

감자 비중의 신속 측정 기술 개발

A Real-time Measurement Method for the Specific Gravity of Potato

| | | |
|---------|--------|--------|
| 강석원* | 이강진* | 손재룡*1) |
| 정희원 | 정희원 | 정희원 |
| S. Kang | K. Lee | J. Son |

1. 서론

가공용 감자의 주요 품질평가기준은 품종, 비중(최종전분가), 부패유무, 기계적 손상, 중량은 70~350g 이내, 기형유무, 내부 결함 유무 등이며, 내부 품질검사시 5~30% 불량인 나오는 실정으로서 이들을 선별해 낼 필요가 있다. 품질 평가 기준 중 건물율과 내부 결함 판별에 대한 개선이 요구되는데, 비중이 높으면 건물률이 높으며, 그 중 전분가가 높아 감자칩의 품질이 증대되고, 감자칩 수율이 증대된다 (Smith 와 Davis, 1977; Lisińska, 1989). 가공용 감자는 수확 후 5~10톤당 10~20 kg을 샘플링하여 수세하고 외관품질 검사를 위해 일부를 절단하는 파괴적인 방법을 사용하고 있으며, 내부 동공(그림 1) 및 내부 갈변(그림 2)이 있으면 제품의 가치를 잃게 하고, 생산자는 가공회사에 감자를 판매할 때 높은 가격을 못 받고, 구매자인 가공자는 원하는 원료를 확보할 수 없다.

근적외선 분광분석법은 1960년대 이후 농산물의 품질을 결정하는데 사용되어 왔으며 (Osborne 등, 1993), 특히 곡물과 가공 산업에 응용되었으며 (Osborne 등, 1993; Williams, 1975) 현재는 농산물, 식품, 사료, 석유화학, 제약, 제지 및 섬유 등 여러 산업분야에서 응용



그림 2. 내부 동공

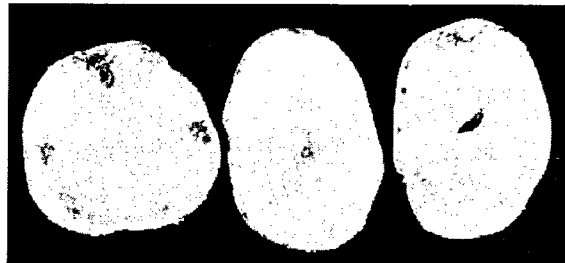


그림 3. 내부 갈변

되고 있다. 근적외선 분광분석법의 장점은 분석 시간이 매우 짧고, 시료의 전처리가 매우 단순하거나 필요치 않으며, 한 번의 작동으로 여러 가지 성분을 동시에 측정할 수 있고, 비파괴적으로 분석이 가능하여 분석의 시료를 재사용 할 수 있으며 특히 실시간으로 분석이 가능하다는 것이다 (Norris 등, 1976; Bellon 등, 1992; Edgar, 1992; Kawano, 1994).

가공용 감자에 있어 중요한 품질요소인 비중 예측을 근적외선 분광분석법을 이용하여 실시간으로 비파괴적이며 연속적으로 측정할 수 있는 기술을 개발하고자 본 연구를 수행하였

* 농업공학연구소 수확후처리공학과

다. 본 연구의 결과로 생산농가는 고품질의 감자를 선별해 판매함으로써 고소득을, 가공회사는 안정되고 원하는 원료확보 뿐만 아니라 감자 가공 전에 고품질의 감자를 확보하여 생산 단가를 낮추고 가공된 제품의 품질을 향상시킬 수 있으며, 소비자는 고품질의 감자와 제품을 안심하고 먹을 수 있다. 또한 분석수요가 많은 실험실이나 가공용 감자품질을 검사해야 하는 현장에서, 그리고 감자의 내부 품질과 재배 이력을 비교한 생산이력을 통해 시비처방, 재배관리 등을 해야 하는 농촌지도기관 등에서 화학분석에 따른 노력을 절감하기 위한 간편 분석법으로 활용가치가 높을 것으로 생각된다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

고령지농업연구소의 협조로 2003년 대관령에서 여름 재배를 통해 생산된 ‘대서’와 2003년 제주도과 대관령에서 수확한 ‘수미’ 등의 감자를 수원농산물공판장에서 직접 구입하여 이용하였다. 시험에 사용된 괴경들은 시험 전에 물로 세척하고 물기가 마른 후에 사용하였다.

