

밥의 종류에 따른 *in vitro* 분해율 및 관능적 특성

김윤선 · 이귀주*

고려대학교 사범대학 가정교육과

In vitro Digestibility and Sensory Properties of different Bap(Cooked Rice)

Yoon-Sun Kim, Gui-Chu Lee

Department of Home Economics Education, College of Education, Korea University

Abstract

Different types of *bap*(cooked rice) was cooked using barley or/and SoRiTae with rice as the base. Total(TS), rapidly digestible(RDS), slowly digestible(SDS) and resistant(RS) starch fractions were determined. Other physicochemical properties such as moisture, protein, amylose contents, protein digestion *in vitro* and color values as well as sensory properties of different *bap* were also investigated. Cooked rice with SoRiTae(RiSo) showed the highest moisture content of 63.9%, whereas other *bap* showed similar content ranging from 62.3-63.0%. Crude protein content of RiSo was the highest, while that of cooked rice(Ri) was the lowest($p<0.05$). Amylose content of RiBa was the highest, while that of RiSo was the lowest($p<0.05$). In *in vitro* protein digestibility(IVPD), cooked rice with barley and SoRiTae(RiBaSo) was the highest, while Ri was the lowest, showing no significant difference at $p<0.05$. In starch fractions, as barley or/and SoRiTae were added to rice, a decrease in RDS content and increases in SDS and RS contents were observed. In addition, starch digestion index(SDI), which derived as an indicator of their *in vitro* starch digestibility and rapidly available glucose(RAG) value, which determined as a predictor of potential glycemic response decreased. A decrease in L value from RiSo and RiBaSo, which comprised of SoRiTae and increases in a and b values in RiSo and RiBa were observed, respectively. All sensory parameters involving color, glossiness, sweet taste, wetness, roughness, hardness and stickiness were shown to be a significant difference except sweet taste among different *bap*($p<0.05$). L value of instrumental characteristic was negatively correlated with color of sensory characteristic and a value was positively correlated. Significant negative correlation was found between RS content and glossiness, however, positive correlation with roughness and hardness, respectively. These results suggested that cooked rice mixed with barley and SoRiTae contain significant RS and SDS contents and may improve diabetes and hyperlipidemia, due to the lowering RDS and RAG, respectively.

Key Words : *bap*(cooked rice), starch fractions, SDI, RAG, *in vitro* protein digestibility

1. 서 론

쌀밥은 오랫동안 우리의 주식이었으나 최근에는 건강에 대한 관심이 증가하여 생리활성물질을 포함하는 곡류 혹은 두류를 혼합하여 제조한 밥을 선호하는 경향이다. 전통적으로 우리나라는 쌀에 여러 잡곡 혹은 두류를 혼합하여 계절에 따라 다양하게 밥을 지어 먹었는데 서울에서는 봄에는 쌀과 함께 거피팥을 반으로 타서 지은 밥, 여름에는 햇보리밥, 초가을에는 강낭콩밥과 청대콩밥, 겨울에는 붉은 팥밥, 차조밥, 검은 콩밥 등으로 변화를 주었으며(윤서석 1999), 특히 정월대보름에는 오곡으로 잡곡밥을 지어 먹었다(홍석모 1991). 이와 같은 다양한 밥의 주재료인 곡류 및 두류는 전분과 단백질의 주요 공급원으로 가열처리에 의한 이들의 가공은 전분과 단백질의 생체 이용율에 영향을 주

는 것으로 알려지고 있다.

식품 내 전분의 분해특성은 다양하며(Asp 1995), 따라서 Englyst 등(1992)은 식이전분을 영양적인 목적으로 쉽게 소화되는 전분 (rapidly digestible starch, RDS), 천천히 소화되는 전분 (slowly digestible starch, SDS), 효소저항전분(enzyme resistant starch, RS)과 같이 세 종류로 분류하였다. RS는 소장에서 분해되지 않은 전분 분획으로 정의되며 식이섬유와 같은 기능적 및 영양적 성질을 갖는다(Themieier 등 2005). RS의 효소저항성은 물리적으로 포획된 전분입자(RS₁) 혹은 부적절한 조리로 인하여 소화되지 않은 전분입자(RS₂) 혹은 광범위한 수소결합으로 인한 노화된 아밀로즈 분획(RS₃)에 기인한다(Englyst 등 1992). 이러한 RS의 형성은 조리, 굽기, 가압가열 같은 높은 수분함량을 사용하는 방법들에 의해 가공된 식품에서 형성된다

* Corresponding Author : Gui-Chu Lee, Korea University, Anam-dong, Sungbuk-ku, Seoul 136-701, Korea
Tel: 82-2-3290-2323 Fax: 82-2-927-7934 E-mail: gcl6@korea.ac.kr

(Englyst 등 1983). SDS는 소장에서 완전히 분해되나 느린 속도로 분해되는 전분분획으로 정의되며(Englyst 등 1992) 당뇨병과 고지혈증을 방지하여 혈당지수를 개선시키는 영양적으로 바람직한 전분분획이다(Jenkins 등 1981). 한편 일반적으로 열처리된 단백질 분해율을 증가시키는 것으로 보고되었다(Rosario & Jayashree 2000).

