

식품의 열처리 가공과 생리활성

Biological Activity and Heat Treatment Processing of Foods

황인국¹, 우관식², 정헌상^{3*}

In Guk Hwang¹, Koan Sik Woo², Heon Sang Jeong^{3*}

¹국립농업과학원 농식품자원부, ²국립식량과학원 기능성작물부, ³충북대학교 식품공학과

¹Department of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea

²Department of Functional Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 627-803, Korea

³Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

I. 서론

식품가공기술은 농산물, 수산물, 축산물 및 임산물 등의 식량자원을 유용하게 활용하기 위하여 물리적, 화학적 또는 생물학적 변화를 주어 저장성을 부여하거나 영양가나 기호성, 편의성 및 수송성 등을 향상시키기 위한 기술이라 할 수 있다. 가공식품에 대한 소비비율은 기호성 및 편의성 때문에 선진화될수록 증가하는 추세이며, 우리나라 역시 계속적으로 증가할 것으로 예측된다. 또한 급격한 경제발전 에 따라 국민소득이 증가하고 식품에 대한 인식이 향상되고 변화함에 따라 친환경, 유기농, 로하스(LOHAS) 등이 소비자 요구 트렌드로 자리매김하고 있으며, 더불어 건강 지향적 식품이 요구되고 있는 추세이다. 시장보고서에 의하면 향후 소비시장을 이끌 주요 코드는 건강, 편의, 감각화, 개인화, 가족 지향 등으로 보고 있다.

식품가공기술은 1950년대 1차 산업을 바탕으로 한 밀가루, 통조림, 제당, 제면 및 장류 등의 단순 가공기술이

있으며 주로 생존과 직결된 문제로서 굶주림의 해결이 최우선시 되었다. 60년대에는 현재 식품산업의 기초가 되고 있는 단위조작기술이 크게 발달하였으며, 80년대부터는 다양한 가공식품이 발달하고 식품의 고급화가 이루어졌고 90년대에는 식품의 안전성 및 건강성 추구에 대한 인식과 함께 식품이 다양화되었다. 2000년대에 들어서는 삶의 질 향상에 따라 건강기능식품, 다이어트식품에 대한 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 현재까지 식품산업부분의 가공기술은 빠르게 변화·발전하고 있는 추세이다.

최근 식품산업은 건강기능성을 갖는 식품의 제조가공 기술과 최소가공기술 방향으로 발전하고 있으며, 기능성을 갖는 천연물을 대상으로 한 연구개발이 주를 이루고 있으나 기존의 식품원료의 기능성을 강화시키는 방향으로의 연구도 활발하게 진행되고 있다.

여기에서는 식품의 가공기술 가운데 열처리가공이 식품의 생리활성변화에 미치는 영향을 살펴보고 부정적변화를 최소화시키면서 긍정적변화를 극대화시킬 수 있는 방안을

*Corresponding author: Heon Sang Jeong
Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea
Tel: 82-43-261-2570
Fax: 82-43-271-4412
E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr

모색하는데 필요한 기본적인 자료들을 소개하고자 한다.

II. 본론

1. 식품의 열처리 가공

식품의 열처리 가공은 일반적으로 식품산업에서는 저장 수명을 연장하는데 적용되어 왔으며, 한방의 수지 방법으로는 부자 괴근을 가압 증기에 의해 장시간 열처리하여 독성물질을 가수분해하여 독성을 감소시키는 방법 등 소극적인 용도로 사용되어 왔다. 또한 가압 열처리 가공 중 영양소의 파괴 및 생리활성물질의 손실 등의 문제점들이 발생되어 가공방법으로 제한적으로 사용되어 왔다. 하지만 최근에는 식품, 특히 과일류 및 채소류 등을 열처리 시 비타민 C와 같은 열에 민감한 성분의 손실은 발생하지만 처리하는 동안 발생하는 다양한 화학적 변화에 의해 생리활성물질이 증가한다는 연구가 진행되고 있다(1). 이러한 생리활성물질의 증가로 대표적인 성분이 폴리페놀(2)인데, 열처리에 따른 페놀성 함량의 증가 원인은 식물체에 배당체로 존재하는 페놀성 물질이 불용성 성분으로부터 유리되기 때문이며, 항산화활성의 증가 요인은 열처리시 항산화활성을 갖는 페놀성 물질의 증가(3)와 비효소적 갈변반응인 maillard 반응의 중간 생성물중 일부 항산화활성을 나타내는 것으로 알려져 있다(4).

일반적으로 과채류 및 곡류 등의 열처리에 의한 성분상의 가장 큰 변화는 수분함량의 감소이다(5). 수분함량 다음으로 차이를 보이는 성분은 klason 리그닌으로서 klason 리그닌은 순수한 리그닌, maillard 반응생성물, 탄닌 등의 폴리페놀, 일부 세포벽 단백질 등을 포함하고 있다(6). 열처리 공정에 의하여 농산물의 단백질과 당 성분의 반응에 의하여 klason 리그닌 함량이 증가하며(7), 열처리 공정에 의하여 수용성 식이섬유의 증가가 일어나는데 이것은 불용성 세포벽의 수용화에 의해 발생한다(7, 8). 또한 수용화 과정에서 식물조직의 구조적인 변화가 발생하여 물성에 많은 영향을 미치게 된다(9, 10). 열처리 과정에서 식이섬유 성분의 변화는 크게 두 가지 요인 즉, 가열처리 과정에서 불용성 식물세포벽으로부터 식이섬유 성분이 용해되거나 혹은 저항전분(resistant starch), maillard reaction products 등에 의한 새로운 식이섬유 성분의 생성으로 해석 할 수 있다. 전자의 경우 강한 결합력

의 세포벽을 깨기 위한 높은 에너지를 필요로 하는데 대표적으로 압출성형(11)이나 autoclaving(6, 12)이 이에 해당된다고 볼 수 있다.