나. 실험장치

감자의 비중 측정을 위해서 비중측정장치 (Sartorius AG, LA2200S, Goettingen, Germany)를 사용하였다. 감자에 대한 비파괴실시간 선별을 위해서는 실시간 근적외선 스펙트럼 측정 및 선별시스템을 구성하였다. 감자내외부 품질 시스템은 공급부, 검출부, 선별부로 구성되어 있어, 투입·이송·검출·선별을 연속하여 처리할 수 있다. 공급부는 선별하고자 하는 감자를 작업자가 올려놓도록 되어 있고, 검출부는 감자의 무게를 측정함과 동시에 감자에 광원(할로겐 램프, 12V)을 비추어 감자를 투과한 스펙트럼을 획득하도록 되어 있다. 검출부의 분광광도계는 가시광선 및 근적외선 파장대역을 획득할 수 있도록 선정하였다. 선별부는 측정된 감자의 무게와 획득한 스펙트럼에 의해 감자 비중을 계산해 선별하도록 되어 있다 (그림 3, 그림4). 실험시 온도는 항상 25℃에 맞추어 실험하였다.

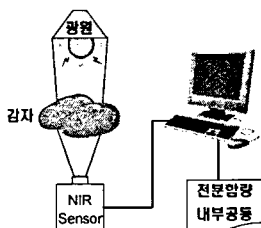


그림 3. 감자 품질판정원리

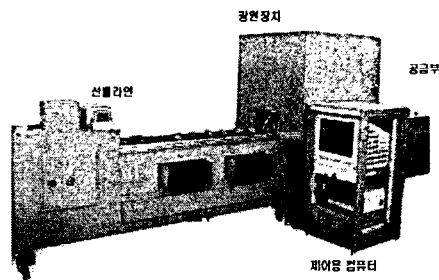


그림 4. 감자내외부 품질판정시스템

다. 실험방법

1) 감자의 투과스펙트럼 측정

광원장치로부터 조사된 가시광선 및 근적외선은 감자를 투과하며 광검출기에서는 이 투과된 광을 전기적 신호로 변환하여 파장에 따라 빛의 강도를 표현해 주는 스펙트럼을 생성한다. 각각의 감자에 대한 스펙트럼을 측정하여 데이터를 저장한다. 감자의 크기에 따라 다르게 나타나는 투과스펙트럼의 최대 값의 크기를 동일한 수준으로 맞추고 원시 스펙트럼의 형태는 바뀌지 않게 하는 데이터 처리 방법인 range normalization에 의해 데이터를 재구성하였다. 또한 반사 간섭을 줄이기 위해 multiplicative scattering correction (MSC)방법을 이용

하여 데이터의 값들을 보정해 주었다.

2) 감자의 비중 측정

스펙트럼을 측정한 각각의 감자에 대한 비중을 비중측정장치를 이용하여 측정한다. 먼저 감자의 무게를 공기 중에서 측정한 후 이를 수조에 담귀 다시 무게를 재고 이를 비중으로 환산한다 (Schippers, 1976). 이때 물의 온도는 20℃이다. 비중을 계산하는 식은 다음 식(1)과 같다.

$$\text{비중} = \frac{\text{물속에서의감자무게} - \text{공기중에서의감자무게}}{\text{공기중에서의감자무게}} \times \text{물의 비중} \dots\dots\dots(1)$$

3) 감자 품질 결정 알고리즘 개발

측정된 모든 스펙트럼은 감자의 크기와 광의 회절 및 산란, 기기의 잡음 등에 따른 영향을 배제하기 위하여 다분산보정 (MSC), Range Normalization 등 여러 가지 기법으로 전처리하여 새로운 스펙트럼으로 재구성하고, 각각의 감자에 대한 투과 스펙트럼 데이터와 감자의 품질결정인자인 비중 측정 데이터를 사용하여 내부품질 예측용 부분최소제곱회귀모델(이하 PLS 모델)을 개발하였다. PLS 모델의 개발에는 다변량분석 소프트웨어인 Unscrambler 7.6(Camo, Norway)을 이용하였다.

