

자색고구마 Anthocyanin 색소의 추출조건 결정

이장욱 · 이향희 · 임종환[†] · 조재선*

목포대학교 식품공학과 및 식품산업기술연구센터

*경희대학교 식품공학과

Determination of the Conditions for Anthocyanin Extraction from Purple-Fleshed Sweet Potato

Jang-Wook Lee, Hyang-Hee Lee, Jong-Whan Rhim[†] and Jae-Sun Jo*

Dept. of Food Engineering and Food Industrial Technology Research Center,
Mokpo National University, Chonnam 534-729, Korea

*Dept. of Food Science and Technology, Kyung-Hee University, Yongin 449-701, Korea

Abstract

To establish the optimum conditions for the extraction of anthocyanin pigment from purple-fleshed sweet potato, a suitable extraction solvent with the optimum citric acid concentration for acidification of the solvent, and the optimum extraction time and temperature were determined. Twenty percent ethanol solution acidified with citric acid was found to be a good solvent for the extraction of the pigment from purple-fleshed sweet potato. About 10 hour extraction at room temperature was appropriate for the extraction. pH of the extract was below 3 when more than 0.7% citric acid was added. The higher the concentration of citric acid added was, the higher the total optical density (TOD) of the extract was. However, the increase in TOD of the extract was insignificant when more than 1% of citric acid was added. Therefore, addition of 1% citric acid was determined for acidification of the extracting solvent. Though the initial rate of the pigment extraction increased as the extracting temperature increased, extraction at higher temperatures of 60 or 80°C for an extended time caused a decrease in the extraction yield due to degradation of the pigment. The optimum extraction temperature for the anthocyanin pigment from purple-fleshed sweet potato with the solvent used was determined as 40°C.

Key words: purple-fleshed sweet potato, anthocyanin, extraction condition

서 론

최근에 소비자들의 건강에 관한 인식이 높아지고, 합성식용색소의 사용이 점차 규제되면서 천연식용색소의 개발에 관한 관심이 높아지고 있다(1). 현재 식품가공에 적색 계통의 색소가 가장 많이 이용되고 있는데(2) 천연식용색소 중에서 식품 중에 적색을 나타내는 것으로는 paprika(carotenoid), cochineal, beet(나 선인장의 열매에서 추출한 색소(betanin), 자초색소 및 anthocyanin 등)이 있다. 이들 중 anthocyanin은 대부분의 고등식물에 존재하며 주황에서부터 청색에 이르는 다양한 색상을 나타내는 수용성 색소로서 수분을 함유하는 식품에 첨가하여 매력적인 색을 부여할 수 있다(3). 현재 anthocyanin 색소는 주로 포도주 제조 시에 부산물로 얻어지는 포도껍질로부터 추출하여 enocyanin이라는 상품명으로 개발된

것과 적양배추로부터 추출한 것이 널리 사용되고 있는데(4-7), 포도파피로부터 얻은 색소는 열안정성이 우수하지 못하고, 적양배추로부터 얻은 색소는 식물에서 유래한 이취가 나는 것이 문제점으로 지적되고 있다. 이외에도 세로운 anthocyanin의 색소원으로 자색고구마의 이용가능성에 대해 조사된 바 있다(8-12). 자색고구마는 일반고구마와는 달리 표피층뿐만 아니라 육질 전체가 진한 자색을 띠고 있는데 이는 자색고구마가 anthocyanin 색소를 다양 함유하고 있기 때문이다. Kim 등(9)은 자색고구마 100 g 당 37 g의 조색소가 함유되어 있다고 보고하였다. Shi 등(11)은 자색고구마의 주요 anthocyanin은 peonidin-3-glucoside-5-glucoside에 caffeic acid와 ferulic acid가 acylation된 형태라고 보고하였으며 국내에서도 입된 자색고구마의 주요 anthocyanin은 peonidin의 기본 구조에 ferulic acid와 caffeic acid가 acylation된 형태

* To whom all correspondence should be addressed

로 밝혀졌다(12).