2. 식품의 열처리 가공 연구동향

현재까지 열처리에 관한 많은 연구가 진행되었다. 몇 가지 사례를 살펴보면 포도씨를 50, 100, 150 및 200°C에서 10, 20, 30, 40, 60, 90 및 120분 동안 whole 및 power 형태로 열처리한 후 70% 에탄올로 추출하여 총 폴리페놀 함량과 항산화활성을 측정하고 추출물의 총 폴리페놀 함량과 항산화활성이 증가하며, 환원력도 유의적으로 증가되었다(13). 또한 기능성 해조차의 소재로 김, 미역 및 다시마의 활용가능성을 알아보기 위해 이들 3종에 대한 기능 특성, 물성 조절 및 전처리방법을 조사한 결과 미역 및 다시마의 경우 생체시료를 수세하여 함수량이 40-50% 되게 반 건조한 후 120°C에서 40분간 가압가열하여 건조, 분말화한 다음 110°C에서 5분간 볶음 처리하는 것이 해조의 점조성과 향미를 개선하는 가장 효과적인 방법으로 제시하였다(14). 또한 토마토를 88°C에서 2, 15, 30분 열처리 시 vitamin C의 함량은 감소하였지만, lycopene 함량 및 총 항산화활성이 유의적으로 증가하며(2), 표고버섯을 autoclave 장치로 100 및 121°C에서 15분 및 30분 열처리하여 free 및 bound형의 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 DPPH에 의한 전자공여능, ABTS에 의한 총산화력을 측정하고, 처리온도와 시간이 증가할수록 항산화활성이 유의적으로 증가하며, 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량이 증가함을 밝혔다(15). 배추즙액을 고압으로 가열(121°C에서 15분)하면 가열하지 않은 시료보다 미생물생육 저해효과가 크게 증가하는데, 이는 가열하지 않은 배추에도 미생물번식 저해작용이 있고 가열한 배추에도 같은 작용이 있지만 가열에 의해서 원래의 저해물질은 불활성화되고 새로운 저해물질이 생기는 것이라 하였다(16). 가압살균한 양배추즙액의 미생물번식 저해작용은 가열 조건을 달리한 경우의 미생물번식을 보면 100°C에서 20분, 30분 가열시에는 번식 저해효과가 없었고, 121°C에서 5분, 10분, 15분 가열하였을 때는 번식저해효과가 있어, 가열온도가 높고, 가열시간을 길수록 더 많은 저해물질이 생성되기 때문이라 하였다(17). 또한 인삼을 고온고압처리하여 인삼의 특이 성분들을 증

가시켜 인삼의 약효를 강화시키는 연구에서 인삼 속 식물을 110-180°C에서 0.5-20시간 동안 가열처리하여 얻은 가공인삼을 선삼이라 지칭하였으며, 이 선삼은 기존의 인삼보다 탁월한 항산화 작용 및 혈관이완 효과가 있다 하였으며, 가공인삼의 비극성 사포닌 분획이 신장독성 유발 물질에 의한 신장독성을 현저하게 감소시킨다는 사실도 발표되었다(18).

3. 고온고압(증기압)을 이용한 열처리 연구동향

고온고압처리는 정수압 등을 이용하는 고압처리기술과 달리 증기압을 이용하여 식품을 가공하는 방법으로 열처리 가공 중 영양소의 파괴 등의 문제점이 발생하지만 과일류 및 채소류 등을 열처리 시 처리하는 동안 발생하는 다양한 화학적 변화에 의해 생리활성물질이 증가하는 것으로 알려져 있다(1). 식물체에 많은 항산화물질들은 세포벽에 불용성 polymer와 함께 공유결합을 형성하여 존재한다(19). 따라서 고온고압처리 등의 열처리에 의해 폴리페놀 함량이 증가되는 원인은 식물체의 세포벽이 파괴되어 불용성 성분으로부터 폴리페놀 성분이 유리되기 때문이라 판단된다. 폴리페놀이 증가되는 또 다른 원인은 열처리 및 가공과정 중에 항산화활성을 가지고 있는 maillard reaction products 생성, 단백질 가수분해 등에 의하여 새로운 항산화물질들이 형성된다(20). 식품의 열처리 가공 중 superoxide dismutase, glutathione peroxidase, glucose oxidase-catalase 등과 같은 효소적 항산화물질은 불활성화 되고, carotenoids, 어류속의 astaxanthin, 유지 속의 tocopherol, 식물체 속의 페놀 성분 등 천연의 비효소적 항산화물질은 활성화되고, 단백질의 가수분해, maillard 반응, 유산발효 등과 같은 식품 가공에 의하여 또 다른 항산화물질들이 형성된다(21).

Sweet corn은 115°C에서 25분 처리 시 비타민 C는 25% 까지 감소하지만 항산화활성은 44% 증가하고(3), citrus peels를 열처리 할 경우 총 페놀 함량, 자유 라디칼 소거작용, 환원력 등이 증가하며(22), 또한 토마토주스, baked tomatoes, 토마토소스, 토마토스프 등 열처리를 통한 토마토 가공품의 페놀화합물과 항산화활성이 증가되고(23), 녹차 추출물을 121°C에 1분간 열처리 할 경우 8개의 flavanols이 새로이 생성되었다 한다(24). 그리고 인삼을 120°C에서 2시간 처리했을 때 자유 라디칼 소

거작용(radical-scavenging activity)이 증가하고, 인삼에 없는 ginsenoside F, Rg₃, Rg₅ 등이 새로이 생성되는 것을 확인하였다(25).