지금까지 밥의 종류에 따른 생리활성물질에 대한 연구로는 무기질성분, 비타민 B₁, B₂, 나이아신에 대한 연구(Lim 등 2003)와 최근에 토코페롤 및 토코트리엔올에 대한 연구(Kim 등 2005) 등이 보고되어 있다. 그러나 밥의 종류에 따른 전분과 단백질의 *in vitro* 분해율에 대한 연구는 보고되어 있지 않다. 보리는 배유 세포벽의 주요 구성 다당류인 베타-글루칸이 혈중 콜레스테롤 저하효과를 갖으며 또한 세포액의 점도를 증가시켜 따라서 당류/전분 흡수속도를 감소시키는 것으로 알려진 반면(Vasanthan 등 2002), 서리태는 밥의 취반 시 쌀에 가장 많이 혼합되는 식품재료로서 노인성 치매예방에 효과가 있으며 신장에 좋은 식품으로 알려져 있다(Kim 등 2003).

따라서 본 연구에서는 쌀에 보리와 서리태를 선정하여 혼합하고 여러 종류의 밥을 제조하고 전분의 영양적인 중요성에 비추어 밥의 종류에 따라서 TS, RDS, SDS, RS와 같은 전분분획 함량 및 *in vitro* 전분 분해율을 측정하였다. 또한 *in vitro* 단백질 분해율, 색도 및 관능적 특성을 측정하여 비교하였으며 여러 밥의 이화학적 특성과 관능적 특성간의 상관관계도 알아보았다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용한 멍쌀은 2005년도 수확된 일품으로 도정한 멍쌀은 고려대학교 농장에서 구입하였고, 보리, 서리태는 2005년도 산(괴산군자농협)으로 농협에서 구입하였다. 아밀로즈 정량을 위한 potato starch와 *in vitro* 단백질 분해율 측정을 위한 porcine pancreatic trypsin (Type IX-S, 14,300 units/mg protein), bovine pancreatic chymotrypsin (Type II, 60 units/mg protein), porcine intestinal peptidase (102 units/g powder)는 Sigma-Aldrich Inc. (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였다. 전분분획 측정을 위한 pepsin, pancreatin은 Sigma-Aldrich Inc. (St. Louis, MO, USA)로부터 구입하였으며 amyloglucosidase와 glucose assay kit는 Megazyme (International Ireland Limited, Ireland)에서 구입하였다.

2. 밥의 최적 가수량

밥의 최적 가수량은 예비실험을 통하여 수세 전 여러 밥 재료 무게에 가수량을 1.4배, 1.6배, 1.8배 첨가하여 취반

후 밥의 수분함량을 측정하여 설정하였다. 그 결과 쌀밥의 수분함량은 각각 59.9%, 63.0%, 66.3%로 나타났고, 보리밥(쌀-보리)은 각각 60.9%, 62.4%, 65.4%, 서리태밥(쌀-서리태)은 각각 57.9%, 63.9%, 65.8%, 혼합밥(쌀-보리-서리태)은 각각 58.2%, 62.3%, 64.5%로 나타났다. Kum 등(1995)은 취반한 밥의 수분함량은 60.5-64.0% 범위로 가장 맛있는 밥의 함수율이 65% 전후라 하였으며, Min 등(1994)은 관능검사에서 질거나 되지 않은 보통밥 상태로 평가된 밥의 수분함량은 62.3%로 보고된 바 있으므로, 따라서 여러 종류의 밥의 취반을 위한 최적 가수량은 수세전 밥 재료 무게의 1.6배로 하여 취반하였다.

3. 취반 및 진공건조

여러 밥의 재료는 Oh 등(2002)의 방법을 수정하여 침지한 후 취반하였다. 플라스틱 그릇에 여러 밥의 재료를 (Table 1)과 같은 혼합비율로 골고루 섞은 후 25℃의 증류수 250 mL를 넣어 가볍게 저으면서 1회당 30초씩 2회 수세하였다. 수세한 밥 재료를 체에 걸러 물기를 빼고 비커(100 mL)에 넣은 후 수세 전 밥 재료 무게의 1.6배의 증류수를 가해서 25℃의 수조에서 30분간 침지하였다. 비커를 원형의 유리(직경 8.5 cm)로 덮은 후 미리 끓여놓은 물 600 mL가 들어있는 전기밥솥(Toastmaster Rice Cooker, Toastmaster Inc., USA)에 넣어서 30분 취반 후, 보온상태에서 10분간 뜸을 들었다. 취반된 시료는 진공건조기에 넣기 전 김을 날려 보내기 위하여 실온에서 30분 방냉한 후 진공건조기(60℃, 60 cmHg)에서 24시간 건조하여 분쇄, 체(180-335 μm)에 친 후 분석 전까지 냉동(-20℃) 보관하였다.

<Table 1> Formula for different *bap* (cooked rice) g(%)

Type of <i>bap</i>	Rice	Barley	SoRiTae
Ri	25(100)		
RiBa	21(84)	4(16)	
RiSo	21(84)		4(16)
RiBaSo	21(84)	2(8)	2(8)

Ri-Rice, Ba-Barley, So-SoRiTae

4. 일반성분과 아밀로즈 함량

수분 함량은 A.O.A.C 방법(1990)에 의하여 측정하였고, 단백질 함량(N×6.25)은 Kjeldahl 방법으로 조단백분석기(2400 Kjeltac, Analyzer Unit, Foss Tecator, Sweden)를 사용하여 질소함량을 구한 후 나타내었다. 아밀로즈 함량은 Juliano (1971)의 요오드 비색법에 의해 측정하였으며, 표준 아밀로즈는 Sigma-Aldrich Inc. (St. Louis, MO, USA)의 potato amylose(type III)를 사용하였다.

