

마를 이용한 건강기능성 스낵제품의 개발 연구

김석신

(가톨릭대학교 식품영양학과)

Developmental Research on Snack-Type Health Foods Using Korean Yam

Kim, Suk-Shin

Dept. of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea

적 요

마(Yam)는 자양강장제로 이용해 온 알칼리성 식품으로서 소화효소, 점질성 식이섬유 mannan, 단백질, 무기질, 당류를 함유하여 당뇨병 등에 상당한 효과가 있으나, 수분함량이 높아 변질되기 쉽기 때문에 갈변방지제 처리나 동결건조를 행한다. 따라서 갈변방지 전처리도 필요없고 동결건조보다 경제적인 마이크로파 진공건조를 적용하면 품질이 우수한 건강기능성 마 스낵의 개발이 가능하다. 한편 마는 약간 쓰고 떫기 때문에 맛을 개선하기 위해 당을 첨가할 필요가 있고, 마에 7mg% 함유된 비타민 C는 가공 중 파괴되기 쉽기 때문에 당의 동시결정화(cocrystallization) 기술을 적용하여 이를 미세캡슐화한 후 마에 코팅할 필요가 있다. 이에 따라 본 연구에서는 마를 마이크로파 진공건조한 후 비타민 C를 미세캡슐화시킨 당을 코팅함으로써 맛과 저장성이 좋고 경제성이 높은 건강기능성 마 스낵을 제조하고자 하였다. 세척, 박피한 후 3 mm 또는 5 mm 두께로 세절한 마 시료를 세 가지 방법으로 건조하였다. 열풍건조와 마이크로파 진공건조는 40, 50, 60, 70, 80 °C의 5개 온도조건에서, 동결건조는 온도를 달리 동결한 후 건조하였다. 농도 92%, 온도 120-125°C의 과포화설탕시럽(소금 5% 포함)을 교반속도 6→4→4로 동시결정화시켜 설탕 1 g당 0.9 mg의 비율로 L-ascorbic acid를 미세캡슐화한 후 40°C에서 6시간 진공 건조하였다. Corn zein 알콜용액을 이용하여 건조 시료의 표면에 동시결정화 설탕을 코팅한 후 실온 건조하였다. 시료의 색택은 색차계로, 텍스처는 texture analyzer로, 표면구조는 전자현미경으로 관찰하였으며, 관능검사 등 모든 데이터는 Duncan의 다중범위분석을 이용하여 검정하였다. 마의 열풍건조시 40°C 120분, 60°C 100분, 80°C 60분 경과후 수분함량이 0.02 kg water/kg solid로 감소하였다. 마이크로파 진공건조시 수분함량 0.02 kg water/kg solid까지 감소하는데 40°C 120분, 60°C 80~90분, 80°C 30~40분이 걸렸다. 두 경우 모두 온도가 높으면 건조속도가 증가하였고, 건조초기부터 감풍건조를 보였으며, 마이크로파 진공건조가 열풍건조보다 건조속도가 빠른 것으로 나타났다. 표면구조를 관찰한 결과 동결건조의 경우 -75°C보다 -20°C에서 동결한 시료의 전분립이 더 많이 파괴되었고, 열풍건조 시료는 마이크로파 진공건조 시료보다 전분립이 더 많이 파괴되고 수축되었다. 동시결정화당은 동글거나 각이 변형된 결정들이 표면에 응집되어 있었고, 이 부위에 L-ascorbic acid가 미세캡슐화되어 있을 것으로 생각되었다. 외관을 관찰한 결과 열풍건조 시료와 그 코팅 시료는 갈변되고 울퉁불퉁하였으나, 동결건조 시료와 그 코팅 시료는 색택의 변화나 수축이 거의 없었고, 마이크로파 진공건조 시료와 그 코팅 시료는 갈변과 수축이 미세하였다. 시료의 명도 L값의 경우 동결건조와 마이크로파 진공건조사이에는 차이가 크지 않았으나 열풍건조와는 뚜렷한 차이가 있었고, 색차 ΔE값은 명도 L값과 비슷한 경향을 보였으며, 적색도 a값과 황색도 b값으로부터 열풍건조의 갈변이 다른 건조방법보다 큰 것을 알 수 있었다. 탄성율, 응집성 및 씹힘성은 열풍건조, 마이크로파 진공건조, 동결건조의 순서를 보였고 코팅한 경우가 코팅전보다 씹힘성이 좋은 것으로 나타났다. 관능평가 결과 코

팅한 세 가지 시료의 스낵으로서의 종합적 기호도는 마이크로파 진공건조-코팅, 동결건조-코팅, 열풍건조-코팅의 순서를 보였는데 동결건조-코팅 시료의 경우 견고성과 씹힘성이 거의 없이 입안에서 부드러운 느낌만 주므로 스낵으로서 바람직하지 않은 것으로 생각되었고, 열풍건조-코팅시료의 경우 색깔이 너무 진하고 외관이 울퉁불퉁한데다가 견고성과 씹힘성은 너무 크고 입안에서의 매끄러운 느낌은 너무 부족해서 바람직하지 않은 것으로 생각되었다. 이러한 관능검사, 외관 및 건조시간 등을 종합해 볼 때 마이크로 진공건조-코팅법이 품질과 경제성 측면에서 유리한 것으로 판단되었고, 본 연구결과를 통해 특용작물의 재배 활성화와 농민 소득의 증대, 국민의 건강 증진의 효과가 뒤따를 것으로 예상된다.

I. 서론

마(Yam)는 *Dioscoreaceae*과, *Discorea*속에 속하는 다년생 덩굴식물로서 세계적으로 10속 650종이 있으며 (약품식물학회, 1993) 우리나라에는 참마(*D. japonica* THUNB.), 긴마(*D. batatas* DECNE.), 둥근마(*D. bulbifera* L.), 단마(*D. aimadoimo*), 부채마(*D. nipponica* MAKINO), 도꼬로마(*D. tokoro* MAKINO) 등 12종이 자생하거나 재배되고 있다(이창복, 1982).

마에 대한 연구로서 마전분의 이화학적 구조 특성에 관한 연구(김화선 등, 1991; Nagashima와 Kamoi, 1990), 마전분호화액의 리올로지 특성(이부용 등, 1992), 마 점질물의 화학적 특성(Tanoue 등, 1988; Hironaka 등, 1990; Tanoue와 Simozono, 1991), 마의 지질분석(김용선 등, 1995), 마의 당질분석(정혜영, 10), 마의 쓴맛물질 분석(임선아 등, 1995), 마의 금속 제거능(하영득 등, 1998) 등에 관한 연구 결과가 국내외에서 보고된 바 있다.

마는 알칼리성 식품이며 여러 가지 소화효소가 함유되어 있어서 생식을 하여도 소화흡수가 잘된다. 특히 마의 끈끈한 점질물의 주성분은 mannan으로 이루어진 식이섬유이며 단백질과 무기질, 소량의 당류(포도당, 과당) 등으로 이루어져 있어 당뇨병이나 설사 등에 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 한 방에서는 마 괴근의 주피를 벗기어 그대로 또는 찌서 말린 것을 산약(山藥)이라 하여 補肺, 補身, 益精에 효능이 있는 자양강장제로 활용하여 왔으며 消炎, 害毒, 去痰, 利尿, 神經痛 등에도 사용하여 왔다(약품식물학회, 1993).

최근에는 건강식품에 대한 기호도가 높아짐에 따

라 마죽, 마차, 마즙 등 가공식품의 형태로 판매되고 있으나 마를 이용한 건강기능성 스낵제품은 아직 개발된 바 없어 이에 대한 연구가 시급한 실정이다. 이에 따라 마를 이용한 건강기능성 스낵제품이 개발되면 특용작물인 마의 재배 확대를 통한 농민의 소득 증대는 물론 국민의 건강 증진에도 크게 이바지 하리라 기대된다.

마는 수분함량이 80% 정도로 높기 때문에 저온저장이나 지하저장을 하더라도 갈변과 부패를 피하기 어렵다. 이를 방지하기 위해서 건조시켜서 저장하거나 가공하게 되는데 시중에 유통되는 건조 마분말은 갈변되었거나 재수화시 점성이 거의 없는 열악한 품질을 지니고 있다. 마의 열풍건조시 갈변을 억제하기 위하여 정 등(정신교 등, 1996)은 데치기 및 갈변방지제 침지를 행한 결과를 보고하였다. 또한 마의 품질을 유지한 채 건조하기 위하여 이부용과 김현구(1998)은 마를 동결건조, 냉풍건조, 열풍건조후 이화학적 품질을 비교한 결과 동결건조가 가장 좋은 방법이었다고 보고하였다.

그러나 갈변방지를 위한 전처리도 필요없고 동결건조보다 경제성이나 품질보존효과도 우수한 건조방법을 적용하면 마를 이용한 건강기능성 스낵제품의 개발이 용이해질 것으로 생각된다. 이러한 건조방법으로서 마이크로파 진공건조를 고려해 볼 수 있는데 이 방법은 오렌지쥬스 분말의 제조(Decareau, 1985), 버섯이나 아스파라거스의 건조, 의약품의 과립화(Mullin, 1995), 요구르트(Kim 등, 1997)나 발아현미(김석신 등, 1998) 등에 적용된 사례가 보고된 바 있다. 그러나 마의 건조에 마이크로파 진공건조를 적용한 보고는 전혀 없기 때문에 이 기술의 적용을 고려할 필요가 있다.

