

## 퀴노아의 열처리 가공에 따른 이화학적 특성 및 *In Vitro* 생리활성

고혜경 · 이영택

가천대학교 식품생물공학과

### Effects of Heat Treatments on Physicochemical Properties and *In Vitro* Biological Activities of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Hye-Kyung Goh and Young-Tack Lee

Department of Food Science and Biotechnology, Gachon University

**ABSTRACT** The effects of heat treatments on the physicochemical properties and *in vitro* biological activities of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) were investigated. Quinoa grains were subjected to two different heat treatment methods: boiling and steaming plus roasting (steaming/roasting). Compared with raw quinoa, boiled quinoa samples had slightly lower crude protein, crude fat, crude ash, and starch contents. However, steaming/roasting treatment did not cause significant differences in proximate composition. Heat treatments reduced total phenolic and flavonoid contents in quinoa extracts, and higher reduction was detected upon boiling treatment. Heat treatments also reduced lightness and increased yellowness of quinoa samples. Heat treatments increased water absorption index but decreased water solubility index. *In vitro* starch hydrolysis increased substantially after both heat treatments, and slightly higher values were observed in the boiled quinoa samples. 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl free radical scavenging activity and nitrite scavenging activity were reduced by heat treatments, and the boiled quinoa sample showed the lowest activity likely due to loss of activities in cooking water.

**Key words:** quinoa, heat treatment, physicochemical properties, biological activities

## 서 론

퀴노아(Quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd.)는 명아주과 식물로 유전적 다양성으로 인해 약 250여 종이 존재하며 재배종인 *Chenopodium quinoa* 이외에 대부분 잡초종으로 전 세계에 분포되어 있다(1). 퀴노아는 남아메리카의 안데스 지역(Bolivia, Peru와 Ecuador)에서 약 3,000~4,000년 전부터 재배되어 내려오는 작물로 전체 생산량 중 92%가 페루와 볼리비아에서 재배되었고 나머지 8%는 미국, 에콰도르, 아르헨티나, 캐나다 등이 차지한다(1). 퀴노아 종실은 직경 1~2.5 mm로 쌀보다 작고 둥글며 평편한 모양을 하고 있다(2). 일반 곡류와 구성 성질과 쓰이는 용도가 유사하여 유사 곡류(pseudocereal grain)로 불리며 유사 곡류에 해당하는 곡류로는 퀴노아, 아마란스, 메밀이 있다(3). 퀴노아 종자의 색은 일반적으로 열은 노란색이지만 흰색, 회색, 빨간색 또는 검은색 등으로 다양하다(4). 현재 시중에 판매되고 있는 퀴노아 제품은 대부분 수입산이지만 최근 국내에서도 잠재

적인 대체 곡물로 일부 재배 생산이 이루어지고 있다.

퀴노아 종자는 일반 곡류보다 많은 단백질, 지질, 무기질을 함유하고 있으며, 특히 아미노산 및 지방산 조성이 매우 뛰어나다(3). 퀴노아의 종실은 종피(pericarp), 외배유(starch perisperm), 내배유(endosperm), 배아(germ)로 구성되어 있으며, 곡류와 달리 배아가 외배유를 띠처럼 둘러싸고 있는데(5) 외배유에는 전분을 저장하는 부분이기 때문에 주로 전분으로 이루어져 있지만 내배유와 배아에는 단백질, 지질, 무기질이 풍부하다(6). 단백질 함량은 12~23%로 일반적으로 곡류에 비하여 높는데 곡류에 부족한 lysine 함량이 높고, 대부분의 두류보다 함황 아미노산인 methionine과 cysteine 함량이 높은 것으로 보고된 바 있다(7,8). 퀴노아에는 밀단백질인 글루텐 성분이 없으므로 소아지방변증(celiac disease)을 가진 사람들에게 밀, 호밀, 보리와 같이 글루텐을 함유하는 곡류를 대체할 수 있는 작물의 하나로도 관심을 받고 있다(9). 퀴노아에는 또한 비타민 A, E, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> 등 각종 비타민과 Ca, P, K, Mg, Fe 등 미네랄 함량이 높으며(8,10), saponins, polyphenols, phytosterols, tocopherols, squalene, 식이섬유 등 다양한 생리활성물질을 상당량 함유하고 있다(11,12).

