

# 쌀의 기능성

하 태 열

(한국식품연구원 식품기능연구본부)

쌀은 우리나라 식생활의 근본을 이루며 우리의 식문화를 형성하여 왔으나 쌀의 자급자족이 어려웠던 1970년대 절미운동, 밀 분식 장려 등으로 밀의 영양을 지나치게 강조함으로써 쌀의 영양에 대한 그릇된 인식이 확산되어 왔다. 근년의 역학조사결과에 의하면 쌀의 섭취는 계속 감소하는 반면 지방의 섭취량이 급격하게 증가되고 있다. 이러한 식생활 패턴의 변화와 함께 각종 성인병이 증가되어 국민건강을 위협하고 있다. 한편 미국을 비롯한 서구에서는 성인병 예방의 일환으로 쌀밥중심의 식생활에 관심을 기울이고 있으며 쌀에 대한 영양학적 연구도 상당히 활발하게 이루어지고 있다. 근년의 연구발표들에 의하면 쌀에는 영양 성분뿐만 아니라 다양한 유효성분이 함유되어 있어 각종 생리활성을 나타내는 것으로 보고되고 있다. 따라서 본고에서는 그 동안 연구된 쌀의 영양 및 기능성에 관한 연구결과들을 중심으로 우리의 주식인 쌀의 영양학적, 기능적 우수성에 대하여 검토해 보고자 한다.

## 1. 쌀의 영양성분 및 기능성분

쌀의 일반 영양성분은 쌀의 품종, 재배지역 등에 따라 다소 차이는 있으나 백미의 경우 가식부 100g당 76.8g이 당질이고 단백질이 6.8g, 지방이 1.0g, 조섬유가 0.4g등으로 구성되어 있고 회분 함량은 약 0.5 mg/100g이 함유되어 있으며 무기질로서는 인과 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 철분이 함유되어 있다. 이 중 마그네슘과 칼륨의 비는 밥맛과도 높은 상관관계를 갖는 것으로 보고되고 있고 특히, 현미와 미강은 무기질의 공급원으로서도 매우 중요하다. 또한 쌀에는 비타민 B<sub>1</sub>(thiamin), B<sub>2</sub>(riboflavin)등 비타민 B복합체가 풍부하게 들어 있으며 비타민 E, 엽산, 니아신 등 인체에 중요한 여러 가지 비타민과 식이섬유의 공급원으로서도 중요한 역할을 한다. 뿐만 아니라 백미중의 소화 흡수되지 않는 전분(enzyme resistant starch)도 식이섬유와 유사한 작용을 하는 것으로 최근 보고되고 있다.

### 가. 쌀 단백질

쌀은 단백질의 공급원으로서도 중요하다. 쌀에는 6-8%의 단백질이 함유되어 있으며 글루텔린(glutelin)이 쌀단백질의 주성분으로서 60~67%를 차지하고 있고 글로블린과 알부민, 프롤라민도 소량 함유되어 있다. 쌀에는 다른 곡류에 비하여 단백질함량은 적지만 아미노산의 분포에 있어서 필수 아미노산인 리진(lysine) 함량은 옥수수, 조, 밀가루보다 약 2배 정도 더 높다. 그리고 백미와 다른 곡류의 아미노산가를 비교하여 보면 백미는 옥수수, 밀가루 등에 비하여 현저히 높다. 즉 백미의 아미노산가는 65이고 밀가루(박력분)는 44, 옥수수는 32이다. 이와 같이 쌀은 다른 곡류에 비하여 양질의 단백질을 갖고 있는 것이다. 쌀단백질은 혈중 콜레스테롤, 중성지방 농도를 감소시킨다. 흰쥐에게 각종 식이단백질을 급여하여 혈액중 콜레스테롤, 중성지방, 인지질의 농도를 측정 한 Sugano등의 연구에 의하면 쌀단백질 투여군은 카제인, 생선단백질, 콩단백질 등에 비하여 혈중 콜레스테롤, 중성지방 농도가 현저히 감소하였다고 보고하고 있다.