일반적으로 마는 약간 쓰고 짙은 맛을 지니고 있기 때문에 스낵식품으로 활용하기 위해서는 당을 첨가할 필요가 있다. 또한 스낵식품으로 가공한 후 저장 중에도 일어날 수 있는 갈변을 방지하기 위해서는 산소나 공기를 차단할 수 있도록 코팅할 필요가 있다. 게다가 마에는 비타민 C가 7mg% 정도 함유(한국식품영양과학회, 1998)되어 있으나 가공 중에 손실되므로 건강기능성 향상을 위해 이에 대한 보강도 필요하다.

이러한 측면에서는 건조된 마에 당의 동시결정화(cocrystallization) 기술(Mathlouthi와 Reiser, 1995; Chen 등, 1988; Awad와 Chen, 1993; Chen 등 1982)을 적용하는 것이 바람직하다. 동시결정화 기술은 비교적 최근에 개발된 기술로서 당류 등의 피복물질에 비타민 C 등의 핵물질을 동시에 결정화시켜 캡슐화하는 방법이다. 이 기술은 농축한 시럽에 원하는 핵물질을 격렬하게 혼합하며 냉각시킴으로써 결정화와 미세캡슐화가 동시에 일어나는 장점이 있다.

이에 따라 본 연구에서는 마를 갈변방지 전처리 없이 마이크로파 진공건조하고 동시결정화 방법으로 비타민 C를 미세캡슐화시킨 당을 코팅함으로써 관능적 품질이 우수하고 저장성이 좋으며 경제성도 높은 건강기능성 마 스낵제품을 제조하여 농민의 소득증대는 물론 국민의 건강 증진에도 기여하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

안동산 마를 시중에서 구입하여 물로 세척하고 박피, 세절한 후 가느다란 막대에 10~15개씩 꽂아 건조하였다. 단, 세절할 때 건조실험의 경우 가로 2cm, 세로 2cm, 두께 3mm의 정사각형으로, 관능검사 및 물성측정용 시료 제조의 경우 텍스처를 좋게 하기 위하여 가로 3cm, 세로 3cm, 두께 5mm의 정사각형으로 보다 크고 두껍게 세절하였다. 설탕과 소금은 시중에서 구입하였고 corn zein은 일본 Showa Sangyo Inc.의 제품을 제공받았으며, L-ascorbic acid와 95% ethanol은 시약 특급을 사용하였다.

2. 건조실험과 건조시료의 제조

마의 건조실험에는 열풍건조, 동결건조, 마이크로파 진공건조의 세 가지 방법을 적용하였으며, 이 때 열풍건조는 5개 온도조건에서, 동결건조는 2개 동결조건에서, 마이크로파 진공건조는 5개 온도조건에서 행하였다. 건조가 끝난 시료는 알미늄적층 방습포장재(polyester 12 μ m/aluminum foil 9 μ m/nylon 15 μ m/polypropylene 60 μ m)에 기밀 포장하여 보관하며 실험에 사용하였다.

건조중 얻은 시간 대 중량변화 데이터를 이용하여 건조방법별로 시료의 건조특성을 판단하였다. 이 때 시간 대 수분함량의 변화 및 수분함량 대 건조속도의 변화로 구분하여 도시함으로써 각각의 건조특성을 용이하게 비교·판단할 수 있었다.

열풍건조의 경우 강제순환식 열풍건조기(Yamato Constant Temperature Oven, model DN-61, Japan) 내에서 행하였다. 이 때 시료에 thermocouple probe를 꽂고 이를 on-off controller에 연결하여 품온을 40, 50, 60, 70, 80 $^{\circ}$ C로 유지하며 4시간동안 건조하였으며, 열풍건조 중 10분마다 시료의 중량과 온도를 측정하였다.

동결건조의 경우 시료를 -75 $^{\circ}$ C와 -20 $^{\circ}$ C에서 각각 24 시간 동결시킨 후 동결건조기(Labconco Freeze Drier 5, Labconco Corp., Kansas City, MO, USA)를 사용하여 압력 100 μ mHg, 응축기 온도 -50 $^{\circ}$ C에서 12시간 이상 건조하였다.

마이크로파 진공건조의 경우 본 연구팀에서 직접 제작한 마이크로파 진공건조기(Microwave Vacuum Dryer, model MVD-1, The Catholic Univ. of Korea)를 사용하였다. 마이크로파 진공건조시 teflon dish 위에 시료를 얹고 품온을 각각 40, 50, 60, 70, 80 $^{\circ}$ C로 유지하며 10 mmHg의 압력조건에서 3시간 건조하였으며, 건조 중 10분마다 시료의 중량과 온도를 측정·기록하였다.

별도로 관능검사와 물성 측정용 시료를 제조하기 위해 열풍건조의 경우 온도 40 $^{\circ}$ C에서 6-8시간동안 건조하였고, 동결건조의 경우 -20 $^{\circ}$ C에서 12시간 동결한 후 압력 100 μ mHg, 응축기온도 -50 $^{\circ}$ C에서 12시간 이상 건조하였으며, 마이크로파 진공건조의 경우 압력 10mmHg, 온도40 $^{\circ}$ C에서 3-4시간 건조하였다.

3. 설탕의 동시결정화에 의한 L-ascorbic acid의 미세캡슐화

동시결정화(cocrystallization) 방법을 이용하여 농도 92%, 온도 120-125°C로 과포화시킨 설탕시럽(소금 5% 포함)에 설탕 1 g당 0.9 mg의 비율로 L-ascorbic acid를 미세캡슐화시켰다. 이 때 mixer(Kitchen Aid 5K-5SS, St. Joseph, Michigan, USA)의 교반속도를 동시결정화 전반기에는 level 6으로, 시럽이 유동성을 상실하는 중반기에는 level 4로, 설탕이 결정화되고 서로 엉기는 후반기에는 level 4로 조절하였다. 동시결정화된 시료는 압력 100 mmHg, 온도 40°C에서 6시간 진공 건조한 후 유발로 분쇄하고 30 mesh 체로 사별한 다음 알미늄적층포장재에 밀봉하여 보관하며 실험에 사용하였다.

4. 동시결정화 설탕의 코팅

세 가지 방법으로 건조된 시료의 표면에 L-ascorbic acid를 미세캡슐화시킨 동시결정화 설탕을 입히고 이를 보호하기 위한 코팅 실험을 행하였다. 우선 95% ethanol 100mL에 corn zein 4%를 첨가하여 85°C에서 가열하여 용해시킨 후 40°C까지 냉각하였다. 여기에 건조한 시료를 약 5초간 1차 침지한 후 시료를 꺼내어 약 5초간 ethanol을 증발시켰다. 그 다음 이 시료와 동시결정화 설탕을 용기 내에서 함께 흔들며 섞어주어 동시결정화 설탕을 건조시료 표면에 부착시킨 후 이를 실온에서 약 1시간동안 송풍 건조하였다. 다만 다공성 구조를 지닌 동결건조 시료는 corn zein 용액이 시료 내부에 침투함으로써 건조가 쉽게 되지 않아 약 6시간 건조하였다. 이렇게 설탕이 부착된 시료를 corn zein 용액에 약 3초 동안 2차 침지한 후 실온에서 약 1시간동안 송풍건조하여 코팅공정을 마쳤다. 코팅된 시료는 알미늄적층포장재에 밀봉 포장하여 보관하며 관능검사와 물성측정에 사용하였다.

5. 색택 및 텍스처 측정

생 마, 동결건조 마, 열풍건조 마, 마이크로파 진공

건조 마, 동결건조 코팅 마, 열풍건조 코팅 마, 마이크로파 진공건조 코팅 마의 7종의 시료의 색택과 텍스처를 측정하되, 한 가지 시료 당 3개의 샘플(triplicate)을 취하여 3반복 측정함으로써 시료 당 9개의 데이터를 얻었다.

시료의 색택은 색차계(Tokyo Denshoku, Digital Color Meter TC-3600, Japan)로 측정하여 L, a, b, ΔE로 표현하였으며, 이 때 사용된 표준판은 L=90.4, a=0.8, b=3.0의 값을 가진 백색판이었다.

시료의 텍스처는 texture analyzer (TX-HD, Stable Micro System, UK)를 사용하여 측정하였다. 측정시 5 kg load cell과 직경 30 mm probe를 사용하였고, cross head speed 500 mm/min, grip separation 50 mm, deformation 50%를 기준으로 시료 당 3개의 샘플(triplicate)을 취하여 3반복 측정함으로써 시료 당 9개의 물성 데이터를 얻었다.

6. 표면구조의 관찰

건조시료 및 동시결정화 설탕의 표면구조를 주사전자현미경(JEOL Scanning Microscope, model JSM-5410LV)으로 1,000배와 3,500배의 배율로 관찰하였다.