모든 농작물에서 열처리에 대한 긍정적인 효과가 나타나는지를 조사하기 위해 table beets와 green beans를 가지고 실험한 결과, table beets는 열처리에 의해 비타민 C의 80% 감소, 60%의 색깔 감소, 30%의 엽산 감소에도 불구하고 항산화활성은 일정하고 5%의 페놀성분이 증가한다는 긍정적인 효과가 나타났고, green bean은 반대로 비타민 C와 엽산의 양은 일정했지만 페놀 성분이 32% 감소하고 항산화활성도 20%까지 감소한 부정적인 효과를 나타내어, 열처리 효과는 식물체의 형태에 따라 다양하게 나타난다고 하였다(26). 또한 steaming, autoclaving, drum drying 등의 열수처리 방법에 의한 귀리의 항산화 물질의 양을 비교한 결과 껍질을 벗기지 않은 귀리를 autoclaving 처리 시에 모든 tocopherols, tocotrienols(β -tocotrienol은 영향을 받지 않음), vanillin, ferulic acid, p-coumaric 등이 증가되었고, 반면에 avenanthramides는 감소되었고 caffeic acid는 거의 완전히 제거되었으며, autoclaving 처리된 귀리로 만든 귀리분말을 다시 autoclaving 처리 시 성분의 손실이 현저하게 낮았고, 특히 avenanthramides는 거의 영향을 받지 않는다고 하여 열처리 방법 중 autoclaving 처리의 우수성을 연구하였다(27). 위와 같이 근래에 들어 많은 연구를 통해 식물성 식품의 가압열처리에 대한 효율성이 규명되고 있다.

4. 열처리 가공 연구

(1) 고온고압 증기를 이용한 열처리장치

열처리 가공에 사용되는 장치는 증기발생장치를 비롯하여 고온 고압에 견딜 수 있는 autoclave가 사용될 수 있다. 그러나 더 높은 온도와 압력에서 사용할 수 있는 장치가 필요할 것이다. 본 연구팀에서는 고온고압의 증기를 이용한 열처리 가공을 위하여 20kg/cm² 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 그림 1과 같이 장치를 고안·제작하여 실용실안(등록번호: 20-0440091)으로 등록하였으며, 가열에 의해 증기압을 발생시키는 외부용기, 안전변과 공기 배출구, 압력계이지, 그리고 시료를 넣는 내부용기로 구성되어 있다. 시료는 내부용기에 담겨진 후 일정량의 물이 첨가된 외부용기에 넣어 뚜껑을 밀봉한 다음 정해진



그림 1. 고온고압을 이용한 식품 열처리 장치

온도와 시간에 따라 가열됨으로서 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계되었다. 본 열처리장치는 온도와 압력을 조절하여 발생된 고온 고압의 증기를 식품이 담겨진 열처리탱크 주변에 공급하여 생리활성물질이 다량 생산될 수 있는 조건으로 식품을 열처리할 수 있을 뿐만 아니라 직접적인 열의 전달로 인한 식품의 탄화를 방지할 수 있는 식품 열처리장치이다. 식품 열처리장치는 수직하게 연결되면서 내부에는 가열수 및 열처리 대상 식품이 내장된 열처리탱크 배치되는 가열탱크와 가열탱크 내의 가열수를 가열시키는 전기히터봉과 가열탱크의 상부를 덮는 가열탱크덮개를 가지는 가공부, 전기히터봉

을 제어하는 컨트롤러를 가지는 제어부 및 허부가 가열탱크덮개에 회전가능하게 연결되는 구동스크루와 컨트롤러와 전기적으로 연결되면서 구동스크루를 정회전 또는 역회전시켜 가열탱크덮개를 승강 및 하강시켜 가열탱크를 개폐하는 구동부로 이루어져 있다.

(2) 열처리에 따른 식품의 생리활성 변화

그림 1과 같은 고온고압 열처리장치를 이용하여 식품에 처리하여 연구한 결과는 중국산 감초(28)와 국산 감초(29)를 분쇄하여 처리온도(110-150°C), 시간(1-5시간) 및 침가수분량(10-50%)을 변수로 중심합성계획법에 의해 조건을 설정한 후 열처리한 다음 에틸아세테이트와 에탄올로 추출하여 총 폴리페놀 함량 및 항산화활성을 측정하여 최적 처리조건을 조사한 결과 열처리온도와 시간이 증가할수록 총 폴리페놀 성분의 함량은 증가하며, 항산화활성도 우수해 지고 중국산 감초의 경우 최적처리 조건은 130 및 140°C, 3시간, 가수량 30%이며, 국산 감초는 120°C, 2시간, 가수량 20-40%로 나타났다. 인삼(30)의 경우 처리온도(110-150°C)와 시간(1-5시간)을 변수로 하여 열처리한 다음 80% 메탄올로 추출하여 성분 및 생리활성 변화를 분석한 결과 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, 항산화활성은 처리온도와 시간이 증가할수록 증가하며, 고온고압처리에 따라 ginsenoside는 대부분 처리온도가 높아질수록, 처리시간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였다. Ginsenoside-Rg1, Re, Rb2, Rb3은 비교적 낮은 온도에서는 안정하였으나, 130°C 이상의 온도에서는 불안정하여 감소하였다. Ginsenoside-Rf는 열처리에 비교적