퀴노아는 주로 종실을 이용하고 있으며 다양한 형태로 가공할 수 있다. 퀴노아 종실은 과실의 외부에 saponin을 함유

하고 있어 생으로 섭취할 경우 특유의 쓴맛이 느껴지는데, saponin은 세척과 도정에 의해 대부분 제거되어 쓰고 떫은 맛이 감소한다(13). 퀴노아는 쌀 또는 밀과 같은 방식으로 사용할 수 있으며 국내에서는 쌀과 같이 그대로 끓여서 조리하여 섭취하거나 밀과 같이 분쇄하여 가루 형태로 빵류, 면류, 과자류, 스낵류, 수프류 등 다양한 가공제품에 활용할 수 있다(14). 퀴노아는 영양소 및 생리활성을 향상할 수 있는 잠재적인 건강기능성 식품재료이다. 그러나 국내에서 퀴노아의 식품학적 활용을 위한 연구 결과는 매우 미흡한 실정이며, 본 연구에서는 퀴노아를 열처리 방법을 달리하여 가공 처리했을 때 퀴노아의 이화학적 특성 및 일부 *in vitro* 생리활성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

본 실험에 사용한 퀴노아로 페루산 화이트 퀴노아(white quinoa)를 시중에서 구입하여 4°C에서 보관하면서 사용하였다.

#### 가열처리

퀴노아의 열처리 가공으로 열탕(boiling), 또는 증자 및 볶음(steaming/roasting)처리 방법을 사용하였다. 열탕처리 방법으로 퀴노아를 5배량의 증류수로 100°C에서 20분간 열탕 가열한 후 실온에서 냉각한 다음 45°C 열풍건조기에서 18시간 건조하였다.

증자 및 볶음처리 방법으로 퀴노아를 10배량의 증류수로 실온에서 10분간 수침시킨 다음 찹기를 사용하여 15분간 증자처리 하였으며 45°C 열풍건조기에서 18시간 건조하였다. 증자 후 건조한 퀴노아를 180°C로 조절된 회전식 전열 볶음기(Taehwan Automatic Industry, Seoul, Korea)를 사용하여 45 rpm의 속도로 저어주면서 5분간 볶음처리 하였다. 열처리 가공한 퀴노아는 0.5 mm screen을 사용한 Cyclotec sample mill(Tecator, Hoganas, Sweden)로 분쇄한 후 분석용 시료로 사용하였다.

#### 일반성분 분석

퀴노아 시료의 수분, 조단백, 조지방, 조회분, 전분 함량은 각각 AACC 방법(15) 44-16, 46-13, 30-10, 08-01, 76-11에 의해 분석하였다.

#### 총 폴리페놀 함량

퀴노아 시료에 시료 중량의 10배에 해당하는 증류수 또는 80%(v/v) 에탄올을 용매로 사용하여 상온에서 2시간 추출한 다음 원심분리(15,000 rpm, 30분) 하였다. 총 폴리페놀 함량의 분석은 Folin-Denis(16) 방법에 따라 실험하였다. 즉 퀴노아 추출액 0.2 mL에 증류수 0.8 mL를 가한 뒤 2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL를 넣고 혼합

하여 실온에서 5분간 반응시켰다. 반응용액에 7% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 2 mL를 넣어 혼합하고 1시간 방치한 다음 spectrophotometer(Karaltay Scientific Instruments, Beijing, China)를 이용하여 734 nm에서 반응액의 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 0~200 ppm 농도로 조제하여 작성한 검량선에 의하여 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

#### 총 플라보노이드 함량

총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(17)의 방법을 변형하여 측정하였다. 퀴노아 추출액 0.5 mL에 에탄올 1.5 mL, 10%(w/v) 질산알루미늄(AlNO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O) 0.1 mL, 1 M 초산 칼륨(potassium acetate) 0.1 mL, 증류수 2.8 mL를 가하여 충분히 교반한 후 40분간 실온에서 방치시켰다. 정지시킨 상등액을 spectrophotometer를 이용하여 415 nm에서 반응액의 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 quercetin(Sigma-Aldrich Co.)을 0~200 ppm 농도로 조제하여 작성한 검량선에 의해 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