Anthocyanin의 추출용매로는 methanol이나 ethanol을 쓰고 있는데, 이 때 추출효과를 높이기 위해 HCl이나 유기산을 사용하여 용매를 산성으로 조절하여 사용한다(13,14). Kim 등(9)은 자색고구마로부터 anthocyanin 추출용매로서 0.1% citric acid를 첨가한 20% ethanol 용액을 사용하였고, Shi 등은 1% HCl을 첨가한 methanol을 용매로 사용하였다(11). 그런데 anthocyanin 색소의 추출효율은 사용한 용매뿐만 아니라 용매의 pH에 따라서도 달라지기 때문에 추출효율을 높이고 색소를 안정화시키기 위해서는 추출용매와 첨가한 산의 농도의 영향 등을 고려해야 한다.

본 연구에서는 추출용매에 따른 자색고구마 색소추출효과를 검토하기 위하여 추출용매인 20% ethanol에 citric acid의 농도를 달리하여 추출특성을 조사하여 추출용매에 첨가하는 citric acid의 최적농도를 결정하였으며, 추출온도가 색소의 추출에 미치는 영향에 대해서도 조사하였다.

재료 및 방법

재료

자색고구마는 전남 해남에서 1999년 10월에 수확한 것을 상대습도 85% 온도 13°C를 유지하는 저온저장고(HB-105S, HanBeck, Korea)에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

추출용매

추출용매에 따른 자색고구마 색소의 추출에 미치는 영향을 알아보기 위하여 일반적으로 anthocyanin 색소의 추출용매로 널리 사용되고 있는 0.1%의 HCl을 함유한 methanol과 ethanol(13) 및 1%의 citric acid를 함유한 20% ethanol 용액(9)의 색소추출효과를 비교하였다. 이를 위해 약 1~2 mm 두께로 세절한 자색고구마 시료 50 g에 자색고구마 중량에 대해 10배 부피의 추출용매를 사용하여 30°C에서 정차하여 24시간동안 추출하였다. 추출시 교반을 해주면 색소의 추출속도가 증가할 것으로 생각되나 동시에 불순물의 용출이 많아 추출효율이 떨어지게 되어 정치 추출방법을 사용하였다. 추출과정에서 일정시간 간격으로 시료를 취하여 pore size 0.8 μm의 membrane filter로 여과하고 일정량을 취해 추출용매로 희석한 후 spectrophotometer(HP8452A, Hewlett Packard, USA)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 추출액의 색소 농도는 흡광도값에 희석배수를 곱하여 total optical density (TOD)로 나타내었다. TOD는 색소액 자체가 가지는 전체흡광도를 의미하는 것으로 spectrophotometer

로 측정 가능한 농도범위까지 색소액을 희석한 후 최대 흡광파장(λ_{max})에서 얻어진 흡광도 값에 다시 희석배수를 곱해 색소액의 전체흡광도를 표시한 것이다.

자색고구마로부터 추출할 수 있는 색소의 최대량을 결정하기 위하여 세절한 자색고구마 시료 50 g에 대하여 500 mL의 1% citric acid를 함유한 20% ethanol 용매로 30°C에서 6시간 추출한 후 Whatman No. 1 여과지로 여과하여 색소액을 회수하고, 고구마박에 잔존하는 색소를 다시 500 mL의 용매로 6시간 추출하는 과정을 5회 반복하여 더 이상 색소가 추출되지 않을 때까지 추출하였다. 색소추출액은 pore size 0.8 μm의 membrane filter로 여과한 후 일정량을 취해 추출용매로 희석하여 흡광도를 측정하였다. 매 회 추출된 색소액에 대해 각각의 TOD를 측정하여 모두 더한 값을 자색고구마 원료에 대하여 10 배 용매(W/V)로 추출한 전체 TOD값으로 하였다. 색소의 추출율은 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\text{색소추출율}(\%) = \frac{\text{매회 추출된 색소액의 TOD}}{\text{전체 누적 TOD}} \times 100$$

Citric acid의 농도

자색고구마로부터 색소를 효과적으로 추출하기 위한 용매의 최적 citric acid 농도를 결정하기 위하여 20% 에탄올 용액에 citric acid 농도를 0.1~5%로 달리하여 용해시킨 추출용매를 사용하여 위와 동일한 방법으로 자색고구마 anthocyanin 색소를 추출하고 그 효과를 비교하였다. 색소의 추출효과는 앞서와 마찬가지로 TOD로 나타내었다.

pH의 측정

자색고구마에서 색소를 추출하는 동안 용출되는 여러 가지 수용성 물질들에 의해 pH가 변화하는 정도를 조사하기 위하여 색소의 추출시간에 따른 색소추출액의 pH를 pH meter(Delta 340, Mettler, U.K.)를 사용하여 측정하였다.

