

## 산 · 학 · 연 논문

## 생식의 연구 현황과 전망

김 중 학

(주)이롬 생명과학연구원, 강원대학교 의생명공학과

## The Present State and Future Prospect for Saengshik Research

Joong-Hark Kim

R&amp;D Center, Erom Co., Ltd. and Department of Medical Biotechnology, Kangwon National University

## 서 론

과거는 경제력의 부족으로 영양결핍이 심각한 문제로 대두되었다. 그러나 현대에는 급속한 경제성장과 더불어 서구적 식생활의 유입으로 육류소비의 증가, 불규칙한 식습관과 편식 및 빈번한 패스트푸드와 인스턴트 음식의 섭취로 인한 비만, 당뇨병, 고지혈증 및 심혈관계 질환 등의 대사성 질환이 크게 증가하여 사회적 문제가 되고 있다. 건강에 대한 사회적 관심이 크게 증가하면서 웰빙 트렌드와 더불어 다이어트 붐은 우리 식탁에도 그대로 반영되어 육류소비의 절제와 함께 과일, 채소 등의 다양한 생채식의 섭취가 크게 증가하였으나 바쁜 현대의 도시 생활로 인하여 더욱 간편하고 빠르게 섭취할 수 있는 식품의 니즈가 크게 증가하였다. 생식은 이러한 식사대용 간편식의 니즈에 맞추어 다양한 곡류, 채소, 과일류 등을 한 번에 간편하게 섭취할 수 있다는 편리성과 건강식의 이미지로 2000년대부터 시장이 형성되어 2000년대 중반에는 3,000억 원의 시장을 형성할 정도로 빠르게 성장했다.

생식은 사전적 의미로는 '화식(火食)'의 반대 의미로 음식을 익히지 않고 날로 먹는 것을 지칭하지만, 현대에는 곡류, 채소류, 과일류, 버섯류, 해조류 등의 다양한 식물성 원료들을 저온건조 또는 동결건조의 공법을 사용하여 수분을 제거한 후 분쇄하여 영양소의 파괴를 최소화시켜 상업적으로 조제한 간편식 또는 편의식을 지칭한다. 생식은 다양한 식물성 원료들을 가열처리 과정을 거치지 않아 영양소의 파괴를 최소화하여 섭취할 수 있으며 비타민, 미네랄 등의 영양성분뿐만 아니라 식물 중에 포함된 flavonoids, polyphenols, carotenoids 등의 다양한 식물성 화합물질이 포함되어 있어 항산화, 항염, 항암, 항비만 효과 등의 다양한 기능을 갖는 것으로 알려져 있다. 하지만 생식은 상업적인 제품 시장이 형성되는 2000년대 초반에는 관련된 연구가 부족하여 생식제품을 구성하는 곡류, 채소류 등의 개별 원료가 갖는 기능성과 관련한 연구자료

들에 대한 생식제품 간의 개연성을 들어 주로 제품의 효능을 강조하여 과학적인 근거가 부족하다는 의견들이 제시됐다. 그러나 지난 10여 년간 업계와 학계를 중심으로 생식의 다양한 생리활성 기능에 대한 가능성을 검증하고자 하는 노력이 이루어져 왔고 동물실험 모델과 임상시험 모델 등을 통하여 생식의 기능을 과학적으로 입증하는 성과들이 축적됐다. 따라서 본문에서는 지난 10여 년간 생식과 관련하여 수행된 다양한 연구들을 리뷰하여 생식이 갖는 다양한 생리활성 기능을 살펴보고 향후 생식의 연구 방향에 대하여 고찰하여 보고자 한다.

## 생식과 영양

상업화된 생식은 제조업체와 제품에 따라 구성 원료가 달라지지만 주로 곡류와 채소류, 버섯류 및 해조류 등의 식물성 성분에 제품에 따라 유산균 등의 기능성 원료를 포함하여 약 30~60가지 정도의 원료들로 구성되어 있다 (Table 1). 가공식품이나 조리식품에 비해 생식제품의 가장 큰 차별점으로 강조되는 것은 섭취 열량은 매우 낮지만 저온건조 또는 동결건조의 공법을 통하여 가열과정 없이 생산되므로 비타민, 미네랄 등의 미량의 필수 영양소의 손실이 적어 영양소 섭취의 질을 높여준다는 점을 들 수 있다. 이와 관련하여 김 등(1)은 생식 원료 중 당근, 양배추, 표고버섯, 양송이버섯, 미역 및 김에 대하여 열풍건조 또는 동결건조 공정을 거친 후의 영양소 함량을 비교한 결과 비타민 C와  $\beta$ -carotene 함량이 동결건조한 원료에 비해 열풍건조 시에 파괴되는 것으로 보고하였다. 제조공정에 따른 원료의 영양성분과 관능변화에 대한 다른 연구로, 김 등(2)은 동결건조 및 열풍건조를 통하여 생산된 생식에 대하여 기능성분의 변화를 측정한 결과 총 페놀성 화합물(total phenolic compounds)과 조 사포닌(crude saponin) 함량이 열풍건조 시에 파괴되는 것으로 보고하였다. 또한, 색, 맛, 향 등 전반적인 기호도 역시 동결건조를 수행한 실험군이 열풍건조를 수행한 실험군보다 우수한 것으로 나타났다. 한편식이섬유나 열에 안

