

## 청결 영양강화미 제조를 위한 코팅시스템 개발

정중훈 이양봉 엄천일

### Development of a Coating System for Producing Clean Enriched Rice

J. H. Chung Y. B. Lee T. Y. Yan

#### ABSTRACT

This study was conducted to develop a coating system for producing clean enriched rice. The nutritional components of such as brown rice, white rice, clean white rice, enriched rice of US, black rice of China, and rice with perfume of China, were analyzed and compared. Total protein, lipid and minerals in brown rice were higher than those in the other rices. A nutrition premix with lysine, thiamine, niacine, calcium lactate, ferrous lactate, and rice starch was made for enriching white rice. A coating device consisted of a tumbler, two spraying nozzles, a rice mixer, etc was developed with the capacity of 1 ton/h. And far-infrared dryers of batch and continuous types were developed to dry hygienically the wet enriched rice. The percentages of lysine, thiamine, amino acid nitride, and Ca and Fe of the enriched rice samples produced in this study were, respectively, 4, 3, 2, and 10 times higher than those of white rice, respectively.

**Keywords** : Enriched rice, Nutritional premix, Coating system, Far-infrared dryer.

#### 1. 서 론

현재 우리 나라에서는 식생활의 변화로 쌀의 1인당 소비량이 점차 줄어들고 있으며, 영양가 많고 기능성 있는 고품질의 쌀을 선호하고 있다. 특히 국가경제의 발전과 더불어 개인 소득이 증가하고 농산물의 수입 개방이 이루어짐에 따라 소비자의 기호에 알맞은 경쟁력 있는 고품질 쌀 생산이 절실히 요구되고 있다. 이에 이미 일본에서는 무세미, 영양강화미, 발아현미, 배아미, 버섯쌀, 향미 등의 특수미들이 개발되어 생산되고 있다. 국내에서도 최근에는 씻지않는 쌀, 미네랄 쌀, 배아미, 버섯쌀 등의 기능성 쌀들이 일부에서 생산되고 있다. 이들 특수미들을 대량 생산하기 위해서는 무세미 제조장치, 영양강화미 제조장치, 배아미 제조기, 발아현미 제조시스템 등의 시스템들이 절실히 요구되고 있으나, 국내에서는 아직 이들 시스템 개발에 대한 체계적인 연구가 활발히 진행되고 있지 않다.

미국 도정작업 체계를 통해 생산된 백미는 현미, 발아현미, 배아미에 비해서 아미노산, 비타민, 미네랄 등의

영양소가 많이 부족하다. 예를 들어, 백미만을 지속적으로 섭취하게 되면 비타민 B 등의 영양소가 결핍하여 beriberi병, 칼슘이 부족하여 골다공증 등의 성인병이 생기게 된다. 이에 국외에서는 백미에 부족한 영양소를 첨가하거나 코팅하여 영양강화미를 생산하고 있으나, 국내에서는 영양소를 강화한 영양강화미가 활발히 생산되지 않고 있다. 백미에 부족한 영양소 및 기능성 성분을 첨가하여 부가가치가 높은 청결 영양강화미를 생산함으로써 백미를 주로 섭취하여 발생하는 질병을 예방하고 우리 쌀의 소비량도 증대시킬 수 있다. 이에 우리 쌀의 경쟁력과 부가가치 제고를 위해 청결 영양강화미 제조시스템의 개발이 절실히 요구된다.

국내에서는 농업기술연구소에서 이(1991)가 영양강화미를 실험실 수준에서 제조하여 쌀의 성분특성과 식미를 비교 분석하였다. 이때 비타민, 아미노산, 무기물 등의 영양소를 물에 용해시켜 만든 영양액을 쌀의 표면에 고루 묻힌 후 첨가된 영양소가 떨어지지 않도록 식용유(대두유나 미강유)를 0.5% 정도 피복시켜 영양강화미를 제조하였다. 이(1991)는 영양강화미의 영양 성분분석에서

The article was submitted for publication in May 2004, reviewed in July 2004, and approved for publication by the editorial board of KSAM in August 2004.

The authors are Jong Hoon Chung, Professor, Tian Yi Yan, Graduate Student, Dept. of Biosystems and Agricultural Engineering, Chonnam National University, Gwangju, Korea, and Yang Bong Lee, Associate Professor, Pukyong National University, Pusan, Korea. Corresponding author: J. H. Chung, KSAM member, Professor, Dept. of Biosystems and Agricultural Engineering, Inst. of Ag. Sci. and Tech. Chonnam National University, Gwangju, 500-757, Korea; Fax : +82-62-530-2156; E-mail : <jhchung@chonnam.ac.kr>.

나이아신(Niacine), 비타민 B<sub>1</sub>, 비타민 B<sub>2</sub>의 함량이 각각 20.19 mg%(mg/100g), 0.55 mg%, 22.7 mg%으로 높게 나타났으며 이때 일반 백미의 성분은 각각 0.19 mg%, 0.05 mg%, 2.7 mg% 이었다. Kondo 등(1951)이 싸이아민(Thiamine)의 비타민 성분이 많은 영양강화미를 생산하는 공정방법을 개발하였다. 이 방법은 백미를 다이벤졸 싸이아민(Dibenzoyl Thiamine)과 라이보플라빈(Riboflavin)이 용해된 1%의 수용성 산성용액에 2시간 정도 담근 뒤 이들 쌀을 꺼내어 고온의 증기에 쪄인 후 건조기에서 함수율 14% 수준으로 감소시킨다. 그런 다음 비타민 E, 칼슘, 철 등이 용해된 알코올성 용액으로 최종 코팅시켜 영양강화미를 생산하였다.