## 나. 쌀 식이섬유

특히 현미에 함유되어 있는 식이섬유인 헤미셀룰로오스는 체내 콜레스테롤수준을 감소시킬 뿐만 아니라 변비를 예방하는 효과가 있는 것으로 보고되어 있으며 헤미셀룰로오스를 효소 처리하여 생성되는 아라비녹시란은 면역력을 증가시키고 암예방 효과도 기대된다고 보고되어 있다. 또한 쌀 식이섬유의 일종인 피틴산(phytic acid, IP<sub>6</sub>)도 체내 면역력을 증가시키고 유방암과 대장암의 예방에 효과적인 것으로 보고가 되고 있다. 예를 들면 7,12-dimethylbenz(a)anthracene 유발 대장암 모델에서 0.4% IP<sub>6</sub> 첨가는 암의 발생률, 1마리당 암 발생수 등이 대조군에 비하여 유의하게 감소하였고, F344 rat을 이용한 Azoxymethane(AOM) 유발 대장암 모델에서도 0.1% IP<sub>6</sub> 첨가는 대장암 발생빈도를 유의하게 감소시켰고 1%IP<sub>6</sub> 첨가시는 그 효과가 더 높게 나타나 농도의존성을 나타내었다고 보고되어 IP<sub>6</sub>는 대장암 예방에 효과적인 것으로 보고되고 있다. 그 외에도 전분식품중의 enzyme resistant starch는 대장에서 혐기적으로 발효되어 단쇄지방산(short-chain fatty acids)을 생성하며 이 발효 생성물들은 지질대사, 당대사, 대장암 등에 좋은 효과를 나타내는 것으로 보고되어 있다.

## 다. 쌀의 지용성 유효성분 (tocols, oryzanol 및 phytosterol)

쌀의 지용성 성분으로서 생리적이능이 높은 지용성 비타민, 특히 각종의 tocols와 octacosanol, squalene, 각종의 phytosterol 및 gamma-oryzanol을 함유하고 있다. tocols는 vitamin E군에 속하는 tocopherol 과 tocotrienol을 총칭한 말로서 쌀, 보리, 옥수수, 밀과 같은 여러 종류의 곡류에 함유되어있는 지용성 물질이며 쌀에도 tocopherol 뿐만이 아니라 tocotrienol이 매우 높게 함유되어 있다. 최근의 연구결과에 의하면 tocotrienol은 생체내 항산화성, 항암효과, cholesterol 감소효과 등 생리적이능성이 우수한 것으로 보고되고 있다. Tocotrienol은 기존 tocopherol 구조의 isopren unit에 이중결합이 3개 존재하는 구조를 갖고 있으며 이들의 생리적 기능에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 또한 기존의 tocopherol은 α-형태가 β-, γ-, δ- 형태보다 생체내 기능이 뛰어난 것으로 알려져 있지만 tocotrienol의 경우에는 현재까지는 γ-형태가 가장 생리적 기능이 뛰어난 것으로 보고되어 있다. 쌀에 있어서 tocopherol은 α가 가장 많고 tocotrienol은 γ-tocotrienol이 가장 높게 함유되어 있다. 뿐만 아니라 γ-oryzanol은 강한 항산화제로 알려져 과산화 지질생성억제, 활성산소 소거능, 콜레스테롤상승억제능, 뇌기능 조절작용등이 보고되고 있다. Phytosterol은 plant sterol (식물성 스테롤)이라고도 불리어지고 있고, 인체 내 다양한 효능을 갖고 있으며 특히, 생체 내 LDL-cholesterol의 함량을 감소시키는 것으로 알려져 있다. 쌀에 함유되어 있는 주된 phytosterol은 β-sitosterol, campesterol, stigmasterol이며 다른 곡류 유래 식물성 sterol에는 거의 함유되어 있지 않는 cycloartenol 과 24-methylcycloartanol이라는 특이한 sterol을 함유하고 있다. 쌀에는 이밖에도 스테미나 증진, 지구력 향상 등의 생리활성을 갖고 있는 고급알콜류인 옥타코사놀과 호르몬의 전구체로서 생리적 역할을 담당하는 스쿠알렌도 상당량 함유되어 있다.

## 라. Phenolic compound

쌀에 함유되어 있는 주요 phenolic compound는 ferulic acid, p-coumaric acid, benzoic acid 등의 hydrocinnamic acid류이다. 이들 페놀산들은 일부가 유리형으로 존재하고 대부분은 세포벽 다당체와 리그난에 ester 혹은 ether 결합상태이며 항산화 활성을 통하여 여러 가지 생리기능성을 발휘한다고 보고되었다. 특히 쌀과 미강의 주요 페놀산인 ferulic acid는 LDL- 콜레스테롤의 산화 억제, radicals에 의한 세포손상 보호등 항산화 효과가 우수할 뿐만 아니라 항돌연변이 활성, UV 조사에 대한 피부 보호활성, 당뇨 유도 쥐의 혈중 지질 개선효과 등 여러 생리활성이 보고되었다.

## 2. 쌀의 기능적 우수성

쌀의 기능적 우수성에 관한 연구결과들을 보면, 우리의 주식인 쌀에 있어서도 콜레스테롤 저하효과, 항산화, 혈압조절, 당뇨병 예방, 암예방 효과 등을 기대할 수 있으며 구체적인 내용들을 보면 다음과 같다.