추출온도

자색고구마 색소 추출에 대한 온도의 영향을 조사하기 위해 1% citric acid를 함유한 20% ethanol 용액을 사용하여 20, 40, 60, 80°C의 온도에서 추출효과를 조사하였다. 추출용매를 각 온도로 미리 예열한 상태에서 자색고구마 절편을 취지한 후 각 온도로 설정된 incubator (VS-1203P3N, Vision, Korea)에서 24시간 동안 색소를 추출하였다. 용매는 앞서와 마찬가지로 자색고구마 시료에 대해 10배(V/W)량의 용매를 사용하였으며 정치한 상태에서 추출하였고 시료를 체취하기 전에 교반하여 충분

히 섞어준 후 시료를 채취하였다.

결과 및 고찰

추출용매의 영향

자색고구마 추출용매로서 0.1% HCl을 함유한 methanol과 ethanol 및 1% citric acid를 함유한 20% ethanol 용매를 사용하여 추출효과를 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 전반적으로 0.1% HCl을 첨가한 ethanol을 추출용매로 사용한 경우와 1% citric acid를 첨가한 20% ethanol-용액을 사용한 경우는 최종 추출액의 TOD값이 5.9, 6.6으로서 유사한 값을 나타냈으나, 0.1% HCl을 첨가한 methanol의 경우 TOD값이 9.9로 약 1.6배정도 높게 나타났다. 이는 자색고구마 anthocyanin 색소의 추출을 위해서는 0.1% HCl을 첨가한 methanol이 다른 용매에 비해 우수함을 알 수 있으나 식용색소의 생산을 위해서는 사용을 피하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 또한 Fig. 1에 의하면 사용한 추출용매에 관계없이 초기에는 TOD값이 급격하게 증가하다가 일정시간 후에는 추출속도가 감소하고 있는데, 0.1% HCl을 첨가한 methanol이나 ethanol의 경우, 추출을 시작한지 2시간까지는 높은 TOD의 증가를 보이다가 그 이후부터 TOD가 감소하였으며, 1% citric acid를 첨가한 20% ethanol-용액을 사용하였을 경우는 0.1% HCl을 첨가한 용매에 비해 초기 TOD의 증가율이 다소 낮았다. 모든 경우 추출용액의 TOD는 추출시간 12시간까지는 증가하고, 그 이후로 더 이상의 증가가 없어 자색고구마 색소의 추출은 8~12시간 정도 추출하

는 것이 적합할 것으로 생각된다. 그런데 0.1% HCl을 첨가한 methanol을 사용한 경우는 추출시간 10시간 이후에는 오히려 TOD값이 감소하는 현상을 보였는데, 이는 용매에 HCl과 같은 강산을 사용했기 때문인 것으로 생각된다(15). 자색고구마 색소를 추출하는 동안 사용한 용매에 따른 추출액의 pH의 변화는 1% citric acid를 함유한 20% ethanol 용매를 사용하였을 때에는 pH가 최고 3까지 상승하였고, 0.1% HCl을 함유한 ethanol의 경우는 pH가 2보다 조금 높았으며, 0.1% HCl을 함유한 methanol을 용매로 한 경우는 최고 pH가 1.5 정도로서 가장 낮게 나타났다. 0.1% HCl을 함유한 ethanol을 사용했을 때 추출액의 pH가 1% citric acid를 함유한 20% ethanol 용매로 추출했을 때보다 더 낮게 나타났으나 색소의 추출효율은 더 높지 않았다. 이는 ethanol보다 물이 anthocyanin 색소를 더 잘 추출할 수 있기 때문인 것으로 생각된다. Kim 등(9)은 자색고구마로부터 anthocyanin 색소의 추출시 순수한 ethanol보다 물로 추출했을 경우 자색고구마 색소가 더 잘 추출되나 추출액의 색상을 고려하여 20% ethanol 수용액을 사용하는 것이 효율적임을 밝힌 바 있다.