Kawasaki(1961)는 벤조일 싸이아민 디설파이드(Benzoyl Thiamine Disulfide)를 쌀의 영양강화에 있어서 한 영양소로 추천하였는데 이는 물에 잘 녹지 않고 묽은 초산에 잘 녹으며 허용할 만한 생물학적 특성을 갖고 있기 때문이라고 하였다. Mitsuda(1962, 1969)는 “Acid-Soaking” 공정을 연구하였는데, 1% 수용성 초산용액을 이용하는 acid-soaking 공정기술이 비타민, 아미노산, 미네랄 등을 포함하는 영양액을 생산할 수 있다고 하였다. 또한 Mitsuda는 2중 담금방법을 보고하였는데, 먼저 1차로 라이신(lysine)으로 포화된 1% 수용성 초산용액에 담금하고 그 다음에 증기처리를 한 후 물에 녹지 않는 치아민 혼합물의 용액에 2차 담금을 하는 것이다(이, 1991).

Misaki와 Yasumatsu(1985)는 Shingen 영양강화미의 영양성분과 취사 후 밥의 영양성분을 비교 분석하였는데, 밥을 한 경우에는 영양강화미의 쌀 영양성분의 85~90%를 함유하고 있다고 보고하였다. 또한 Misaki와 Yasumatsu(1985)는 백미와 현미 그리고 1:200의 비율로 영양강화미와 백미를 섞은 혼합미들의 영양성분을 분석하여 보고하였다. 그리고 이들은 저장중에 영양강화미의 비타민 E의 파괴를 막고 안전하게 저장하기 위해서 알루미늄 포장지에 탄산가스를 넣어 포장하였다. 미국에서는 영양강화미에 대한 표준규정(US Standard of Identity)이 1958년에 제정되었다. 영양강화미를 생산하는데 싸이아민, 라이보플라빈, 나이아신 등을 필수성분으로 하였으며 칼슘과 비타민 D는 선택적으로 사용하도록 하였다(Sagara, Y. 1988). 이 규정에 의하면 영양강화미의 영양성분은 싸이아민은 0.44 mg%, 라이보플라빈은 0.26 mg%, 나이아신은 3.52 mg%, 철은 2.86 mg%, 칼슘은 110 mg% 이상이다(Houston, 1972).

따라서 본 연구에서는 고품질의 청결 영양강화미를

생산하기 위해서, 첫째로 백미에 부족한 영양소를 구멍한 후 적합한 영양액을 제조하고, 둘째로 개발한 영양액을 분무방식으로 코팅하는 장치를 개발하여 영양강화의 정도를 구명하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 쌀의 영양성분 분석

현미, 백미, 담양 미곡종합처리장의 청결미, 미국에서 시판되고 있는 영양강화미(enriched rice), 중국에서 생산된 흑미 및 향미들의 수분, 조단백질, 조지방, 탄수화물, 미네랄 등의 성분들을 각각 3회씩 반복하여 AOAC(1995) 표준방법에 준해 분석하였다. 수분은 적외선 수분 측정계(Infrared Moisture Balance, FD-600-2, Kett Electric Laboratory, Japan)를 사용하였고 조단백질은 Kjeldahl정량법(조덕제)을 사용하였으며, 조지방은 Soxhlet 장치를 사용하여 측정하였다. 회분 분석은 전기도가니(Electric Muffle Furnace, Model 0613, Dong Science Co., Korea)를 이용하는 습식회분법을 사용하였다. 탄수화물의 함량(%)은 100 - (단백질 + 지방 + 회분)으로 구하였다. 회분 정량후 철과 칼슘의 함량도 AOAC(1995) 방법으로 행하였다.

### 나. 영양액 제조 및 코팅

쌀에 첨가할 영양소들의 용해도를 조사하여 이들 영양소들의 용해도와 미국의 영양강화미 생산 표준기준을 고려하여 두 종류의 영양액(premix solution)을 제조하였다. 제 1차 영양액(A)은 싸이아민, 나이아신, 라이신, 젖산칼슘, 쌀전분 등의 영양소를 적정 비율로 섞어 제조하였으며, 제 2차 영양액(B)에는 젖산철 등을 추가로 첨가하여 제조하였다. 쌀 전분은 영양액의 점도를 높여 영양액이 청결미에 잘 부착할 수 있도록 영양액에 첨가하고자 하였다. 이에 추청 쌀로부터 쌀 전분을 제조한 후 쌀 전분의 적정 농도를 찾고자 점도시험을 하였다. 그리고 개발된 영양액을 코팅장치를 이용해 청결미에 분사하여 영양강화미를 제조하였다. 처리 #1에서는 시료로 백도가 39인 청결미를 사용했으며, 영양액은 라이신, 싸이아민, 칼슘을 포함한 영양액 A를 가지고 제 1 분사부에서 150 cc/min의 유량으로 분무하였다. 처리 #2에서는 영양액 A를 가지고 제 1 분사부에서는 150 cc/min, 공기

혼합노즐로 분사하는 제 2 분사부에서는 100 cc/min의 분무량으로 동시에 2곳에서 백미에 영양액을 분무하였다. 처리 #3에서는 영양액 B를 가지고 처리 2와 같은 조건으로 백미에 영양액을 분무하였다. 이 영양강화미 시료의 영양성분은 HPLC 등의 장치를 이용해 모든 경우 3회 반복하여 조사하였다.