### 가. 콜레스테롤 저하효과

혈중 콜레스테롤 농도는 동맥경화를 원인으로 하는 심질환 발생의 주요 위험인자로 인식되어 있으며 이는 식이성분에 의해서도 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 우리의 주식인 쌀은 당질급원으로만 인식되어 왔으나 근년에는 쌀의 생리적 기능에 대한 연구가 미강을 중심으로 활발해지고 있고, 그 중에서도 쌀의 콜레스테롤 저하작용에 관하여 현미 또는 미강을 중심으로 많은 보고가 있으며 또한 최근에는 백미 및 현미에 있어서도 콜레스테롤 저하효과가 있는 것으로 보고되고 있고 특히 쌀에서 분리된 쌀 단백질은 고지혈증 개선효과가 뚜렷한 것으로 보고되어 있다.

#### 1) 쌀 및 쌀단백질의 콜레스테롤 저하효과

저자 등은 흰쥐를 이용하여 쌀이 생체내 지질대사에 미치는 영향을 검토하였다. 당질급원으로서 한국인이 주로 섭취하고 있는 쌀(현미, 백미)과 밀, 설탕을 흰쥐에 급여한 후 옥수수전분과 비교 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

우선 혈액중 중성지방과 콜레스테롤 함량을 보면 백미군이 다른 4군에 비하여 유의하게 낮았고 옥수수전분군, 현미군, 밀가루군은 거의 비슷한 값을 보였으며 설탕군이 유의하게 높았다. HDL콜레스테롤에는 당질급원에 따른 차이를 보이지 않았다. 또한, 간장중의 각종 지질 함량을 조사한 결과에 있어서도 총 지질함량은 당질 급원에 따라 통계적 유의차가 없었으나 현미군에서 낮은 경향을 보였다. 중성지방 함량은 현미군에서 다른 4군에 비하여 통계적으로 유의하게 낮은 값을 나타내었고 다른 4군은 거의 비슷한 값을 나타내었다. 총콜레스테롤은 현미, 백미, 밀가루군이 옥수수전분군에 비하여 낮은 값을 보였고 설탕군에 비하여 유의하게 낮았다. 인지질 함량은 밀가루군이 다른 4군에 비하여 유의하게 높았고 다른 4군은 거의 비슷한 경향을 보였다. 특히 간장중에서는 현미식이 설탕군, 옥수수전분군에 비해서 유의하게 낮은 값을 나타내었고 백미보다도 낮은 경향을 보여 현미가 간장중의 지질 축적을 억제시키는 효과가 강한 것으로 보인다.

이상 혈중 및 간장중에서 나타난 결과를 종합 해보면 현미와 백미는 일반적으로 섭취하는 전분질 급원중에서 생체내 지질함량을 낮추는 효과가 있으며 특히 현미에서는 간장중 지질축적을 억제하는 효과가 뚜렷한 것으로 보인다.

한편, 우리나라 국민의 영양섭취실태를 보면 식이단백질의 약 25%를 곡류에서 섭취하고 있는데 그 대부분은 쌀에서 섭취하고 있다. 최근 쌀 단백질의 생리기능 특성에 대해 보고되고 있는 데, 예를 들면, 쌀단백질의 가수분해물이 혈압상승을 억제시키고, 자연발증 유방암 모델 흰쥐를 이용한 실험에서는 쌀단백질이 유방암의 발병을 지연시킨다는 보고들이 있어 동물성 단백질 섭취가 풍부한 지금에는 종래 식물성 단백질로서 부정적인 측면만을 생각해 오던 것과는 달리 건강에 미치는 쌀단백질의 영향에 대해 새롭게 인식되어 가고 있다. 식물성 단백질의 생리적 기능에 관해서는 대두단백질과 지질대사에 관한 연구가 폭넓게 수행되어 왔으나 우리의 주식인 쌀단백질에 대해서는 연구는 거의 전무하였다. 따라서 저자 등은 우리 나라 국민이 매일 섭취하고 있는 쌀단백질이 생체내 지질대사에 미치는 영향을 밝히기 위하여 쌀단백질을 분리하여 흰쥐에게 사육한 후 혈액 및 조직중의 콜레스테롤 함량과 분변중의 지질 및 담즙산의 배설량을 카제인 투여군과 비교 분석하였다. 그 결과, 우선 혈중 지방함량의 변화를 보면 고지방식이를 섭취한 흰쥐에 있어서