5. *in vitro* 단백질 분해율

Hsu 등(1977)의 방법으로 측정하였다. trypsin, chymotrypsin, peptidase로 구성된 multienzyme

system을 사용하여 분해한 후, 10분 후의 분해액의 pH를 측정하여 *in vitro* 단백질 분해율(%)을 계산하였다.

6. 전분분획 함량

밥의 TS(total starch) 및 RDS (rapidly digestible starch, RDS), SDS(slowly digestible starch, SDS), RS(resistant starch, RS) 등 전분분획 함량은 Englyst 등(1992)의 방법에 따라서 측정하였다. 시료 1 g을 50 mL 원심분리병에 넣고 pepsin 용액(50 mg/10 ml 0.05 M HCl)을 가한 후 37°C의 진탕수조에서 30분간 배양한 후, pancreatin (150 mg/ml)과 amyloglucosidase (13 AGU/mL)를 포함하는 혼합 효소용액 5 mL을 넣고 진탕수조에서 37°C에서 배양하였다. 이때 식품 입자들의 붕괴를 용이하게 하고 배양 혼합물의 점도를 표준화하기 위해 guar gum(50 mg)과 glass ball을 가하였다. 배양 후 20분과 120분 후 반응액 0.5 mL를 취하여 80% ethanol 용액에 가하고, 각각 G20과 G120이라고 명명하였다. Total glucose(TG)는 상기 효소 반응액을 끓는 물에서 30분간 끓인 후 냉각하고 7 M KOH를 넣고 0°C 진탕수조에서 30분간 배양한 후, 시험관에 상기 반응액 1 mL를 넣고 0.5 M acetic acid와 희석 amyloglucosidase 용액을 가하고 70°C 진탕수조에서 30분 배양하였다. Free glucose(FG)는 시료를 담은 원심분리병에 guar gum, 0.05 M HCl, Na-acetate 용액을 가한 후 100°C 끓는 물에서 30분 동안 가열하여 측정하였다. G20, G120, TG 및 FG 시료 내 유리된 glucose 함량은 glucose oxidase/peroxidase 시약을 사용하여 37°C에서 20분간 배양한 후 spectrophotometer(UV/VIS Spectrophotometer, Shimadzu Model, UV-2401 (PCS), Tokyo, Japan)를 사용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며 Englyst 등(1992)의 방법에 따라 다음과 같이 TS, RDS, SDS 및 RS의 함량을 계산하였으며 이로부터 SDI(starch digestion index)와 RAG(rapidly available glucose)를 계산하였다.

$$\begin{aligned}
 TS &= (TG-FG) \times 0.9 & RDS &= (G_{20}-FG) \times 0.9 \\
 SDS &= (G_{120}-G_{20}) \times 0.9 & RS &= TS-(RDS+ SDS) \\
 SDI &= RDS/TS \times 100 & RAG &= FG+G_{20}
 \end{aligned}$$

7. 색도 측정

밥의 색도 측정은 시료를 비닐 랩으로 씌워서 원통형 용기에 담고, 색도계(Chroma Meter CR-400, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 L(명도), a(적색도) 및 b(황색도)값을 측정하였다. ΔE는 쌀밥과 여러 밥의 색차 값의 차이로 하였다.

8. 관능적 특성

밥의 관능적 특성은 학부 학생들 중 10명의 훈련된 평가원을 선정하여 색깔, 윤기, 단맛, 촉촉함, 경도, 거칠음성, 점착성에 대하여 정량적 묘사 분석방법(Quantitative

Descriptive Analysis, QDA)을 실시하였다. 시료의 평가는 완전 랜덤화 블록 계획(completely randomized block design)을 적용하여 관능검사원이 한 번에 무작위로 배치된 4 가지 시료를 모두 평가하도록 하였으며, 각 시료는 평가되기 전까지 전기보온밥솥(72.5±2.5°C)에서 보온되면서 투명한 플라스틱 컵에 1인당 20 g의 밥을 담아 관능 검사원에게 제공되었다. 평가 시 사용된 척도는 각 검사 항목에 대하여 9점 척도를 사용하였으며 1점은 '매우 약하다', 9점은 '매우 강하다'로 점수화하였다. 관능검사는 1주일에 걸쳐 시료에 대하여 2회 반복 실험하였다.

9. 자료 처리 및 분석

실험 결과의 통계적 분석은 SPSS 통계 프로그램(Ver.12.0)을 이용하여 평균과 표준편차를 구하고, ANOVA와 Duncan's multiple range test(p<0.05)를 통해 시료 간의 유의적 차이를 검증하였다. 또한 밥의 이화학적 특성과 관능적 특성 간의 상관관계는 Pearson's correlation coefficient를 구하여 알아보았다.

III. 결과 및 고찰

1. 밥의 수분과 단백질 및 아밀로즈 함량

쌀에 보리와 서리태를 혼합하여 취반한 후 밥의 종류에 따른 수분과 단백질 및 아밀로즈 함량을 측정된 결과는 <Table 2>와 같다. 수분함량은 서리태밥이 63.9%로 가장 높았으며, 혼합밥은 62.3%로 가장 낮았으나 유의적인 차이는 없었다.

