

## 압출성형 혼합쌀의 제조에 따른 곡종별 이화학적 특성

이영택\* · 김성수<sup>1</sup> · 채은미

경원대학교 식품생물공학과, <sup>1</sup>한국식품개발연구원

(2000년 11월 23일 접수, 2000년 12월 23일 수리)

쌀에 혼합취반이 가능한 혼식용 혼합쌀의 제조를 위해 곡물원료인 현미, 보리쌀, 밀, 조, 수수, 콩, 팥에 대한 물리화학적 특성 및 압출성형 특성을 조사하였다. 혼합쌀의 제조에 사용한 곡물은 전분, 단백질, 지방, 회분 및 총식이섬유함량에서 서로 차이를 보여주었다. 곡분은 명도에 있어 백미, 보리쌀, 콩, 현미, 밀, 수수, 팥, 조의 순으로 낮았으며, 대부분 적황색도를 나타내었으나 곡종에 따라 다소간의 차이를 보여주었다. 곡분의 평균입자크기는 백미, 보리쌀과 같이 도정한 곡물에서 작았으며 현미, 조, 수수 같이 강층을 포함하는 정곡에서 다소 큰 것으로 분석되었다. 곡분의 손상전분 함량은 곡류에서 5.4~10.9% 범위였으며 콩과 팥에서는 0.5~1.4%로 낮았다. 곡분의 수분흡수지수는 팥, 백미, 수수, 현미, 밀, 조, 보리쌀, 콩의 순으로 낮았으며 수분용해도지수는 두류인 콩과 팥에서 높게 나타났다. 혼합쌀 제조시에 곡종에 따른 이화학적 특성차이가 혼합쌀의 압출성형가공에 크게 영향을 주었으며, 현미 50%, 보리쌀 20%, 밀 10%, 조 5%, 수수 5%, 콩 7%, 팥 3%의 적정 배합비로 압출성형한 혼합쌀은 일반쌀과 혼용이 가능한 형태인 것으로 나타났다.

**Key words:** 곡류, 두류, 압출성형, 이화학적 특성

### 서 론

곡류와 두류를 포함하여 현재 세계적으로 생산량이 가장 많은 다섯가지 곡물 즉 세계의 오곡은 쌀, 밀, 옥수수, 보리, 콩으로 되어있고, 쌀, 밀, 옥수수는 생산량이 특히 많아서 세계의 삼곡으로 알려져 있다. 두류인 콩을 제외한 곡류로서 그 다음으로는 sorghum(*Sorghum bicolor*(L.) Moench, 수수)과 millet의 생산량이 많으며 millet은 일반적으로 pearl millet(*Pennisetum typhoides*), proso millet(*Panicum miliaceum*, 기장), foxtail millet (*Setaria italica*, 조), Japanese millet(*Echinochloa crusgalli*, 피), finger millet(*Eleusine coracana*)으로 구분하고 있다.<sup>1)</sup> 동양에서 오곡(五穀)이란 가장 중요한 다섯가지 곡물을 뜻하는데 예로부터 우리가 흔히 오곡밥을 짓는다고 할때는 주로 쌀, 보리, 콩, 기장, 조의 다섯가지 곡식으로 지은 밥을 말하며 경우에 따라서는 그 이상을 섞어서 밥을 짓기도 한다. 오곡의 구체적인 종류는 문헌에 따라 약간의 차이가 있고 지역에 따라 다를 수 있지만 麥(보리), 豆(콩), 黍(기장), 稷(조 또는 피)과 稻(벼) 또는 麻(삼)을 포함하며, 세계의 오곡과 비교할때 쌀, 보리, 콩은 공통이고 그 외에 기장, 조, 피, 삼 가운데 2가지를 더 포함하는 것이다.