Table 1. 시판 생식제품의 주요 원료 구성

곡 류	현미, 보리, 조, 수수, 기장, 율무, 백태, 흑태, 팥, 녹두, 흑향미, 팥, 참쌀, 밀, 검정깨, 들깨 등
채소류	시금치, 양배추, 돌나물, 브로콜리, 파슬리, 무, 당근, 우엉, 연근, 토란, 마, 케일, 신선초, 썩갓, 무청, 썩, 돌미나리, 파슬리, 술잎, 감자, 고구마, 더덕, 도라지, 파, 부추, 녹차 등
과일류	사과, 감, 유자, 바나나, 모과, 매실, 구기자, 밤 등
버섯류	영지버섯, 표고버섯, 느타리버섯, 운지버섯, 목이버섯, 석이버섯, 양송이버섯, 동충하초, 아가리쿠스 버섯 등
해조류	김, 미역, 다시마, 파래, 클로렐라, 스피룰리나, 톳 등
기타 기능성 원료	효모, 로열젤리, 유산균, 화분, 락토초유, 미강발효분말, 산삼배양근 등

정적인 일부 기능성 성분들은 두 연구에서 모두 동결건조와 차이가 없거나 열처리 시에 더 높아지는 것으로 나타났다. 식물의 세포벽 구성성분인 식이섬유 및 pectin 등의 성분은 단단한 구조로 가열처리 등의 과정을 통하여 구조 결합을 파괴함으로써 원료 중 함량을 높일 수는 있으나 생식은 식물성 원료들로 구성되어 식이섬유가 풍부한 상태로, 비타민과 미네랄 및 페놀성 화합물과 같은 기능성 성분에 대한 영양적인 가치를 고려할 경우 열풍건조보다는 동결건조의 방법이 더 제품의 생산에 적합한 공정으로 사료된다.

## 항비만 작용

생식은 저열량 식이므로 식사대용으로 하여 1일 1식 또는 2식을 대체하여 섭취할 경우 칼로리 제한 섭취에 따른 체중감량 효과를 기대할 수 있다. 한편, 식이 제한을 통한 다이어트는 효과적인 체중감량을 기대할 수는 있지만, 칼로리뿐만 아니라 비타민, 미네랄 등 필수 영양성분의 섭취 부족을 야기하여 심각한 영양 불균형 상태를 초래하는 문제점이 있다. 생식은 탄수화물, 단백질, 지방으로부터 기인하는 열량은 낮지만 곡류, 채소류, 과일류, 버섯류, 해조류 등으로부터 비타민과 미네랄 등의 미량 영양소를 충분히 섭취할 수 있어 이러한 영양 불균형을 해소하는 장점이 있다. 따라서 생식의 이러한 체중조절 기능에 대하여 다양한 연구들이 수행됐다. 서 등(3)은 건강한 성인 여성 11명과 체질량지수 25 이상인 7명에 대하여 발아 곡물이 포함된 생식 조성물을 섭취시킨 후 4주 후에 신체 계측을 수행한 결과 비비만군의 평균체중이 54.2 kg에서 51.7 kg으로, 비만군은 평균체중이 69.1 kg에서 65.6 kg으로 유의하게 감소한 것으로 보고했다. 삼두박근의 피하지방 두께는 비비만군이 21.6 mm에서 19.65 mm로, 비만군은 35.4 mm에서 32.1 mm로 유의하게 감소하였으며, 허리둘레도 비비만군과 비만군 모두 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 혈액 성분에서 중성지방과 총콜레스테롤의 수치 역시 유의하게 감소하였으며 HDL-콜레스테롤의 수치는 증가하여 체중 감량과 함께 지질대사도 개선된 것으로 보고하였다. Chang 등(4)은 폐경 전 여성 40명을 대상으로 8주간 생식제품을 섭취시킨 결과 체중이

4.59%로 감소하고 체질량지수도 4.56% 감소한 것으로 보고하였다. 또한, 체지방률, 체지방량, 엉덩이/허리둘레 비율 등도 유의하게 감소한 한편, 혈액 성분에서 중성지방 수치와 leptin 농도도 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 이 등(5)은 체질량지수 25 이상의 성인 여성 35명을 대상으로 한 연구에서 생식을 6주간 섭취시킨 결과 체중이 3.84%, 체지방률이 1.42%로 유의하게 감소하였고, 허리둘레, 엉덩이둘레와 혈액 성분에서 콜레스테롤이 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 박 등(6)은 과체중 및 비만인 성인여성 46명을 대상으로 생식을 12주간 섭취시킨 결과 과체중군에서는 5.56 kg, 비만군은 9.3 kg 감소하였으며 체질량지수도 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 또한, 생식 섭취 12주 후에 허리둘레와 체지방량, 체지방량 역시 유의하게 감소하였으며, 혈중 중성지방과 콜레스테롤의 수치도 감소한 것으로 나타났다. 이상의 연구들에서 생식을 1일 1회에서 2회 식사 대용식으로 섭취하는 것은 낮은 열량의 공급으로 비만인 성인의 체지방 축적을 효과적으로 감소시켜 주는 것으로 확인된다. 한편 저열량 식이에서 발생할 수 있는 영양 불균형과 관련된 부정적인 영향 등은 생식 섭취를 하는 동안 발생하지 않는 것으로 나타나 생식의 대체식으로서의 식사의 질적인 수준을 충족시켜 줄 수 있는 것으로 사료된다. 한편 Chang 등(4)의 연구에서 생식의 섭취가 혈청 중의 leptin 농도에 영향을 미친 것은 생식의 섭취가 단순히 열량 제한에 따른 것이 아니라 원료 중에 포함된 다양한 기능성분들로부터 adipokines의 조절과도 관련이 있을 것으로 추정된다.