#### 다. 영양액 코팅장치 개발

영양강화미를 짧은 시간동안 대량으로 생산할 수 있도록 회전체(tumbler) 속에서 쌀에 영양액을 코팅시키는 방법을 채택하여 영양강화미 제조장치를 개발하였다. 회전체에 쌀이 투입되기 전에 분사장치부에서 일부 영양액을 분사시킨 후 혼합기로 쌀을 골고루 섞은 다음에 회전체에 투입하여 2차로 영양액을 분사시켜 코팅되도록 장치를 제작하였으며, 영양액 코팅장치는 회전체, 영양액 제 1 분사장치부, 제 2 분사장치부, 혼합부, 공기흡입부, 제어부, 이송부, 구동부, 영양액 탱크부 등으로 구성하였다(Fig. 1).

영양강화미 제조기의 원통 회전체는 스테인레스 금강으로 제작하였으며 시간당 1톤을 처리할 수 있도록 회전체의 직경을 300 mm로 하였고, 회전체는 경사를 조절할 수 있도록 하여 쌀이 자체 하중으로 잘 이송되면서 섞이

도록 제작하였다. 영양액 코팅을 위해 분무노즐로 소형 노즐 1개를 원료투입구에 설치하였고, 영양액이 잘 섞이도록 혼합기를 설치해 제작하였으며, 회전체 출구쪽에서도 영양액을 분무할 수 있도록 압축공기 혼합노즐을 설치하였다. 그리고 회전체 밑에는 수분 및 미세가루들을 제거하도록 공기흡입팬을 설치하였다.

영양액 코팅장치의 주요 성능인자로는 회전체 입구에 설치된 분무노즐 용량, 회전체 출구에 설치된 공기혼합노즐 용량, 공기혼합노즐에서 공기압과 수압, 회전체의 경사도, 그리고 회전체의 회전속도 등을 고려하였다. 예비실험을 통해 회전체 투입구쪽에 설치된 분무노즐의 용량은 150 cc/min로 하였고, 회전체 출구쪽에 설치한 공기혼합노즐(air-mix nozzle, 1/4JBC type)의 용량은 100 cc/min로 하였다. 공기혼합노즐에서 공기압은 약 5기압, 수압은 5기압을 사용하였는데, 이때 분무 미립자의 크기는 20~60  $\mu\text{m}$ 이었다. 그리고 회전체가 약 10°의 경사를 갖도록 하여 쌀이 자체 무게로 잘 이송되면서 영양액이 골고루 묻도록 제작하였으며, 스크린 금강안쪽에 작은 안내판을 설치하여 쌀들이 골고루 잘 섞이도록 제작하였다. 이때 회전체의 회전속도는 20 rpm과 40 rpm 2수준에서 작동하도록 제작하였으나, 예비실험을 한 결과 20 rpm에서 시료에 영양액이 더 잘 붙어 20 rpm에서 실험을 실시하였다. 이에, 2종류의 영양액 분무실험을 회전

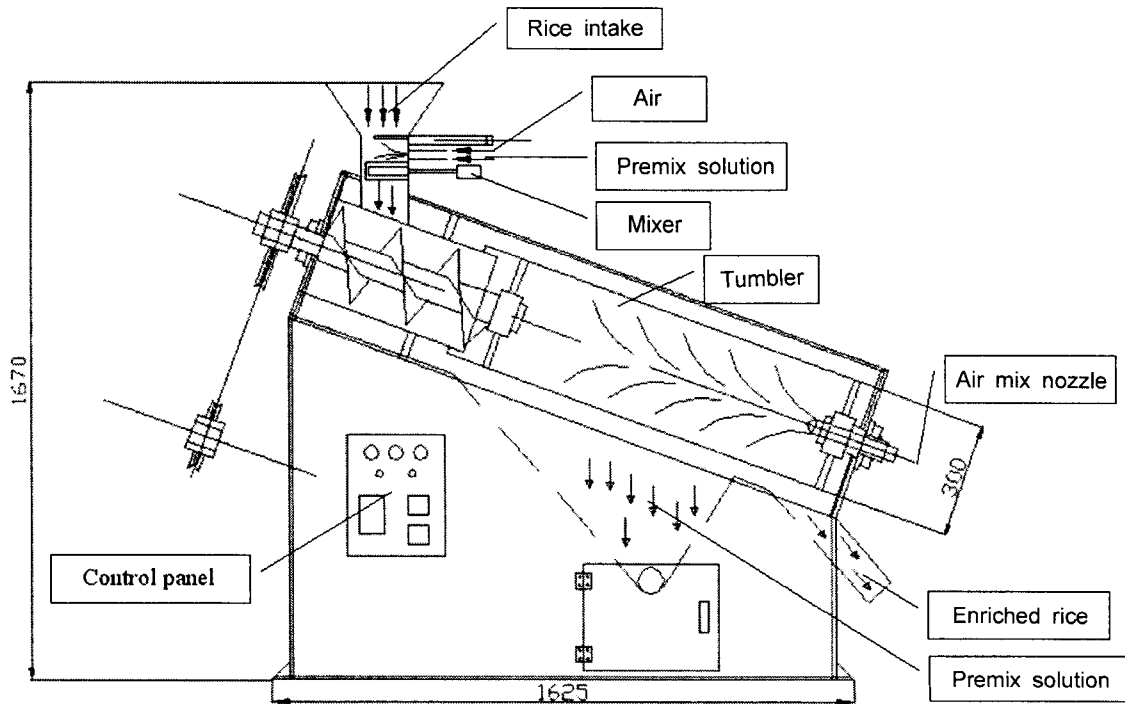


Fig. 1 View of a coating device developed for producing enriched rice.