고지방식이군은 카제인군에 비하여 낮은 값을 나타낸 반면, HDL-콜레스테롤 함량은 쌀단백질군이 카제인군에 비하여 높은 경향을 나타내었다. 간장중 총지질함량은 쌀단백질군이 카제인군에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었고 간장 중성지방 및 콜레스테롤함량도 총지질함량과 같은 경향으로 쌀단백질군이 카제인군에 비하여 유의하게 낮은 값을 나타내었으며 쌀단백질의 첨가량이 높아질 수록 간장중의 콜레스테롤 축적량이 유의하게 감소하였다. 분변중의 지질 및 담즙산 배설량을 조사한 결과 총지질함량 및 중성지방의 배설량은 쌀단백질군이 카제인군에 비하여 약간 높은 경향을 나타내었고 특히, 콜레스테롤 배설량은 쌀단백질군이 카제인군 보다 유의하게 높은 값을 보였다. 담즙산의 배설량도 콜레스테롤과 같이 쌀단백질군이 카제인군보다 그 배설량이 유의하게 많았으며 쌀단백질의 첨가량이 많을 수록 담즙산 배설량도 증가하였다.

이상의 결과로서는 쌀단백질이 체내 지질 특히 콜레스테롤 상승을 억제시키는 효과는 쌀단백질이 콜레스테롤과 중성지방 및 담즙산의 분변중 배설을 증가시킴으로서 일부 영향을 받는다고 사료되나 그 작용기작에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다.

## 2) 미강의 콜레스테롤 저하효과

미강중에는 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 이는 실험동물에서 뿐만 아니라 사람을 대상으로 한 임상실험(Sharma and Rumiki 1986)에서도 확인되어 있다. 예를 들면, Kahlon (1989)등은 고콜레스테롤 혈중 햄스터에게 미강을 주어 3주간 사육한 결과 혈중 및 간장에서 콜레스테롤 저하효과가 현저하였다고 보고하고 있다. 또한 Sharma와 Rumiki(1986)의 연구에 의하면 흰쥐에게 미강유를 식이의 10%로 첨가하였을 때 혈중 총콜레스테롤, LDL콜레스테롤, VLDL콜레스테롤은 유의하게 감소하였고 HDL콜레스테롤은 반대로 증가하였다고 한다. 이외에도 오리자놀, 왁스와 같은 미강유 추출분획들도 흰쥐에서 체내 콜레스테롤 저하효과를 나타내고 있으며 이러한 미강 및 미강유의 콜레스테롤 저하효과는 흰쥐, 햄스터 뿐만 아니라 원숭이에서도 다양하게 검토되어 있다. 뿐만 아니라 동물실험에서의 이러한 효과들은 임상실험에 있어서도 분명하게 나타나 있다. 고지혈증 환자에게 6주간 미강을 주었더니 혈중 총콜레스테롤, LDL콜레스테롤, VLDL콜레스테롤이 감소하는 반면 HDL콜레스테롤은 증가하였다는 보고가 있으며, Raghuram등의 연구에서는 고콜레스테롤, 고중성지방 혈증을 나타내는 사람에게 미강유를 1개월간 섭취시켰을 때 혈중 콜레스테롤 및 중성지방농도가 현저히 감소하였다. 이외에도 사람에게 미강식이를 공급하였을 때 총콜레스테롤에 대한 HDL-콜레스테롤의 감소, LDL-콜레스테롤의 저하, total-콜레스테롤의 저하등이 보고되어 있다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때 미강에는 생체내 콜레스테롤을 저하 효과가 있는 것은 확실하다. 그러나 미강의 이러한 콜레스테롤 저하작용의 메카니즘, 또는 활성을 나타내는 성분에 대해서는 몇몇 단편적인 보고(Gerhardt and Gallo, 1989, Hegsted, 1990)가 있을 뿐이다. 예를 들면 Ayano등은 미강중의 헤미셀룰로오스를 분리하여 흰쥐에게 급여한 결과 혈청 콜레스테롤 상승억제효과를 나타내었으며 이는 담즙산의 배설을 촉진함으로써 혈청 콜레스테롤 상승을 억제한 것으로 추정하고 있다. 이밖에 미강에서 콜레스테롤 저하효과를 가지는 인자들로서는  $\gamma$ -oryzanol, 불포화지방(unsaturated fat), tocotrienol,  $\beta$ -sitosterol 등이 제안되고 있다. 특히 tocotrienol의 cholesterol lowering effect가 잘 알려져 있고 동물실험 뿐만 아니라 임상실험에서도 그 효과가 입증되고 있으며 작용기작중의 하나로서는 콜레스테롤 생합성 효소인 HMG-CoA reductase 활성 억제가 알려져 있다.