오곡밥과 같이 쌀에 보리, 수수, 기장, 조 등과 같은 곡류나 콩, 팥 등의 두류를 적당히 혼합하여 취반한 혼식이 쌀밥에 부족한 영양성분을 보충해 줄 수 있는 것으로 잘 알려져 있다. 일반적으로 전분질을 주성분으로 하는 곡류는 종류에 따라 단백질, 지질, 섬유소 뿐 만 아니라 무기질, 비타민 등 미량영양 성분에 있어 각기 서로 다른 특성을 나타내며 콩과 같은 두류는 곡류에 부족한 단백질과 지질을 보완 공급하여 상호간의 영

양적 보완을 충분하게 이루게 한다. 또한 현미, 보리, 옥수수, 메밀, 울무, 콩 등 곡류 및 두류에는 여러가지 생리활성물질이 존재하여<sup>2,6)</sup> 인체내에서 유의한 생리작용을 하는 것으로 밝혀지고 있다.

각종 곡류 및 두류의 혼합섭취가 영양생리학적으로 매우 바람직한 반면에 혼합취반의 불편함이 따르며, 이를 개선하기 위한 방안으로 여러가지 곡물을 적절히 혼합하여 압출성형기술을 사용하여 쌀알의 형태로 재성형한 혼합곡의 개발에 대하여 보고된<sup>7)</sup> 바 있다. 서구에서는 압출성형기술을 이용한 곡물의 성형가공에 대하여 많이 연구되어 있으나 이 기술을 파스타, 스낵식품, 씨리얼, 즉석곡류조리제품, 제과류, 동물사료 등 제품에 이용하고 있으며, 알곡형태의 곡물 소비는 미미하기 때문에 쌀과 같은 알곡형태로 성형하여 제품화한 기술개발은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 혼식용 혼합쌀의 제조에 사용되는 주요 곡물별 물리화학적 특성을 분석하고 이들 곡종에 따른 압출성형 혼합쌀의 가공특성을 알아보려 하였다.

### 재료 및 방법

**곡물 재료.** 압출성형 혼합쌀의 제조에 사용한 곡류 및 두류로서 백미, 현미, 보리쌀, 밀, 조, 수수, 콩, 팥을 시중에서 구입하였으며 이를 Pin mill(경창기계, Model SC-IB)로 제분하여 사용하였다.

**곡분의 화학성분 분석.** 곡분의 수분함량은 Air-oven법(AACC 44-15A)으로, 조단백질은 Kjeltac Auto 1030 Analyzer를 사용하여 Micro-Kjeldahl법(AACC 46-13)으로, 회분은 건식회화법(AACC 08-01)으로 분석하였으며 조지방은 Soxhlet법으로 측정하였다.<sup>8)</sup> 전분함량은 starch-glucoamylase 방법(AACC 76-11)에 의해 측정하였으며, 식이섬유 함량은 Prosky 등<sup>9)</sup>의 방법에 따라 dietary fiber assay kit(Sigma Chemical Co. USA)

\*연락처

Phone : 82-31-750-5565; Fax : 82-31-750-5384

E-mail : ytleee@mail.kyungwon.ac.kr

를 사용하여 측정하였다.

**손상전분.** 곡분의 손상전분은 AACC 방법(76-31)에 따라 starch damage assay kit(Megazyme, Pty, Ltd, Ireland)를 사용하여 측정하였다.

**곡분의 물리적 성질.** 곡분의 입자크기는 particle size analyzer(CIS-100, GALAI Co. Ltd., Israel)를 사용하여 분석하였으며 시료의 분산을 위한 용매로 isopropyl alcohol을 사용하였다. 곡분의 색도는 color and color difference meter(Minolta CR-200, Japan)를 이용하여 표면색도값인 L, a, b를 측정하였으며, 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)는 Anderson 등의 방법<sup>10)</sup>으로 측정하였다.

**혼합쌀의 제조.** 분쇄된 곡물원료를 배합하여 호바트 믹서기(Hobart mixer)에서 3분간 잘 혼합한 후 쌍축압출성형기(FESTINA FX 40, Nam Sung Co., Korea)를 사용하여 압출성형하였다. 이때 압출성형조건으로 원료투입속도 380 g/min, 스크류 회전속도 320 rpm, 가수율 26%, 압출성형온도 65°C로 조절하였으며 5.2×1.5 mm 직사각형의 토출구멍을 사용한 토출부를 통해 나온 토출물을 회전속도를 1600 rpm으로 조절된 절단칼로 절단하여 혼합쌀로 성형하였다. 압출성형한 혼합쌀은 실온에서 건조한 후 Satake Mill(Satake Engineering Co., Japan)로 약 30초간 도정하여 혼합쌀로 제조하였다. 혼합쌀 낱알의 길이, 폭 및 두께는 caliper를 사용하여 측정하여 백미와 비교하였다.