#### 색도, 수분흡수지수 및 수분용해도지수

퀴노아 시료의 색도는 색차계(CR-400, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였다. 이때 사용한 표준 백색판의 L, a, b 값은 각각 93.58, -0.34, 3.76이었다. 퀴노아 시료의 수분 흡수지수(water absorption index, WAI)와 수분용해도지수(water solubility index, WSI)는 Anderson(18)의 방법에 의해 측정하였다. 즉 퀴노아 가루 2.5 g과 30 mL 증류수를 50 mL 원심분리 튜브에 넣고 분산시킨 후 가끔 흔들어주면서 30°C에서 30분간 방치한 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액 전부를 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 담아 105°C에서 하룻밤 건조하여 남은 고형분량을 측정하여 2.5 g 시료에 대한 백분율로 수분용해도지수를 산출하였다. 수분흡수지수는 원심분리 하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1 g에 함유된 수분함량 g으로 계산하였다.

#### α-Amylase 전분 가수분해율 측정

퀴노아 시료의 *in vitro* α-amylase 전분 가수분해율은 Xue 등(19)의 방법을 변형하여 측정하였다. 퀴노아 시료 0.5 g에 0.04%(w/v) NaCl을 포함하는 0.05 M sodium phosphate buffer(pH 6.9) 용액 50 mL를 넣은 후 37°C 항온수조에 넣고 유지하면서 0.2 mL α-amylase(504 U/mL)를 넣어 37°C에서 반응시켰다. α-Amylase 효소액은 porcine pancreatic α-amylase(Sigma-Aldrich Co.)로부터 조제하였다. 효소반응 중 30, 60분의 간격으로 0.2 mL 용액을 취하여 생성된 환원당을 3,5-dinitrosalicylic acid 시약을 사용한 비색법으로 흡광도를 측정하였다. 표준당으로 maltose를 사용하였으며 전분의 가수분해율(%)은 [standard

curve로부터 환산된 maltose 함량(mg)/ 전분 함량(mg)]  
×100으로 계산하였다.

### DPPH 라디칼 소거능 측정

퀴노아 시료의 항산화력은 Blois(20)의 방법을 변형한 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 자유라디칼 소거능 측정방법에 의해 평가하였다. 퀴노아 추출물 0.2 mL에  $1 \times 10^{-4}$  M DPPH 용액(에탄올에 용해) 0.8 mL를 넣고 10초간 진탕한 후 실온에서 정확히 10분 동안 방치한 다음 spectrophotometer를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 바탕시험인 시료 무첨가구는 시료 대신 증류수를 사용하여 측정하였다. DPPH 자유라디칼 소거능(전자공여능)은  $[1 - (\text{시료첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도})] \times 100$ 으로 나타내었다.

### 아질산염 소거능 측정

퀴노아 시료의 아질산염 소거작용은 Kato 등(21)의 방법을 이용하여 측정하였다. 퀴노아 추출물 1 mL에 1 mM 아질산나트륨( $\text{NaNO}_2$ ) 용액 2 mL를 가하고, 0.1 N HCl로 pH를 1.2로 조정된 다음 증류수를 가하여 반응용액의 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액 1 mL를 취하여 2% 초산용액 2 mL와 30% 초산용액으로 용해한 Griess reagent(1% sulfanilic acid : 1% naphthylamine = 1:1) 0.4 mL를 가한 다음 vortex 하여 실온의 암소에서 15분간 방치하였다. 이를 spectrophotometer를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염을 산출하였다. 대조구는 Griess reagent 대신 증류수 0.4 mL를 가하여 측정하였다. 아질산염 소거작용은 추출액을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{아질산염 소거능(\%)} = [1 - \{(A - C) / B\}] \times 100$$

A:  $\text{NaNO}_2$  용액에 시료와 Griess를 첨가한 흡광도

B:  $\text{NaNO}_2$  용액에 Griess를 첨가한 흡광도

C:  $\text{NaNO}_2$  용액에 시료와 증류수를 첨가한 흡광도

### 통계처리

통계처리는 SAS program(Ver. 9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 평균과 표준편차(mean±SD)로 제시