Table 1 Specification of a coating device

| Item                       | Specification                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Type/Capacity              | Type : spraying in a tumbler, Capacity : 1 ton/h                                                                                                                                                                                                |
| Dimension                  | 1625(L) × 750(W) × 1670(H) mm                                                                                                                                                                                                                   |
| Power suction fan          | 1 HP Geared motor                                                                                                                                                                                                                               |
| Pumps for nutrition premix | 0.5 HP<br>0.25 HP Pump 2 units, Max. water pressure: 1.2 MPa, 1750 rpm                                                                                                                                                                          |
| Intake part                | The amount of intake materials is controlled by a gate with a geared motor.<br>Intake screw : pitch, p = 100 mm pitch, 58 mm inside diameter, $\varnothing = 58$ mm, 234 mm outside diameter, $\varnothing = 234$ mm, 717 mm length, L = 717 mm |
| First spraying part        | Spraying nozzle capacity : 150 cc/min<br>Mixer : 60W, 1550 rpm, A pump is used.                                                                                                                                                                 |
| Tumbler part               | Tumbler diameter : $\varnothing = 300$ mm, Length, L = 1500 mm<br>Material : stainless<br>Slot angle : 37°, Distance between slots : 3 mm<br>Slot length : 18 mm, Slot width : 1 mm                                                             |
| Second spraying part       | Air mix nozzle : 1/4 JBC type, 100 cc/min<br>Particle size : 20 ~ 60 $\mu$ m<br>A pump is used for spraying.<br>Compressor air pressure : 0.5 MPa, Max. water pressure : 1.2 MPa                                                                |
| Control part               | Two Dryer flowmeters are installed to control spaying.<br>ON - OFF control system: gate control, mixer, tumbler, nutrition pumps                                                                                                                |

체 입구에서만 분사한 경우와 입구 및 출구에서 동시에 분무한 경우의 두 방법으로 실시하여 영양액 코팅 정도 즉 영양소 접착 정도를 비교분석하고자 하였다. 각 처리에서 코팅된 영양강화미 시료의 영양소 함량 분석은 각각 3반복 실시하였다.

#### 라. 영양강화미 청결건조를 위한 원적외선건조기 제작

쌀 표면에 있는 수분은 세라믹 방사관에 의해 나오는 복사열로 건조되고, 쌀 내부에 있는 수분은 원적외선을 잘 흡수하여 조직내에서 공명현상이 일어나 조직이 활성화된다. 이 원적외선은 열선 방사관에 세라믹 코팅을 하여 발생시키는데, 본 연구에서 사용된 원적외선 방사관에 대한 특징 및 효능은 에너지연구소에서 그 성능이 이미 입증된 바 있다. 최근에 원적외선을 식품이나 고부가

치의 농산물 건조에 활용함으로써 품질의 향상을 극대화하고 있다. 이에 영양액 코팅장치에서 제조된 영양강화미를 위생적으로 청결하게 건조하기 위해서 세라믹판을 이용한 열복사형 배치식 및 연속식의 원적외선 건조시스템을 개발하였다.

배치식 원적외선 건조기의 사양은 Table 2와 같으며, 영양액 코팅장치에 의해 생산된 영양강화미를 연속적으로 청결하게 건조시킬 수 있는 연속식 원적외선 건조기의 사양은 Table 3과 같다. 배치식의 원적외선 건조기는 각층에 원적외선을 방출하는 3개의 세라믹판을 설치해 총 6층으로 18개의 판이 설치되었으며, 건조기의 최대온도 120℃로서 온도조절이 가능하고, 풍량은 6 m<sup>3</sup>/min이며 풍압은 45 mmHg 이었으며 최대 소요동력은 6 kW이었다. 영양강화미는 건조공기 35℃에서 흡수율 약 15%까지 박층 건조하였다.

연속식 원적외선 건조기는 3단으로 되어 있으며 각 단

**Table 2** The specification of a far-infrared dryer of batch type using ceramic plates

| Item      | Specification                                                                |             |                       |              |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|--------------|
| Function  | Batch type, temperature and humidity control, Heaters and fan are installed. |             |                       |              |
| Dimension | 1000(L) × 800(W) × 1800(H) mm                                                |             |                       |              |
| Heater    | Ceramic plates of 18 sets                                                    |             |                       |              |
| Power     | 220V 3 phase, 6 kW                                                           |             |                       |              |
| Fan       | Power voltage                                                                | Motor power | Airflow rate          | Air pressure |
|           | 220 V                                                                        | 1/8 HP      | 6 m <sup>3</sup> /min | 45 mmAq      |
| Remark    | Variable resistors are installed for heaters and a fan.                      |             |                       |              |

