여 2년에 걸쳐 조사한 토양의 화학적 특성은 Table 2와 같다.

이러한 결과를 바탕으로 각 포장에서 수확된 감자 괴경의

가공품질과 관련된 주요 요인인 건물율, 환원당 함량 및 칩색 도와의 상관계수를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

건물율은 토양내 유기물 함량 및 칼륨의 함량과 정의 상관관계, 환원당 함량은 유기물 함량과 부의 상관관계, 그리고 칩색도는 유기물 함량과 높은 정의 상관관계를 보였다. 이러한 결과는 각기 다른 4개의 포장에 대상으로 토양의 화학성 및 물리성과 피경의 품질과의 상관관계를 분석한 Redulla 등<sup>19)</sup>의 결과와는 다소 다른 경향이였다. 이들은 유기물 함량, 칼륨 및 인산 등이 포장에 따라서 피경의 품질과 부의 상관 또는 정의 상관관계를 보인다고 보고 한 바 있다. 이는 감자 피경의 품질은 토양의 특성에 따라 각기 다른 요인에 의해 결정됨을 시사한다.

감자는 동일한 품종일지라도 재배지역에 따른 생육이나 품질이 매우 다르게 나타나는, 즉 기상요인에 아주 민감한 작물로 알려져 있다<sup>9)</sup>. 국내에서 감자 재배기간 중 기상요인이 피경의 품질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 감자의 생육기간을 10일 간격으로 분할하여 각 기간의 기상요인과 감자 피경의 가공품질과의 상관계수를 분석한 결과는 Table 4와

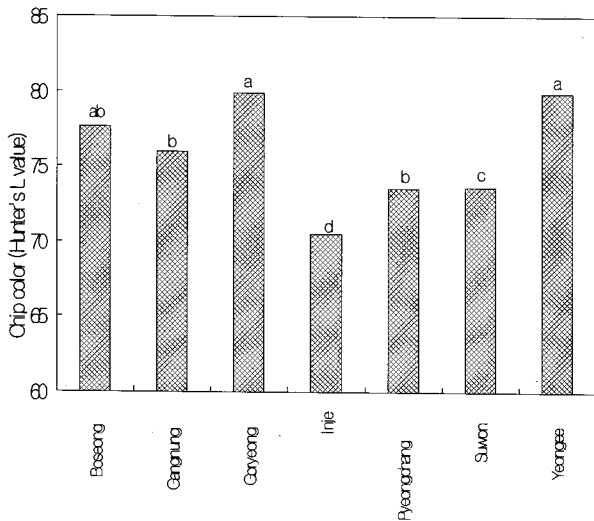


Fig. 1. Chip color (Hunter's L value) of potato tubers taken from seven different localities of Korea. Alphabets above bar mean Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Soil conditions of seven different localities measured immediately after planting

Locality	pH (1.5 H <sub>2</sub> O)	EC (dS/m)	OM (g/kg)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cation (cmol/kg)		
					K	Ca	Mg
Boseong	5.5	0.33	46	638	2.14	8.86	3.48
Gangnung	5.1	0.18	14	756	0.89	3.34	0.56
Goryeong	4.9	0.19	32	397	1.02	2.53	0.92
Inje	5.2	0.17	13	565	0.11	3.38	1.18
Pyeongchang	5.0	0.20	32	374	0.73	4.53	1.44
Suwon	6.9	0.07	10	108	0.69	4.86	2.72
Yeongee	5.6	0.11	47	553	0.87	1.08	0.28

같다.

분석대상이었던 최고온도, 최저온도, 평균온도, 일조시수 및 강수량 중에서 최저온도와 일조시수가 감자의 가공품질의 주요소인 건물함량 및 칩색도와 높은 상관계수를 보여주었다. 특히 수확일 기준 30일 전부터 10일 전까지의 결과에서 이러한 경향이 뚜렷하였다.

우리나라에서 재배되는 감자의 가공품질은 생육기간 중 일정시기까지 서서히 증가되다가 이후 감소하는 경향을 보인다<sup>20)</sup>. 이는 감자가 생육후기 온도가 높고 강수량이 많은 장마기와 조우되기 때문인데, 이로 인해 국내에서 재배되고 있는 대부분의 감자 품종들은 조숙 특성을 보인다. 본 시험에 사용

Table 3. Correlation coefficients among quality parameters and soil conditions in potato tubers taken from seven different localities of Korea

Quality parameter	pH	EC	OM	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg
Dry matter content	-0.069	0.153	0.728**	0.152	0.574*	-0.213	-0.152
Reducing sugar	-0.412	0.151	-0.618*	0.256	-0.432	-0.310	-0.354
Chip color	-0.204	0.180	0.774**	0.214	0.492	-0.142	-0.231

\*, \*\*: Significant at the 5 and 1% level of probability.