### 결과 및 고찰

**원료곡종별 화학성분 조성.** 일반 백미에 혼용할 혼합쌀의 제조를 위하여 현미, 보리쌀, 밀, 조, 수수, 콩, 팥을 사용하였으며 이들 곡물의 화학적 조성을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 곡류의 전분함량은 백미 79.1%, 현미 74.2%로 쌀에서 가장 높았고 조와 수수에서 68~69% 정도였으며 보리쌀이 59.5%, 밀이 55.1% 순으로 분석되었다. 보리쌀은 보리원맥에 비하여 전분함량이 높았던 반면에 밀원맥은 강층의 포함으로 인해 밀가루보다 현저히 낮게 나타났다. 두류인 콩의 전분함량은 1.6%로 미량이었고 팥은 37.5%로 다소 높게 나타났는데, 콩의 경우 성숙과정에서 전분이 사라지게 되어 완숙된 콩의 전분함량이 5% 이내로 거의 없다고 보고<sup>11)</sup>한 바와 유사하였다.

단백질의 함량은 백미 8.1%, 현미 8.5%로 쌀에서 가장 낮았

고 보리쌀, 밀, 조, 수수에서 각각 11.1%, 12.7%, 9.9%, 12.1%로 유사하게 나타났다. 두류인 콩과 팥의 단백질 함량은 각각 38.1%, 25.0%였으며, 이는 콩의 단백질 함량이 36~43.4% 범위였고<sup>12)</sup> 팥의 경우 23~27%라고 한 결과<sup>13)</sup>와 유사하였다. 지방의 함량에 있어서는 백미가 0.7%로 가장 낮았고 현미, 보리쌀, 밀이 2~3%의 지방을 함유하였으며 수수는 4.4%, 조는 5.0%로 약간 높았다. 수수는 약 3~5%의 지방을 함유하고<sup>1,14,15)</sup> small millet인 foxtail millet(조)의 free lipid 함량은 약 5.0%로 보고<sup>1,16)</sup>한 바 있다. 두류인 콩의 지방함량은 18.8%로 가장 높은 반면에 팥은 0.5%로 낮아 매우 대조적인 수치를 보여주었다. 회분함량은 백미가 0.4%로 가장 낮았고 현미, 보리쌀, 밀, 조, 수수에서 1.2~1.7%로 크게 차이가 없었으며 콩과 팥은 4~5%로 다소 높게 나타났다. 곡류의 총식이섬유 함량은 백미가 5.1%로 가장 낮은 반면에 현미, 조, 수수에서 7~8% 정도였으며 보리쌀과 밀에서 약 16%로 나타났다. 콩과 팥의 총식이섬유 함량은 각각 26.6%와 20.6%로 곡류보다 높았으며 이는 Hsieh 등의 결과<sup>13)</sup>와 유사하였다. 압출성형 혼합쌀은 전분함량이 백미보다 낮았으나 단백질, 지방, 회분, 총식이섬유 함량에서 높아져 각종 곡물의 배합에 따른 영양적인 보충을 이룰 수 있었다.

**곡종별 색도.** 혼합쌀 제조에 사용된 곡종별 곡분에 대하여 색차계를 사용하여 측정한 색도는 Table 2에 나타나 있다. 곡분의 색도는 도정하여 강층이 제거된 백미와 보리쌀가루에서 L값이 각각 97.23과 93.99로 높았으며 도정처리를 하지 않은 콩, 현미, 밀, 수수, 팥, 조의 순으로 L값이 낮았으며(91.33~82.49) 콩의 L값이 91.62로 가장 밝게 나타났다. 곡분의 a값은 수수, 팥, 밀의 순으로 적색도가 높았고 현미와 보리쌀에서 미미하게 나타나 적색도에 있어 서로 차이를 나타냈으며, 콩, 조와 백미에서 (-)수치를 보여 이들의 경우 약간의 녹색을 띠고 있는 것으로 나타났다. b값의 경우 모든 곡분에서 (+)의 수치를 나타내었는데 콩에서 가장 높았고, 조, 밀, 수수, 현미, 보리쌀, 팥, 백미의 순으로 b값이 감소하여 황색도에 있어서 서로 차이를 나타내었다.