**Table 3** The specification of a far-infrared dryer of continuous type using ceramic plates

| Item           |                               | Far-infrared dryer                                              |               |                                    | Intake elevator      |               |                                    |
|----------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------|----------------------|---------------|------------------------------------|
| Function       |                               | Continuous dryer, 3 layers                                      |               |                                    | Materials intake     |               |                                    |
| Power          |                               | 220V, 3 phases                                                  |               |                                    | 220V, 2 phases       |               |                                    |
| Frame material |                               | Aluminum                                                        |               |                                    | Aluminum             |               |                                    |
| Dimension(mm)  |                               | 4530L × 640W × 1680H                                            |               |                                    | 1700L × 640W × 1470H |               |                                    |
| Belt           | Velocity                      | Upper & middle belt : 0~0.9 m/min,<br>Bottom belt : 0~1.8 m/min |               |                                    |                      |               |                                    |
|                | Type                          | Chemglass                                                       |               |                                    | Chemglass            |               |                                    |
|                | Width                         | 0.58 m                                                          |               |                                    |                      |               |                                    |
|                | Length                        | Upper                                                           | 4.17 × 2 m    |                                    |                      |               |                                    |
| Middle bottom  |                               | 3.86 × 2 m                                                      |               |                                    |                      |               |                                    |
|                |                               | Power                                                           | Quantity (ea) | Airflow rate (m <sup>3</sup> /min) | Power                | Quantity (ea) | Airflow rate (m <sup>3</sup> /min) |
| Parts          | Air-supply fan                | 0.023 kW                                                        | 9             | 1                                  |                      |               |                                    |
|                | Air-exhaust fan               | 0.5 kW                                                          | 1             | 25                                 |                      |               |                                    |
|                | Driving motor                 | 0.12 kW                                                         | 3             |                                    | 0.12 kW              | 1             |                                    |
|                | Motor for intake feed control | 0.04 kW                                                         | 1             |                                    |                      |               |                                    |
|                | Seramic plates                | 1.5 kW                                                          | 12            |                                    |                      |               |                                    |
|                | Electrical heater             | 1 kW                                                            | 9             |                                    |                      |               |                                    |
|                | Total power                   | 28.1 kW                                                         |               |                                    |                      |               |                                    |

의 벨트속도 및 온도조정은 자유롭게 조정할 수 있도록 되어 있다. 건조기 상단벨트(길이 : 4.17 × 2 m)의 속도는 0~0.9 m/min, 중단 및 하단벨트(길이 3.86 × 2 m)의

속도는 0~1.8 m/min로 조정함으로써 영양강화미의 건조속도를 조절하도록 하였다. 그리고 배기송풍량은 25 m<sup>3</sup>/min으로 1개의 배기팬을 설치하였고, 급기팬으로 풍

량이 1 m<sup>3</sup>/min인 9개의 소형팬을 설치하였으며 건조기 최대 소요동력은 약 28 kW이었다. 원적외선 건조기는 피건조물이 반입장치에 의해 상단의 투입호퍼에 투입되고 일정량씩 박층으로 균일하게 투입되도록 상단벨트 입구에 반입롤러장치가 설치되었으며, 각층에 설치된 세라믹판들로부터 나오는 원적외선에 의해 건조되도록 제작되었다. 건조기에는 각층에 1.5 kW 용량의 세라믹판

4개씩 총 12개의 방사판이 설치되었고, 보조열원으로 1 kW 전기히터가 각층에 3개씩 총 9개가 설치되어, 건조기 최대 건조온도는 90℃로 나타났다. 영양강화미는 35℃에서 약 0.2 m/min의 벨트 이동속도로 함수율 약 15% 수준까지 건조되었다.

### 3. 결과 및 고찰

영양강화미 제조 시스템에서 사용될 영양액을 제조하기 위해 백미에 부족한 영양소를 구명하고, 현미, 청결미, 미국의 영양강화미, 중국의 흑미 및 향미의 영양소 성분들을 분석하였다. 이 자료를 기초로 적정 영양액을 제조한 후 영양액 코팅장치를 개발하여 청결 영양강화미를 제조하였다.

#### 가. 쌀의 영양성분 분석

현미, 백미, 담양 미곡종합처리장의 청결미, 미국의 영양강화미, 중국의 흑미 및 향미 등의 함수율과, 수분을 제외한 건물 중의 조단백질, 조지방, 탄수화물, 미네랄의 성분비를 3반복해 분석한 결과는 Table 4와 같았다. 이

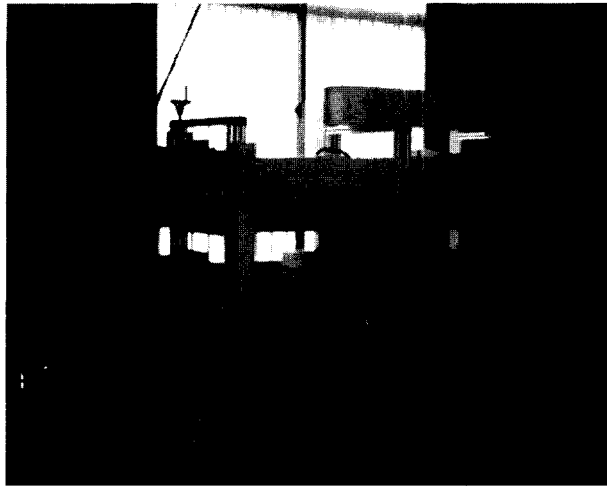


Fig. 2 A continuous far-infrared dryer developed using ceramic plates.