7. 관능검사 및 통계처리

관능검사는 동결건조 코팅 마, 열풍건조 코팅 마, 마이크로파 진공건조 코팅 마의 세 가지 시료를 대상으로 25명의 관능검사 요원과 관능검사 설문지(Table 1)를 활용하여 행하였다. 모든 처리구 사이의 통계적 유의차는 Duncan의 다중범위시험을 이용하여 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 건조과정 중 마의 수분함량 변화

마의 동결건조의 경우 -20°C에서 동결한 시료와 -75°C에서 동결한 시료 모두 12시간 이상의 건조시간이 소요되었으므로 건조과정 중 수분함량의 변화를

살펴보는 것은 의미가 없었다. 따라서 여기서는 40, 50, 60, 70, 80°C에서 행한 열풍건조와 마이크로파 진공건조 중의 마의 수분함량의 변화를 Fig. 1~3에 나타내 비교하였다. 단, 수분함량의 변화를 쉽게 판단할 수 있도록 50°C와 70°C의 데이터는 그림에 나타내지 않았다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 마를 열풍건조할 경우 40°C의 경우 건조시작 후 120분만에 수분함량이 0.02 kg water/kg solid까지 감소하였고 그 후 180분까지 수분함량이 거의 감소하지 않았다. 온도를 증가시킬 경우 60°C의 경우 건조시작 후 100분만에, 80°C의 경우 건조시작 후 60분만에, 수분함량이 0.02 kg water/kg solid까지 감소하여 온도 증가가 수분함량 감소에는 유리한 것으로 나타났지만 이 경우 과열로 인해 품질이 나빠질 것으로 예상되었다. Fig. 2에서 알 수 있듯이 마이크로파 진공건조할 경우 수분함량 0.02 kg water/kg solid까지 감소하는데 걸리는 시간이 40°C에서는 120분, 60°C에서는 80~90분, 80°C에서는 30~40분인 것으로 나타나 열풍건조보다 수분함량의 감소에 유리한 방법이라 생각되었다. 이러한 차이는 80°C에서 두 건조방법을 비교한 Fig. 3에 극명하게 나타나는데 건조시간 30분 경과되었을 때 열풍건조는 수분함량 0.23kg water/kg solid을, 마이크로파 진공건조는 0.05kg water/kg solid을 보여 마이크로파 진공건조의 수분함량이 열풍건조의 1/4 수준임을 알 수 있다. 이 결과는 김석신 등(1998)의 보고와 잘 일치하는 것으로 나타났다.

2. 건조과정 중 마의 건조속도의 변화

마의 수분함량에 대한 건조속도의 변화를 구해 Fig. 4에는 열풍건조의 경우를, Fig. 5에는 마이크로파 진공건조의 경우를, Fig. 6에는 80°C에서 두 건조방법을 비교한 것을 나타내었다. Fig. 4 및 Fig. 5에서 쉽게 알 수 있듯이 열풍건조와 마이크로파 진공건조 모두 온도가 높으면 건조속도가 증가하였고, 또 건조 초기부터 건조속도가 계속 감소하는 감률건조를 보였으며, Fig. 6에서와 같이 마이크로파 진공건조의 건조속도가 열풍건조보다 빠른 것으로 나타났다. 초기부터 감률건조를 보이는 현상은 마의 끈끈한 점질물

인 mannan이 마를 세절하는 순간부터 시료의 표면을 덮고 모세관을 가득 채워 수분의 이동을 방해하고 건조될수록 수분이동을 더욱 어렵게 하기 때문인 것으로 생각된다. 또 마이크로파 진공건조가 열풍건조보다 건조속도가 큰 것은 마이크로파에 의해 시료 내부에 열이 발생하고 수증기 압력이 높아지는데 외부가 감압상태라서 수증기가 쉽게 모세관의 mannan을 밀어내고 급속하게 빠져나갈 수 있기 때문인 것으로 생각된다.

3. 건조시료의 표면구조의 비교

건조제품의 품질을 비교하기 위하여 동결건조 제품, 열풍건조 제품, 마이크로파 진공건조 제품의 표면구조를 주사전자현미경으로 관찰하였다(Fig. 7~12). 동결건조 제품의 표면구조를 -20°C에서 동결한 경우(Fig. 7)와 -75°C에서 동결한 경우(Fig. 8)를 비교하여 볼 때 -20°C에서 동결한 경우 마 전분립의 구조가 더 온전치 않은 것을 알 수 있다. 열풍건조 제품의 표면구조는 건조온도 40°C의 경우(Fig. 9)보다 80°C의 경우(Fig. 10) 마 전분립의 구조가 더 많이 파괴된 것을 알 수 있었고, 두 경우 모두 동결건조에 비해 전분립의 크기가 작아 건조 중 수축이 일어났음을 알 수 있었다. 마이크로파 진공건조한 시료의 표면구조 역시 40°C의 경우(Fig. 11)보다 80°C의 경우(Fig. 12)가 마 전분립이 더 파괴된 것을 알 수 있으며, 두 경우 모두 동결건조에 비해서는 전분립의 크기가 다소 작으나 열풍건조보다는 훨씬 크기 때문에 건조 중 수축이 아주 적었음을 알 수 있다. 이를 종합해 보면 동결건조의 표면구조가 가장 변화가 적었으며 그 다음 마이크로파 진공건조의 시료가 변화가 적었고, 열풍건조의 경우 시료의 표면구조에 심각한 변화가 있는 것으로 관찰되었다.

4. 동시결정화당의 표면구조와 건조/코팅 시료의 외관 및 선택 관찰

동시결정화당의 전자현미경 사진을 Fig. 13에 나타내었다. 동시결정화당은 일반적으로 크고 각진 설탕

의 결정과 달리 크기가 작고 모양도 둥글거나 변형된 각진 결정들이 서로의 표면에 무수히 응집되어 있었고, 이런 형태로부터 L-ascorbic acid가 응집부위 내부에 미세캡슐화되어 있음을 추측할 수 있었다.

열풍건조(40°C 건조), 동결건조(-20°C 동결) 및 마이크로파 진공건조(40°C 건조)한 시료와 이를 각각 코팅한 시료의 외관을 Fig. 14에 나타내었다. 열풍건조한 시료와 이를 코팅한 시료는 부분적으로 갈변되었고 건조 중 수축되어 울퉁불퉁한 모양을 보여주었다. 이에 반해 동결건조한 시료와 이를 코팅한 시료는 색택의 변화가 거의 없이 흰색을 유지하였고 수축도 가장 작았고 건조전 모양을 잘 유지하고 있었다. 마이크로파 진공건조한 시료와 이를 코팅한 시료는 갈변과 수축이 약간 일어났으나 심각한 수준은 아니며 거의 흰빛과 반듯한 모양을 유지하였다.

생마, 열풍건조(40°C 건조), 동결건조(-20°C 동결) 및 마이크로파 진공건조(40°C 건조)한 시료와 이를 각각 코팅한 시료의 색택을 측정된 결과(Table 2) 일곱 가지 시료 모두 명도 L값은 77~87을 보여 시료가 기본적으로 백색에 가까움을 보여주었는데 이것은 mannan을 주성분으로 하는 마 점질물의 색택이 백색이고 특히 생마보다 건조제품의 L값들이 큰 것은 백색의 점질물이 농축되었기 때문이라 생각된다. 시료별 L값의 크기는 건조 및 코팅처리에 따라 동결건조-코팅>동결건조>마이크로파 진공건조-코팅>마이크로파 진공건조>열풍건조-코팅>열풍건조를 보였는데, 동결건조와 마이크로파 진공건조는 L값의 차이가 크지 않았으나 열풍건조는 뚜렷한 차이가 있었고, 코팅한 경우 표면에 부착된 설탕입자 때문에 L값이 증가한 경우도 있지만 그렇지 않은 경우도 있었다. 한편 적색도 a값은 -12~-28의 범위를 보였고, 황색도 b값은 9~14의 범위를 보였는데 이로부터 시료들이 붉은 빛은 없는 반면, 누런 색조를 띄고 있고 이러한 경향은 마의 갈변반응에 기인하는 것으로 생각되었다. 적색도 a값은 동결건조>동결건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅>마이크로파 진공건조>열풍건조-코팅>열풍건조의 순서를 보였는데, 황색도 b값은 열풍건조>열풍건조-코팅>마이크로파 진공건조>동결건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅>동결건조의

순서를 보였다. 이로부터 갈변반응은 열풍건조가 다른 건조방법보다 빠르고 동결건조와 마이크로파 진공건조 사이에는 차이가 크지 않음을 알 수 있었으며, 코팅한 경우는 차이가 있는 경우와 그렇지 않은 경우가 있었다. 일곱 가지 시료 모두 색차 ΔE값은 80~89를 보여 미세하게 색택에 차이가 있음을 보여주었고, 시료별로 동결건조-코팅>동결건조>마이크로파 진공건조-코팅>마이크로파 진공건조>열풍건조-코팅>열풍건조를 보였는데, 이는 명도 L값의 경우와 거의 비슷한 순서인 것으로 나타났다.

5. 건조/코팅 시료의 텍스처 및 관능적 품질 비교

생마, 열풍건조(40°C 건조), 동결건조(-20°C 동결) 및 마이크로파 진공건조(40°C 건조)한 시료와 이를 각각 코팅한 여섯 가지 시료와 생 마의 텍스처를 측정하여 그 중 탄성율, 응집성, 씹힘성 및 경도에 대한 측정 결과를 Table 3에 나타내었다. 탄성율의 크기는 마이크로파 진공건조-코팅>열풍건조-코팅>마이크로파 진공건조>동결건조-코팅>열풍건조의 순서를 보였으나 유의차는 없었고, 특히 동결건조한 시료가 생마보다 탄성율이 오히려 더 작게 나타났는데 이는 동결건조 중 마의 구조가 다공성으로 변화되었기 때문이라 생각된다. 응집성은 열풍건조>열풍건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅>마이크로파 진공건조>동결건조>동결건조-코팅의 순서를 보였는데 열풍건조만 유의성이 있었고 건조한 시료가 생마보다 응집성이 높은 것으로 나타났다. 씹힘성은 열풍건조-코팅>열풍건조>마이크로파 진공건조-코팅>마이크로파 진공건조>동결건조-코팅>동결건조의 순서를 보였으며 코팅한 경우가 코팅전보다 씹힘성이 좋은 것으로 나타났다. 경도의 경우 열풍건조 또는 열풍건조-코팅한 시료는 모양이 울퉁불퉁하여 경도 측정치가 일정하지 않아 데이터로 나타내지 않았고 나머지 시료의 경도는 동결건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅>동결건조를 보였는데 특히 동결건조-코팅 시료의 수치가 높은 것은 코팅 시 많은 양의 corn zein이 다공질 구조의 내부로 침투하여 굳었기 때문이라 생각된다.