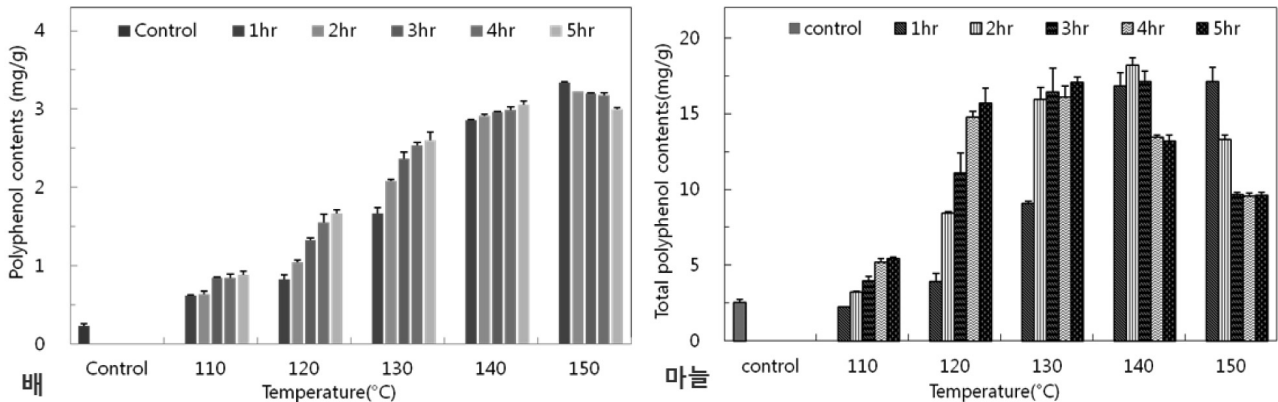


그림 2. 열처리 온도와 시간에 따른 배와 마늘의 폴리페놀 함량 변화

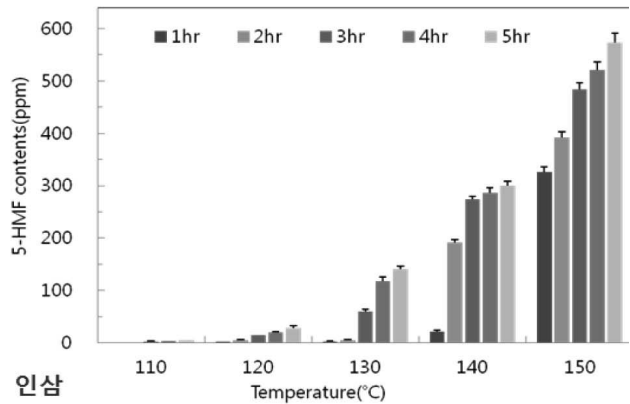
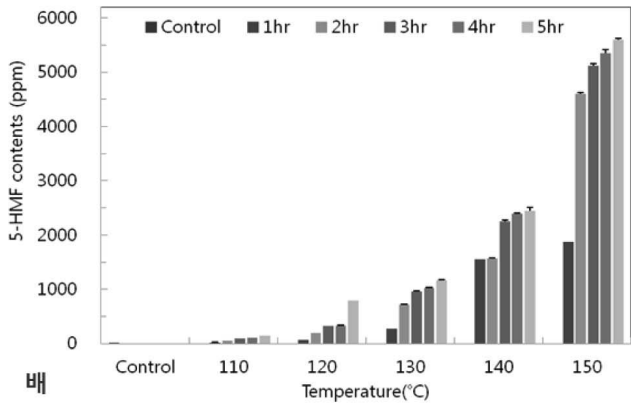


그림 3. 열처리 온도와 시간에 따른 배와 인삼의 HMF 함량 변화

안정하였으며, Ginsenoside-Rg3, Rh2는 고온고압처리에 의해 새로이 생성되거나 함량이 증가하였다.

배(31)를 열처리하여 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량, 유리당, HMF(5-hydroxymethylfurfural), 항산화활성을 측정된 결과 처리온도와 시간이 증가할수록 유의적으로 증가하며, 통계처리 결과 처리온도와 시간이 증가함에 따라 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, fructose, HMF 및 항산화활성 사이에 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 미늘(32)을 처리온도(110-150°C)와 시간(1-5시간)을 변수로 25개 실험구를 설정하여 고온고압처리한 후 항산화활성, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 갈변지표 물질인 HMF (5-hydroxymethylfurfural) 함량을 측정된 연구에서 항산화활성, 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량은 처리온도와 시간이 증가할수록 유의적으로 증가하며, HMF의 함량은 130°C 이후에 급격히 증가하고 처리온도와 시간이 항산화성, 폴리페놀, 플라보노이드 및 HMF 함량에 유의적으로 영향을 미치며, 처리 시간보다 온도가 더 많은 영향을 준다고 하였다. 또한 항산화성, 폴리페놀, 플라보노이드 및 HMF 함량 간의 상관관계가 높았다.

(3) 열처리에 따른 당류의 변화

식품의 제조·가공 중에 있어 식품 중에 포함된 당류의 대표적인 갈변반응은 카라멜화 반응(caramelization)으로 마이알반응(maillard reaction)과 달리 아미노화합물이나 유기산들이 존재하지 않은 상황에서 주로 당류 또는 당류 수용액이 가열에 의한 가열분해물 또는 가열산화물에 의한 갈색화 반응으로 가공식품을 갈색으로 변화시킬 뿐만

아니라 냄새와 맛에도 큰 영향을 미친다. 식품의 최종 산물과 제당공업에서 중요한 특성을 가진 설탕을 열처리하여 분해 특성을 살펴본 연구에서(33, 34)는 sucrose의 파괴와 caramelisation의 산물에 대한 연구 결과 열처리 온도와 시간이 증가할수록 sucrose의 함량은 급격히 감소하였고, fructose와 glucose의 함량은 증가하다가 sucrose가 완전히 파괴되는 시점부터 감소하는 경향을 보였으며, HMF, furfural 및 5-methylfurfural의 함량이 증가하며,