Table 4 Comparison of nutrition components of various rice

| Nutrition<br>Rice(w.b.%)           | Carbo-<br>hydrate<br>(%) | Protein<br>(%) | Lipid<br>(%) | Mineral<br>(%) | Total<br>(%) | Fe<br>(mg%) | Ca<br>(mg%) | Remark                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|-------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Brown rice<br>(12.4%)              | 83.4<br>(2.1)            | 7.9<br>(0.5)   | 5.5<br>(0.4) | 3.2<br>(0.3)   | 100          | 1.9         | 58          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Moisture content was measured by an infra-red moisture meter</li> <li>The varieties of brown, white and polished rice were DongJin.</li> </ul> |
| White rice<br>(12.7%)              | 93.4<br>(0.4)            | 5.6<br>(0.2)   | 0.3<br>(0.1) | 0.7<br>(0.1)   | 100          | 0.6         | 46          |                                                                                                                                                                                       |
| Polished rice<br>(13.6%)           | 93.8<br>(0.7)            | 4.5<br>(0.3)   | 1.0<br>(0.2) | 0.7<br>(0.1)   | 100          | 0.5         | 49          |                                                                                                                                                                                       |
| Enriched rice, U.S.<br>(13.3%)     | 93.0<br>(0.5)            | 5.5<br>(0.2)   | 0.7<br>(0.1) | 0.8<br>(0.1)   | 100          | 0.4         | 37          |                                                                                                                                                                                       |
| China black rice<br>(13.4%)        | 91.5<br>(0.6)            | 9.8<br>(0.5)   | 0.5<br>(0.1) | 2.2<br>(0.3)   | 100          | 1.5         | 51          |                                                                                                                                                                                       |
| China rice with perfume<br>(12.8%) | 94.2<br>(0.7)            | 5.0<br>(0.2)   | 0.2<br>(0.1) | 0.6<br>(0.1)   | 100          | 1.1         | 40          |                                                                                                                                                                                       |

Note : 1) The above values are means of three replications, 2) mg% : mg/100g, 3) The values in parentheses represent standard deviation.

때 쌀 시료들의 함수율은 적외선 함수율측정기로 측정했을 때 약 13% 수준이었다. 탄수화물 함량비는 현미에서는 83%로 가장 낮았고, 중국 향미에서는 94%로 높게 나타났으며, 백미, 청결미, 미국영양강화미에서는 약 93%를 나타냈다. 단백질의 함량비는 현미에서 7.9%, 흑미에서 9.8%로 가장 높게 나타났고, 백미, 청결미, 미국영양강화미, 중국 향미에서는 약 5% 수준으로 나타났다. 조지방은 현미에서 5.5%로 가장 높았고, 중국 향미에서 0.2%로 가장 낮았으며, 다른 시료들은 약 1% 이하로 나타났다. 미네랄 함량비는 역시 현미에서 3.2%로 가장 높았고, 그 다음엔 중국 흑미에서 2.2%, 미국 영양강화미에서 0.8%, 백미와 청결미에서 0.7% 그리고 중국 향미에서는 0.6%로 나타났다. 이처럼 현미의 조지방, 단백질, 미네랄 함량은 다른 시료에 비해 높게 나타났다.

철 성분은 현미에 1.9 mg%로 가장 많았으며, 흑미와 향미에도 각각 약 1.5 mg%과 약 1.1 mg%로 상당히 철이 많이 있었으나 백미, 청결미, 미국 영양강화미에는 현미의 1/3 이하 수준인 것으로 나타났다. 칼슘 함량 역시 현미에 약 58 mg%로 가장 많았고, 그 다음에는 흑미가 51 mg%, 청결미가 49mg%, 백미가 46 mg%, 향미가 40 mg%, 미국 영양강화미가 37 mg%의 순으로 나타났다. 또한, 일반적으로 백미에는 나이아신, 비타민 B<sub>1</sub>과 B<sub>2</sub>들이 현미의 약 1/3 수준으로서 이들 함량이 매우 적은 것으로 알려지고 있다(이, 1991). 따라서 본 연구에서는 현미에 비해 백미에 부족한 라이신, 비타민 B<sub>1</sub>, 나이아신, 칼슘, 철 등의 영양소들을 첨가한 영양강화미를 생산하기 위해서 영양액을 제조하였다.

### 나. 영양액 제조

영양강화미의 영양액(premix solution)을 제조하기 위

해서 미국의 Sigma사로부터 순도가 매우 높은 라이신(Lysine monohydrochloride), 나이아신(Nicotinic acid), 치아민(Thiamine hydrochloride, Vit. B<sub>1</sub>), 리보플라빈(Riboflavin, Vit. B<sub>2</sub>), 인산철(Ferric hydrophosphate), 젖산철(Ferrous lactate, Fe(C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>O<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), 젖산칼슘(Calcium lactate, Ca(CH<sub>3</sub>CH(OH)COO)<sub>2</sub>), 탄산칼슘(Calcium carbonate) 등을 구입하여 이들 성분들이 어떤 용액에서 잘 용해되는지를 조사분석한 결과, 라이신과 리보플라빈은 물에 잘 녹았고, 나이아신은 1 g/60mℓ의 비율로, 치아민은 1 g/mℓ의 비율로 물에 녹았으며, 젖산철은 옅은 초록색을 띠며 비교적 물에 잘 녹았고, 젖산 칼슘은 용해도 9% 수준에서 물에 녹았으나, 인산철(Ferric hydrophosphate)과 탄산칼슘은 물에 잘 녹지 않았다.

쌀에 첨가할 영양소는 1차적으로 다른 곡류에 비해 쌀에 적은 라이신과 싸이아민, 나이아신, 젖산 칼슘으로 선정하였고, 농도는 미국 FDA의 영양강화미 생산 규정을 고려해 묽은 산성의 영양액 A(premix solution A)를 제조하였다. 2차적으로 옅은 초록색을 띤 젖산철을 가미하여 영양액 B(premix solution B)를 제조하였다.