## 지질대사 개선

생식은 항비만과 관련한 다양한 연구들에서 혈액 중의 콜레스테롤 대사를 개선하는 것으로 확인되었다. 한편 항비만과 관련된 연구에서는 일일 열량 공급을 극단적으로 제한하는 실험 모델로 생식에 포함된 원료가 갖는 기능적인 부분들을 설명하기에는 한계가 있다. 이와 관련하여 양 등(7)은 백출, 황정, 감초, 유계 및 의이인 등의 한약재를 첨가한 생식 조성물을 이용한 동물실험에서 생식 사료를 섭취한 실험동물이 대조군보다 혈청 콜레스테롤이

8.8%, 중성지방이 10.0% 및 LDL-콜레스테롤은 34.8%로 유의하게 감소하였으며, 간장 조직 중의 콜레스테롤은 8.7%, 중성지방은 16.7%로 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 한편 혈청 HDL-콜레스테롤은 유의성은 없으나 생식 섭취군에서 감소한 경향을 보였고 동맥경화지수가 37.6%로 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 생식 섭취 시의 소화시간은 대조군보다 104분 더 오래 걸려 생식의 섭취가 소화과정과 시간에도 영향을 주는 것으로 확인하였다. 강 등(8)은 고지방 식이를 이용하여 고지혈증을 유도한 실험동물에게 4주간 생식제품을 섭취시킨 결과 생식을 급여한 실험동물이 대조군보다 혈청 콜레스테롤이 약 37%, LDL-콜레스테롤이 약 39% 감소하였고 간 조직 중의 콜레스테롤 역시 약 28%로 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 한편 혈청 중의 HDL-콜레스테롤은 약 28% 증가하였으며, 대조군보다 동맥경화지수는 약 60%, 심혈관 위험지수는 약 56% 감소시킨 것으로 나타났다. 한과 박(9)은 혈중 중성지방 및 총콜레스테롤 농도가 각각 200 mg/dL 이상인 여성 고지혈증 환자 27명을 대상으로 한 임상연구에서 생식 섭취 12주 후에 체중, 체지방량 및 허리둘레와 체질량지수가 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 혈중 콜레스테롤 농도는 생식 섭취 12주 후에 섭취 전보다 약 30% 감소하였고 LDL-콜레스테롤은 약 25% 감소했지만, HDL-콜레스테롤은 약 26% 상승한 것으로 나타났다. 송 등(10)은 지방간 소견을 보이는 남성 피검자 12명을 대상으로 한 연구에서 생식 섭취 12주 후에 체중과 체지방량 및 체질량지수가 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 혈중 간 손상 지표인 혈청 AST는 약 27%, ALT는 약 44%,  $\gamma$ -GTP는 약 21% 및 ALP는 약 17%로 생식 섭취 전보다 12주 후에 유의하게 감소한 것으로 확인되어 생식의 섭취 후에 지방간으로 인한 간 손상이 개선된 것으로 확인되었다. 또한, 고지방 사료를 이용하여 고지혈증을 유도한 동물실험 모델에서 생식을 6주간 급여한 결과 대조군보다 생식을 급여한 실험동물의 혈청 콜레스테롤이 약 40% 유의하게 감소하였으며, 중성지방은 대조군과 비교하여 유의차를 보이지 않았으나 약 10% 감소한 경향을 보인 것으로 나타났다. 이 등(11)은 고지방과 고콜레스테롤 유발 식이를 이용하여 지방간을 유도한 실험동물에게 30%, 50% 및 100%의 생식이 포함된 사료를 8주간 급여한 결과 혈청 콜레스테롤과 중성지방의 농도가 생식의 함량이 높아짐에 따라 더욱 유의하게 낮아진 것으로 보고하였다. 또한, 혈중 간 기능 측정 지표인 AST, ALT,  $\gamma$ -GTP, ALP 및 LDH의 수준도 생식의 섭취에 따라 유의하게 감소하여 생식의 섭취가 지방간에 따른 간 기능을 회복시켜 준 것으로 나타났다. 박 등(12)은 고지방 사료를 이용하여 고지혈증을 유도한 실험동물에게 생식과 열처리한 생식을 5주간 급여한 결과 혈청 콜레스테롤이 대조군에 비해 생식과 열처리한 생식을 급여한 실험동물이 24%와 16% 유의하게 감소하였고, 간조직의 콜레스테롤 농도도 생식을 급여한 실험

동물이 16%로 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 간 조직의 지질과산화물 농도는 생식을 급여한 실험동물이 38%, 열처리한 생식을 급여한 실험동물이 58%로 대조군보다 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 장간막 임파절의 면역 활성 척도로 CD4<sup>+</sup>T-세포의 분포 및 CD4<sup>+</sup>/CD8<sup>+</sup> 비율을 측정한 결과에서 생식을 급여한 실험동물이 대조군과 열처리한 생식을 급여한 실험동물에 비해 면역 활성이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 또한, 대조군보다 췌장  $\beta$ -세포의 기능과 인슐린 저항성도 유의하게 개선된 것으로 확인하였다. 박과 한(13)은 성인 여성 27명을 대상으로 한 임상 연구에서 생식제품을 12주간 섭취시킨 후 피검자의 혈청 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤이 생식 섭취 12주 후에 유의하게 감소하였고, 중성지방은 통계적 유의차는 보이지 않았으나 감소한 경향을 보인 것으로 보고하였다. 생식 섭취 12주 후의 피검자의 체중, 체질량지수, 허리둘레, 엉덩이둘레 및 체지방량 역시 섭취 전보다 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 혈청 중의 간 기능 지표인 AST와 ALT 및 ALP는 통계적 유의차는 보이지 않았으나 섭취 기간에 따라 감소하는 경향을 보였고, LDH는 섭취 12주 후에 유의하게 감소한 것으로 나타나 생식의 섭취가 지질대사 개선에 따라 간 기능을 개선하는 것으로 확인하였다. 동물모델을 이용한 연구에서 생식의 섭취는 정상 식이와 대조하여 열량의 제한 없이 자유 급여한 실험동물에서도 섭취량에 따라 유의하게 혈청과 간장의 콜레스테롤 대사를 개선해 주는 것으로 확인된다. 생식의 지방대사 개선 작용기전은 일반적으로 식이 섬유소에 의한 지방흡수 억제와 소장의 담즙산 배설 촉진에 의한 콜레스테롤 배출의 증가로 생각된다. 하지만 박 등(12)의 연구에서 생식과 열처리한 생식을 급여한 연구에서 열처리한 생식의 식이섬유 함량이 높은 데 반하여 생식을 섭취한 실험동물이 혈청과 간조직의 콜레스테롤을 보다 유의하게 감소시킨 점은 생식의 지질대사 개선 작용이 단순히 식이섬유에 기인하지 않음을 시사한다. 이와 관련하여 박 등(12)의 연구에서 생식의 섭취는 T-세포 매개의 장간막 임파절의 면역 활성과 췌장  $\beta$ -세포의 인슐린 저항성에도 관련이 있는 것으로 보인다. 따라서 생식의 지질대사 개선 작용은 생식에 포함된 식이섬유 외의 미량의 기능성분들이 지질대사에 더욱 복잡한 다단계의 조절을 통하여 나타나는 것으로 사료된다.