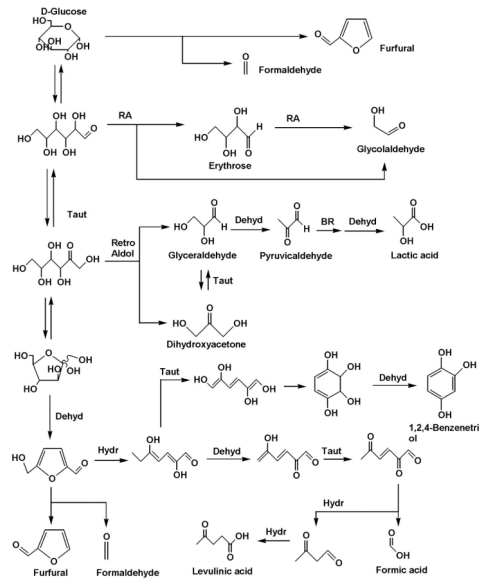


그림 4. 고온고압 조건하에서 D-fructose와 D-glucose 수용액의 열분해 특성

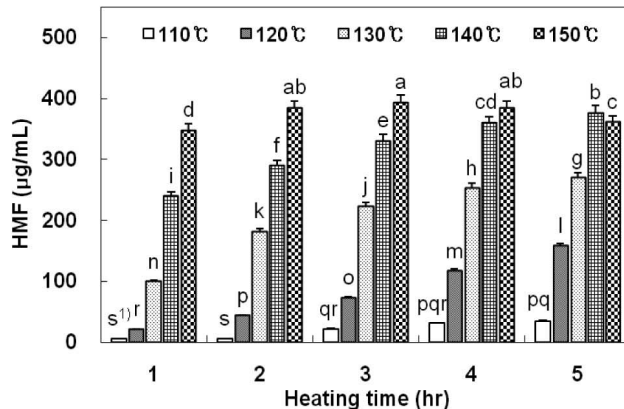
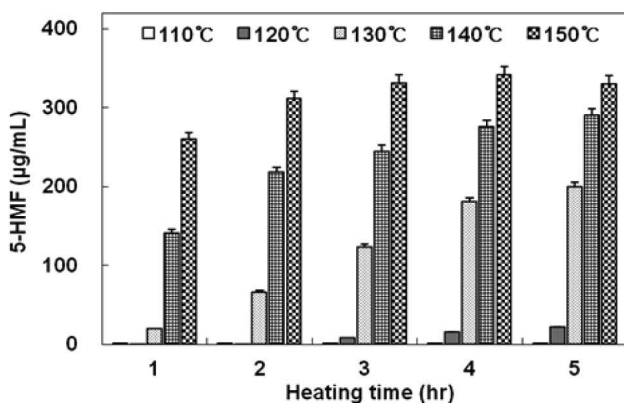


그림 5. 열처리 온도와 시간에 따른 sucrose와 fructose 수용액의 HMF 함량 변화

pH는 열처리 시간이 증가할수록 낮아진다 하였다. 또한 D-fructose 및 D-glucose를 350°C와 400°C의 온도에서 40-100 MPa의 압력을 가하여 처리한 후 성분의 분해를 검토한 결과 당의 함량은 감소하고 처리온도와 시간이 증가함에 따라 HMF, furfural 등과 levulinic acid, lactic acid, formic acid 등의 유기산의 함량이 증가하였으며, pyruvadehyde, 1,2,4-benzenetriol, hydroxyacetone 등의 함량 또한 증가함을 밝혔다(35,36)(그림 4). Woo 등 (37,38)은 대표적인 당인 sucrose와 fructose에 대해 20% 수용액을 제조하여 처리온도(110-150°C) 및 시간(1-5시간)을 달리하여 고온고압의 열처리를 실시한 결과 sucrose, fructose 및 glucose 함량, 색도, pH는 감소하였으며, 유기산, HMF 등의 함량은 증가하였고 항산화활성 또한 증가한다 하였다(그림 5).

(4) 열처리 반응물로부터 생리활성 물질의 분리·정제

갈변반응은 식품을 저장 또는 가공시 주로 발생하는 반응으로, 식품 전체의 색이 갈색내지 암갈색으로 변화되는 여러 가지의 복잡한 반응을 말한다. 갈변반응의 진행 정도는 저장, 가공식품의 색깔, 향미, 영양가 등의 품질에 직·간접적으로 영향을 주기 때문에 식품가공에 있어 매우 중요하게 다루어지고 있다. 갈변반응은 maillard reaction(MR), caramelization, ascorbic acid oxidation 등의 비효소적 반응과 polyphenol oxidase와 tyrosinase 등의 효소적 반응이 있다. 이중 MR은 당의 aldehyde기나 ketone기와 같은 carbonyl기와 amino acids, peptides나 proteins 등의 amino기가 반응하여 최종적으로 갈색색소

인 melanoidins을 형성하는 반응으로 초기, 중간, 최종단계를 거쳐 반응이 진행되고, 반응물의 종류와 농도, 열처리 온도와 시간, pH, 수분활성도 등의 요소에 영향을 받는다. 특히, 가공처리 온도가 높고 시간이 길수록 MR 반응속도는 급속히 증가하는 것으로 알려져 있고, 외부로부터의 열에너지 공급 없이 자연발생적으로 서서히 진행되기도 한다. 또한, 일부 식품을 제외하고 당류와 free amino acids, peptides나 proteins을 다소라도 함유하고 있지 않은 식품은 거의 없어 식품의 저장, 가공 중에 가장 쉽게 일어나는 반응이다. MR 반응은 빵류, 과자류, 커피, 육류 식품 등에 향, 조직감, 색 등의 관능적 특성에 긍정적인 효과를 미치는 반면, 과도한 열처리는 lysine과 같은 필수 아미노산, 열에 불안정한 영양소의 파괴 및 활성물질의 손실 등 식품의 영양적 가치의 저하, 우유, 치즈 등의 유제품이나 과일주스 등의 음료제품의 품질에 부정적인 효과 주기도 한다(39-41).