하였고 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의적인 차이를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 열처리 가공 퀴노아의 일반성분

두 가지 열처리 가공방법에 따른 퀴노아의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 퀴노아 원곡의 수분 함량은 5.65%였으며, 가열처리한 퀴노아는 열탕처리구와 증자/볶음처리구에서 수분 함량이 각각 2.68과 1.03%로 감소하였다. 퀴노아 원곡은 조단백질 14.59%, 조지방 6.44%, 조회분 2.35%로 분석되었다. 이는 퀴노아의 일반성분이 조단백질 13.2~15.7%, 조지방 5.3~8.6%, 조회분 1.5~3.6%의 범위로 보고한 결과(22-25)와 유사하였다. 밥 형태로 가열조리 또는 가공을 할 때 행해지는 열탕처리에 따른 퀴노아의 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 각각 13.49, 5.73, 2.17%로 퀴노아 원곡보다 약간 감소하였으며, 이는 열탕처리 시 조리수에 일부 용출되었기 때문으로 판단되었다. 미숫가루나 선식 등의 형태로 가열조리 또는 가공을 할 때 행해지는 증자 및 볶음처리에 따른 퀴노아의 경우, 조단백질, 조지방, 조회분 함량이 각각 14.57, 6.22, 2.27%로 나타나 원곡에 비해 큰 차이가 없었다. 퀴노아 원곡의 전분 함량은 54.23%로 퀴노아의 전분 함량을 48.0~58.7%로 보고한 이전의 결과(22,25)와 유사한 수준이었으며, 열탕처리와 증자/볶음처리에 의해 각각 52.07, 53.35%로 약간 감소하였다.

### 열처리 가공 퀴노아의 총 페놀 및 플라보노이드 함량

식물성 식품 속에 함유된 페놀화합물은 화학적으로 이질적인 물질들이 포함되는데 유기용매에만 녹는 지용성인 것도 있고, 수용성의 카르복실산이나 배당체, 그리고 크기가 큰 중합체도 이에 포함되어 이들의 기능은 그 구조적 다양성만큼이나 다양하다. 페놀화합물은 일반적으로 물 또는 에탄올, 메탄올, 아세톤과 물의 혼합으로 추출된다. 퀴노아의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량을 분석한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 증류수와 80% 에탄올을 용매로 하여 추출한 퀴노아 원곡의 총 페놀 함량은 각각 1.37 mg/g, 1.08 mg/g으로 나타났다. 퀴노아에 함유된 폴리페놀은 0.4~8.64 mg/g의 함량을 가진다고 보고된(26-29) 바 있으며, 유사 곡류

**Table 1.** Proximate composition<sup>1)</sup> of raw and heat-treated quinoa grains

(%)

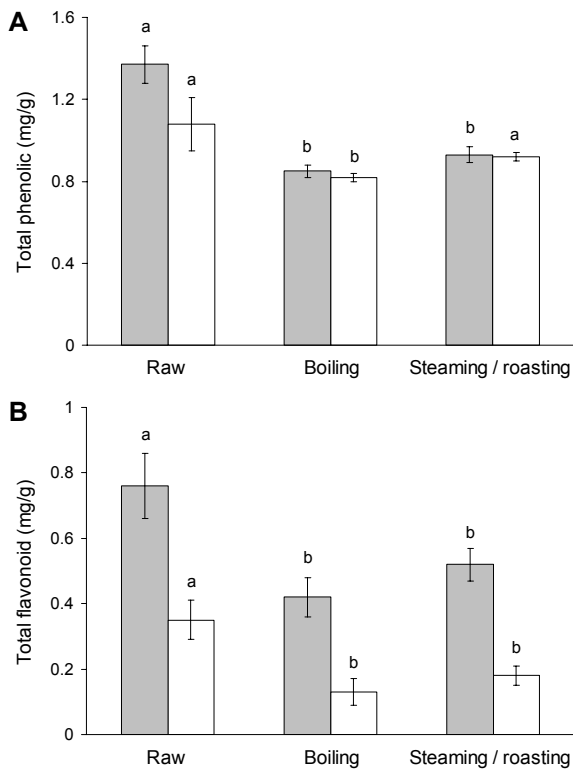
	Moisture	Crude protein <sup>2)</sup>	Crude fat	Crude ash	Starch	Total carbohydrate <sup>3)</sup>
Raw	5.65±0.30 <sup>ad)</sup>	14.59±0.04 <sup>a</sup>	6.44±0.35 <sup>a</sup>	2.35±0.03 <sup>a</sup>	54.23±0.90 <sup>a</sup>	76.62±0.34 <sup>b</sup>
Boiling	2.68±0.15 <sup>b</sup>	13.49±0.10 <sup>b</sup>	5.73±0.03 <sup>b</sup>	2.17±0.16 <sup>b</sup>	52.07±3.78 <sup>a</sup>	78.62±0.19 <sup>a</sup>
Steaming/roasting	1.03±0.21 <sup>c</sup>	14.57±0.09 <sup>a</sup>	6.22±0.05 <sup>a</sup>	2.27±0.18 <sup>ab</sup>	53.35±0.83 <sup>a</sup>	76.93±0.14 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Dry weight basis except moisture.