## 혈당조절 기능

당뇨병(diabetic mellitus)은 췌장  $\beta$ -세포의 손상 또는 기능 저하에 의한 인슐린 분비 부족, 또는 비만 등에 의하여 기인한 조직 중 인슐린 수용체의 내성(tolerance)에 따른 대사증후군의 하나로, 당뇨 환자에게는 영양학적으로 식품 중의 당 공급원이 중요하게 생각된다. 생식은 정제되지 않은 곡류, 채소류, 버섯류 등으로 구성되어 있으며 낮은 열량을 공급하는 한편 체내에 필수적인 미량 영

양소를 포함하고 있어 당뇨 환자의 대체식으로 가능한 것으로 평가됐다. 이와 관련한 연구로 Jang 등(14)은 심혈관계 질환을 가진 78명의 남성 피검자를 대상으로 생식 제품을 16주간 섭취시킨 결과 대조군보다 혈당이 24% 및 혈청 인슐린 수치가 14% 감소한 것으로 보고하였다. 또한, 혈청 중의 과산화물인 MDA가 대조군보다 생식을 섭취한 후에 유의하게 감소한 것으로 나타났으며, 혈청 중의 retinol과  $\alpha$ -토코페롤의 농도가 생식을 섭취한 피검자의 혈청에서 유의하게 증가한 것으로 확인하였다. 한편  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene 및 n-3와 n-6 지방산의 농도는 유의차를 보이지 않았으나 생식을 섭취한 피검자의 혈청에서 증가하는 경향을 보였다. Kim 등(15)은 streptozotocin으로 당뇨병을 유발한 실험동물에게 생식을 급여한 결과 대조군보다 혈당이 유의하게 감소하였으며, 대조군이 49일째에 50%의 생존율을 보인 반면 생식을 급여한 실험동물은 118일째에 50% 생존율을 나타내 당뇨병에 대하여 생식을 섭취한 실험동물이 생존율을 증가시켜 주는 것으로 보고하였다. 이 등(16)은 고지방 식이를 8주간 급여하여 당뇨병을 유발한 실험동물에게 생식을 30%, 50% 및 100%의 비율로 4주간 급여시킨 결과 생식의 섭취량이 증가함에 따라 혈당이 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 또한, 혈청 콜레스테롤, 중성지방 및 LDL 콜레스테롤의 농도도 생식의 섭취량이 증가함에 따라 더욱 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 김 등(17)은 성인 남녀 24명을 대상으로 하여 서로 다른 4종의 생식을 섭취 2시간까지의 혈당 변화를 측정한 결과 혈당과 혈당반응면적이 포도당에 대하여 생식 섭취 시에 유의하게 낮은 것으로 보고하였다. 혈당반응 곡선 면적에서 혈당 상승기와 혈당 감소기에 대한 생식 섭취의 상관관계를 분석한 결과 생식은 혈당의 상승과 감소를 모두 완만하게 조절하여 주는 것으로 나타났다. 또한, 혈당반응 곡선의 면적을 이용하여 포도당에 대하여 생식의 GI(glycemic index)를 측정한 결과 생식의 종류에 따라서 GI는 43~62로 낮은 당부하 지수를 갖는 식품으로 확인하였다. 이상의 연구 결과들에서 생식의 섭취는 동물실험 모델과 임상시험에서 공통으로 혈당을 유의하게 감소시켜 주는 것으로 평가된다. 생식의 섭취는 또한 지질대사도 개선하는 것으로 나타나는데, 이는 생식의 섭취가 당대사와 지질대사의 채널 조절에 모두 관여하여 결과적으로 혈당조절에 영향을 미치는 것으로 보인다. Jang 등(14)의 연구에서 생식의 섭취는 체내 retinol과  $\alpha$ -토코페롤,  $\alpha$ -carotene,  $\beta$ -carotene 등의 항산화 기능성분의 농도에 영향을 주는 것으로 확인되는데, 이에 따라 MDA 등의 지질 과산화물 생성을 억제하며, 따라서 생식의 장기적인 섭취는 손상된 체장  $\beta$ -세포를 복구시켜 혈당조절 기능을 회복시키는 것으로 추정된다. 한편, 김 등(17)의 연구에서 생식은 당부하 지수가 낮은 식품으로 급격한 혈당 상승을 억제하여 체내의 당 이용률을 높여 당뇨 환자에게 적합한 열량 공급원으로 평가된다. 따라서 생식은 당뇨 환자에게 혈당 관리

를 위한 식사 대용식으로서 유효할 것으로 기대된다.