**곡분의 입자크기.** 곡물을 pin mill을 사용하여 분쇄한 곡분의 입도분포를 particle size analyzer로 측정한 결과 평균입자크기는 Fig. 1과 같다. 백미가루의 입자크기는 현미가루의 입자크기에 비해 낮게 나타났는데 이는 현미에 입자크기가 상대적으로 큰 미강층을 포함하기 때문인 것으로 여겨졌다. 보리쌀가

Table 1. Chemical composition(%)<sup>a)</sup> of selected cereals and legumes, and their extruded multi-grain

	Starch	Protein	Fat	Ash	TDF <sup>b)</sup>
Milled rice	79.06	8.13	0.72	0.43	5.08
Brown rice	74.23	8.46	2.70	1.36	7.51
Pearled barley	59.46	11.07	3.00	1.18	15.80
Wheat	55.13	12.72	2.33	1.73	15.98
Foxtail millet	68.75	9.98	5.01	1.53	7.15
Sorghum	68.44	12.11	4.22	1.51	7.22
Soybean	1.56	38.12	18.84	5.39	26.64
Adzuki bean	37.54	25.02	0.45	4.51	20.64
Extruded grain	66.42	12.02	1.34	1.53	9.51

<sup>a)</sup>Values, expressed on a moisture free basis, are means of triplicate determinations.

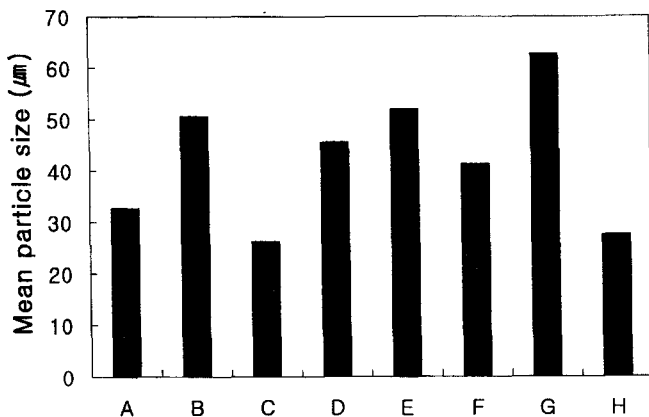
<sup>b)</sup>Total dietary fiber.

**Table 2. Color values of grain flours from selected cereals and legumes, and their extruded multi-grain**

	Color value		
	L	a	b
Milled rice	97.23	-0.40	4.44
Brown rice	91.33	0.52	8.22
Pearled barley	93.99	0.39	7.74
Wheat	86.53	1.97	9.92
Foxtail millet	82.49	-0.99	15.15
Sorghum	84.47	4.65	9.61
Soybean	91.62	-1.34	16.76
Adzuki bean	82.79	2.22	7.14
Extruded grain	79.67	2.08	11.58

루는 입자크기가 가장 작은 것으로 나타났으며 밀의 경우 원맥을 분쇄하였기 때문에 밀가루에 비해 입자크기가 크게 나타났다. 콩가루는 곡물중 평균입자크기에 있어 가장 수치가 높게 분석된 반면에 팥의 경우 대부분의 곡류에서 보다 입자크기가 작은 것으로 조사되었다.