<sup>2)</sup>Nitrogen × 6.25.

<sup>3)</sup>% Carbohydrate=100%-(% crude protein+% crude fat+% crude ash).

<sup>4)</sup>Values are means±SD of triplicate determinations. Values with different letters in a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ).



**Fig. 1.** Total phenolic (A) and total flavonoid (B) contents of raw and heat-treated quinoa grain extracts. ■, distilled water; □, 80% ethanol. Means with different letters above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ).

의 총 페놀 함량은 메밀이 가장 높고, 퀴노아, 아마란스 순으로 많다고 분석한 바 있다(30). 가열처리한 퀴노아의 총 페놀 함량은 증류수로 추출 시 열탕과 증자/볶음처리에서 각각 0.85, 0.93 mg/g이었으며, 에탄올 추출 시에는 열탕과 증자/볶음처리에서 0.82, 0.92 mg/g으로 두 가지 추출용매에서 모두 가열처리에 의해 감소하는 경향을 보여주었다(Fig. 1A). 퀴노아의 총 페놀 함량은 다른 곡류에 비해 높으나 열탕(boiling)이나 굽기(baking)에 의해 감소하는 것으로 보고된 바 있으며(26,28), 본 실험에서 열탕처리한 퀴노아가 증자/볶음처리한 퀴노아보다 총 페놀 함량이 더 낮은 것은 열탕 시 조리수에 일부 침출되었기 때문으로 생각하였다.

퀴노아 원곡의 총 플라보노이드 함량은 증류수와 80% 에탄올 추출물에서 각각 0.76 mg/g, 0.35 mg/g으로 나타났으며 이는 퀴노아의 플라보노이드 함량을 0.1~1.8 mg/g으로 보고한 결과(27-29)의 범위 내에 있었다. 퀴노아의 총

플라보노이드 함량 역시 열처리 가공에 의해 감소하는 것으로 분석되었다(Fig. 1B). 가열처리한 퀴노아의 총 플라보노이드 함량은 증류수로 추출 시 열탕과 증자/볶음 처리에서 각각 0.42, 0.52 mg/g으로 가열처리 실험구 간의 함량이 비슷하였으나 원곡보다는 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 에탄올 추출 시에는 열탕과 증자/볶음처리한 시료에서 각각 0.13, 0.18 mg/g으로 분석되어 증류수 추출 시보다 낮지만 유사한 패턴으로 감소함을 보여주었다. 퀴노아의 가열처리 시 총 플라보노이드 함량의 손실 정도는 가공처리 방법 및 조건에 크게 영향을 받는다(26)고 하였다.