여러 밥의 조단백질 함량은 서리태밥이 건조물의 12.0%로 가장 높았으며 쌀밥이 6.8%로 가장 낮은 것으로 나타났다(p<0.05), 서리태는 잡곡밥 제조 시 쌀밥에 가장 많이 혼합하는 것으로(Kim & Lee 2006), 특히 곡류에서 부족한 라이신, 시스틴, 트립토판 등을 많이 함유하고 있어(권대영과 양혜정 2003) 쌀을 중심으로 하는 우리 식생활에 단백질을 보완해주는 식품이다. 한편 아밀로즈 함량은 23.2-27.7%의 범위로, 보리밥이 27.7%로 가장 높은 반면 서리태밥이 23.2%로 가장 낮게 나타났다(p<0.05).

<Table 2> Moisture, crude protein and amylose contents¹⁾ of different bap (cooked rice)

Type of bap	Moisture content (%)	Crude protein (as % dry matter)	Amylose content (as % dry matter)
Ri	62.99±0.02 ^a	6.77±0.05 ^a	26.35±0.16 ^b
RiBa	62.44±1.37 ^a	7.36±0.04 ^b	27.71±1.00 ^b
RiSo	63.85±2.22 ^a	11.95±0.07 ^d	23.16±0.54 ^a
RiBaSo	62.26±0.34 ^a	9.28±0.11 ^c	25.32±1.61 ^{ab}

¹⁾ Values are mean±SD of 2 replicates.

Means with different letters within the same column are significantly different at p<0.05.

Ri-Rice, Ba-Barley, So-SoRiTae

<Table 3> In vitro protein digestibility¹⁾ of different bap (cooked rice)
% (as dry matter)

Type of bap	<i>in vitro</i> protein digestibility
Ri	82.49 ± 1.28 ^a
RiBa	82.50 ± 0.90 ^a
RiSo	83.58 ± 0.13 ^a
RiBaSo	83.67 ± 1.15 ^a

¹⁾ Values are mean ± SD of 2 replicates.
Means with the same letter are not significantly different.
Ri-Rice, Ba-Barley, So-SoRiTae

2. *in vitro* 단백질 분해율

밥의 종류에 따른 *in vitro* 단백질 분해율(IVPD)을 측정할 결과는 <Table 3>과 같다. IVPD는 쌀밥이 가장 낮은 반면 서리태밥과 혼합밥 등 서리태를 포함한 밥에서는 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 한 단백질의 생물학적인 이용도는 주로 단백질 분해효소에 의한 분해율에 의존한다. 단백질 분해율의 차이는 식품단백질의 성질의 차이, 비단백질 성분의 존재, 항영양소의 존재 및 가공조건에 기인한다(FAO/WHO 1990). 일반적으로 가열처리에 의해 IVPD는 증가하는 것으로 나타났는데 이는 변성을 통한 단백질의 구조적 변화로 인해 단백질이 보다 가수분해되기 쉬우며(Rosario & Jayashree 2000), 또한 단백질 효소 저해제들을 구조적으로 분열시킴으로써(Negi 등 2001) 단백질의 분해율을 이롭게 하기 때문이다. 그러나 가열조리가 IVPD에 대하여 긍정적인 효과를 갖는다 하더라도 궁극적인 IVPD는 사용된 가공방법의 종류에 따라 차이가 있다. 밥은 취반시 전처리과정으로 밥 재료의 침지과정을 포함하는데 IVPD에 대한 침지 효과에 대한 연구를 보면 다양한 moth bean 재배종을 12시간 동안 침지한 경우 IVPD가 1-2% 약간 증가하였으며 침지한 후 압력 조리한 경우에는 IVPD가 14-16% 증가하였다(Negi 등 2001). moth bean의 침지와 겉껍질을 제거할 때 단백질 분해율의 증가는 파이트산, 폴리페놀, 사포닌, 렉틴과 트립신 저해제와 같은 항영양소의 함량 감소와 관련이 있다(Gahlawat & Sehgal 1998).

3. 밥의 전분분획 함량 및 *in vitro* digestibility

쌀에 보리와 서리태를 혼합하여 여러 종류의 밥을 제조하여 진공건조한 후 밥의 TS(total starch) 및 RDS(rapidly digestible starch), SDS(slowly digestible starch)와 RS(resistant starch)와 같은 전분분획 함량을 알아본 결과는 <Table 4>와 같다.

TS 함량은 밥의 종류에 따라서 건조물의 43.7-47.8%의 범위를 나타내었다(p<0.05). 여러 밥은 전분분해 특성에 있어서 다양함을 나타냈는데, 쌀밥의 RDS 함량은 본 연구에서 혼합효소를 사용하여 20분 배양 후 유리된 glucose 함량(G20)을 수정하여 계산하였으며 쌀밥이 18.3%로 가장 높았으며 보리밥과 서리태밥은 각각 17.9%와 17.2%. 혼합밥은 15.6%를 나타내었다(p<0.05). SDS와 RS 분획은 쌀밥에서는 유사한 함량을 나타내어 각각 12.7%와 12.8%를 나타내었다. 그러나 SDS 분획은 혼합효소에 의해 120분 가수분해하는 동안 유리된 glucose 함량(G120)과 20분 배양후 유리된 glucose 함량(G20)의 차이를 수정하여 계산되었는데 보리밥과 서리태밥은 각각 12.8%와 13.2%, 혼합밥은 13.7%를 나타냈다(p<0.05). RDS와 SDS 분획을 합한 값으로부터 계산한 밥의 총 소화성전분(digestible starch)은 밥의 종류에 따라 유사하였으며 29.3-30.9%를 나타내었다. 한편 RS 분획은 120분간 효소에 의한 가수분해 후 남은 효소저항성의 잔여물로서 모든 밥에서 SDS 함량보다 높았는데 보리밥과 서리태밥은 각각 15.6%와 13.9%로서 보리밥이 더 높았으며, 보리와 서리태를 혼합한 혼합밥에서는 18.6%를 나타내었다(p<0.05). 곡류 전분과 비교할 때 일반적으로 콩과류 전분은 상당량의 RS 함량을 포함하는 것으로 보고되었다(Velasco 등 1997). 본 연구에서는 보리밥과 보리를 포함한 혼합밥에서 RS 함량이 높았는데 이는 보리는 세포벽 구성당류가 주로 베타-글루칸으로 배유 세포벽에 75%, 호분층 세포벽에는 26%를 차지하여(Vasanthan 등 2002), 이들 식이섬유 성분들의 효소저항성이 RS 함량에 기여하는 것으로 생각된다. 한편 RS 형성은 아밀로즈 함량에 의해서도 영향을 받는데, Mun 등(1997)은 아밀로즈