마를 열풍건조(40°C 건조), 동결건조(-20°C 동결) 및 마이크로파 진공건조(40°C 건조)한 후 이를 각각 코팅한 세 가지 시료의 관능적 품질을 비교한 결과를 Table 4에 나타내었다. 시료의 색은 열풍건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅≥동결건조-코팅의 순서를 보였는데 열풍건조-코팅 시료가 가장 누렇고 동결건조-코팅시료와 마이크로파 진공건조-코팅 시료는 유의차가 없었다. 이 결과는 앞에 서술한 황색도 b값의 측정결과와 거의 일치하였다. 표면의 고운 정도는 마이크로파 진공건조-코팅>동결건조-코팅≥열풍건조-코팅의 순서를 보였으나 유의차는 없었고, 단맛은 동결건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅>열풍건조-코팅의 순서를 보였지만 유의차는 없었으며, 텁텁한 맛은 마이크로파 진공건조-코팅>열풍건조-코팅>동결건조-코팅의 순서를 보였으나 이 역시 유의차는 없었다. 견고성은 열풍건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅>열풍건조-코팅의 순서를 보였고 세 가지 시료 모두에서 유의차가 있었으며, 씹힘성도 열풍건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅>동결건조-코팅의 순서를 보였으나 이 경우 열풍건조-코팅시료만 유의적으로 작은 수치를 보였고 동결건조-코팅시료와 마이크로파 진공건조-코팅시료 사이에는 유의차가 없었다. 입안에서의 매끄러운 느낌은 동결건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅≥열풍건조-코팅의 순서를 보였고 동결건조-코팅시료만 유의적으로 큰 수치를 보였으며 열풍건조-코팅시료와 마이크로파 진공건조-코팅시료 사이에는 유의차가 없었다. 이로부터 견고성과 씹힘성은 같은 경향을 보여주었으나 입안에서의 매끄러운 느낌은 반대 경향을 보여주는 것을 알 수 있었다. 마지막으로 스낵으로서의 종합적 평가결과는 비록 유의차는 없었지만 마이크로파 진공건조-코팅≥동결건조-코팅≥열풍건조-코팅의 순서를 보였는데 동결건조-코팅 시료의 경우 견고성과 씹힘성이 거의 없이 입안에서 부드러운 느낌만 주므로 스낵으로서 부적합한 것으로 생각되었고, 열풍건조-코팅시료의 경우 색깔이 너무 진하고 외관이 울퉁불퉁한데다가 견고성과 씹힘성은 너무 크고 입안에서의 매끄러운 느낌은 너무 부족해서 부적합한 것으로 생각되었다.

따라서 관능검사 결과와 외관 관찰 결과 그리고 건조시간 등을 종합해 볼 때 마이크로 진공건조-코

팅법이 품질과 경제성 측면에서 유리하다고 판단할 수 있었다.

IV. 결론

1. 마의 열풍건조와 마이크로파 진공건조 모두 온도가 높으면 건조속도가 증가하였고, 또 건조초기부터 건조속도가 계속 감소하는 감률건조를 보였으며, 마이크로파 진공건조의 건조속도가 열풍건조보다 빠른 것으로 나타나 마이크로파 진공건조가 열풍건조보다 마의 건조에 유리한 방법으로 판명되었다.

2. 표면구조에 있어서 동결건조의 경우 -20°C 동결 시료의 전분립이 -75°C 경우보다 마 전분립의 구조가 더 온전치 않았고, 열풍건조 제품의 표면구조는 건조 온도 40°C보다 80°C의 경우 마 전분립의 구조가 더 많이 파괴되었으며, 건조 중 수축이 크게 일어났다.

3. 마이크로파 진공건조 시료의 표면구조도 40°C보다 80°C의 경우가 마 전분립이 더 파괴되었으나 열풍건조보다 건조 중 수축이 아주 적었다. 표면구조 변화는 동결건조가 가장 적었고, 그 다음 마이크로파 진공건조였고, 열풍건조는 심각한 변화가 있었다.

4. 동시결정화당은 크기가 작고 모양도 둥글거나 변형된 각진 결정들이 표면에 무수히 응집되어 있었고, 이 부위에 L-ascorbic acid가 미세캡슐화되어 있을 것으로 생각되었다.

5. 열풍건조 및 이의 코팅 시료는 부분적으로 갈변되었고 건조 중 수축되어 울퉁불퉁한 모양을 보여주었으나, 동결건조 및 이의 코팅 시료는 색택의 변화가 거의 없이 건조전 모양을 잘 유지하고 있었으며, 마이크로파 진공건조 및 이의 코팅시료는 갈변과 수축이 약간 일어났으나 심각한 수준은 아니며 거의 흰빛과 반듯한 모양을 유지하였다.

6. 시료의 색택 중 명도 L값의 크기는 건조 및 코팅처리에 따라 동결건조-코팅≥동결건조>마이크로파 진공건조-코팅>마이크로파 진공건조>열풍건조-코팅≥열풍건조를 보였고 동결건조와 마이크로파 진공건조 사이에는 큰 차이가 없었으나 열풍건조와는 뚜렷한 차이가 있었다.

7. 적색도 a값의 크기는 동결건조>동결건조-코팅>

마이크로파 진공건조-코팅>마이크로파 진공건조>열풍건조-코팅 \geq 열풍건조의 순서를 보였고, 황색도 b값의 크기는 열풍건조 \geq 열풍건조-코팅>마이크로파 진공건조>동결건조-코팅 \geq 마이크로파 진공건조-코팅>동결건조의 순서를 보였으며, 열풍건조의 갈변이 다른 건조방법보다 빠르고 동결건조와 마이크로파 진공건조 사이에는 유의차가 없었다.

8. 색차 ΔE 값은 동결건조-코팅 \geq 동결건조>마이크로파 진공건조-코팅 \geq 마이크로파 진공건조>열풍건조-코팅 \geq 열풍건조의 순서를 보였는데, 이는 명도 L값의 경우와 거의 비슷한 순서인 것으로 나타났다.

9. 탄성율의 경우 마이크로파 진공건조-코팅 \geq 열풍건조-코팅 \geq 마이크로파 진공건조>동결건조-코팅>열풍건조의 순서를 보였고, 특히 동결건조한 시료가 생마보다 탄성율이 더 작게 나타났다.

10. 응집성은 열풍건조>열풍건조-코팅>마이크로파 진공건조-코팅 \geq 마이크로파 진공건조 \geq 동결건조 \geq 동결건조-코팅의 순서를 보였으며 건조한 시료가 생마보다 응집성이 높았다.

11. 씹힘성은 열풍건조-코팅>열풍건조 \geq 마이크로파 진공건조-코팅 \geq 마이크로파 진공건조>동결건조-코팅 \geq 동결건조의 순서를 보였으며 코팅한 경우가 씹힘성이 좋은 것으로 나타났다.

12. 경도의 경우 열풍건조시료는 모양이 울퉁불퉁하여 경도에 나타내지 않았고 나머지 시료들은 동결건조-코팅 \geq 마이크로파 진공건조-코팅 \geq 동결건조의 순서를 보였는데 특히 동결건조-코팅 시료의 수치가 높은 것은 corn zein이 침투되어 굳었기 때문이다.

13. 코팅한 세 가지 시료의 스낵으로서의 적합성을 비교한 결과 비록 유의차는 없었지만 마이크로파 진공건조-코팅, 동결건조-코팅, 열풍건조-코팅의 순서를 보였는데 동결건조-코팅 시료의 경우 견고성과 씹힘성이 거의 없이 입안에서 부드러운 느낌만 주므로 스낵으로서 부적합한 것으로 생각되었고, 열풍건조-코팅시료의 경우 색깔이 너무 진하고 외관이 울퉁불퉁한데다가 견고성과 씹힘성은 너무 크고 입안에서의 매끄러운 느낌은 너무 부족해서 부적합한 것으로 생각되었다.

14. 따라서 관능검사, 외관 및 건조시간 등을 종합

해 볼 때 마이크로 진공건조-코팅법이 품질과 경제성 측면에서 유리하다고 결론지을 수 있고, 본 연구 결과 개발된 건강기능성 마 스낵식품을 통해 특용작물의 재배 활성화와 농민 소득의 증대, 국민의 건강 증진 효과가 있으리라 예상된다.