시작기를 운용하기 위한 선별용 프로그램은 Microsoft사의 Visual Basic 6.0을 이용하여 개발하였으며, 선별인자로서 무게, 비중등을 동시에 판정할 수 있도록 하였고, 초당 3개 이상의 선별과 배출이 가능하도록 하였다. 무게, 비중은 미리 개발된 예측모델을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

2004년에 재배하고 수확한 ‘수미’ 품종의 감자도 대부분의 경우 내부동공발생이 거의 없었다. 실험에 사용된 ‘수미’ 감자 무게의 범위는 215.99g~346.60g(평균 268.15g)이었다. 비중의 범위는 1.049~1.068였다(Table 1).

Table 1. Properties of intact ‘Superior’ potatoes (harvested in 2004).

| | Minimum | Maximum | Mean | SD |
|------------------|---------|---------|--------|--------|
| Weight (g) | 215.99 | 346.60 | 268.15 | 38.19 |
| Specific gravity | 1.049 | 1.068 | 1.057 | 0.0052 |

2004년에 재배하고 수확한 ‘대서’ 품종의 감자들 중 내부동공이 없는 시료들만 모아 실험한 정상 감자 무게의 범위는 175.9g~369.7g (평균 253.2g)으로 2003년도와 같이 평균적으로 식용감자보다 무게가 많이 나갔다. 비중의 범위는 1.063~ 1.091 였다. (Table 2).

Table 2. Properties of intact ‘Atlantic’ potatoes (harvested in 2004).

| | Minimum | Maximum | Mean | SD |
|------------------|---------|---------|-------|--------|
| Weight (g) | 175.9 | 369.7 | 253.2 | 42.1 |
| Specific gravity | 1.063 | 1.091 | 1.081 | 0.0052 |

2004년도에 수확한 식용감자(수미)와 가공용 감자(대서)의 품질인자들에 대한 예측실험을 수행하였다(Table 3).

Table 3. Performance results for internal quality of potatoes harvested in 2004.

| 품종 | 검량식 | | 예측 | |
|-----------|------|---------|------|---------|
| | 상관계수 | SEC | 상관계수 | SEP |
| 식용감자(수미) | 0.95 | ±0.0014 | 0.93 | ±0.0018 |
| 가공용감자(대서) | 0.90 | ±0.0014 | 0.89 | ±0.0014 |

4. 요약 및 결론

감자의 내부 품질판정에 적합하도록 광원장치와 선별라인 등으로 구성된 비파괴 실시간 내부품질판정 시스템을 개발하였다. 감자를 투입하여 감자의 무게와 감자를 투과한 스펙트럼을 측정할 수 있고, 이송과 동시에 배출 가능한 내부품질판정 시스템을 제작하였다. 2004년도산 식용감자(수미)의 비중에 대한 상관계수는 0.93이며 오차도 비중은 ±0.0018,였다. 2004년도산 가공용감자 (대서)의 비중의 상관계수도 0.89, 오차도 비중은 ±0.0014이었다.

5. 참고문헌

1. Edgar, R. 1992. Infrared gauging in the laboratory and on the production line. Food Science Technology Today. 6:78-85.
2. Bellon, V.,G. Rabatel, and C.Guizard. 1992. Automatic sorting of fruit: sensors for the future. Food Control. 3:49-54.
3. Kawano, S. 1994. Present condition of non-destructive NIR quality evaluation of fruits and vegetables in Japan. NIR news 5(6):10-12.
4. Lisińska, G., 1989. Manufacture of potato chips and french fries, in Potato Science and Technology, Ed by Lisińska, G, and Leszczyński, W. Elsevier, Barking, 165-232.
5. Norris, K.H., R.F. Barnes, J.E. Moore, and J.S. Shenk. 1976. Predicting forage quality by infrared reflectance spectroscopy. Journal of Animal Science. 43:889-897.
6. Osborne, B.G., T. Fearn, and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis, 2nd edn, Longman Scientific and Technical, Harlow.
7. Schippers, P.A. 1976. The relationship between specific gravity and percentage dry matter in potato tubers. American Potato Journal. 53 (4):111-122.
8. Smith, O. and C.O. Davis. 1977. Potato processing, in Potatoes : Production, Storing, 2nd edn, Ed by Smith, O. Avi Processing, Publishing Company, Westport, CT, 677-724.
9. Williams, P.C. 1975. Application of near infrared reflectance spectroscopy to analysis of cereal grains and oilseeds. Cereal Chemistry. 52 (4): 561-576.