<Table 4> Starch content and *in vitro* starch digestibility¹⁾ of different bap (cooked rice)

Type of bap	Starch fraction				SDI	RAG
	TS	RDS	SDS	RS		
Ri	43.68 ± 0.09 ^a	18.25 ± 0.17 ^d	12.66 ± 0.07 ^a	12.78 ± 0.16 ^a	41.77 ± 0.30 ^c	20.27 ± 0.19 ^d
RiBa	46.32 ± 0.09 ^c	17.88 ± 0.07 ^c	12.84 ± 0.00 ^a	15.60 ± 0.02 ^c	38.61 ± 0.08 ^b	19.87 ± 0.08 ^c
RiSo	44.22 ± 0.00 ^b	17.17 ± 0.02 ^b	13.19 ± 0.03 ^b	13.86 ± 0.01 ^b	38.82 ± 0.04 ^b	19.07 ± 0.02 ^b
RiBaSo	47.83 ± 0.00 ^d	15.56 ± 0.15 ^a	13.72 ± 0.14 ^c	18.60 ± 0.06 ^d	32.43 ± 0.16 ^a	17.23 ± 0.09 ^a

¹⁾ Values are mean ± SD of 8 replicates.
Means with different letters within the same column are significantly different at p<0.05.
TS: total starch, RDS: rapidly digestible starch, SDS: slowly digestible starch,
RS: resistant starch, SDI: starch digestion index, RAG: rapidly available glucose
Ri-Rice, Ba-Barley, So-SoRiTae

함량이 증가할수록 RS의 생성율도 증가하였다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 여러 밥의 아밀로즈 함량에 따른 RS 함량은 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

SDS는 소장에서 완전하게 그러나 서서히 분해되는 전분 분획으로 포만감을 연장하여 체중감량을 위해 판매되는 식품재료에 병합될 수 있으며 또한 보다 길고 지속적인 glucose 급원으로써 운동선수들에 의해 사용될 수 있다(Wolf 등 1999). RS는 식이섬유의 한 성분을 이루고 있으며 소화효소에 의해 분해되지 않고 소장을 거쳐 대장에서 미생물군의 유용한 기질을 조성하며 주요 발효생성물로서는 단쇄 지방산 및 초산, 프로피온산, 부티르산 등과 같은 다양한 유기산을 생성한다(Eliasson 1996; Hylla 등 1998). 이들 중 부티르산은 대장미생물군의 주요 에너지 급원이며 또한 암 예방과 관련되는 것으로 보고되었다(Hill 1995). SDS와 RS는 또한 혈당지수(GI)를 저하시키는 것으로 알려지고 있으며 이처럼 낮은 GI를 갖는 식품은 당뇨병 및 고지혈증 환자의 식이요법에 의한 조절에 이로우므로 영양적인 중요한 의미를 갖는다(Jenkins 등 1981).

한편 Jenkins 등(1981)은 전분질 식품을 분류하기 위해 혈당반응에 기반한 GI를 제안하였으나, 후에 Englyst 등(1992)은 음식에 대한 혈당반응의 예측치로서 RAG(rapidly available glucose) 값을 제안하였다. RAG 값은 식사 후 흡수를 위해 신속하게 이용될 수 있는 glucose 함량으로 RAG와 RDS는 혈당지수와 매우 상관이 있는 것으로 알려지고 있다(Englyst 등 1996).

따라서 상대적인 전분분해속도에 대한 한 척도인 SDI(starch digestion index)와 혈당반응의 예측치인 RAG 값에 기반하여 여러 종류의 밥을 비교한 결과는 <Table 4>와 같다. SDI는 TS에 대한 RDS 함량의 %로서 나타냈는데 쌀밥이 41.8%이었으며 보리밥과 서리태밥은 각각 38.6%과 38.8%, 혼합밥은 32.4%를 나타낸 반면, RAG 값은 쌀밥이 20.3%, 보리밥과 서리태밥은 각각 19.9%와 19.1% 그리고 혼합밥은 17.2%를 나타내었다(p<0.05). 이와 같이 쌀에 보리 혹은 서리태를 혼합하여 제조한 밥은 SDI와 RAG 값의 저하를 초래하였으며 이러한 경향은 보리와 서리태를 함께 혼합한 혼합밥에서 더욱 현저하였다. Aarathi 등(2003)은 혼합곡류로 제조한 인도의 전통음식인 roti에서 영양적으로 중요한 전분분획 함량을 측정하고 결과 둘 혹은 세 가지 곡류혼합물로 만든 roti는 높은 SDS, 낮은 RAG와 SDI 등 바람직한 영양적 품질요소를 초래한다고 하였으며 이로부터 곡류혼합물의 사용이 당뇨병과 고지혈증에서 보여 지는 대사증후군을 증진시키는데 이롭다는 것을 제시하였다.