참고 문헌

1. 김석신, 김상용, 이원중(1998), 잠재적 효소식품 원료로서 발아현미의 마이크로파 진공건조, 한국식품과학회지, 30(5), 1107
2. 김용선, 김상순, 김철재, 권중호(1995), 한국산 마지질의 분획정량과 지방산 조성, 한국식품과학회지, 27(5), 652
3. 김화선, 김상순, 박용곤, 석호문(1991), 한국산 마전분의 이화학적 특성, 한국식품과학회지, 23(5), 554
4. 약품식물학회(1993), 신약품식물학, 학연사, 서울, p.298
5. 이부용, 이영철, 김홍만, 김철진, 박무현(1992), 마 전분 호화액의 리올로지 특성, 한국식품과학회지, 24(6), 619
6. 이부용, 김현구(1998), 건조방법에 따른 마의 품질특성, 한국식품과학회지, 30(4), 877
7. 이창복(1982), 대한식물도감, 향문가, 서울, p.225
8. 임선아, 김영희, 오승희, 하태익, 이만정(1995), 국내산 마의 성분비교 및 아프리카 마의 쓴맛 물질에 관한 연구, 한국식품영양과학회지, 24(1), 74
9. 정신교, 정용열, 정우식(1996), 단마의 열풍건조 시 갈변억제 방안 연구, 한국농화학회지, 39(5), 384
10. 정혜영(1995), 한국산 마의 당질분석, 한국식품과학회지, 27(1), 36
11. 하영득, 이삼빈, 박연길(1998), 마 점질물의 중금속 제거능과 ACE저해효과, 한국식품영양과학회지, 27(4), 751
12. 한국식품영양학회(1998), 식품재료사전, 한국사전연구사, 서울, p.314-315

13. Awad, A. and Chen, A.C(1993), A new generation of sucrose products made by cocrystallization. *Food Technol.*, 47(1), 146-148
14. Chen, A.C.C., Lang, C.E.Jr., Graham, C.P., and Rizzuto, A.B(1982), Crystallized readily water dispersible sugar product containing heat sensitive acidic and high invert sugar substances. U.S. Patent 4,362,757
15. Chen, A.C., Veiga, M.F. and Rizzuto, A.B.(1988), Cocrystallization: An encapsulation process. *Food Technol.*, 42(11), 87-90
16. Decareau, R.V(1985), *Microwaves in the Food Processing Industry*, Academic Press, New York, N.Y., USA
17. Hironaka, K., Takada, K. and Ishibashi, K.(1990), Chemical composition of mucilage of Chinese yam, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 37(1), 48
18. Kim, S.S., Shin, S.G., Chang, K.S., Kim, S.Y., Noh, B.S. and Bhowmik, S.R(1997), Survival of lactic acid bacteria during microwave vacuum drying of plain yogurt, *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 30(6) 573
19. Mathlouthi, M. and Reiser, C(1995), *Sucrose Properties and Applications*, Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK
20. Mullin J. *Microwave processing. New method of Food Preservation*, Gould, G.W.(ed.), Blackie Academic and Professional(1995), London, UK
21. Nagashima, T. and Kamoi, I.(1990), Some properties of starches from yam, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 37(2), 124
22. Tanoue, H., Hobara, S. and Ishihata, K.(1988), Determination of viscous polysaccharide of yam by gel permeation chromatography and correlation of its content with mechanical characteristics of tororo, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 35(9), 595
23. Tanoue, H. and Simozono, H.(1991), Chemical and rheological properteis of viscous polysaccharides from three species of yam, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 38(9), 751 (1991)

Table 1. Sheet for organoleptic evaluation

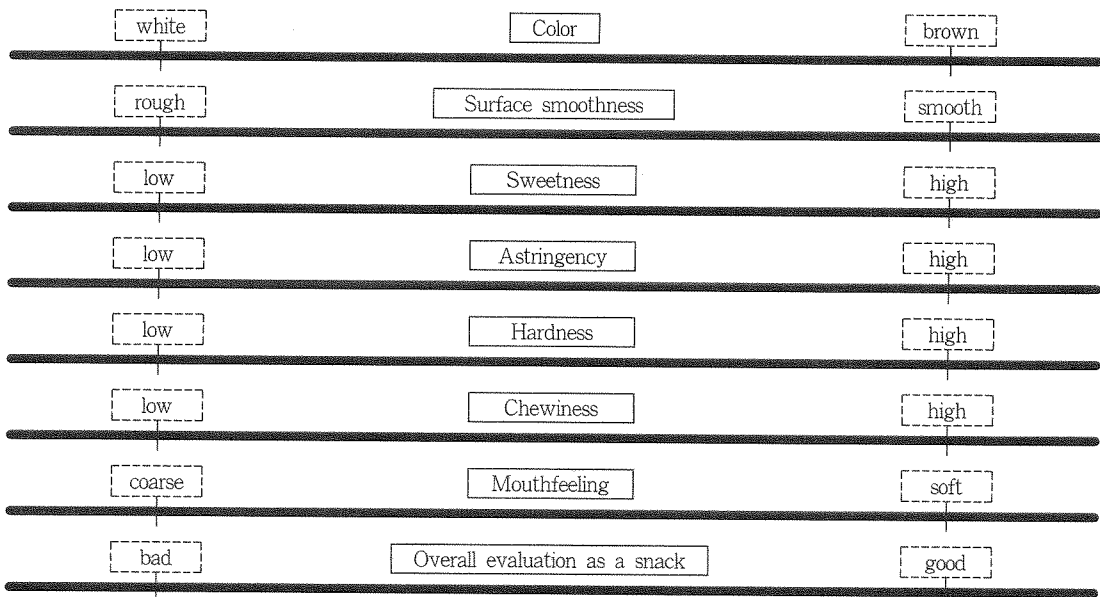


Table 2. Hunter color values of fresh yam, dried yam, and dried/coated yam samples

Yam samples	Hunter color values			
	L	a	b	ΔE
Fresh yam	76.76±0.25 ^e	-18.02±0.58 ^c	10.90±0.39 ^c	79.60±0.38 ^e
Hot air dried yam	77.28±1.28 ^{de}	-27.54±1.03 ^e	14.20±0.83 ^a	83.27±0.97 ^d
Hot air dried and coated yam	78.58±0.18 ^d	-27.12±0.47 ^e	13.76±1.27 ^a	84.27±0.34 ^{cd}
Freeze dried yam	87.20±0.89 ^a	-11.60±1.11 ^a	9.02±0.61 ^d	88.44±0.87 ^a
Freeze dried and coated yam	86.92±0.70 ^a	-13.64±1.44 ^b	11.00±0.60 ^c	88.68±0.70 ^a
Microwave vacuum dried yam	81.58±2.13 ^c	-21.30±1.45 ^d	12.28±0.91 ^b	85.23±1.71 ^{bc}
Microwave vacuum dried and coated yam	83.44±1.98 ^b	-16.94±3.05 ^c	10.48±0.67 ^c	85.85±1.35 ^b

*Common superscript letters before the number in a column are not different at $\alpha=0,05$

Table 3. Textural parameters of fresh yam, dried yam, and dried/coated yam samples

Yam samples	Textural parameters			
	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Hardness
Fresh yam	0.55±0.19 ^a	0.31±0.09 ^c	1865.80±519.89 ^d	8800.34±2670.35 ^c
Hot air dried yam	0.46±0.11 ^a	2.60±1.94 ^a	4098.08±874.19 ^b	-
Hot air dried and coated yam	0.57±0.14 ^a	1.54±0.89 ^b	5382.86±205.33 ^a	-
Freeze dried yam	0.51±0.11 ^a	0.51±0.06 ^c	2392.25±947.46 ^{cd}	10415.12±2956.18 ^{bc}
Freeze dried and coated yam	0.48±0.06 ^a	0.40±0.06 ^c	3034.90±780.76 ^{bc}	15772.46±1308.69 ^a
Microwave vacuum dried yam	0.55±0.10 ^a	0.59±0.07 ^c	3832.61±1065.19 ^b	12835.13±3323.47 ^{ab}
Microwave vacuum dried and coated yam	0.58±0.08 ^a	0.65±0.04 ^c	3921.41±483.94 ^b	14966.10±4596.38 ^a

*Common superscript letters before the number in a column are not different at $\alpha=0,05$

Table 4. Organoleptic evaluation of dried/coated yam samples hot air dried, freeze dried, and microwave vacuum dried

Organoleptic attributes	Yam samples		
	Hot air dried	Freeze dried	Microwave vacuum dried
Color	9.00±2.44 ^a	4.48±3.03 ^b	5.34±2.08 ^b
Surface smoothness	4.77±2.47 ^d	6.30±2.37 ^a	6.58±3.09 ^a
Sweetness	6.46±2.67 ^a	7.98±3.25 ^a	6.54±2.51 ^a
Astringency	8.18±2.31 ^a	7.25±1.65 ^a	8.80±1.77 ^a
Hardness	11.27±0.85 ^a	3.78±1.99 ^c	8.03±2.24 ^b
Chewiness	10.16±1.56 ^a	4.34±2.06 ^b	9.69±1.77 ^a
Mouthfeeling	4.94±2.15 ^b	9.55±1.74 ^a	6.49±2.40 ^b
Overall evaluation as a anack	5.70±3.32 ^a	5.85±2.33 ^a	6.25±3.00 ^a

*Common superscript letters before the number in a row are not different at $\alpha=0,05$