미국의 경우 영양강화미 제조시 영양액이 잘 묻어 있도록 최종적으로 툤크(talc)가 용해된 알코올 용액으로 코팅처리하나, 툤크가 인체에 유해할지도 모른다는 연구도 있어 본 연구에서는 툤크코팅을 하지 않았다. 쌀 전분을 1%, 2%, 3% 농도로 하여 물에 용해를 시킨 후 섭씨 약 70℃에서 약 2분 동안 호화하고 냉각시킨 다음 각각 점도시험을 한 결과, 쌀 전분 농도 1%일 때 점도가 2.6 cp로서 노즐에서의 영양액 분무와 접촉에 가장 적합한 것으로 사료되었다(Table 5). 코팅장치를 사용하여 영양강화미를 제조하여 영양성분을 분석한 결과를 통해서 개발한 영양액의 적정 농도는 Table 6과 같았다.

Table 5 Viscosity of rice starch solutions according to concentration and temperature

| Rice starch(%) | Item    | Viscosity <sup>1)</sup> at 70 °C after gelatination |         | Viscosity <sup>1)</sup> at 20 °C after cooling |  |
|----------------|---------|-----------------------------------------------------|---------|------------------------------------------------|--|
|                | Time(s) | Viscosity(cp)                                       | Time(s) | Viscosity(cp)                                  |  |
| 0              | 234     | 0.9                                                 | 253     | 1.0 <sup>2)</sup>                              |  |
| 1              | 552     | 2.2                                                 | 646     | 2.6                                            |  |
| 2              | 1,518   | 6.0                                                 | 2,045   | 8.1                                            |  |
| 3              | 4,891   | 19.3                                                | 5,454   | 21.6                                           |  |

Note : 1) Use of Ubbelodhe viscometer No.75, 2) Viscosity of distilled water 20 °C is assumed as 1cp.

Table 6 Concentrations of each nutrient of the premix

| Nutrient | Concentration | Nutrient                   | Concentration |
|----------|---------------|----------------------------|---------------|
| Thiamine | 10 g/l        | Calcium lactate            | 100 g/l       |
| Niacin   | 10 g/l        | Ferrous lactate (optional) | 50 g/l        |
| Lysine   | 50 g/l        | Rice starch                | 1 %           |

**다. 코팅장치로 생산된 영양강화미 성분**

영양액을 분무하여 처리한 각 시료에 첨가된 아미노산성 질소, 라이신, 싸이아민, 칼슘, 철 등의 양들을 분석한 결과는 Table 7과 같았다. 무처리한 백미의 성분에 비해 영양액을 코팅한 처리 #1, 처리 #2, 처리 #3의 경우에 영양소의 함량이 높게 나타났다. 특히, 회전체 입구에서만 분무한 처리 #1보다 입, 출구 양쪽에서 분무한 처리 #2와 처리 #3의 경우가 영양소 함량이 더 높게 나타나 원하는 수준 정도로 영양소가 더 첨가되었음을 알 수 있었다. 이에 분사방식은 영양액 코팅장치의 회전체 입구와 출구의 2곳에서 동시에 영양액을 분사하는 것이 바람직

하였다. 처리 #2에서는 칼슘의 함량이 미국의 기준보다 약간 낮게 나타났으나 이는 권장치이므로 별문제가 되지 않았다. 이를 증가시키기 위해서는 회전체 경사도를 약간 낮춤으로써 회전체에서 시료의 체재를 증가시켜 영양소 부착량을 늘리거나, 영양액의 칼슘 농도를 약간 증가시켜도 해결할 수 있으리라 생각된다. 처리 #2와 처리 #3에서 아미노산성 질소, 싸이아민, 칼슘의 함량이 미국 표준기준보다 높거나 근접하지만 두 처리간에 함량 차이가 있는 것을 볼 때 회전체에서 더 골고루 잘 섞일 수 있도록 회전체 경사도를 약간 낮추는 것이 필요하였다. 그리고 영양액을 코팅한 시료들은 백도가 약 1씩 감소하였다.

Table 7 Nutrition analysis of enriched rice produced by the coating device developed.

| Material \ Nutrition     | Control (white rice) | Tr. #1 with premix A | Tr. #2 with premix A | Tr. #3 with premix B | USA standard of enriched rice | Remark                              |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| Amino acid nitride (mg%) | 5.77 (0.22)          | 6.92 (0.35)          | 14.74 (1.17)         | 18.22 (1.29)         | -                             | Amino acid nitrate analyzer         |
| * Lysine (mg%)           | 1.40 (0.31)          | 1.86 (0.21)          | 6.76 (0.51)          | 4.02 (0.52)          | -                             | HPLC (UV Detector)                  |
| Thiamine (mg%)           | 0.14 (0.02)          | 0.48 (0.03)          | 0.58 (0.04)          | 0.67 (0.04)          | > 0.44                        | HPLC (UV Detector)                  |
| Calcium (mg%)            | 46.1 (0.6)           | 64.9 (0.7)           | 105.8 (1.9)          | 87.0 (1.0)           | > 110                         | Dry method. Atomic A.S. measurement |
| Iron (mg%)               | 0.60 (0.14)          | 3.44 (0.36)          | 13.21 (0.74)         | 8.48 (0.65)          | > 2.86                        | Wet method. Atomic A.S. measurement |

- Note : 1) Calcium is optional in USA standard of enriched rice.  
 2) Lysine only was measured by washing samples.  
 3) The amount of Niacine can be estimated by that of Thiamine.  
 4) The values in parentheses represent standard deviation.



Table 8 Nutrition analysis of enriched rice and normal white rice

| Rice \ Nutrition  | Thiamine (mg%) | Amino acid nitride (mg%) | Calcium (mg%) |
|-------------------|----------------|--------------------------|---------------|
| White rice (A)    | 0.14           | 5.77                     | 46.1          |
| Enriched rice (C) | 0.35           | 21.74                    | 172.9         |
| Enriched rice (D) | 0.24           | 9.13                     | 91.6          |

Note : Sample C was dried by the infrared dryer of a batch type, while sample D was done by the infrared dryer of continuous type.