과거 연구에서는 MR 생성물인 Maillard Reaction Products(MRPs)의 mutagenic, carcinogenic, cytotoxic 등과 관련하여 부정적인 효과에 대해서 주목되어 왔으나, 최근에 MRPs이 antioxidative 효과를 보이는 것으로 보고되면서 MRPs의 antimicrobial, antihypertensive, anticarcinogenic, antimutagenic 효능평가에 관한 연구도 진행되고 있다(42,43). 특히, MRPs의 생리활성에 관한 연구는 당-아미노산 모델 시스템을 이용하여 MRPs 생성을 유도한 후 주로 항산화활성 평가에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다(표 1). 관련연구를 살펴보면 glucose와 glycine을 100°C에서 1시간 MR을 유도한 후 생성된

MRPs은 hydroxyl radicals, superoxide anion, Fe²⁺ chelating 효과가 우수하며(44), xylose와 lysine MRPs가 DPPH radical 소거능을 나타내며(45), glucose와 histidine을 100°C 또는 120°C에서 10, 20, 30분간 가열처리 후 수용성 MRPs의 항산화효과를 보고하였다(41). 이는 다양한 MRPs 물질(특히 MR의 초기 생성물인 Amadori rearrangement products)의 hydroxyl기가 항산화효과를 나타내는데 중요한 역할을 하는 것으로 보고된 바 있다. 또한 glucose와 몇 가지 아미노산을 MR 반응 후 melanoidins 분획물에 대한 ACE 저해 효과를 평가한 결과 2 mg/mL 농도에서 28.7~64.3% 저해 효과를 보였으며, 커피, 맥주나 와인 등의 식품 melanoidins에서도 항고혈압 효과 있는 것으로 보고된 바 있다(46). MRPs의 ACE 저해기작은 명확히 밝혀지진 않았지만, ACE 효소는 Zn 의존적 효소인 것을 고려 할 때 MRPs의 metal chelating 효과나 reducing 효과와 관련하여 ACE 효소 활성에 영향을 주는 것으로 예측해 볼 수 있다(47). 그 밖에 fructose와 cycteine(48), glucose나 fructose와 glutathione(49), glucose와 몇 가지 아미노산(50)의 MRPs은 polyphenoloxidase을 효과적으로 저해하며, 이는 MRPs의 free radical, metal ion 제거능과 관련된 것으

로 보고된 바 있다.

이와 같이 당-아미노산 반응에 대한 다양한 연구가 진행되었지만 반응에 의해 생성된 활성물질에 관한 연구는 많지 않은 실정이다. 몇 가지 발표된 연구들을 살펴 보면 열처리 마늘로부터 항산화 물질인 2,4-dihydroxy-2,5-dimethyl-thiophene-3-one (Thiacremonone)을 분리 동정하였으며, 이는 fructose와 함황아미노산인 cycteine 또는 methionine사이의 MR 반응에 의해 생성되는 것으로 확인되었다(51). 또한 열처리 양파로부터 항산화 물질인 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one(DDMP)을 분리 동정하였으며, DDMP는 환원당과 같은 carbonyl 화합물과 amino acids, peptides나 proteins과 같은 amino 화합물간의 MR 반응 생성물질로 보고되어 있다(52). MR 반응 생성물인 thiacremonone과 DDMP는 대장암 세포인 SW620과 HCT116 cell의 세포성장을 효과적으로 억제하고, TNF- α , Bax, Caspase-3, cleaved caspase-3, PARP, cleaved PARP 등 세포사 조절 단백질의 발현량을 조절하여 apoptosis 세포사를 유도 하는 것으로 알려졌다(53,54). 최근 fructose와 tyrosine MRPs로부터 분리한 2,4-bis(p-hydroxyphenyl)-2-butenal(HPB242)는 α -glucosidase 저해효과와 암세포 성장

표 1. 당-아미노산 모델시스템에서의 생리활성

Model system		Biological activities
Sugar	Amino acid	
Glucose	Glycine, proline, lysine, arginine, cysteine, glutathione	Free radical scavenging activity Copper binding activity Free radical scavenging
Glucose	Casein	Fe ²⁺ chelating activity Reducing power Reducing power
Fructose	Glycine	Copper chelating activity Polyphenoloxidase inhibitory activity Reducing power
Glucose	Porcine plasma protein	DPPH radical scavenging activity
Glucose	Histidine	ORAC _{PE} assay DPPH radical scavenging activity
Glucose, fructose, galactose	Porcine plasma protein	Reducing power Metal ions chelating activity
Glucose	Glycine, diglycine, triglycine	DPPH radical scavenging activity ABTS radical scavenging activity Reducing power
Glucose	Casein	DPPH radical scavenging activity Fe ²⁺ chelating activity
Glucose, lactose	Alanine, glycine, lysine	DPPH radical scavenging activity

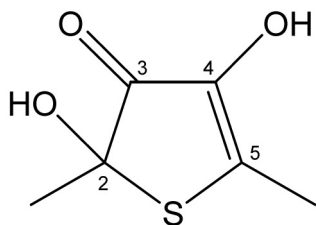


그림 6. 마늘에서 분리한 2,4-dihydroxy-2,5-dimethyl-thiophene-3-one(thiacremonone)

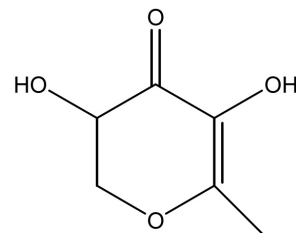


그림 7. 양파에서 분리한 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one(DDMP)

억제가 있는 것으로 보고되었으며, 이밖에 암세포 성장 저해효과를 보이는 MRPs 화합물로는 2-(2-furyl)methylidene-4-hydroxy-5-methyl-2H-furan-3-one, 4-(2-furyl)-7-[(2-furyl)methylidene]-2-hydroxy-2H,7H,8aH-pyrano[2,3-b]-pyran-3-one, 3-hydroxy-4[(E)-(2-furyl)methylidene]methyl-3-cyclopentene-1,2-dione 등이 보고된 바 있다(55).