**곡종별 전분손상도.** 곡물은 분쇄에 따른 압력, 전단, 변형 등에 의해 전분이 손상되며 손상전분은 곡분의 가공특성에 영향을 미친다. 혼합쌀의 제조에 사용된 곡분의 손상전분을 측정 한 결과 수수, 현미, 조, 백미가 각각 10.9, 10.6, 10.0, 9.9%로 높았으며 그 다음으로 밀이 6.1%, 보리쌀이 5.4%의 손상전분을 함유하였다(Table 3). 전분의 함량이 가장 많은 백미에 비해 현미의 전분손상도가 높았던 것은 단단한 강층을 포함하는 현미가 분쇄에 따른 전분의 손상이 컸던 것으로 판단되었다. 조와 수수의 전분함량이 현미보다 낮음에도 불구하고 전분손상도에서 유사한 수치를 보인것 역시 조와 수수가 강층을 함유할 뿐 만 아니라 알곡의 크기가 작아 분쇄에 따른 damage를 더 크게 받았기 때문인 것으로 사료되었다. 또한 보리쌀이 밀보다 전분함량이 높지만 전분손상도가 낮은 것은 일차 도정된 상태인 보리쌀로부터 분쇄되었기 때문에 밀원맥으로부터 분쇄한 가루에 비해 전분손상이 상대적으로 낮은 것으로 사료되었다. 팥은 1.4%의 손상전분을 가지고 있어 곡류에 비해 분쇄에 따른 손상된 전분의 비율이 크게 낮았으며 콩에 있어서는 0.5% 정



**Fig. 1. Mean particle size(µm) of grain flours milled from selected cereals and legumes. A: milled rice, B: brown rice, C: pearled barley, D: wheat, E: foxtail millet, F: sorghum, G: soybean, H: adzuki bean.**

**Table 3. Damaged starch, water absorption index(WAI), and water solubility index(WSI) of grain flours milled from selected cereals and legumes<sup>a)</sup>**

Grain type	Damaged starch (%)	WAI (g water/g solid)	WSI (%)
Milled rice	9.89	2.4681	1.70
Brown rice	10.55	2.3431	4.65
Pearled barley	5.38	2.0043	6.10
Wheat	6.06	2.2538	7.15
Foxtail millet	10.03	2.0834	7.45
Sorghum	10.91	2.4733	5.00
Soybean	0.52	1.6220	31.50
Adzuki bean	1.44	2.5731	16.05

<sup>a)</sup>Values are means of triplicate measurements.

도로 아주 미미하였다.

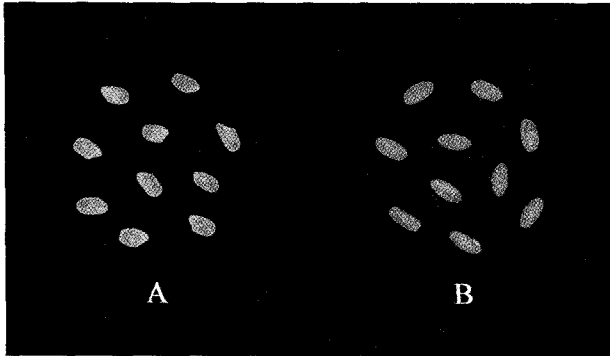
**곡종별 수분흡수지수 및 수분용해도지수.** 곡종별 곡분의 수분흡수지수와 수분용해도지수를 측정한 결과는 Table 3에 나타나 있다. 수분흡수지수는 백미, 현미, 수수, 팥에서 각각 2.47, 2.34, 2.47, 2.57로 높았고 조가 2.08, 보리쌀이 2.00으로 다소 낮았으며 콩에서 1.62로 가장 낮게 나타났다. 곡분의 수분흡수지수는 전분, 단백질 함량, 입도 등 물리화학적 특성과 관련이 있는 것으로 알려져 있으며,<sup>17)</sup> 본 실험 결과 고탄수화물의 곡분에서 높은 반면, 고지방, 고단백질, 저탄수화물의 콩에서는 수분흡수지수가 가장 낮은 경향을 보여주었다. 곡분의 수분용해도지수는 두류인 콩과 팥에서 각각 31.5%, 16.1%로 현저하게 높아 고단백질의 콩과 팥에서 용출되어 나오는 가용성 물질의 함량이 높은 것으로 나타났다. 곡류에서는 조, 밀, 보리쌀, 수수가 5.0~7.5%로 상대적으로 높았으며 현미는 4.7%, 백미는 1.7%로 다소 낮게 나타났다.