Fuleki와 Francis(13)는 anthocyanin 색소를 추출하기 위하여 주로 methanol이나 ethanol을 추출용매로 사용하고, 이를 용매의 pH를 낮추고 anthocyanin 색소를 안정화시키기 위하여 0.1~1%의 HCl을 첨가하여 사용하였다. Methanol이나 ethanol은 비등점이 낮아 색소추출액의 농축을 용이하게 하고, HCl은 pH를 낮게 유지시켜 flavillyum cation의 형성이 좋은 조건을 유지시켜줄 수 있으나 HCl과 같은 강산은 오히려 anthocyanin 색소와 금속이온 또는 co-pigment 등과의 결합을 파괴시켜 안정성을 저하시키는 효과가 있으므로(15), HCl과 같은 강산보다는 citric acid와 같은 유기산을 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. Francis(4)는 anthocyanin 색소를 추출하기 위해 methanol이나 물을 추출용매로 사용할 경우 citric acid가 효과적인 유기산이라 보고하였다.

Fig. 2는 자색고구마 50 g에 대해 500 mL의 추출용매를 사용하여 반복추출하여 색소의 누적추출량을 조사한 결과이다. 처음 500 mL의 용매로 30°C에서 6시간 추출하였을 때 TOD가 약 5.7로 전체 TOD의 약 82%가 추출되었다. 같은 방법으로 용매추출을 5회 반복하여 더 이상 색소가 추출되지 않을 때까지 추출한 결과 색소액의 TOD 총량은 약 7정도를 나타냈다. 이와같이 추출용매를 바꿔가면서 반복적으로 추출하면 자색고구마에 함유된 색소를 모두 추출할 수 있으나, 추출공정의 경제성을 고려한다면 Fig. 1에서 살펴본 바와 같이 약 8~12시간 정도로 1회에 추출하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

Citric acid의 농도

자색고구마 색소의 추출용매로 결정된 20% ethanol

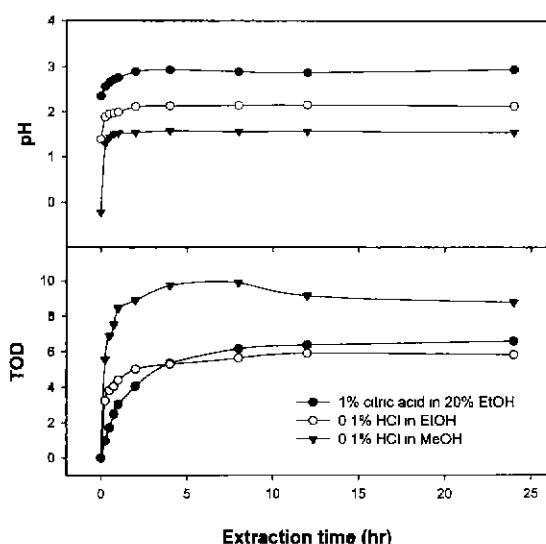


Fig. 1. Changes in TOD and pH of anthocyanin extracts from purple-fleshed sweet potato with various solvents during extraction at 30°C.

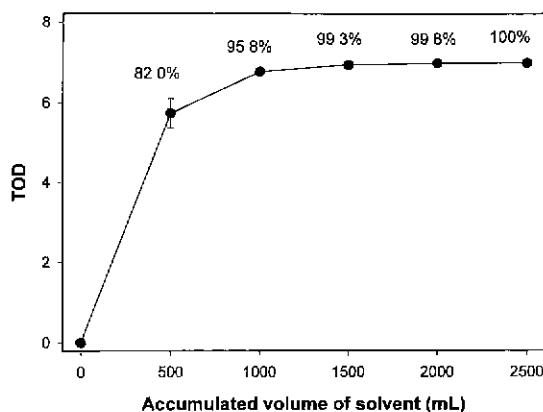


Fig. 2 Changes in TOD and pH of anthocyanin extracts from purple-fleshed sweet potato with various citric acid concentrations in 20% ethanol during extraction at 30°C.