## 나. 항산화 효과

쌀 특히 현미중에는 비타민 E나  $\gamma$ -oryzanol, tocotrienol, ferulic acid과 같은 강한 항산화제가 다량 함유되어 있다. 쌀의 지방은 대부분이 산화되기 쉬운 불포화지방산으로 구성되어 있으나 쉽게 산화되지 않는 것은 이

들이 존재하기 때문이다. 또한 이러한 항산화제는 인체내에서는 생체막의 손상이나 지질의 과산화를 억제하여 노화방지에도 중요한 역할을 한다.

비타민 E의 건강에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구가 되어 있다. 즉 비타민 E는 혈소판 응집을 방지하고 혈액순환을 촉진시키며 인체내에서 생긴 free radical을 제거하여 노화를 억제시키며, 또한 혈중 저밀도 지단백 콜레스테롤(LDL cholesterol)을 감소시키고 고밀도지단백 콜레스테롤(HDL cholesterol)을 증가시켜서 동맥경화증 예방에도 유효하다. 특히, Suarna 등은 쌀의 tocotrienols가 흰쥐 및 사람의 liprotein의 지질과산화를 유의하게 억제한다고 보고하고 있으며 또한  $\alpha$ -tocotrienol은 흰쥐 간장 microsomal membranes 계에서  $Fe^{2+}$ -ascorbate 유발 과산화 지질생성 억제능이  $\alpha$ -tocopherol에 비하여 40배 이상 높게 나타난다고 보고하고 있다. 앞에서도 언급한 바와 같이 쌀에는 tocotrienols 이외에도 ferulic acid, gamma-oryzanol과 같은 강한 항산화제가 함유되어 있다.

### 다. 혈압 조절 효과

최근에 백미 또는 미강중의 단백질 분해산물중에서 혈압상승에 관련되는 효소(Angiotensin converting enzyme)의 활성을 저해하는 펩타이드(angiotensin converting enzyme inhibitor)가 류 등에 의하여 분리되어 백미 및 미강이 혈압상승을 억제하는 효과가 기대되고 있다. 한편, 쌀을 홍국균으로 발효시킨 홍국미는 체내 콜레스테롤 생합성을 억제하는 것으로 밝혀져 홍국미로부터 콜레스테롤 강하제를 개발하여 이미 시판되고 있으며 홍국미추출물을 자연발증 고혈압쥐(SHR)에게 투여하였을 때 혈압이 유의하게 감소하였다는 보고와 사람을 대상으로 한 임상실험에서도 홍국미추출물은 고혈압 환자의 혈압조절에 효과적이라는 보고도 있다. 그러나 이러한 유효성분의 함량은 홍국균의 종류와 배양조건 등에 따라 현저히 차이가 나며 유효성분의 함량을 높이기 위해서는 균주선택 및 배양조건이 매우 중요한 것으로 알려져 있다. 또한 현미를 받아서 키면  $\gamma$ -aminobutyric acid(GABA)가 급격히 증가하여 혈압조절에 효과적인 것으로 보고되고 있다. GABA가 강화된 쌀배아를 자연발증 고혈압쥐(SHR)에게 10% 첨가하였더니 혈압상승이 유의하게 저하하였다는 보고가 있으며 고혈압 환자를 대상으로 한 임상실험에 있어서도 GABA가 강화된 배아는 고혈압을 개선시키는 것으로 나타났다.

### 라. 쌀밥과 당뇨조절

당질을 섭취하면 일정시간 동안은 혈당량과 인슐린 분비량이 증가한 후 다시 감소하여 공복상태의 일정 농도를 유지한다. 이때 그 증가패턴이 너무 급격하면 당뇨병환자의 경우 증세를 악화시키며 건강인에게 있어서도 체내 나쁜 영향을 초래한다. Crapo등은 비인슐린 의존형 당뇨병 환자에게 쌀밥과 감자, 식빵을 각각 섭취시킨 후 식후의 혈당 및 인슐린 반응에 미치는 영향을 연구한 결과, 쌀밥을 섭취한 경우는 식빵, 감자에 비하여 인슐린 분비가 훨씬 낮게 나타났으며 혈당도 낮게 나타났다. 또한 그들은 건강한 성인에게도 감자, 식빵, 옥수수 등을 각각 섭취시킨 후 식후 혈당 및 인슐린 반응(postprandial glucose and insulin response)의 변화를 조사한 결과 감자, 식빵, 옥수수는 급격한 증가를 보이는 반면 쌀밥은 완만한 증가를 보였다. 또한 쌀의 섭취 형태에 따라서도 혈당량 및 인슐린 분비량이 달라진다. 그 예로서 백미, 현미, 백미가루, 현미가루를 섭취시킨 후 postprandial glucose와 insulin 반응을 조사하면 현미와 백미(whole type)를 섭취하였을 때는 현미가루 및 백미가루(ground type)에 비하여 훨씬 낮은 반응을 보였다. 또한 쌀을 죽의 형태와 밥의 형태로 섭취하고 식후 혈당량과 인슐린 분비량의 양상을 비교하면 죽의 경우는 포도당(glucose)을 섭취한 때와 같이 혈당량과 인슐린 분비량이 높으나 밥의 경우는 혈당량과 인슐린 분비량이 훨씬 낮게 나타났다. 죽이나 떡의 형태보다는 밥의 형태가 혈당량의 급격한 증가와 인슐린 분비를 억제한다. 또한 Miller등은 쌀