Table 4. Correlation coefficients among climatic and quality parameters in potato tubers taken from seven different localities of Korea

Climatic condition	Quality parameter <sup>a)</sup>	Days before harvesting					
		70~61	60~51	50~41	40~31	30~21	20~11
Maximum temperature	x DM	-0.310	0.137	0.137	-0.239	-0.214	-0.218
	x RS	0.181	0.321	0.341	0.337	0.213	0.158
	x CC	-0.124	0.021	0.241	0.125	0.215	0.321
Mean temperature	x DM	-0.320	0.215	-0.543*	-0.425	-0.487	-0.387
	x RS	-0.154	0.241	0.185	0.175	0.349	0.217
	x CC	0.316	0.168	0.368	0.387	0.405	0.389
Minimum temperature	x DM	-0.354	-0.395	-0.214	-0.469	-0.785**	-0.752**
	x RS	-0.124	-0.015	-0.235	-0.158	0.356	0.429
	x CC	-0.356	-0.301	-0.254	-0.436	-0.735**	-0.705**
Sunshine hour	x DM	-0.235	-0.303	-0.156	-0.269	0.712**	0.734**
	x RS	0.354	-0.134	-0.256	0.352	-0.421	-0.358
	x CC	-0.235	-0.305	-0.362	-0.214	0.689*	0.703**
Precipitation	x DM	-0.012	-0.331	-0.128	-0.105	-0.355	-0.326
	x RS	0.125	-0.102	0.012	0.256	-0.402	-0.357
	x CC	-0.008	-0.204	-0.162	-0.260	-0.440	-0.642*

a) Quality parameters : DM (dry matter content), RS (reducing sugar) and CC (chip color).

\*, \*\*: Significant at the 5 and 1% level of probability.

된 '수미' 품종 또한 대표적인 조숙품종으로 대부분의 감자 재배지역에서 파종 후 70~90일 (수확 30~10일전)에 왕성한 괴경 비대 및 성숙을 하게된다. 감자의 괴경비대와 성숙은 비교적 서늘하고 일조량이 풍부한 조건에서 왕성하기 때문에<sup>3)</sup> 본 시험에서 이 기간의 최저온도와 일조시수가 가공품질과 높은 상관계수를 보인 것으로 판단된다.

최근 들어 토양이나 기상환경 등의 요인을 분석하여 작물의 생육, 수량 및 품질 등을 예측하기 위한 연구들<sup>2,10,12)</sup>이 시도되고 있다. 이러한 시도는 토양이나 기상 등 환경변화에 따른 작물생산의 안정성 제고를 목적으로 하고 있다. Table 5는 위 Table 3와 4의 결과를 바탕으로 감자의 가공품질과 가장 높은 상관관계를 보인 토양 및 기상요소들을 이용하여 일정 지역의 가공품을 예측하기 위한 다중회귀분석을 수행한 결과이다.

감자 가공원료의 품질을 결정하는 가장 중요한 요인인 건물율과 감자칩 제조후 칩색도를 추정하기 위하여 수확전 30~10일 사이의 최저온도, 일조시수 및 재배포장 토양의 유기물 함량 등을 변수로 설정하여 회귀식을 도출한 결과, 비교적 높은 결정계수를 보였다. 이들 회귀식은 금후 고품질의 감자 가공원료를 생산하기 위한 재배적지 선정 시 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

이상의 결과를 요약해 볼 때, 가공원료용 감자재배에 관한 한 특이 환경조건을 지닌 우리나라에서 고품질의 괴경을 생산하기 위해서는 지역별 연중 기상분석을 통한 적지선정이 필요하며, 특히 수확 목표일을 기준으로 30~10일 전 야간 최저온도가 낮고 일조시수가 높게 유지될 수 있도록 파종시기를 조절해야 할 것으로 생각된다. 또한 이때 토양관리는 지속적인 양질의 유기질 비료 사용에 의한 지력증진을 목표로 수행되어야 할 것이다.

## 요 약

감자의 가공품질에 영향을 미치는 토양 및 기상조건을 구명하기 위하여 국내 주요 감자재배 지역 7곳에 1994년부터

**Table 5. Regression equation of processing quality on soil and climatic conditions in potato tubers taken from seven different localities of Korea**

Processing quality	Multiple regression equation
Dry matter content in tuber (%)	$= 1.097 + 0.001T_1 - 0.003T_2 + 0.0002S_1 - 0.0002S_2 + 0.002M$ ( $R^2=0.65$ )
Chip color (Hunter's L value)	$= 85.1 + 1.30T_1 - 1.94T_2 + 0.17S_1 - 0.18S_2 + 1.81M$ ( $R^2=0.78$ )

T<sub>1</sub>, Mean of minimum temperature from 30 to 20 days before harvesting; T<sub>2</sub>, Mean of minimum temperature from 20 to 10 days before harvesting; S<sub>1</sub>, Mean of sunshine hour from 30 to 20 days before harvesting; S<sub>2</sub>, Mean of sunshine hour from 20 to 10 days before harvesting; M, Organic matter content of soil after planting.