수용액의 pH를 산성으로 조절하기 위하여 첨가하는 citric acid의 최적 농도를 결정하기 위하여 citric acid의 농도를 0.1~5%로 변화시키면서 자색고구마로부터 색소를 추출하였다. 시간에 따른 추출정도를 TOD값으로 표시한 결과는 Fig. 3과 같다. 추출용매에 citric acid의 농도가 증가함에 따라 색소 추출액의 TOD 값이 증가하는 경향을 보이고 있다. Citric acid 농도가 0.9~3.0% 범위에서는 색소 추출액의 TOD는 최고 6.5~6.8로 큰 차이가 없었다. Citric acid의 농도가 0.1%인 용매를 사용한 경우는 추출 4시간 후에 TOD 값이 최고치인 2.5에 달하였으며, 그 이후로 감소하는 경향을 보였다. 이는 추출시간에

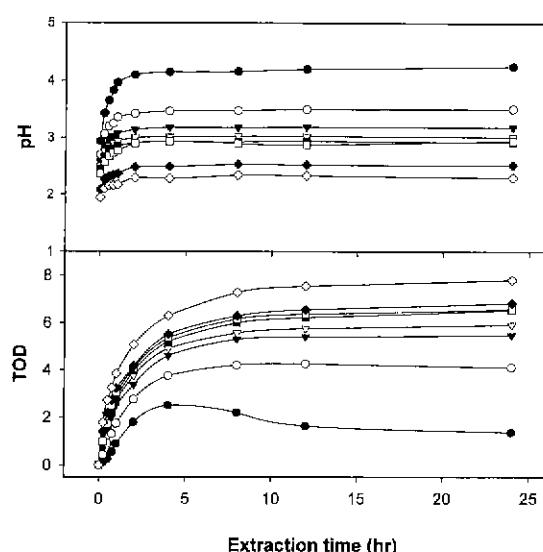


Fig. 3. Changes in the maximum TOD of anthocyanin extracts from purple-fleshed sweet potato with various citric acid concentrations.

● 0.1%, ○ 0.3%, ▼ 0.5%, ▽ 0.7%, ■ 0.9%, □ 1.0%, ◆ 3.0%, ◇ 5.0%

따른 pH 변화가 추출 4시간 후에 약 4.0으로 높아졌기 때문에 anthocyanin색소가 구조적으로 불안정해진 때문인 것으로 생각된다. Kim 등(9)은 자색고구마의 anthocyanin을 추출하기 위하여 0.1%의 citric acid를 함유한 20% ethanol용매를 사용하였는데, 0.1% citric acid를 함유한 20% ethanol용액의 pH는 약 3.0으로 anthocyanin 색소를 안정화시키기에 적합할 것으로 생각되나(16), 색소추출 시에 다른 수용성 세포질 성분들도 함께 용출되어 나오므로 색소추출액의 pH가 높아지게 되고 따라서 추출된 anthocyanin은 불안정하게 된다.

자색고구마의 중량에 대해 10배 부피의 용매로 추출한 후 색소추출액의 pH가 3.0 이하를 유지하는 것은 citric acid 농도가 0.7% 이상일 때이다. 따라서 자색고구마 anthocyanin을 추출하고 안정화시키기 위해서는 최소한 0.7% 이상의 citric acid를 사용하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

Fig. 4는 각각의 citric acid 농도에서 자색고구마 anthocyanin색소를 추출하였을 때의 TOD의 최고값을 보여주고 있다. Citric acid 농도 1.0%까지의 TOD의 증가 정도가 그 이상의 농도에서 TOD의 증가 정도보다 높았다. 따라서 자색고구마 색소를 추출하는데 적절한 citric acid 농도는 색소추출량과 추출 후 색소액의 pH를 고려하였을 때 약 1.0%인 것으로 판단된다.

색소의 추출온도

자색고구마 anthocyanin색소의 최적 추출온도를 결정하기 위하여 1% citric acid를 첨가한 20% ethanol 추출용매를 사용하여 추출온도를 20, 40, 60 및 80°C로 변화시키면서 자색고구마색소를 추출한 결과는 Fig. 5와 같았다. 모든 추출온도에서 초기에는 추출액의 TOD값이 빠르게 증가하다가 일정 시간 후에는 점차 추출속도가 감소하여 추출 24시간 후에는 모두 유사한 TOD값을 나타냈다. 또

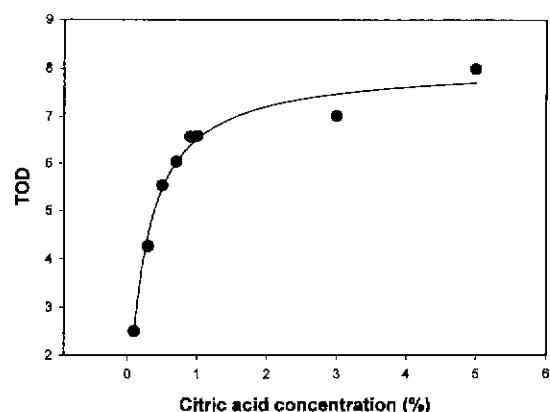


Fig. 4. Extraction yield of anthocyanins from purple-fleshed sweet potato.