및 쌀가공품을 건강한 성인에게 섭취시킨 결과 아밀로오스 함량에 따라서도 혈당지수가 다르게 나타나며 아밀로오스 함량이 높은 쌀이 혈당지수가 낮은 것으로 나타났다.

#### 마. 돌연변이억제, 암예방 효과

전등은 쌀의 돌연변이 억제효과를 검토하기 위하여 백미 및 현미를 메탄올로 추출하여 각종 돌연변이 유발원에 대한 돌연변이 억제효과를 Ames test 등으로 조사하였다. 그 결과 백미 및 현미 메탄올 추출물은 Ames test에서 간접변이원인 Trp-P-1, Trp-p-2에 대하여 약 90% 이상의 억제효과를 나타내었고 메탄올 추출물의 농도가 증가함에 따라 돌연변이 억제효과도 증가하였다. 백미와 현미간의 돌연변이 억제효과를 비교해 본 결과 Trp-P-1, Trp-P-2에 의한 돌연변이억제에는 차이가 없었으나 직접변이원인 4-NQO에 의한 돌연변이에는 백미보다 현미에서 유의하게 높은 효과가 나타났다고 보고하고 있다. 이러한 쌀의 항돌연변이 효과는 쌀을 가공처리하였을 때에도 활성이 소실되지 않는 것으로 보고되어 있다. 즉, 백미를 밥, 백설기, 미숫가루 형태로 가공처리하여 항돌연변이원성을 조사한 결과 이러한 가공처리시에도 항돌연변이 효과가 확인되어 쌀의 항돌연변이효과는 가공안정성이 있는 것으로 확인되었다. 또한, 쌀에 함유되어 있는 IP6도 대장암을 예방하는 것으로 보고되어 있고 아라비녹시란 등도 암세포의 증식을 억제하고 면역력을 증가시킴으로서 암 예방효과가 있는 것으로 보고되어 있다.

### 3. 흑미의 기능적 우수성

흑미의 효능으로서는 강한 항산화 작용이 있는 것으로 알려져 있는 데, 실제 시중에서 유통되고 있는 흑미를 추출하여 산화적 스트레스에 의하여 유도되는 과산화 지질생성에 미치는 영향을 조사한 결과를 보면 수원 415, 길림흑미, 흑진주미 등에서는 산화적 스트레스에 의한 체내 과산화지질 생성을 억제하는 강한 효과가 있으며 특히 길림흑미가 가장 강한 활성을 나타내었다는 보고가 있다. 일본의 Osawa 연구그룹에서도 인디카 형태의 흑미 왕겨에서 강한 항산화 활성이 있음을 밝혔고 그 활성 성분이 cyanidin-3-O-glucoside라고 밝히고 있다. 또한 이러한 효과는 흑미의 품종에 따라서도 차이가 있으나 일반현미의 항산화 효과보다 현저하게 높아 흑미의 장기적인 섭취는 노화예방, 산화적 스트레스에 의한 각종 성인병의 예방에 도움이 될 것으로 기대되고 있다.

또한 인체유래 암세포주의 세포성장에 미치는 흑미 추출물의 영향을 검토한 결과에 의하면 흑미는 특히 위암과 대장암의 세포성장을 억제하는데 매우 효과적인 것으로 밝혀졌고 이러한 효과는 인체유래 정상세포에는 세포성장을 거의 억제하지 않고 암세포주에만 선택적으로 작용하는 것으로 나타나 그 효과가 주목되고 있다. 또한 동물실험결과에 의하면 흑미에는 강한 간암예방효과도 있는 것으로 보고되고 있으며 DNA 손상을 억제하는 효과도 보고되고 있어 흑미에는 암예방 효과도 기대되고 있다. 이외에도 아직 과학적인 근거가 명확하지는 않으나 흑미에는 혈액순환 개선효과, 고혈압, 면역기능증진 등의 효과도 기대되고 있다.