4. 밥의 색도

밥의 종류에 따른 색도를 측정한 결과는 <Table 5>와 같다. L 값(백색도)은 쌀밥이 78.43으로 가장 높은 반면

<Table 5> L, a and b values¹⁾ of different bap (cooked rice)

Type of bap	Color values			ΔE
	L	a	b	
Ri	78.43 ± 0.03 ^d	-2.00 ± 0.01 ^a	0.38 ± 0.02 ^a	0.00
RiBa	76.95 ± 0.37 ^c	-1.66 ± 0.08 ^b	2.78 ± 0.68 ^c	1.66
RiSo	57.18 ± 0.18 ^a	4.42 ± 0.03 ^d	0.75 ± 0.04 ^{ab}	21.34
RiBaSo	60.86 ± 1.27 ^b	2.79 ± 0.22 ^c	1.92 ± 1.23 ^{bc}	18.20

¹⁾ Values are mean ± SD of 3 replicates.

Means with different letters within the same column are significantly different at p<0.05.

Ri-Rice, Ba-Barley, So-SoRiTae

서리태밥이 57.18로 가장 낮은 값을 보였으며, a 값(적색도)은 서리태밥이 4.42로 가장 높은 반면 쌀밥이 가장 낮은 것으로 나타났다(p<0.05). b 값(황색도)은 보리밥이 가장 높게 나타났으며, 그 다음이 보리를 포함한 혼합밥에서 높았는데(p<0.05), 이는 보리의 겉표면이 황색을 띠기 때문이라 생각된다. 이러한 결과는 서리태의 배합비율이 높을수록 L 값은 감소하고, a 값은 증가하였으며, b 값은 감소하여 전체적으로 혼합 잡곡밥의 색이 짙어진다는 Lim 등(2003)의 연구결과와 일치하였다. 서리태가 들어간 밥의 색도 변화가 큰 이유는 서리태의 주 색소인 안토시아닌계 때문이라고 생각되는데, Bae & Moon(1997)은 서리태의 항산화효과의 차이는 서리태 껍질의 주요 색소인 안토시아닌 함량과 높은 관련성이 있다고 하였다.

5. 밥의 관능적 특성

밥의 종류에 따른 관능적 특성을 측정한 결과 <Table 6>에서와 같이 단맛을 제외한 모든 특성들에 있어 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 색은 서리태밥이 가장 높았으며 서리태를 포함한 혼합밥에서도 높게 나타났다. 윤기는 밥알 표면이 반짝거리는 정도로서 쌀밥이 가장 높은 반면 혼합밥에서는 낮게 나타났는데(p<0.05), 이는 보리와 서리태가 갖는 겉표면에서의 차이 때문이라 생각된다. 단맛은 서리태밥이 가장 높았고 혼합밥이 가장 낮았으나 유의적인

<Table 6> Sensory properties¹⁾ of different bap (cooked rice)

Sensory properties	Ri	RiBa	RiSo	RiBaSo
Color	1.53 ± 0.75 ^a	3.15 ± 0.59 ^b	7.75 ± 0.64 ^d	5.73 ± 0.68 ^c
Glossiness	7.60 ± 1.90 ^b	5.80 ± 1.51 ^a	5.75 ± 1.74 ^a	4.93 ± 1.20 ^a
Sweet taste	5.60 ± 1.54 ^a	5.33 ± 1.52 ^a	5.73 ± 1.39 ^a	5.20 ± 1.50 ^a
Wetness	5.98 ± 1.56 ^{ab}	5.07 ± 1.57 ^a	6.30 ± 1.49 ^b	5.27 ± 0.84 ^a
Roughness	3.30 ± 0.97 ^a	4.83 ± 1.71 ^b	4.45 ± 1.64 ^b	5.18 ± 1.13 ^b
Hardness	3.53 ± 1.53 ^a	6.00 ± 1.68 ^b	3.93 ± 1.65 ^a	5.70 ± 1.26 ^b
Stickiness	5.50 ± 2.25 ^{ab}	4.45 ± 1.35 ^a	6.50 ± 1.24 ^b	5.05 ± 1.66 ^a

¹⁾ Values are mean ± SD of 2 replicates.

Means with different letters within the same row are significantly different at p<0.05.