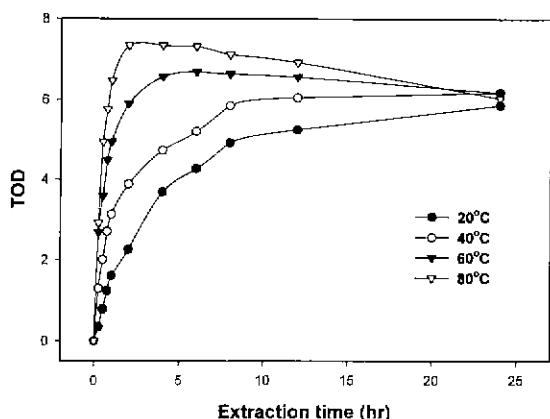


Fig. 5. Effects of temperature on extraction of anthocyanins from purple-fleshed sweet potato.

한 초기의 추출속도는 추출온도가 높을수록 빨라졌다. 일반적으로 용매를 사용하여 식물세포내에 존재하는 용질(색소)을 추출하는 과정은 여러 단계를 거쳐 이루어진다. 먼저, 추출용매가 식물세포내부로 확산이동하여 세포내의 용질을 용해시킨 후에 용질을 함유하는 용액은 식물세포내의 모세관을 통하여나 식물세포를 통해 다시 밖으로 확산되어 나와 세포외의 용액속으로 이동하는 과정을 통해 추출이 이루어진다. 이 과정 중 물질의 확산과 세포내 용질의 용해작용은 온도에 의존하여 온도가 증가할수록 그 속도가 빨라지게 되므로(17) 추출온도가 증가할수록 자색고구마 색소의 초기추출속도가 증가하는 것을 알 수 있다. 비교적 낮은 온도인 20°C와 40°C의 온도에서 추출한 경우는 추출 12시간 경과 후 TOD 값이 각각 5와 6정도였으며 12시간 이후로도 약간의 증가를 보였으나 60°C와 80°C에서 추출한 경우 초기 3시간 경과 후에 TOD 값이 각각 7과 7.5정도로 최고치를 나타낸 후로는 추출시간이 길어질수록 TOD 값이 감소하여 24시간 후에는 두 경우 모두 TOD값이 6정도로 감소하였다. 80°C에서 색소를 추출한 경우 추출 3시간 후의 TOD 값이 약 7.5로서 Fig. 2에서 조사된 자색고구마의 TOD값으로 표시된 색소량 7보다 높은 값을 나타냈는데, 이는 높은 온도에 의해 추출된 anthocyanin 색소간의 축합반응에 의하여 색소의 흡광도가 증가하였기 때문인 것으로 생각되나(4). 이는 고구마색소에서 발견된 특이한 현상으로 그 원인에 대해서는 보다 자세한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다(18). Anthocyanin은 높은 온도에서 polymerization과 같은 반응을 일으킬 수 있으며, 결과적으로 anthocyanin 분자들 간의 결합으로 인한 구조적인 변화를 일으켜 absorbance의 변화를 가져올 수 있는 것으로 알려져 있다(7). 또한 60°C와 80°C에서 색소를 추출한 경우 TOD 값이 최고치에 달한 후에 추출시간이 증가할수록 TOD 값이 감소하였는데, 이는 색소가 고온에서 장

시간 노출되게 됨에 따라 anthocyanin색소가 분해되었기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 1% citric acid를 첨가한 20% ethanol-용액을 추출용매로 사용할 경우 40°C 이하의 추출온도를 사용하는 것이 적합할 것으로 생각된다.