## 참고문헌

- Crapo, P.A., Reaven, G. and Olefsky, J. : Postprandial plasma-glucose and-insulin responses to different complex carbohydrate. *Diabetes* 26, 1178 (1977).
- Crapo, P.A, Insel, J., Sperling, M.and Kolterman, O.G. : Comparison of serum glucose, insulin and glucagon responses to different types of complex carbohydrate in noninsulin-dependent diabetic patients. *Am. J. Clin. Nutr.* 34,184(1981).
- Jiaratsatit, J.I.T., Keoplung, M., Chumsilp, L.andMangklabruks, A. : Glycemic effects of rice and glutinous rice on type II diabetic subjects. *J.Med.Assoc.Yail.*70,401(1987).
- Cummings, J.H. and Englyst, H.N. : Fermentation in the human large intestine and the available substrates. *Am. J. Clin. Nutr.* 45,1243(1987).
- Bingham, S.A. : Mechanisms and experimental and epidemiological evidence relating fibre and starch to protection against large bowel cancer. *Proc.Nutr.Soc.*49, 153(1990).
- Muir, J.G. and O'Dea, K. : Validation of an in vitro assay for predicting the amount of starch that escapes digestion in the small intestine of humans. *Am.J.Clin.Nutr.*57,540(1993).
- MacLean, C.W., Klein, G.R., Massa, E. and Graham, G.G. : Protein quality of conventional and high protein rice and digestibility of glutinous and non-glutinous rice by preschool children. *J. Nutr.*, 108, 1740(1978)
- Hopkins, D.T. : Effects of variation in protein digestibility. in : protein quality in humans : Assessment and in vitro estimation. Bodwell, C.E., Adkins, J.S., and Hopkins, C.E. eds. pp 169-193, Avi Publishing Co., Inc., Westport, C.T.(1981).
- Clark, H.E., Howe, J.E. and Lee, C.J. : Nitrogen retention of adult human subjects fed a high protein rice. *Am.J.Clin.Nutr.*, 24,324(1971)
- Kahlon, T.S., Saunders, R.M., Chow, F.I., Chiu, M.C. and Betschart, A.A. : Effect of rice bran and oat bran on plasma cholesterol in hamsters. *Cereal Foods World* 34, 768(1989).
- Aoe, S., Ohta, F. and Ayano, Y. : Effect of rice bran hemicellulose on the cholesterol metabolism in rats. *Nippon Eiyu Shokuryo Gakkaishi* 42, 55(1988).
- Shama, R.D. and Rukmini, C. : Rice bran oil and hypocholesterolemia in rats. *Lipids* 21, 715(1986).
- Shama, R.D. and Rukmini, C. : Hypocholesterolemic activity of unsaponifiable matter of rice bran oil. *Indian J. Med. Res.* 85, 278(1987).
- Ayano, Y., Ohta, F., Watanabe, Y. and Mita, K. : Dietary fiber fractions in defatted rice bran and their hypocholesterolemic effect in cholesterol-fed rats. *J. Nutr. Food*, 33, 283(1980).
- Gerhardt, A.L. and Gallo, N.B. : Effect of a processed medium grain rice bran and germ product on hypercholesterolemia. *Amer. Assoc. of Cereal Chemists annual meeting*, Washington, DC, 1989.
- Hegsted, M., Windhauser, M.M., Lester, F.B. and Morris, S.K. : Stabilized rice bran and oat bran lower cholesterol in humans. *FASEB J.*4 : A368, Abstract no. 590(1990).
- Carroll, K.K. and Hamilton, R.G.M. : Effects of dietary protein and carbohydrate on plasma cholesterol levels in relation to atherosclerosis. *J. Food Sci.* 40, 18(1975)
- Kritchewsky, D., Tepper, S.A. and Kitagawa, M. : Experimental atherosclerosis in rabbits fed cholesterol-free diets. *Nutr. Rep. Int.* 7, 193(1973)

- Sugano, M., Ishiwaki, N. and Nakashima, K. : Dietary protein-dependent modification of serum cholesterol level in rats. *Ann. Nutr. Metab.* 28, 192(1984)
- 村元學, 河村幸雄 : 米タンパク質と米タンパク由來抗血壓上昇性ペプチド. *日本食品工業*, 18 (1991)
- 森田達也, 桐山修八 : 高純度米タンパク質の製造とその發カニ抑制作用. *日本營養食糧學會 學術大會 抄録集*, 12, 2A-p3(1993)
- 전향숙, 김인호, 김영진, 김길환 : 쌀추출물의 들연변이 억제효과. *한국식품과학회지*, 26, 188 (1994)
- 김인호, 전향숙, 하태열, 문태화 : 쌀의 들연변이 억제활성에 미치는 가공처리의 영향. *한국식품과학회지*, 27, 944 (1995)
- Qureshi, A.A, Peterson, D.M., Hasler-Rapacz, H., Rapacz, J.; Novel tocotrienols of rice bran suppress cholesterogenesis in hereditary hypercholesterolemic swin, *J. Nutr*, 131, 223 (2001)
- Suzuki, A., Kagawa, D., Hujii A., Ochiai, R., Tokimutsu, I. and Saito, I. : Short- and long-term effects of ferulic acid on blood pressure in spontaneously hypertensive rats, *AJH*, 15, 351 (2002)
- Hirose M., Hukushima S., Imaida, K., Ito N., Shirai, T. : Modifying effects of phytic acid and gamma-oryzanol on the promotion stage of rat carcinogenesis, *Anticancer Res.*, 19, 3665 (1999)