**열처리 가공 퀴노아의 색도, 수분흡수지수 및 수분용해도 지수**

퀴노아 원곡과 가열처리 가공한 분말의 색도, 수분흡수지수 및 수분용해도지수를 측정할 결과는 Table 2에 나타내었다. 퀴노아 원곡의 L값은 84.15였으며 열탕과 증자/볶음처리한 퀴노아의 L값은 각각 79.32, 79.15로 퀴노아를 열처리 가공함에 따라 L값이 감소하여 색상이 다소 어둡게 나타났다. 퀴노아 원곡과 열처리구의 a값은 (-)값으로 측정되어 약간의 녹색도를 보여주었으며 b값은 퀴노아 원곡의 9.60에 비하여 열처리한 퀴노아 분말에서 각각 12.02, 12.24로 증가하여 황색도가 증가함을 보여주었다. 열처리 가공한 퀴노아의 수분흡수지수는 퀴노아 원곡의 2.38 g/g보다 열탕과 증자/볶음처리에서 각각 4.69, 4.59 g/g으로 증가하였으며, 열처리에 따른 퀴노아 전분의 호화 정도가 수분흡수율에 영향을 주는 것으로 판단되었다. 한편 퀴노아의 수분용해도지수는 퀴노아 원곡의 10.99%에서 열탕과 증자/볶음처리구에서 각각 6.15, 6.67%로 감소하였으며, 이는 전분의 호화 정도, 열탕처리 시에 가용성 고형물의 손실, 그리고 볶음처리에 의한 고분자성분의 열적 분해 등 다양한 요인이 영향을 주었을 것으로 생각한다.

**열처리 가공 퀴노아의 *in vitro* 전분소화율**

퀴노아 원곡과 열처리 가공한 시료에 대한 전분소화율을 pancreatic  $\alpha$ -amylase를 이용하여 *in vitro* 가수분해에 따른 전분 가수분해율(%)로 나타낸 결과는 Table 3과 같다. 퀴노아 원곡의  $\alpha$ -amylase에 의한 30분 전분 가수분해율은 31.47%였으며, 열탕과 증자/볶음처리한 퀴노아는 각각 61.05, 57.30%로 원곡보다 열처리 가공한 퀴노아의 전분 가수분해율이 약 2배가량 증가한 결과를 보여주었다.  $\alpha$ -

**Table 2.** Color, WAI (water absorption index), and WSI (water solubility index) of raw and heat-treated quinoa grains

	Color values			WAI (g/g)	WSI (%)
	L	a	b		
Raw	84.15±0.18 <sup>a1)</sup>	-0.41±0.04 <sup>b</sup>	9.60±0.05 <sup>c</sup>	2.38±0.07 <sup>b</sup>	10.99±0.26 <sup>a</sup>
Boiling	79.32±0.28 <sup>b</sup>	-0.17±0.02 <sup>a</sup>	12.02±0.06 <sup>b</sup>	4.69±0.11 <sup>a</sup>	6.15±0.13 <sup>c</sup>
Steaming/roasting	79.15±0.19 <sup>b</sup>	-0.59±0.04 <sup>c</sup>	12.24±0.04 <sup>a</sup>	4.59±0.17 <sup>a</sup>	6.67±0.09 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are means±SD of triplicate determinations. Values with different letters in a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P < 0.05$ ).

**Table 3.** Relative starch hydrolysis<sup>1)</sup> *in vitro* of raw and heat-treated quinoa grains (%)

	Hydrolysis time (min)	
	30	60
Raw	31.47±1.93 <sup>b2)</sup>	60.12±3.07 <sup>b</sup>
Boiling	61.05±4.80 <sup>a</sup>	80.69±1.83 <sup>a</sup>
Steaming/roasting	57.30±2.33 <sup>a</sup>	76.38±0.92 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Measured as starch degree of hydrolysis with  $\alpha$ -amylase at 37°C.

<sup>2)</sup>Values with different letters in a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

Amylase 가수분해 60분에서는 퀴노아 원곡이 60.12%, 열탕처리가 80.69%, 증자/볶음처리가 76.38%로 전분 가수분해율이 증가하였으며, 열탕처리한 퀴노아가 증자/볶음처리에 비해 소화 정도가 높아 소화성이 약간 더 향상하는 것으로 판단되었다. 곡물 가공 시 열탕, 증자, 볶음과 같은 가열처리는 전분을 소화시켜 가공성을 용이하게 하고 바람직한 향을 주며, 조직감 및 소화성을 향상해주는 중요한 공정으로 작용한다. 전분의 *in vitro* 가수분해율에서의 차이는 전분의 출처, 입자크기, amylose/amylopectin 비율, 결정성 정도, amylose-lipid 복합체, 식이섬유와 관련한 전분의 분포,  $\alpha$ -amylase 저해제, 가공조건 등 다양한 요인에 의해 영향을 받으며(31), 전분의 *in vitro* 가수분해의 차이는 인체의 식후 혈당반응과 관계가 있어 *in vivo* 혈당반응을 예측하는 데 중요한 인자인 것으로 설명할 수 있다.