III. 맺음말

현재는 사회적 흐름과 소비자 트렌드에 알맞은 새로운 제품 및 가공기술의 개발이 필요한 시기가 판단된다. 또한, 생산자를 위하여 값싼 농산물의 부가가치 향상 및 부산물의 이용방안에 대한 모색도 동반되어야 할 것이다. 기존 농산물을 이용한 기능성 강화 기술은 기존 수요와는 별도의 신규 수요를 창출한다는 점에서 농가의 경쟁력 제고와 직접적으로 연계된다. 새로운 수요가 늘어나면 농산

물에 대한 수요가 증가하면서 농가의 소득도 증가하기 때문이다. 현재 농산물의 기능성을 강화시키고 평가하는 연구에 대하여 활발히 연구가 진행되고 있으며, 기능성을 명확히 구명하기 위하여 기능성물질의 분리·동정 및 작용기작 연구는 반듯이 수행되어야 한다. 미래의 우리나라 농업과 식품산업의 발전을 위해서는 국제 경쟁에 대비하여 차별화된 제품 및 원천 가공기술 확보를 통한 경쟁력을 갖추어야 할 것이며 끊임없이 연구개발에 투자가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Nicoli MC, Anese M, parpinel M. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Food Sci. Technol.* 10: 94-100 (1999)
2. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional values of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3010-3014 (2002)
3. Dewanto V, Wu X, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4959-4964 (2002)
4. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lericri CR. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Food Sci. Technol.* 11: 340-346 (2001)
5. Hwang JK, Kim CT, Cho SJ, Kim CJ. Effect of various thermal treatments on physicochemical properties of wheat bran. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 394-403 (1995)
6. Anderson NE, Clydesdale FM. Effects of processing on the dietary fiber content of wheat bran, pureed green beans, and carrots. *J. Food Sci.* 45: 1533-1537 (1980)
7. Brandt LM, Jeltema MA, Zabik ME, Jeltema BD. Effects of cooking in solutions of varying pH on the dietary fiber components of vegetables. *J. Food Sci.* 49: 900-904 (1984)
8. Hwang JK, Kim CT, Hong SI, Kim CJ. Solubilization of plant cell walls by extrusion. *Korean J. Food Nutr.* 23: 358-370 (1994)

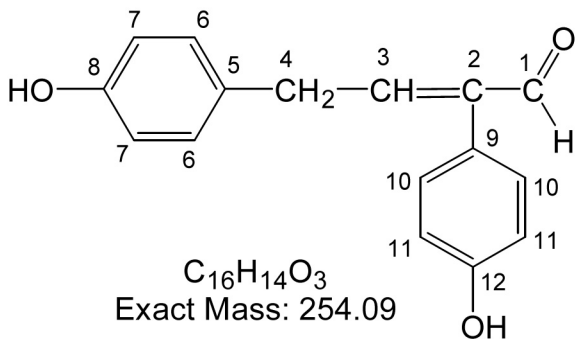


그림 8. Fructose와 tyrosine MRPs로부터 분리한 2,4-bis(p-hydroxyphenyl)-2-butenal(HPB242)

9. Ralet MC, Della Valle G, Thibault JF. Raw and extruded fibre from pea hulls, Part I : Composition and physicochemical properties. *Carbohydr. Polym.* 20: 17-23 (1993)
10. Ralet MC, Saulnier L, Thibault JF. Raw and extruded fibre from pea hulls. Part II: Structural study of the water-soluble polysaccharides. *Carbohydr. Polym.* 20: 25-34 (1993)
11. Ralet MC, Della Valle G, Thibault JF. Solubilization of sugar-beet pulp cell wall polysaccharides by extrusion-cooking. *Lebensm. Wiss. Technol.* 24: 107-112 (1991)
12. Guillon F, Barry JL, Thibault JF. Effect of autoclaving sugar-beet fibre on its physicochemical properties and its in-vitro degradation by human faecal bacteria. *J. Sci. Food Agr.* 60: 69-79 (1992)
13. Kim SY, Jeong SM, Park WP, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. *Food Chem.* 97: 472-479 (2006)
14. Jo JS, Do JR, Koo JG. Pretreatment conditions of *Porphyra yezoensis*, *Undaria pinnatifida* and *Laminaria religiosa* for functional algae-tea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 275-280 (1998)
15. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* 99: 381-387 (2006)
16. Yildiz F, Westhoff D. Associative growth of lactic acid bacteria in cabbage juice. *J. Food Sci.* 46: 962-963 (1981)
17. Han DC, Kyung KH. Antimicrobial activity of autoclaved cabbage juice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 74-79 (1995)
18. Park JH. Sun ginseng-a new processed ginseng with fortified activity. *Food Ind. Nutr.* 9: 23-27 (2004)
19. Peleg H, Naim M, Rouseff RL, Zehavi U. Distribution of bound and free polyphenolic acids in oranges (*Citrus sinensis*) and grapefruit (*Citrus paradise*). *J. Sci. Food Agr.* 57: 417-426 (1991)
20. Ueda Y, Sakaguchi M, Hirayama K, Miyajima R, Kimizuka A. Characteristic flavor constituents in water extract of garlic. *Agr. Biol. Chem.* 54: 163-169 (1990)
21. Eriksson CE, Na A. Antioxidant agents in raw materials and processed foods. *Biochem. Soc. Symp.* 61: 221-234 (1995)
22. Jeong SM, Kim SY, Kim DR, Jo SC, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J. Agr. Food Chem.* 52: 3389-3393 (2004)
23. Gahler S, Otto K, Bohm V. Alterations of vitamin C, total phenolics, and antioxidant capacity as affected by processing tomatoes to different products. *J. Agr. Food Chem.* 27: 7962-7968 (2003)
24. Wang LF, Kim DM, Lee CY. Effect of heat processing and storage on flavanols and sensory qualities of green tea beverage. *J. Agr. Food Chem.* 48: 4227-4232 (2000)
25. Kim WY, Kim JM, Han SB, Lee SK, Kim ND, Park MK, Kim CK, Park JH. Steaming of ginseng at high temperature enhances biological activity. *J. Nat. Pro.* 63: 1702-1704 (2000)
26. Jiratanan T, Liu RH. Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var *Conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agr. Food Chem.* 52: 2659-2670 (2004)
27. Bryngeleson S, Dimberg LH, Kamal-Eldin A. Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa* L.). *J. Agr. Food Chem.* 508: 1890-1896 (2002)
28. Woo KS, Jang KI, Kim KY, Lee HB, Jeong HS. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 355-360 (2006)
29. Woo KS, Hwang IG, Noh YH, Jeong HS. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) extracts in Korea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36: 689-695 (2007)
30. Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee J, Jeong HS. Change of components of Korean ginseng with high temperature and pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 521-525 (2006)
31. Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 342-347 (2006)
32. Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the heat treatment conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 331-336 (2006)
33. Quintas M, Brandão TRS, Silva CLM. Modelling autocatalytic behaviour of a food model system-Sucrose thermal degradation at high concentrations. *J. Food Engin.* 78: 537-545 (2007)
34. Quintas M, Guimarães C, Baylina J, Brandão TRS, Silva CLM. Multiresponse modelling of the caramelisation reaction. *Inn. Food Sci. Em. Technol.* 8: 306-315 (2007)
35. Aida TM, Tajima K, Watanabe M, Saito Y, Kuroda K, Nonaka T, Hattori H, Smith Jr RL, Arai K. Reactions of d-fructose in water at temperatures up to 400°C and pressures up to 100 MPa. *J. Supercrit. Fluid.* 42: 110-119 (2007)
36. Aida TM, Saito Y, Watanabe M, Tajima K, Nonaka T, Hattori H, and Arai K. Dehydration of d-glucose in high temperature water at pressures up to 80 MPa. *J. Supercrit. Fluid.* 40: 381-388 (2007)
37. Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Lee J, Jeong HS. Characteristics of sucrose thermal degradation with high temperature and high pressure treatment. *Food Sci. Biotechnol.* 18: 717-723 (2009)
38. Woo KS, Hwang IG, Kim HY, Jang KI, Lee J, Kang TS Jeong HS. Thermal degradation characteristics and antioxidant activity of fructose solution with heating temperature and time. *J. Med. Food* 14: 167-172 (2011)
39. van Boekel MAJS. Formation of flavour compounds in Maillard reaction. *Biotechnol. Adv.* 24: 230-233 (2006)
40. van Boekel MAJS. Effect of heating on Maillard reactions in milk. *Food Chem.* 4: 403-414 (1998)
41. Yilmaz Y, Toledo R. Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products. *Food Chem.* 93: 273-278 (2005)