Ri-Rice, Ba-Barley, So-SoRiTae

<Table 7> Pearson's correlation coefficients between sensory and physicochemical properties¹⁾ of different *bap* (cooked rice)

Sensory properties	Physicochemical properties				
	Moisture content	L-value	a-value	b-value	RS content
Color	.258	-.963**	.974**	-.059	.308
Glossiness	.271	.603	-.567	-.529	-.746*
Wetness	.412	-.290	.350	-.832*	-.647
Roughness	-.444	-.475	.432	.694	.813*
Hardness	-.440	.003	-.069	.949**	.816*
Stickiness	.525	-.578	.636	-.795*	-.484

¹⁾ * p<0.05, ** p<0.01

차이는 없었다. 촉촉함과 접착성은 서리태밥에서 모두 높은 값을 보였는데(p<0.05) 이들 특성들은 서리태의 팽윤력 및 수분 결합능력과 관련이 있는 것으로 보고되었다(Lee 등 2001). 밥의 경도는 수분함량이 높게 나타난 쌀밥과 서리태밥에서 낮게 나타났는데(p<0.05), 이러한 결과는 수분 함량이 증가함에 따라 경도가 유의적으로 감소하였다는 연구결과와 같은 경향을 나타내었다(Kim 등 1995). 거칠음성은 혼합밥에서 높게 나타났는데(p<0.05), 이는 보리와 서리태가 혀에서 감지되는 표면의 느낌이 쌀밥보다 더 거칠기 때문인 것으로 생각된다.

한편 밥의 종류에 따른 이화학적 특성과 관능적 특성간의 상관관계를 알아본 결과는 <Table 7>과 같다. 수분함량이 높을수록 촉촉함과 접착성이 높은 것으로 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 색도계로 측정된 L 값은 관능적 특성의 색과 음의 상관관계를 보인 반면, a 값은 양의 상관관계를 나타내었다(p<0.01). RS 함량은 윤기와 음의 상관관계를 보였고, 거칠음성과 경도와는 양의 상관관계를 나타내어 RS 함량이 높을수록 밥의 윤기가 낮고 거칠음성과 경도가 높은 것으로 나타났(p<0.05). 한편 <Table 4>에서 밥의 RS 함량이 높을수록 SDI가 낮았으므로, 밥의 경도가 높을수록 SDI는 낮을 것으로 생각된다. Ezeogu 등 (2005)은 전분분해에 대한 수수 배아 조직감의 영향에 대한 연구에서 단단한 부위의 배아(vitreous endosperm)로부터 제조한 수수가루가 가루가 되기 쉬운 부위의 배아(floury endosperm)로부터 제조한 가루의 전분분해보다 낮았다고 하였다.

IV. 요약 및 결론

쌀에 보리 혹은 서리태를 혼합하여 여러 종류의 밥을 취반하고, 밥의 종류에 따른 수분, 조단백질, 아밀로즈 함량, TS, RDS, SDS, RS와 같은 전분분획 함량, *in vitro* 단백질 분해율 그리고 색도와 같은 이화학적 특성 및 관능적 특성을 측정된 결과는 다음과 같다. 수분함량은 서리태밥이 63.9%로 가장 높았으며 다른 밥들은 62.7-63.0%의

범위의 유사한 함량을 나타내었다. 조단백질 함량은 서리태밥이 가장 높았으며 쌀밥이 가장 낮았다(p<0.05). 아밀로즈 함량은 보리밥이 가장 높았으며(p<0.05), *in vitro* 단백질 분해율은 혼합밥이 가장 높은 반면 쌀밥이 가장 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. 밥의 종류에 따른 전분분획 함량을 측정된 결과 쌀에 보리 혹은 서리태를 혼합하면 RDS 함량은 감소하고 SDS와 RS 함량은 증가하는 것으로 나타났으며 이러한 경향은 특히 보리와 서리태를 함께 혼합한 밥에서 더욱 현저하였다. 상대적인 전분분해 속도에 대한 한 척도인 SDI와 혈당반응의 예측치인 RAG 값도 쌀에 보리 혹은 서리태 혼합에 의해 감소하였다. 여러 밥의 색도는 서리태를 혼합한 밥에서 L 값이 가장 낮은 반면 a 값이 가장 높았으며, b 값은 보리를 혼합한 밥에서 가장 높았다(p<0.05). 밥의 종류에 따른 관능적 특성을 측정된 결과, 단맛을 제외한 모든 특성들에 있어 유의적인 차이를 나타내었다(p<0.05). 밥의 종류에 따른 이화학적 특성과 관능적 특성간의 상관관계를 알아본 결과, 색도계로 측정된 L 값은 관능적 특성의 색과 음의 상관관계를 보인 반면 a 값은 양의 상관관계를 나타내었다(p<0.01). RS 함량은 윤기와 음의 상관관계를 보였고, 거칠음성과 경도와는 양의 상관관계를 나타내었다(p<0.05).

이상의 결과로부터 쌀에 보리와 서리태를 혼합한 밥은 상당량의 RS와 SDS를 함유하며 또한 RDS와 RAG의 감소로 인하여 당뇨병과 고지혈증 환자에게 영양적으로 바람직할 것으로 생각된다.

■ 참고문헌

권대영, 양혜정. 2003. 전통밥의 연구 및 산업화 동향. *식품기술* 16(2): 38-76

윤서석. 1999. 우리나라 식생활문화의 역사. 신광출판사. 서울. p 355

홍석모, 이석호 역주. 1991. *동국세시기*. 동문선. 서울. p.46

A.O.A.C. 1990. *Official Methods of Analysis*, 5th edition. Association of official analytical chemists. Washington DC.