## 쌀의 기능성

교수 신 말 식

(전남대학교 식품영양학과)

우리나라에서 쌀에 대한 관심은 과거의 생산량을 증가하기 위한 정책에서 친환경적인 생산과 고품질의 쌀을 생산하려는 노력이 진행되어 왔다. 최근 쌀에 기능성 소재로 알려진 물질을 코팅하여 기능성 쌀을 제조하려는 연구와 쌀 자체에 기능성을 부여하도록 하는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 일본에서는 초기에 식이섬유와 단백질, 무기질을 개선하기 위한 노력으로 도정을 적게 한 현미를 권장했으나 밥맛이 좋지 않아 소비자의 관심이 증가되지 않자 현미를 발아하여 발아현미를 현미 대용품으로 제시하였고 현미가 발아될 때 생성되는 기능성 물질을 강조함으로써 쌀의 새로운 면을 부여하고 있다. 도정과정 중에 부산물인 배아도 중요한 소재로 활용이 가능하다.

쌀에 함유된 성분 중에 기능성 성분에 대한 부분을 다른 곡류에 비해 단백질이 높은 쌀 단백질을 강조하고 카제인, 생선단백질, 대두단백질보다 혈중콜레스테롤과 중성지방의 농도가 저하되었음을 제시하였다.

쌀 식이섬유 중에 헤미셀룰로오스가 효소 작용으로 아라비녹시란(오탄당의 고분자)이 생성되어 발아현미로 섭취하였을 때 면역증진 효과를 갖는다. 최근 개발된 다이어트쌀은 아밀로오스 함량을 증가시킨 쌀로 저항전분을 포함한다고 발표하고 있다. 피트산은 외피에 함유된 성분으로 무기질의 흡수를 저해하는 물질로 최근 피트산 함량이 낮은 벼 품종을 개발하였으며 쌀이나 대두에 함유된 이노시톨 6인산염(IP6)이 항암효과가 있다는 보고가 있다.

감마 오리자놀( $\gamma$ -orizanone)은 미강과 쌀배아 중에 함유된 성장 촉진 물질인 지용성 유효성분으로 산화방지 효과와 항암효과 등이 있음이 밝혀져 있다. 또한 토코트리엔올은 미강유에 함유된 항산화물질로 비타민 E에 속한다. 쌀에 들어 있는 ferulic acid 등의 항산화작용을 하는 페놀성 화합물도 있다.

위와 같은 성분은 쌀에 함유되어 기능성 역할을 하는데 이를 구분하면 콜레스테롤을 저하시키거나(미강 뿐 아니라 쌀단백질도 작용), 항산화효과(현미 중 비타민 E, 감마오리자놀, 토코트리엔올, ferulic acid 등), 혈압조절효과(백미나 미강단백질의 분해 산물 중 Angiotensin converting enzyme inhibitor가 발견, 발아현미의 GABA), 당뇨 조절(인슐린분비가 낮음 서서히 증가시킴, 다당류나 식이섬유로 조절), 돌연변이억제 및 암예방효과(백미와 현미의 메탄올 추출물에서 나타났으며 가공 안정성이 있으며 IP6, 아라비녹시란도 대장암 억제), 과산화지질 생성 억제효과(흑미의 안토시아닌 색소) 등을 확인할 수 있어 바람직한 기능성 식품으로 자리매김을 할 수 있을 것이다.

또한 밀가루에 함유된 글루텐은 소화장애를 주며 아토피성질환의 원인 단백질이나 쌀단백질은 그렇지 않아 건강 기능성 식품으로 손색이 없다.

쌀의 기능성을 충분히 공급하기 위해서는 현미나 발아현미를 함께 이용하는 것이 좋으며, 쌀의 기능성 소재에 대한 과학적인 연구 결과를 통해 소비자에게 쌀 소비에 대한 올바른 교육이 전해질 수 있도록 해야 할 것으로 생각되었다.