## 항산화/항돌연변이 작용

생식을 구성하는 곡류, 야채류, 버섯류 등의 식물성 원료 중에는 천연의 비타민, 미네랄과 다양한 기능성 천연 물질이 함유되어 있어 항산화 활성이 높은 것으로 생각된다. 산화적 스트레스는 세포의 DNA에 직접적 또는 간접적으로 영향을 주어 돌연변이를 유발하는 원인이 된다. 김 등(18)은 생식에 대하여 항산화 활성을 측정한 결과 생식의 에탄올 추출물이 DPPH, TBARS, ORAC value, TAS 등 다양한 항산화 활성 평가법에서 유의하게 라디칼을 소거해 과산화물의 생성을 억제하여 항산화 역가가 우수한 것으로 보고하였다. 또한, *E. coli*의 plasmid에 대한 DNA의 산화적 손상을 억제한 것으로 나타났으며, Ames test를 이용한 항돌연변이 활성 평가의 결과에서 생식 에탄올 추출물의 처리 농도에 따라서 DNA 손상을 억제하여 돌연변이 유발을 억제하는 것으로 확인하였다. Kim 등(19)은 사염화탄소( $\text{CCl}_4$ )를 처리하여 산화적 손상을 유발한 동물실험 모델과 65세 이상의 여성 33명을 대상으로 한 임상 연구에서 생식의 섭취가 산화적 손상을 경감시키는 것으로 보고하였다. 사염화탄소를 처리한 후 4주간 생식을 급여한 실험동물은 대조군보다 혈청과 간조직 중의 과산화물의 생성과 단백질의 산화적 손상이 억제된 것으로 나타났으며, 혈청 중의 ALT의 농도가 대조군보다 유의하게 감소하여 간 손상이 억제된 것으로 확인하였다. 실험동물의 간조직 중 glutathione과 총 thiol 기의 농도는 통계적 유의차는 보이지 않았으나 30%의 생식을 섭취한 실험동물에서 증가한 경향을 보였다. 항산화 효소에 대하여 생식의 섭취는 catalase, glutathione peroxidase, glutathione reductase의 활성에는 영향을 주지 않았으나 SOD(superoxide dismutase)의 활성은 유의하게 증가시킨 것으로 확인하였다. 65세 이상의 성인 여성에게 생식을 24주까지 섭취시킨 후 혈청 중의 TAS(total antioxidant capacity)를 측정한 결과 생식의 섭취 전 0.84 nmol/L에서 섭취 12주 후에는 1.03 nmol/L, 섭취 24주 후에 1.14 nmol/L로 섭취 기간에 따라 유의하게 혈청 중의 항산화능이 증가하는 것으로 확인하였다. 오 등(20)은 납을 급여하여 중금속 중독을 유발한 실험동물에게 생식을 12.5%, 25%와 50%로 사료와 혼합하여 6주간 급여한 결과 대조군에 비해 생식을 섭취시킨 실험동물의 간조직 중 MDA의 생성이 유의하게 억제된 것으로 보고하였다. 항산화 효소인 SOD 활성은 통계적 유의차를 보이지 않았으나 생식을 섭취한 실험동물이 생식 함량에 따라 증가한 경향을 보였고, glutathione의 농도는 생식 섭취 후에 50% 생식 섭취군만이 대조군보다 유의하게 낮은 것으로 측정되었으나 전반적으로는 생식 섭취군이 낮은 경향을 보였다. 실험동물의 간과 신장에서 납의 축적된 양은 대조군에 비해 생식을 섭취시킨 실험동

물이 유의하게 낮아진 것으로 평가되어 생식의 섭취가 산화적 손상을 억제하고 중금속의 배출을 촉진하는 것으로 확인하였다. 김 등(18)의 연구 결과에서 생식 추출물 자체의 항산화 활성은 높은 것으로 평가된다. 한편 생식의 섭취에 따른 SOD, glutathione, catalase 등의 항산화 관련 효소의 활성은 동물모델과 임상시험모델에 따라 모두 같은 결과를 보이지는 않는다. 하지만 사염화탄소나 중금속 등의 극단적인 산화적 손상을 유발한 모델에서는 공통으로 생식의 섭취가 과산화물의 생성을 억제하고 SOD의 활성을 촉진하는 것으로 나타나 생식의 항산화 작용은 해독 과정에서 생식 중의 항산화 물질들에 의하여 매개되는 phase II 해독과정과 연관된 것으로 추정된다.