**곡물에 따른 혼합쌀의 압출성형 특성.** 각종 곡물을 일반쌀과 유사한 형태로 압출성형하여 혼합쌀로 제조할때 혼합쌀의 외형은 주로 성형조건에 의해 좌우될 뿐 만 아니라 사용하는 곡물의 종류 및 배합비율에 따라 크게 영향을 받을 수 있다. 압출성형에 의한 혼합쌀을 제조할때 오곡을 포함한 대부분의 곡류를 사용할 수 있으나 우선 원료의 가용성 면에서 사용량이 많을 것으로 생각되어지는 쌀, 보리, 밀 각각의 원료로만 압출성형을 시도하였다. 현미만을 사용하여 압출성형할 때 일반쌀과 외형이 유사한 성형물을 제공하여 압출성형적성이 가장 우수한 것으로 나타났으며, 백미의 경우에도 성형물의 성형상태는 대체로 양호한 편이었다. 그러나 백미와 같이 전분질의 함량이 매우 높은 원료는 성형물에 결착력을 제공하는 반면에 성형기에서 토출시 성형물의 부착성을 높이고 성형온도에 민감하여 성형물의 팽화를 초래할 수 있어 성형조건을 잘 조절해야할 필요성이 있었다.

보리 또는 밀을 전량 사용하여 성형할때 성형기 토출부의 토출구멍 모양과 유사한 각이진 형태의 성형물을 형성하여 타원형인 쌀알형태로의 성형적성이 떨어지는 것으로 나타났다. 밀에서는 단백질 복합체인 gluten으로 인한 점탄성이 물성에 영향을 주어 성형에 부정적으로 작용하였으며 보리의 경우에도 보리가 함유하는 식이섬유의 물성이 일부 원인으로 판단되었다. 현미를 주원료로 하여 보리 또는 밀을 부분적으로 첨가하

**Table 4. Developed formula(%) for extruded multi-grain using selected cereals and legumes**

	Grain type						
	Brown rice	Pearled barley	Wheat	Foxtail millet	Sorghum	Soybean	Adzuki bean
%	50	20	10	5	5	7	3



**Fig. 2. Appearance of extruded multi-grain(B) compared to ordinary milled rice(A).**

**Table 5. Sizes of extruded multi-grain with selected cereals and legumes compared to milled rice<sup>a)</sup>**

	Average length (mm)	Average width (mm)	Average thickness (mm)	Average L/W ratio
Milled rice	4.98	2.83	2.10	1.76
Extruded grain	5.61	2.70	2.05	2.07

<sup>a)</sup>Values are means of 15 measurements.

였을때 보리는 40%, 밀은 30% 첨가수준까지 양호한 성형상태를 유지하였으며 그 이상의 첨가수준에서는 성형적성이 떨어졌다. 혼합쌀의 제조시 단백질 함량이 높은 콩분말의 첨가는 혼합물의 가수량을 증가시키고 성형물의 부착성을 감소시키는 특성을 주었으며, 두류의 첨가량을 15% 이내로 배합하는 것이 혼합쌀의 성형에 적합하였다.

원료곡물의 압출성형 적성에 근거하여 혼합쌀의 제조를 위한 곡물의 기본 배합비를 결정하였으며(Table 4), 기본배합비에 의해 배합한 후 압출성형하여 제조한 혼합쌀의 외형은 Fig. 2와 같다. 압출성형 혼합쌀의 크기는 비교시험에 사용한 단립종 백미에 비해 길이가 길었으나 폭과 두께에서 수치가 약간 낮았으며(Table 5), 일반적인 쌀의 크기 및 형태와 비교할때<sup>18)</sup> 중립종 쌀 또는 중립종과 유사한 형태로 성형된 것으로 나타났다.

### 감사의 글

본 논문은 1999년 농림부 농림기술개발사업에 의해 수행된 연구결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Rooney, L. W. (1978) Sorghum and pearl millet lipids. *Cereal*

*Chem.* **55**, 584-590.

2. McCaskill, D. R. and Zhang, F. (1999) Use of rice bran oil in foods. *Food Technol.* **53**, 50-53.

3. Lee, Y. T. (1996) Physicochemical characteristics and physiological functions of  $\beta$ -glucans in barley and oats. *Korean J. Crop Sci.* **41**(S), 10-24.

4. Kim, Y. H., Kim, S. D., Hong, E. H. and Ahn, W. S. (1996) Physiological function of isoflavones and their genetic and environmental variations in soybean. *Korean J. Crop Sci.* **41**(S), 25-45.