Table 9 Comparison of compressive strength(bioyield point) of the enriched rice dried by the infrared dryers and the other rices

| Materials         | Moisture content (w.b.%) | Compressive strength (kg) | Standard deviation (kg) | Coefficient of variance |
|-------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| White rice (A)    | 14.1                     | 4.7                       | 0.3                     | 7.6                     |
| Brown rice (B)    | 17.1                     | 4.6                       | 0.6                     | 14.1                    |
| Enriched rice (C) | 14.0                     | 4.9                       | 0.7                     | 14.1                    |
| Enriched rice (D) | 14.2                     | 4.5                       | 0.3                     | 6.9                     |

Note : Sample C was dried by the infrared dryer of a batch type, while sample D was done by the infrared dryer of continuous type.

**라. 원적외선건조기로 건조한 영양강화미의 특성**

원적외선 건조기로 건조한 영양강화미의 치아민, 아미노산성질소 그리고 칼슘 성분들을 분석하였다. 개발된 영양액을 사용하여 제조된 영양강화미는 영양액의 분무 즉 코팅정도(시료 C와 D)에 따라 Table 8과 같이 백미에 비해 약 2~3배의 치아민, 아미노산성 질소, 칼슘 등을 함유하였다.

배치식 건조기로 건조한 영양강화미(C), 연속식 건조기로 건조한 영양강화미(D)의 압축강도를 백미(A), 현미(B)와 비교 분석한 결과 Table 9와 같았다. 영양강화미 제조시에 백미를 영양액으로 코팅했지만, 영양강화미의 압축강도는 보통 백미와 차이가 없었다

**4. 요약 및 결론**

본 연구에서는 고품질의 청결 영양강화미를 생산하기

위해서, 첫째로 여러 종류의 쌀 성분 분석을 통해 백미에 부족한 영양소를 구명한 후 적합한 영양액을 제조하였고, 둘째로 개발한 영양액을 분무방식으로 코팅하는 장치를 개발하였으며, 세째로 영양강화미를 청결하게 건조하는 세라믹 원적외선건조기를 제작하여 종합적인 청결 영양강화미 제조시스템을 개발하였다.

(1) 국내 현미, 백미, 청결미, 미국 영양강화미, 중국 흑미, 중국 향미의 단백질, 조지방, 탄수화물, 미네랄, 그리고 칼슘, 철 등의 성분들의 함량비를 분석한 바, 단백질의 함량비는 현미에서 7.9%, 중국 흑미에서 9.8%로 가장 높게 나타났고, 백미, 청결미, 미국 영양강화미, 중국 향미에서는 약 5% 수준으로 나타났다. 조지방은 현미에서 5.5%로 가장 높았고, 다른 시료들은 약 1% 이하로 나타났다. 미네랄 함량비는 현미에서 3.2%, 중국 흑미에서 2.2%, 미국 영양강화미에서 0.8%, 백미와 청결미에서 0.7%, 중국 향미에서는 0.6%로 나타났다. 철 성분은 현미에 1.9 mg%, 흑미와 향미에 1.5 mg%과 1.1 mg%

로 철이 많이 있었으나 백미, 청결미, 미국 영양강화미에는 현미의 1/3 이하의 수준에서 철의 함량이 낮았다. 칼슘 함량은 현미에 약 58 mg%, 흑미 51 mg%, 청결미 49 mg%, 백미 46 mg%, 향미 40 mg%, 미국 영양강화미 37 mg%의 순으로 나타났다.

(2) 백미에 부족한 영양소를 근거로 백미에 첨가할 영양액을 개발하였다. 영양액은 필수아미노산인 라이신, 싸이아민, 나이아신, 젖산칼슘, 1%의 쌀 전분, 철분을 적정 비율로 섞어 제조하였다.

(3) 영양강화미를 생산하기 위해서 회전체인 텀블러 입구 및 출구에서 동시에 영양액을 분사하는 코팅기계를 개발하였으며, 영양강화미를 위생적으로 건조하기 위해 세라믹 원적외선 건조기를 이용하는 영양강화미 제조시스템을 개발하였다.

(4) 제조된 영양강화미는 백미에 비해 라이신은 약 4배, 싸이아민은 약 3배, 아미노산성 질소는 약 3배, 칼슘은 약 2배, 철분은 약 10배 이상의 영양소를 함유하였다.

## 참 고 문 헌

1. 이병영 외 5인. 1991. 대두유 첨가 도정 쌀의 특성 및 저장성에 관한 연구. 한국식품과학회지 제 23권 제2호, pp. 248-250.
2. 조덕제 외 3인. 1989. 식품분석, 지구문화사
3. A.O.A.C. 1995. Official methods of analysis 16th. ed., Association of Official Agricultural Chemists U.S.A.
4. Houston, D. F. 1972. Rice Chemistry and Technology.
5. Kondo, K., H. Mitsuda and K. Iwai. 1950. Studies on the enrichment of white rice. Vitamin 4:203-204.
6. Misaki, M. and K. Yasumatsu. 1985. Rice enrichment and fortification. In Rice: Chemistry and Technology, ed B.Q. Juliano
7. Sagara, Y. 1988. The rice surplus, and new technology for rice processing in Japan. Extension Bulletin No. 273, Food & Fertilizer Technology Center. Taiwan.