### 염증성 장 질환 개선 효과

장관계 질환은 주로 서양식의 고지방 식사에서 기인하는 것으로 알려져 있으며 그 예방으로 불포화지방산의 섭취를 줄이고식이섬유나 식물에 많이 포함된 flavonoid 류 등의 기능성 성분의 섭취를 권장한다. 생식은 난소화성식이섬유가 풍부하게 포함되어 있으며 식물로부터 유래된 다양한 flavonoid류가 다량 함유되어 있어 장관 질환의 개선에 효과적인 것으로 생각되어 다양한 연구들이 수행됐다. 임 등(21)은 5%의 DSS를 급여하여 대장염을 유발한 실험동물에게 생식을 2주간 섭취시킨 결과 염증성 장 질환 유발로 인한 소장과 대장의 손상과 길이 수축이 생식의 섭취 후에 개선된 것으로 보고하였다. 혈청 중 염증성 cytokine인 IgE 농도는 통계적 유의차를 보이지 않았으나 생식의 섭취 후에 낮은 경향을 보였고, 한편 장 점막에서 allergen의 흡수를 억제하는 IgA의 농도는 대조군보다 생식 섭취군이 유의하게 상승한 것으로 확인하였다. 또한, 장관 임파절의 IgE의 농도는 대조군보다 생식 섭취 후에 유의하게 감소하였고 IgA의 농도는 유의하게 증가한 것으로 확인하였으며, 비장세포와 대식세포의 IL-4와 IL-10 역시 유의하게 감소시키고 STAT-6의 발현을 억제한 것으로 확인하였다. 한편 생식의 섭취군은 대조군에 비해 IFN- $\gamma$ 와 STAT-1의 발현을 증가시킨 것으로 확인하여 생식이 T-세포에 의하여 매개되는 cytokine의 분비조절을 통하여 염증성 대장염을 억제하는 것으로 확인하였다. Shin 등(22)은 DSS를 급여하여 대장염을 유발한 실험동물에게 고지방 식이와 생식을 30%와 70%로 혼합한 사료를 실험동물에게 8주간 급여한 결과 대조군에 비해 생식의 섭취 후에 DSS로 인하여 손상된 대장의 길이와 대장 조직 점막세포의 손상이 유의하게 회복된 것으로 보고하였다. 대조군에 비해 생식을 섭취한 실험동물은 염증성 cytokine인 TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$  및 IL-6의 분비와 발현이 유의하게 억제된 것으로 확인하였으며, iNO와 COX-2의 발현도 유의하게 억제된 것으로 확인하였다. 염증성 대장염 모델에서 생식의 섭취는 공통으로 장관의 염증성 cytokine과 chemokine의 발현을 하향 조

절하여 대장염의 발생을 억제하는 것으로 확인된다. 통곡류, 야채류, 과일류의 섭취는 다양한 연구에서 식이섬유의 섭취와 함께 항산화 물질과 phytochemical 성분 등의 섭취에 따라 pro-inflammatory cytokine의 생성을 억제하는 것으로 알려져 있다. 생식의 섭취는 이러한 다양한 기능성분에 의한 장관 면역 조절작용에 기인한 것으로 생각된다.

### 항암작용

생식은 식물성 원료들로부터 기인한 polyphenols, flavonoids 등의 다양한 phytochemical을 포함하고 있어 강력한 항산화 기능과 함께 항암작용을 갖는 것으로 생각된다. 김 등(23)은 CT-26 마우스 결장암 세포주를 이용하여 피부 고형암을 유발한 실험동물에게 생식을 30일간 급여한 결과 암 조직의 크기와 부피가 대조군보다 크게 억제되었으며 특히, 비타민 C 혼합 사료를 급여한 군에 비해서도 유의하게 암 성장이 억제된 것으로 보고하였다. Kim 등(24)은 azoxymethane(AOM)을 이용하여 대장암을 유발한 실험동물에게 생식을 30%와 70%의 비율로 사료와 혼합하여 11주간 급여한 결과 AOM으로 인하여 유발된 대장 상피세포에 발생한 ACF(aberrant crypt foci)의 발생 숫자가 대조군보다 생식을 급여한 실험군이 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 대장 점막세포의 COX 활성과 혈청 PGE<sub>2</sub> 농도는 통계적 유의성은 보이지 않았으나 전반적으로 생식을 섭취한 후에 낮아진 경향을 보였으며, 대장 점막세포의 COX-2의 발현도 생식의 섭취 후에 억제된 것으로 나타났다. Lee 등(25)은 항암제인 5-fluorouracil(5-FU)과 cisplatin으로 조혈독성을 유발한 실험동물에게 생식을 급여한 결과 생식을 섭취시킨 실험동물이 대조군에 비해 항암제 처치에 따른 적혈구, 백혈구 및 혈소판의 수치 감소를 유의하게 억제한 것으로 보고하였다. 또한, 생식을 급여한 실험동물은 혈청 중간 손상 지표인 ALT가 대조군보다 유의하게 감소하여 항암제 처치에 따른 간 손상을 경감시키는 것으로 확인하였으며, 실험동물의 5주간 생존율에서도 생식을 급여한 실험동물이 대조군보다 유의하게 증가한 것으로 나타났다. 생식의 섭취에 따른 항암작용은 공통으로 염증 관련 인자의 억제와 관련이 있는 것으로 보인다. 일반적으로 채소나 과일류에 포함된 비타민과 비타민 전구체의 섭취가 항암작용과 연관이 있는 것으로 생각되어 왔으나 최근 연구들에서 이러한 비타민 성분 외에 식품에 존재하는 phytochemical 성분이 더욱 강력한 항암작용을 나타내며 식물 중에는 약 1,000여 가지 이상이 존재하는 것으로 밝혀졌다(26). 이러한 phytochemical은 물질에 따라 염증반응뿐 아니라 전암 단계로부터 암의 개시와 진행과 관련된 다양한 신호전달 체계를 조절하여 암의 발생과 진행을 억제하는 것으로 추정된다. 따라서 생식의 섭취에 따른 항암작용은 생식에 포함된 곡류, 채소류, 버섯류 등

의 식물성 원료들에 포함된 다양한 phytochemical 성분들의 작용에 의한 것으로 생각된다. 한편, Lee 등(25)의 연구에서 생식의 섭취는 항암제 치료로 인한 조혈 부작용을 개선해 줄 수 있을 것으로 기대되어 암 환자의 식사 대용식으로도 유효할 것으로 기대된다.