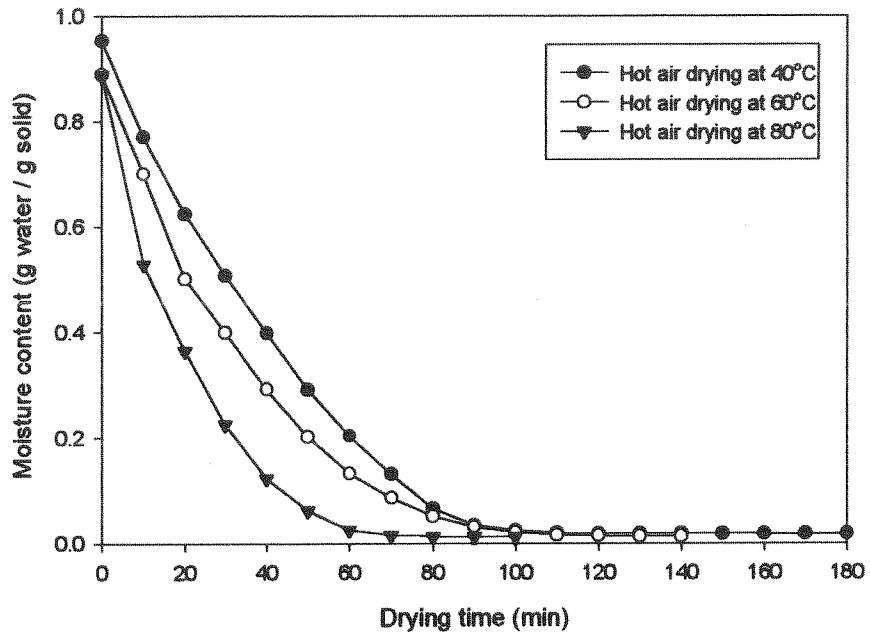


Fig. 1. Changes in moisture content of yam during hot air drying at different temperatures.

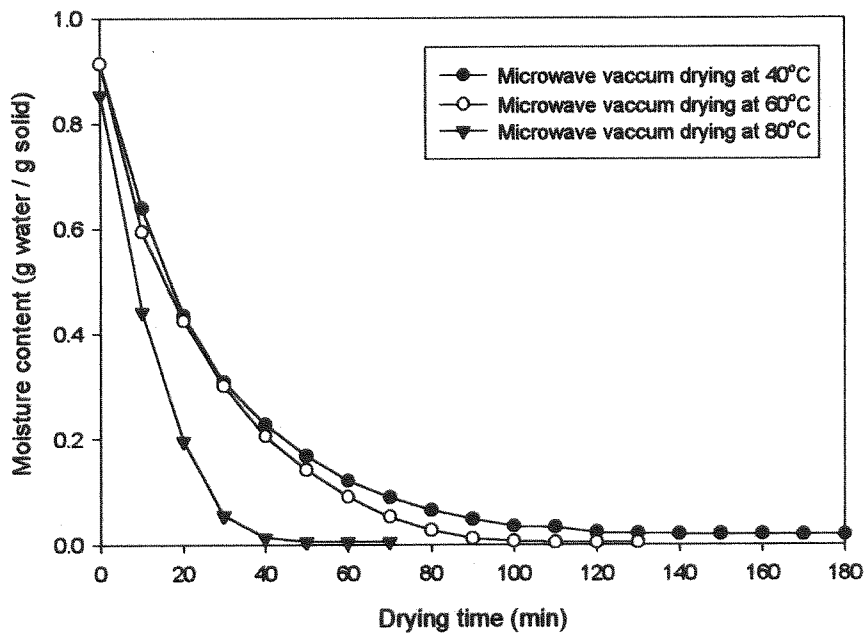


Fig. 2. Changes in moisture content of yam during microwave vacuum drying at different temperatures.

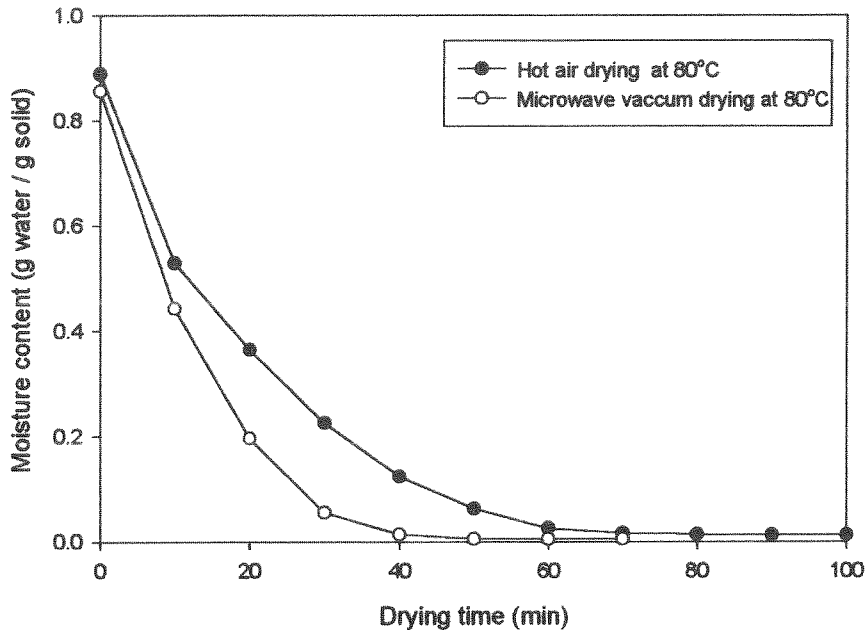


Fig. 3. Comparison of moisture content changes of yam during hot air drying and microwave vacuum drying at 80°C.

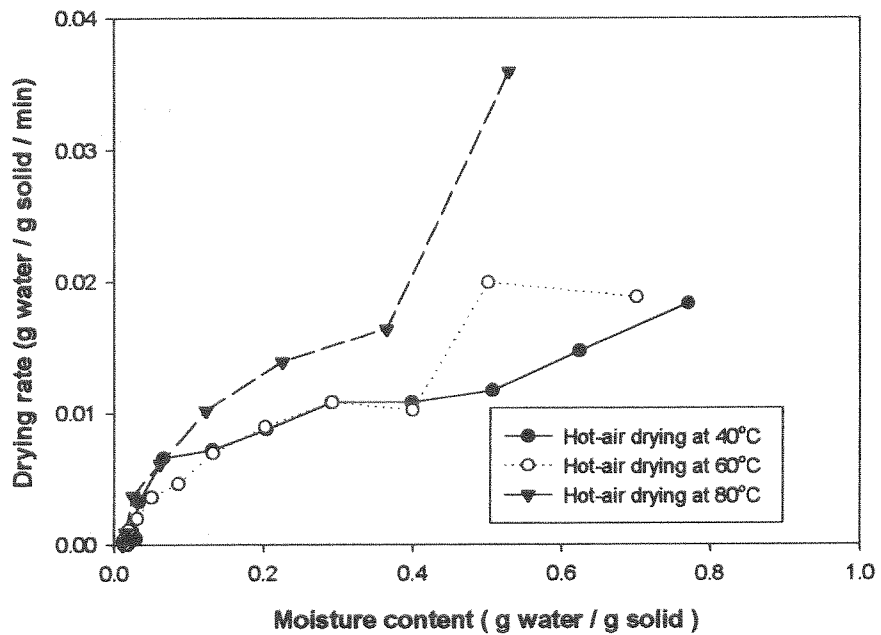


Fig. 4. Changes in drying rate of yam during hot air drying at different temperatures.

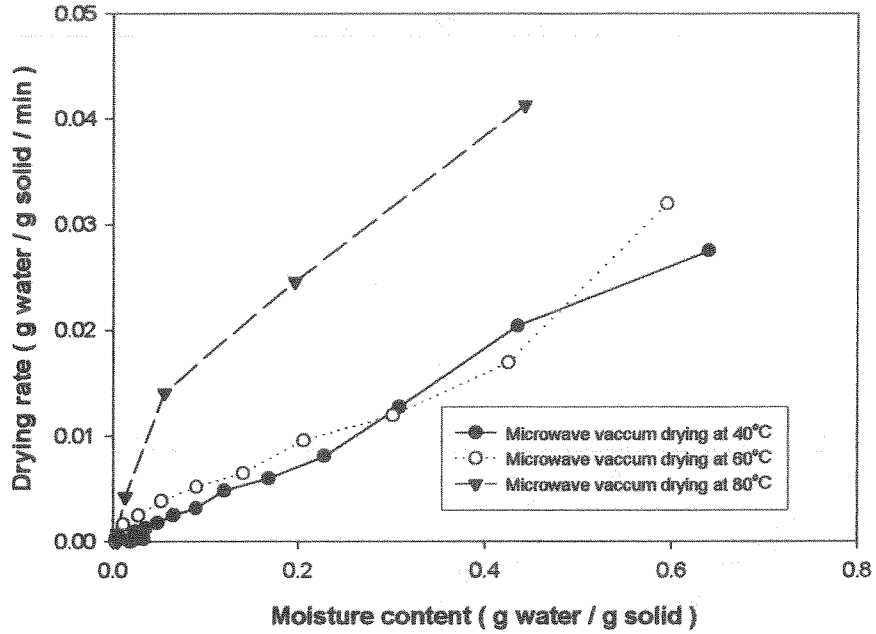


Fig. 5. Changes in drying rate of yam during microwave vacuum drying at different temperatures.