요약

자색고구마로부터 anthocyanin색소를 추출하기 위한 최적의 추출용매와 추출시간, citric acid의 첨가량 및 추출온도를 결정하였다. 추출용매는 citric acid로 산성화시킨 20% ethanol 수용액이 적합하였으며, 추출시간은 상온에서 약 8~12시간 정도의 추출이 적합하였다. Citric acid의 농도는 0.7%이상 첨가했을 때 추출액의 pH가 3이하를 나타냈으며, citric acid의 농도가 높을수록 추출액의 TOD값이 증가하였으나 citric acid 1%이상의 농도에서는 TOD값의 증가효과가 미미할 뿐만 아니라 최종 색소추출액의 신맛이 강해져 citric acid의 첨가량을 1%로 결정하였다. 추출온도가 높을수록 초기의 추출속도가 증가하였으나 60°C와 80°C의 고온에서 장시간 추출할 경우 색소가 분해되어 추출효율이 줄어들기 때문에 자색고구마 색소의 최적의 추출온도로 40°C가 적합함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 목포대학교 식품산업기술연구센터의 연구과제중 “천연식용색소의 생산과 이용”에 관한 연구의 일부이며, 연구비를 지원해 준 과학재단과 센터에 깊이 감사드립니다.

문헌

- Mazza, G. and Minuti, E. : *Anthocyanin in Fruits, Vegetables and Grains* CRC Press, Boca Raton, Florida, p 1-23 (1993)
- Newsome, R.L. : Food colors. *Food Technol.*, **40**, 49-56 (1986)
- Markakis, P. : Anthocyanins as food additives. In *Anthocyanins as Food Colors*, Markakis, P. (ed.), Academic Press, London, p 245-253 (1982)
- Francis, F.J. : Food colorants anthocyanins. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **28**, 273-314 (1989)
- Murai, K. and Wilkins, D. : Natural red color derived from red cabbage. *Food Technol.*, **44**, 131 (1990)
- Labell, F. : Grapes provide brilliant red color. *Food Processing*, **54**, 88-89 (1993)
- Jackman, R.L. and Smith, J.L. : Anthocyanins and betalains. In *Natural Food Colorants*, 2nd ed., Hendry, G.A.F. and Houghton, J.D. (eds.), Houghton Blackie A&P, Great Britain, p 183-241 (1996)
- Odake, K., Terahara, N., Santo, N. and Honda, T. : Chemical structures of two anthocyanins from purple sweet

- potato, *Ipomoea batatas*. *Phytochemistry*, **31**, 2127-2130 (1992)
9. Kim, S.J., Rhim, J.W., Lee, L.S. and Lee, J.S. : Extraction and characteristics of purple sweet potato pigment. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 345-351 (1996)
 10. Lee, L.S., Rhim, J.W., Kim, S.J. and Chung, B.C. : Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **28**, 352-359 (1996)
 11. Shi, Z., Bassa, I.A., Gabriel, S.L. and Francis, F.J. : Anthocyanin pigments of sweet potatoes-*Ipomoea batatas*. *J. Food Sci.*, **57**, 755-757 (1992)
 12. Lee, L.S., Chang, E.J., Rhim, J.W., Ko, B.S. and Choi, S.W. : Isolation and identification of anthocyanins from purple sweet potatoes. *Korean J. Food Sci. Nutr.*, **2**, 83-88 (1997)
 13. Fuleki, T. and Francis, F.J. : Quantitative methods for anthocyanins I. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. *J. Food Sci.*, **33**, 72-77 (1968)
 14. Jackman, R.L., Yada, R.Y. and Tung, M.A. : A review: separation and chemical properties of anthocyanins used for their qualitative and quantitative analysis. *J. Food Biochem.*, **11**, 279-308 (1987)
 15. Moore, A.B., Francis, F.J. and Clydesdale, F.M. : Changes in chromatographic profile of anthocyanins of red onion during extraction. *J. Food Protect.*, **45**, 738-743 (1982)
 16. Jackman, R.L., Yada, R.Y., Tung, M.A. and Speers, R.A. : Anthocyanin as food colorants-a review. *J. Food Biochem.*, **11**, 201-247 (1987)
 17. Aguilera, J.M. and Stanley, D.W. : Microstructure and mass transfer Solid-liquid extraction In *Microstructural Principles of Food Processing and Engineering*, Aspen Publishers, Maryland, p.325-372 (1999)
 18. Lee, H.H., Lee, J.W. and Rhim, J.W. : Characteristics of anthocyanins from various fruits & vegetables. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.*, **7**, (in print) (2000)

(2000년 8월 7일 접수)