## 기타 기능

생식은 저열량 식으로 체중감량 등의 효과는 있으나 운동식으로는 부적합할 것으로 생각된다. 하지만 이와 관련한 연구들에서 생식의 섭취가 운동능력의 향상에 도움을 주는 것으로 보고하였다. 김과 하(27)는 18~21세의 성인 여성 5명을 대상으로 한 소규모 임상 연구에서 여성 피검자들에게 생식제품의 섭취와 운동을 병행하며 8주간 수행시킨 결과 수축기와 이완기 혈압은 운동 전과 운동 후 모두 생식제품을 섭취한 8주에서 유의하게 감소한 것으로 보고하였다. 피검자의 심박 수를 측정한 결과 생식제품 섭취 전보다 섭취 4주 후에 운동 중에서 4.5% 감소하였고 8주 후에 4.3% 더 감소하였으며, 운동 후의 심박 수는 생식 섭취 4주 후에 4.5% 감소하고 8주 후에는 8%로 유의하게 감소한 것으로 관찰되었다. 피검자의 체중은 생식 섭취 후에 감소한 경향을 보였으나 통계적인 유의차를 보이지 않았으며, 혈청 중 콜레스테롤은 생식 섭취 후에 운동 중과 운동 후에 모두 4주와 8주에서 유의하게 감소한 것으로 나타났다. 따라서 생식의 섭취는 운동 시 심장에 부담을 경감시켜 주어 운동식으로서 일반식사보다 효과적인 것으로 확인하였다. 박 등(28)은 대학에서 축구, 농구, 배구, 테니스 및 우슈 등의 종목의 운동선수 20명을 대상으로 생식제품을 24주간 섭취시킨 후 체력의 변화를 측정한 결과 생식의 섭취 전에 비해 섭취 후에 피검자의 50 m와 1,200 m 달리기 기록이 유의하게 향상된 것으로 보고하였다. 또한, 생식 섭취 전에 비해 생식 섭취 후에 최대산소섭취량( $VO_2$  max)이 유의하게 증가하여 생식의 섭취가 심폐기능을 향상한 것으로 확인하였다. 이상의 연구들에서는 공통으로 생식의 섭취 후에 심폐 지구력이 향상되는 결과를 보여주었다. 하지만 이와 관련된 작용기전으로는 생식 섭취 후에 체질 개선에 따른 것으로 해석하고 있어 보다 정확한 메커니즘에 대한 추가 연구가 필요한 것으로 사료된다. 한편, 김 등(29)은 성장기의 실험동물에게 생식을 군에 따라 일일 1 g/kg, 2 g/kg 및 4 g/kg 용량으로 12주간 경구투여한 후 실험동물의 성장성적 평가연구에서, 대조군보다 생식을 섭취시킨 실험동물의 신장과 대퇴골 길이가 유의하게 증가한 것으로 확인하였다. 실험동물의 골밀도(bone mineral density)와 골무기질량(bone mineral content)은 생식을 섭취시킨 실험동물이 대조군보다 증가한 경향을 보였으며 4 g/kg의 용량으로 생식을 경구투여한 실험동물이 유의하게 증가한 것으로 관찰되었다. 혈청 중의 성장인자의 하나인 IGF-1의 농도를 측정한 결과 생식을 경구투여한

실험동물이 대조군에 비해 주령의 증가에 따라 IGF-1의 감소를 유의하게 억제해준 것으로 확인하였다. 생식 중에는 성장기에 영향을 미치는 비타민과 미네랄 성분이 포함되어 있다. 또한, 과채류에 포함된 flavonoids 성분들은 IGF-1 등의 성장인자 대사에 영향을 미쳐 뼈의 칼슘 축적을 촉진하는 것으로 보고되어 있다. 따라서 생식의 섭취는 이러한 다양한 영양성분과 기능성분에 의하여 골 대사에 긍정적인 영향을 줌으로써 성장발육에 도움을 주는 것으로 사료된다.

## 결론

생식은 지난 10여 년간 항비만, 지질대사개선, 혈당조절, 항산화 및 항돌연변이 효과, 염증성 장 질환 개선 효과, 항암작용 및 운동능력 향상과 성장촉진 효과 등의 여러 방면에서 동물실험과 임상시험 등의 다양한 연구들이 수행됐다. 이러한 연구 결과들을 통하여 우리는 생식에 포함된 곡류, 채소류, 과일류 또는 버섯류 등의 개별 원료들의 기존 연구 결과들로부터 유추하던 기능성들에 대하여 더 과학적으로 실증할 수 있었으며 비만뿐 아니라 당뇨, 고지혈, 암 등의 다양한 질병을 갖는 환자들에게 질병의 치유를 돕는 환자식으로서의 가능성을 보여 주었다. 하지만 근래에는 생식과 관련한 제품 시장이 위축되어 생식과 관련한 연구와 관심이 크게 줄어든 실정이다. 생식은 의약품이 아닌 식품으로서 환자만이 아니라 일반인에게도 질병의 예방에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 한편, 기존의 생식과 관련된 연구들에서 우리는 생리학적인 결과들을 충분히 얻었지만 작용기전과 관련된 연구들은 부족한 실정이다. 따라서 생식의 더 체계적인 연구와 발전을 위하여 향후에는 생리활성에 대한 보다 메커니즘적인 후속 연구들의 수행이 필요한 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 김철암, 오덕환, 은종방. 2006. 건조방법에 따른 생식 원료의 이화학적 특성 및 기능성 성분의 변화. 한국식품과학회지 38: 188-196.
2. 김철암, 권오영, 왕명현. 2008. 건조방법 달리하여 제조한 더덕 생식의 이화학적 및 관능적 특성 변화. 한국식품과학회지 40: 721-725.
3. 서정숙, 방병호, 여인범. 2001. 발아 생식을 이용한 비만개선 효과에 관한 연구. 한국식품영양학회지 14: 150-160.
4. Chang YK, Park YS, Park MH, Lee JH, Kim SH. 2002. The effects of low-calorie diet with raw-food formula on obesity and its complications in the obese premenopausal women. *J Community Nutrition* 4: 99-108.
5. 이복기, 이규래, 박미현. 2002. 식사 대용식을 사용한 단기간의 체중 조절(한국인 비만 성인 여성에서 식사 대용식에 대한 연구). 대한비만학회지 11: 131-141.
6. 박성혜, 안병용, 김상환, 한종현. 2003. 과체중 및 비만여성의 생식섭취가 체중감소 및 생화학적 영양상태에 미치는 영향. 동아시아식생활학회지 13: 39-55.
7. 양병근, 정상철, 박준보, 조성필, 최영선, 임상규, 송치현.