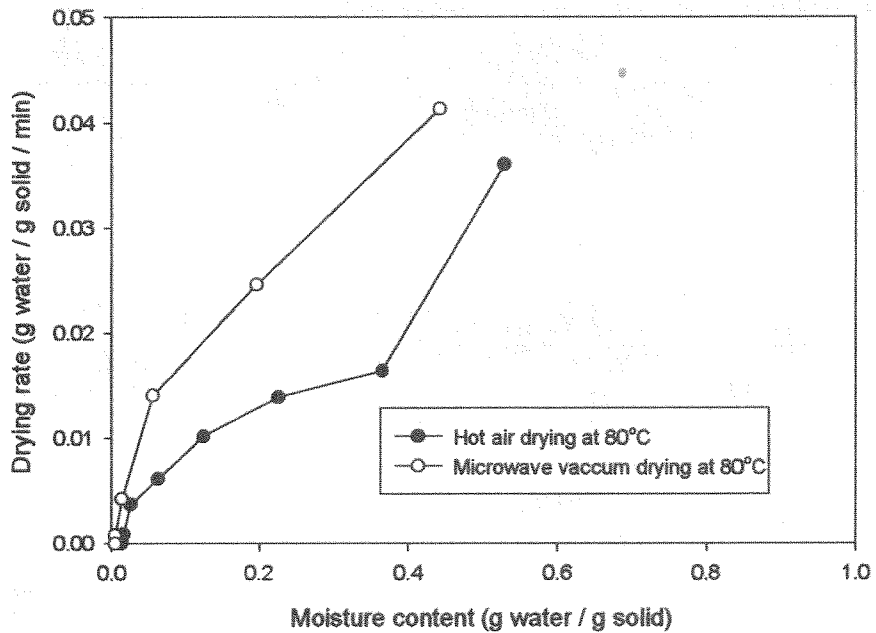


Fig. 6. Comparison of drying rates of yam during hot air drying and microwave vacuum drying at 80°C.

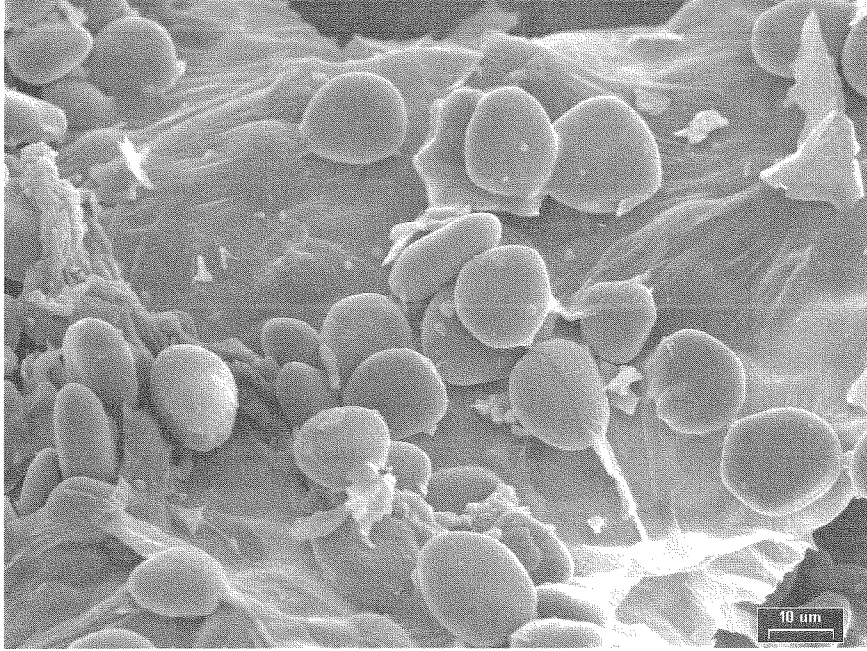


Fig. 7. SEM pictures of freeze dried yam frozen at -20°C .

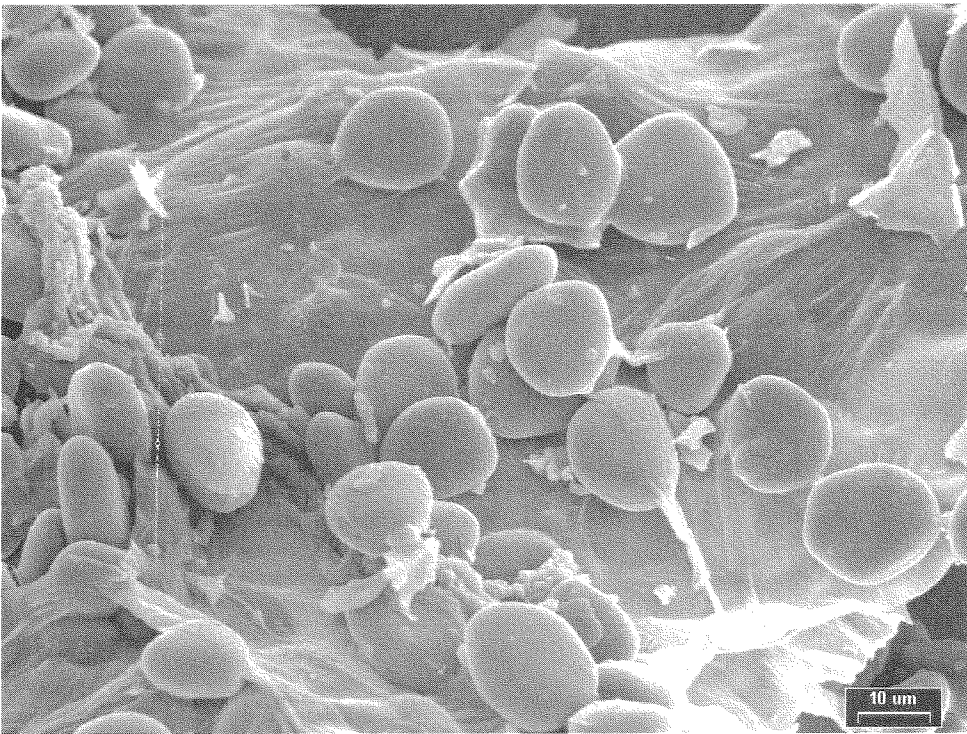


Fig. 8. SEM pictures of freeze dried yam frozen at -75°C .

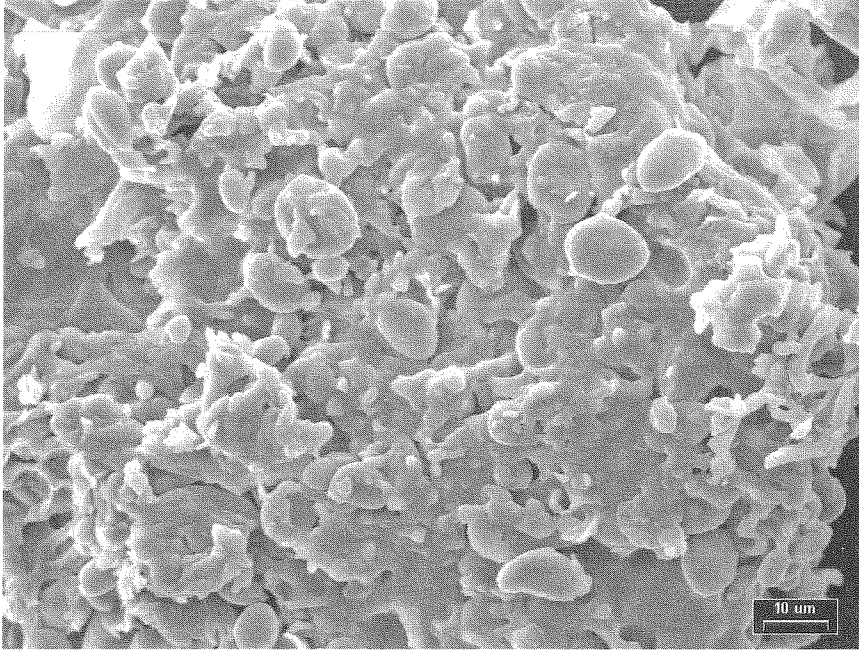


Fig. 9. SEM pictures of hot air dried yam at 20°C.

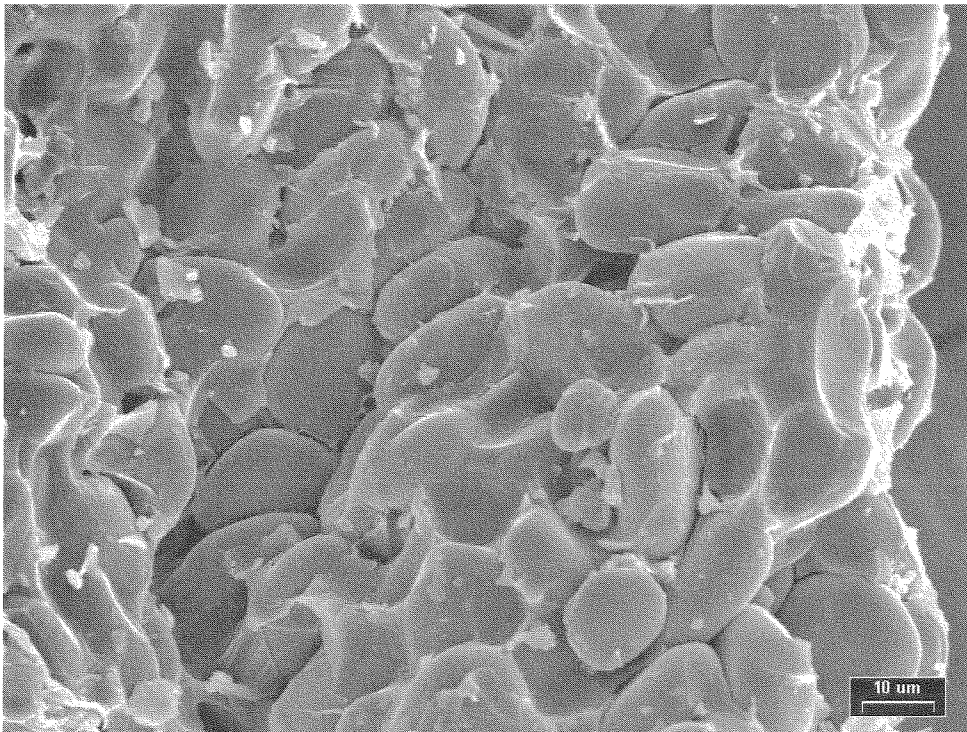


Fig. 10. SEM pictures of hot air dried yam at 80°C.