5. Kim, S. L., Choi, B. H., Park, S. U. and Moon, H. G. (1996) Functional ingredients of maize and their variation. *Korean J. Crop Sci.* **41**(S), 46-68.

6. Choi, B. H., Kim, S. L. and Kim, S. K. (1996) Rutin and functional ingredients of buckwheat and their variations. *Korean J. Crop Sci.* **41**(S), 69-93.

7. Lee, Y. T., Seog, H. M., Kim, S. S., Kim, K. T. and Hong, H. D. (1997) Quality characteristics of reconstituted multi-grain by extrusion process. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 963-968.

8. American Association of Cereal Chemists (1983) In *Approved Methods of the AACC*, The Association, St. Paul, Minnesota.

9. Prosky, L., Asp, N., Schweizer, T. F., Devries, J. and Furda, I. (1988) Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* **71**, 1017-1023.

10. Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F. and Griffin, E. L. (1969) Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Foods World* **29**, 732.

11. Wilson, I. A., Birmingham, V. A., Moon, D. P. and Snyder, H. E. (1978) Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.* **55**, 661-670.

12. Krivoruchko, D., Kaba, H., Sambucetti, M. E. and Sanahuja, J. C. (1979) Maturation time and some seed composition characters affecting nutritive value in soybean varieties. *Cereal Chem.* **56**, 217-219.

13. Hsieh, H. M., Pomeranz, Y. and Swanson, B. G. (1992) Composition, cooking time, and maturation of Azuki(*Vigna angularis*) and common beans(*Phaseolus vulgaris*). *Cereal Chem.* **69**, 244-248.

14. Banda-Nyirenda, D., Vohra, P. and Ingerbretson, K. H. (1987) Nutritional evaluation of some varieties of sorghum(*Sorghum bicolor*(L.) Moench). *Cereal Chem.* **64**, 413-417.

15. Buffo, R. A., Weller, C. L. and Parkhurst, A. M. (1998) Relationships among grain sorghum quality factors. *Cereal Chem.* **75**, 100-104.

16. Sridhar, R. and Lakshminarayana, G. (1994) Contents of total lipids and lipid classes and composition of fatty acids in small millets: Foxtail(*Setaria italica*), Proso(*Panicum miliaceum*), and Finger(*Eleusine coracana*). *Cereal Chem.* **71**, 355-359.

17. Greer, E. N. and Stewart, B. A. (1959) The water absorption of wheat flour: Relative effects of protein and starch. *J. Sci. Food Agric.* **10**, 241.

18. Webb, B. D. (1985) Criteria of rice quality in the United States, In *Rice: Chemistry and Technology*, Juliano, B.O. (ed.) pp. 416-427. AACC, Minnesota, USA.

---

**Physicochemical Properties of Selected Cereals and Legumes for the Production of Extruded Multi-grain**

Young-Tack Lee\*, Sung-Soo Kim<sup>1</sup> and Eun-Mi Chae(*Department of Food and Bioengineering, Kyungwon University, Sunnam 461-701, Korea; <sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Sunnam 463-420, Korea*)

**Abstract:** Physicochemical properties of milled rice, brown rice, pearled barley, wheat, sorghum, foxtail millet, soybean, and adzuki bean were evaluated for the production of extrusion formed multi-grain. Grain flours showed large differences in chemical composition including starch, protein, fat, ash, and total dietary fiber contents. Grain flours were brighter in the following order of milled rice>pearled barley>soybean>brown rice>wheat>sorghum>adzuki bean>foxtail millet, and most of the grain flours showed red-yellowish color. Mean particle sizes of grain flours were different among various grains, and whole grain flours tended to have coarser particle size than milled grain flours. The amounts of damaged starch in cereal flours were varied from 5.4 to 10.9%, and limited amount of damaged starch was present in legume flours. Water absorption index of grain flours was, in decreasing order, adzuki bean>milled rice>brown rice>sorghum>wheat>foxtail millet>pearled barley>soybean. Water solubility index was higher in legume flours containing high protein content.

---

Key words: cereals, legumes, extrusion, physicochemical properties

\*Corresponding author