42. Yen GC, Tsai LC. Antimutagenicity of a partially fractionated Maillard reaction product. *Food Chem.* 47: 11-15 (1993)
43. Rufian-Henares J, Morales F. Functional properties of melanoidins: In vitro antioxidant, antimicrobial and antihypertensive activities. *Food Res. Int.* 40: 995-1002 (2007)
44. Yoshimura Y, Iijima T, Watanabe T, Nakazawa H. Antioxidative effect of Maillard reaction products using glucose-glycine model system. *J. Agr. Food Chem.* 45: 4106-4109 (1997)
45. Yen G, Hsieh P. Antioxidative activity and scavenging effects on active oxygen of xylose-lysine Maillard reaction products. *J. Agr. Food Chem.* 67: 415-420 (1995)
46. Rufian-Henares J, Morales F. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory activity of coffee melanoidins. *J. Agr. Food Chem.* 55: 1480-1485 (2007)
47. Hwang IG, Kim HY, Woo KS, Lee J, Jeong H. S. Biological activities of Maillard reaction products (MRPs) in a sugar-amino acid model system. *Food Chem.* 126: 221-227 (2011)
48. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.* 26: 1231-1237 (1999)
49. Brands CM, Alink GM, Boekel MJS, Jongen WMF. Mutagenicity of heated sugar-casein systems: effect of the Maillard reaction. *J. Agr. Food Chem.* 48: 2271-2275 (2000)
50. Tan BK, Harris ND. Maillard reaction products inhibit apple polyphenoloxidase. *Food Chem.* 53: 267-273 (1995)
51. Hwang IG, Woo KS, Kim DJ, Hong JT, Hwang BY, Lee YR, Jeong HS. Isolation and identification of an antioxidant substance from heated garlic (*Allium sativum* L.). *Food Sci. Biotechnol.* 16: 963-966 (2007)
52. Hwang IG, Kim HY, Lee SH, Hwang CR, Oh SH, Woo KS, Kim DJ, Lee J, Jeong HS. Isolation and identification of an antioxidant substance from heated onion (*Allium cepa* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 470-474 (2011)
53. Ban JO, Yuk DY, Woo KS, Kim TY, Lee US, Jeong HS, Yoon YW, Kim DJ, Hong JT. Inhibition of cell growth and induction of apoptosis via inactivation of NF- κ B by a sulfur compound isolated from garlic in human colon cancer cells. *J. Pharmacol. Sci.* 104: 374-383 (2007)
54. Ban JO, Hwang IG, Kim TM, Hwang BY, Lee US, Jeong HS, Yoon YW, Kim DJ, Hong JT. Anti-proliferate and pro-apoptotic effects of 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyranone through inactivation of NF- κ B in human colon cancer cells. *Arch. Pharmacol. Res.* 30: 1455-1463 (2007)
55. Marko D, Habermeyer M, Kemeny M, Weyand U, Niederberger E, Frank O, Hofmann T. Maillard reaction products modulating the growth of human tumor cells in vitro. *Chem. Res. Toxicol.* 16: 48-55 (2003)