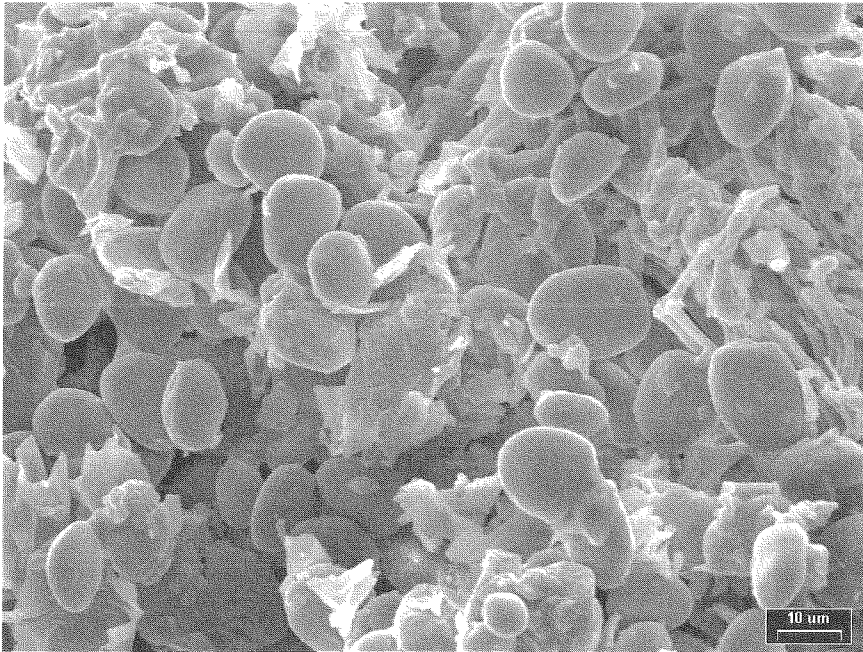


Fig. 11. SEM pictures of microwave vacuum dried yam at 40°C.

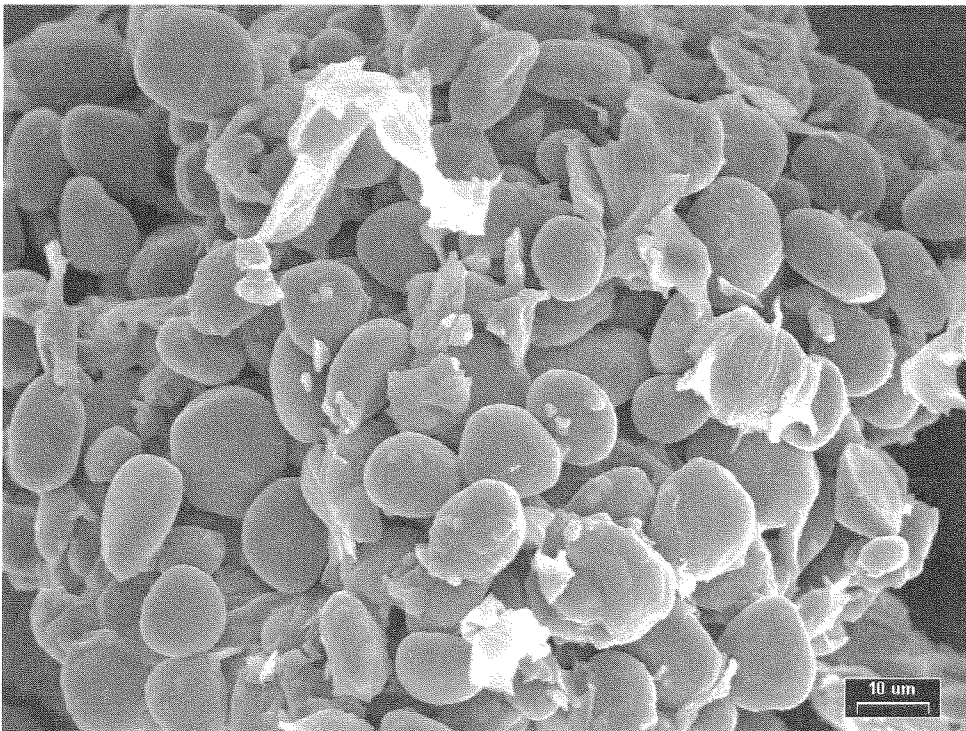


Fig. 12. SEM pictures of microwave vacuum dried yam at 80°C.

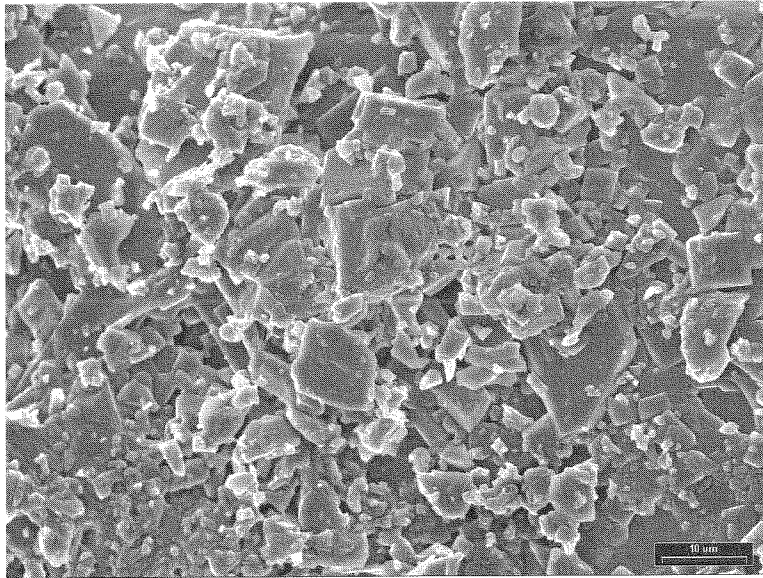


Fig. 13. SEM pictures of cocrystallized sucrose.

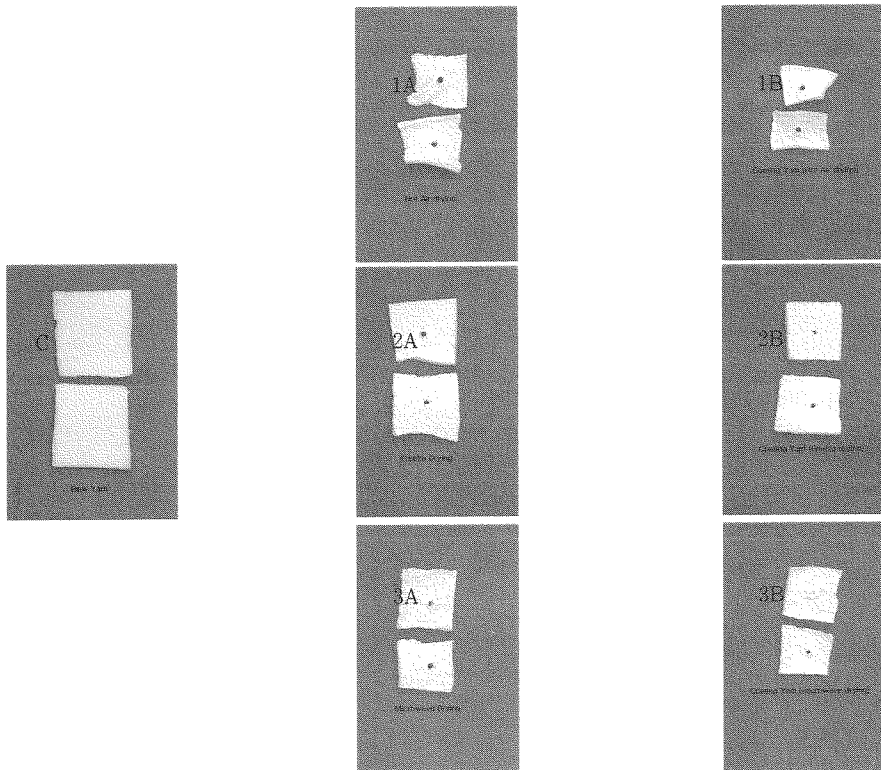


Fig. 14. Pictures of fresh yam sample(C), hot air dried(1A) and its coated sample(1B), freeze dried(2A) and its coated sample(2B), and microwave vacuum dried(3A) and its coated sample(3B).