Asp NG. 1995. Classification and methodology of food carbohydrates as related to nutritional effects. *Am J. Clin Nutr Suppl.*, 61:930S-937S

Aarathi A, Urooj A, Puttaraj S. 2003. *In vitro* starch digestibility and nutritionally important starch fractions in cereals and their mixtures. *Starch/Stärke*, 55:94-99

Bae EA, Moon GS. 1997. A study of the antioxidative activities of Korean soybean. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.*, 26:203-208

Eliasson AC. 1996. *Carbohydrate in foods*. University of Lund. Sweden. Marcel Dekker, Inc. p 534

Englyst HN, Anderson V, Cummings JH. 1983. Starch and non-starch polysaccharides in some cereal foods. *J. Sci Food Agric.*, 34:1434-1440

- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J. of Clin Nutr.*, 46(2):33-50
- Englyst HN, Veenstra J, Hudson GJ. 1996. Measurement of rapidly available glucose(RAG) in plant foods: a potential *in vitro* predictor of the glycemic response. *Br J. Nutr.*, 75:327-337
- Ezeogu LI, Duodu KG, Taylor JRN. 2005. Effects of endosperm texture and cooking conditions on the *in vitro* starch digestibility of sorghum and maize flours. *J. Cereal Science*, 42:33-44
- FAO/WHO. 1990. Protein quality evaluation (Report of a joint FAO/WHO expert consultation held in Bethesda, MD, USA, Dec. 1989). FAO. Rome. Italy
- Gahlawat P, Sehgal S. 1998. Protein and starch digestibility and mineral availability of products developed from potato, soy and corn flour. *Plant Foods Hum Nutr.*, 52(2):151-160
- Hill MJ. 1995. Mini-symposium: dietary fibre, butyrate and colorectal cancer. *Eur J. of Cancer Prevention*, 4:341-378
- Hsu HW, Vavak DL, Satterlee LD, Miller GA. 1977. A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *J. Food Sci.*, 42(5):1269-1273
- Hylla S, Gostner A, Dusel G, Anger H, Bartram HP, Christl SU, Kasper H, Scheppach W. 1998. Effects of resistant starch on the colon in healthy volunteers: possible implications for cancer prevention. *Am J. Clin Nutr.*, 67:136-142
- Jenkins DJA, Wolever TMS, Taylor RH, Barker H, Fielder H, Baldwin JM. 1981. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J. of Clin Nutr.*, 34:362-366
- Juliano BO. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci Today*, 16(10):334-338
- Kim KS, Kim MJ, Lee KA, Kwon DY. 2003. Physico-chemical properties of Korean traditional soybeans. *Korean J. Food Sci Technol.*, 35(3):335-341
- Kim WJ, Chung NY, Kim SK, Lee AR, Lee SK, Ha YC, Baik MY. 1995. Sensory characteristics of cooked rices differing in moisture contents. *Korean J. Food Sci Technol.*, 27(6):885-890
- Kim YS, Lee GC. 2006. A survey on the consumption and satisfaction degree of the cooked rice mixed with multi-grain in Seoul · Kyeonggi and Kangwon area. *Korean J. Food Culture*, 21(6):661-669
- Kim YS, Park SR, Lee YS, Chung H, Koh KO, Kim HS. 2005. Determination of tocopherol and tocotrienol contents in rice cooked with various cereals. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.*, 34(8):1289-1292
- Kum JS, Lee CH, Baik KH, Lee SH, Lee HY. 1995. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. *Korean J. Food Sci Technol.*, 27:365-369
- Lee JH, Kim SS, Suh DS, Kim KO. 2001. Effects of storage form and period of refrigerated rice on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Korean J. Food Sci Technol.*, 33(4):427-436
- Lim SB, Kang MS, Jwa MK, Song DJ, Oh YJ. 2003. Characteristics of cooked rice by adding grains and legumes. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.*, 32(1):52-57
- Min BK, Hong SH, Shin MG, Jung J. 1994. Study on the determination of the amount of added water for rice cooking by extrusion test of cooked rice. *Korean J. Food Sci Technol.*, 26(1):98-101
- Mun SH, Baik MY, Shin MS. 1997. Effect of amylose content on the physical properties of resistant starches. *Korean J. Food Sci Technol.*, 29(3):516-521
- Negi A, Boora P, khetarpaul N. 2001. Starch and protein digestibility of newly released moth bean cultivars: Effect of soaking, dehulling, germination and pressure cooking. *Nahrung/Food*, 45(4):251-254
- Oh GS, Na HS, Lee YS, Kim K, Kim SK. 2002. Texture of cooked milled added waxy black rice and glutinous rice. *Korean J. Food Sci Technol.*, 34(2):213-219
- Rosario S, Jayashree A. 2000. Effect of domestic processing methods on the starch, non-starch polysaccharides and *in vitro* starch and protein digestibility of three varieties of rice with varying levels of amylose. *Food Chem.*, 70:107-111
- Themieier H, Hollmann J, Neese U, Lindhauer MG. 2005. Structural and morphological factors influencing the quantification of resistant starch II in starches of different botanical origin. *Carbohydrate Polymer*, 61:72-79
- Vasanthan T, Gaosong J, Yeung J, Li J. 2002. Dietary fiber profile of barley flour as affected by extrusion cooking. *Food Chem.*, 77(1):35-40
- Velasco ZI, Rascon A, Tovar J. 1997. Enzymic availability of starch in cooked black beans (*Phaseolus vulgaris L.*) and cowpeas (*Vigna sp.*). *J. Agric Food Chem.*, 45:1548-1551
- Wolf BW, Bauer LL, Fahey GC. 1999. Effects of chemical modification on *in vitro* rate and extent of food starch digestion: An attempt to discover a slowly digested starch. *J. Agric Food Chem.*, 47:4178-4183