2001. 생식이 고지혈증 환위에 미치는 영향. *생명과학회지* 11: 298-303.
8. 강상모, 심지영, 황성주, 홍성길, 장혜은, 박미현. 2003. 고지혈증 유발 환위에 있어서 생식의 건강개선효과. *한국식품영양과학회지* 32: 906-912.
9. 한중현, 박성혜. 2003. 규칙적인 생식섭취가 고지혈증 환자의 영양소 섭취상태, 체지방 및 혈청의 지질조성에 미치는 영향. *한국영양학회지* 36: 589-602.
10. 송미경, 홍성길, 황성주, 박옥진, 박미현. 2003. 생식 섭취가 지방간 개선 및 지질 대사에 미치는 영향. *한국영양학회지* 36: 834-840.
11. 이은, 김완재, 이영주, 이미경, 김관구, 박연정, 김수경. 2003. 지방간 환자를 위한 생식용 천연복합식품이 고지방 식이를 급여한 환위의 혈청, 간장의 효소 및 간조직 구조에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 32: 256-262.
12. 박진경, 양미자, 전해승, 이진희, 배희경, 박태선. 2003. 현미 및 울무 함유 생식이 영양불균형이 유도된 환위의 체내 지질농도, 항산화체계 및 면역기능에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 32: 197-206.
13. 박성혜, 한중현. 2003. 생식 제품의 섭취가 건강한 성인여성의 영양섭취상태, 식행동, 혈청지질농도 및 건강지표에 미치는 영향. *한국영양학회지* 36: 49-63.
14. Jang Y, Lee JH, Kim OY, Park HY, Lee SY. 2001. Consumption of whole grain and legume powder reduces insulin demand, lipid peroxidation, and plasma homocysteine concentrations in patients with coronary artery disease: Randomized controlled clinical trial. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 21: 2065-2071.
15. Kim M, Kim ES, Park MH, Hwang SJ, Jeong Y. 2004. *Saengshik*, a formulated health food, decreases blood glucose and increases survival rate in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Med Food* 7: 162-167.
16. 이은, 이미경, 김관구, 김수경, 임상철. 2005. 식물류를 이용한 생식용 천연복합식품이 고지방 식이에 의한 당뇨병 유발위의 혈청 glucose 함량 및 지질구성에 미치는 영향. *한국자원식물학회지* 18: 270-278.
17. 김화영, 홍성길, 황성주, 목철균, 박미현, 이주연. 2007. 생식조성이 정상성인의 혈당반응에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 36: 1553-1559.
18. 김동주, 김중학, 최수민, 황성주, 홍성길. 2012. 생식의 항산화 및 항돌연변이 효과. *대한암예방학회지* 17: 8-14.
19. Kim HY, Kim JH, Lee SA, Chang HE, Park MH, Hwang SJ, Lee JY, Mok C, Hong SG. 2008. *Saengshik*, a formulated health food, prevents liver damage in CCl<sub>4</sub>-induced mice and increases antioxidant activity in elderly women. *J Med Food* 11: 323-330.
20. 오영주, 김재민, 송시환, 하효철, 김현수. 2005. 생식의 섭취가 납 중독 환위의 피해 경감에 미치는 영향에 관한 연구. *한국식품영양과학회지* 34: 959-967.
21. 임병우, 정용준, 박미현, 김종대, 황성주, 유병팔. 2007. DSS로 유도된 염증성 장 질환 마우스 동물모델에서 생식이 장관 임파조직내 면역조절 기능에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 36: 32-42.
22. Shin SH, Song JL, Park MG, Park MH, Hwang SJ, Park KY. 2015. Effects of natural raw meal (NRM) on high-fat diet and dextran sulfate sodium (DSS)-induced ulcerative colitis in C57BL/6J mice. *Nutr Res Pract* 9: 619-627.
23. 김동희, 등영건, 최주봉, 이영미, 윤양숙. 2008. CT-26 결장암에 대한 비타민 C와 생식의 항암효과. *한국현미경학회지* 38: 43-50.
24. Kim HY, Lee SA, Kim JH, Chung JS, Park MH, Hwang SJ, Hong SG. 2009. Effect of *Saengshik* on azoxymethane-induced colon carcinogenesis and colonic mucosa inflammatory responses in F344 rats. *Cancer Prev Res* 14: 248-255.
25. Lee SA, Kim JH, Kim WY, Hwang SJ, Park MH. 2007. *Saengshik* administration reduced the side effects of chemotherapy in chemotherapeutic agent injected mice. *Cancer Prev Res* 12: 319-328.
26. Surh YJ. 2003. Cancer chemoprevention with dietary phytochemicals. *Nat Rev Cancer* 3: 768-780.
27. 김철원, 하경수. 1998. 생식을 통한 운동전·후의 순환기능과 혈액성분 및 체중의 변화. *체육과학연구소 논문집* 4: 51-74.
28. 박종성, 박장근, 김주학, 유영규, 표용하, 이만균, 신주희, 황성주, 박미현. 2003. 장기간의 생식섭취가 운동선수의 체력 및 혈중지질에 미치는 영향. *한국체육학회지* 42: 883-893.
29. 김중학, 홍성길, 김화영, 정지상, 황성주, 목철균, 박미현, 이주연. 2007. 장기간의 생식 섭취가 성장기 환위의 성장, 골밀도 및 혈중 IGF-1의 농도에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지* 36: 439-446.