1995년까지 2년에 걸쳐 각 지역별 2~3개 농가에서 감자를 재배하였으며, 각 재배포장의 토양시료 채취 및 괴경을 수확하였다. 지역별 감자 괴경의 가공품질 차이의 원인을 구명키 위하여 토양분석과 수확일 기준으로 수확전 70~10일 사이의 기상조건을 10일 간격으로 조사하였으며, 수확된 괴경의 가공품질과 이들 요인과의 상관계수를 계산하였다. 시험결과, 감자의 가공품질은 토양의 화학적 특성 중에서 토양내 유기물 함량과 높은 상관계수를 보였다. 또한 기상조건과 관련하여 수확전 30~10일 사이의 최저온도가 낮으며, 일조시간이 많을수록 감자의 가공품질이 향상되었다. 또한 이들 상관관계가 높은 요인들을 대상으로 가공품질 요인에 대한 다중회귀식을 구한 결과 괴경건물율과 칩색도는 비교적 높은 결정계수를 보여주었다. 따라서 우리나라에서 고품질의 가공원료 생산을 위한 적지 선정에 있어 토양중의 유기물 함량과 그 지역의 최저온도 및 일조시간 등이 고려되어야 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- Burton, H. S., McWeeny, D. J. and Biltcliffe, D. O. (1963) Non-enzymatic browning, Development of chromophores in the glucose-glycine and sucrose-glycine systems, *J. Food Sci.* 28, 631-639.
- Howard, H. W. (1974) Factors influencing the quality of ware potatoes, 1. The genotype, *Potato Res.* 17, 490-511.
- Huges, J. C. (1974) Factors influencing the quality of ware potatoes, 2. Environmental factors, *Potato Res.* 17, 512-547.
- Murphy, H. J. and Goven, M. J. (1959) Factors affecting the specific gravity of the white potato in Maine, *Maine Agr. Expt. Sta. Bull.* p.583.
- Motes, J. E. and Greig, J. K. (1970) Specific gravity, potato chip color and tuber mineral content as affected by soil moisture and harvest dates, *Amer. Potato J.* 47, 413-418.
- Kunkel, R. and Holstad, N. (1972) Potato chip color, specific gravity and fertilization of potatoes with N-P-K, *Amer. Potato J.* 49, 43-62.
- Westermann, D. T., James, D. W., Tindall, T. A. and Hurst, R. L. (1994) Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity, *Amer. Potato J.* 71, 417-431.
- Westermann, D. T., James, D. W., Tindall, T. A. and Hurst, R. L. (1994) Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: sugar and starch, *Amer. Potato J.* 71, 433-453.
- Agblor, A. and Scanlon, M. G. (2002) Effect of storage period, cultivar and two growing locations on the processing quality of french fired potatoes, *Amer. J. of Potato Res.* 79, 167-172.

10. Chloupek, O., Hrstkova, P. and Schweigert (2003) Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilization over 75 years in the Czech Republic on comparison to some European countries, *Field Crop Res.* (in press).
11. Holden, N. M., Brereton, A. J., Fealy, R. and Sweeney, J. (2003) Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields, *Agri. and Forest Met.* 116, 181-196.
12. Van Delden, A., Schröder J. J., Kropff, M. J., Grashoff, C. and Booiij, R. (2003) Simulated potato yield, and crop and soil nitrogen dynamics under different organic nitrogen management strategies in The Netherlands, *Agri. Eco. & Environ.* 96, 77-95.
13. Craigon, J., Fangmeier, A., Jones, M., Donnelly, A., Bindi, M., De Temmerman, L., Persson, K. and Ojanpera, K. (2002) Growth and marketable-yield responses of potato to increased CO<sub>2</sub> and ozone, *Europ. J. Agronomy* 17, 273-289.
14. Agricultural Technology Institute, RDA (1988) The Soil Analysis.
15. Cronin, D. A. and Smith, S. (1979) A simple and rapid procedure for the analysis of reducing, total and individual sugars in potatoes, *Potato Res.* 22, 99-105.
16. Lindsay, H. (1973) A colorimetric estimation of reducing sugars in potatoes with 3,5-dinitrosalicylic acid, *Potato Res.* 16, 176-179.
17. Smith, O. (1975) Effect of cultural and environmental conditions on potatoes for processing, In *Potato Processing* (third ed.), Talburt, W. F. and Smith, O. (ed.), p.67-125.
18. Burton, W. G. and Wilson, A. R. (1970) The apparent effect of the latitude of the place of cultivation upon the sugar content of potatoes grown in Great Britain, *Potato Res.* 13, 269-283.
19. Redulla, C. A., Davenport, J. R., Evans, R. G., Hattendorf, M. J., Alva, A. K. and Boydston, R. A. (2002) Relating potato yield and quality to field scale variability in soil characteristics, *Amer. J. of Potato Res.* 79, 317-323.
20. Jeong, J. C., Park, K. W. and Kim, S. Y. (1996) Processing quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers as influenced by cultivars and harvesting dates, *Kor. J. of Hort. Sci.* 37, 511-515.