#### 열처리 가공 퀴노아의 DPPH 라디칼 소거능

일반적으로 특정 물질에 대한 항산화 활성을 측정하는 방법에는 여러 가지가 있으나 그중에서 DPPH 유리라디칼 소거 활성법은 비교적 간단하면서도 대량으로 측정이 가능한 방법이다. 열처리 가공 퀴노아의 증류수와 80% 에탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Table 4에 나타내었다. 퀴노아의 DPPH 라디칼 소거능은 증류수 추출 시 퀴노아 원곡, 열탕처리, 증자/볶음처리한 퀴노아에서 각각 21.68, 17.40, 23.82%로 나타나 큰 차이가 없었으나, 80% 에탄올 추출 시에는 원곡의 20.02%에 비해 열탕처리구 12.35%, 증자/볶음처리구 15.25%로 가열처리한 퀴노아에서 DPPH 라디칼 소거능이 다소 감소하였다. 퀴노아의 DPPH 라디칼 소거능은 열탕(boiling) 또는 토스팅(toasting) 처리로 감소한다고 보고된 바 있으나(28,32), 퀴노아

**Table 4.** DPPH radical scavenging activity of raw and heat-treated quinoa grain extracts (%)

	Distilled water	80% ethanol
Raw	21.68±5.05 <sup>a1)</sup>	20.02±3.68 <sup>a</sup>
Boiling	17.40±2.52 <sup>a</sup>	12.35±2.13 <sup>b</sup>
Steaming/roasting	23.82±4.44 <sup>a</sup>	15.25±3.83 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Values are means±SD of triplicate determinations. Values with different letters in a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

**Table 5.** Nitrite scavenging activity of raw and heat-treated quinoa grain extracts (%)

	Distilled water	80% ethanol
Raw	41.88±5.85 <sup>a1)</sup>	59.38±4.41 <sup>a</sup>
Boiling	31.75±4.88 <sup>a</sup>	58.88±2.30 <sup>a</sup>
Steaming/roasting	34.55±4.92 <sup>a</sup>	60.28±3.58 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values are means±SD of triplicate determinations. Values with different letters in a column are significantly different by Duncan's multiple range test ( $P<0.05$ ).

항산화 활성은 총 페놀 함량과의 상관관계가 크지 않고 페놀성 물질 이외에도 아마 다른 물질이 관여하는 것으로 보인다(33)고 하였다. 항산화 물질의 전자공여 작용은 활성 라디칼에 전자를 공여하여 지방질 산화를 억제하는 척도로 사용되고 있을 뿐만 아니라 인체 내에서 활성 라디칼에 의한 노화를 억제하는 작용의 척도로도 이용되고 있다.

#### 열처리 가공 퀴노아의 아질산염 소거능

아질산염 소거능은 추출물의 발암성 nitrosamine 생성의 전구물질인 아질산염을 소거하는 활성을 측정한다. Nitrosamine 생성반응은 아질산염과 반응할 수 있는 화합물에 의해 억제될 수 있는데, 특히 페놀화합물, 비타민 C, 토코페롤 등이 nitrosamine 생성을 억제하는 대표적인 물질이다(34). 열처리 가공에 따른 퀴노아의 아질산염 소거능을 분석한 결과는 Table 5와 같다. 증류수를 사용하여 추출한 추출물의 아질산염 소거능은 원곡의 41.88%에 비해 가열처리구에서 32~35%로 약간 감소하였으며 열탕처리구에서 31.75%로 가장 낮게 나타났다. 한편 에탄올 추출물에서는 퀴노아 원곡, 열탕, 증자/볶음처리에서 각각 59.38, 58.88, 60.28%로 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 열처리에 의해 아질산염 소거능이 감소하는 경향은 열탕처리에 의해 아질산염 소거 물질들이 조리수에 용출되어 감소하고 열처리에 의해 일부 파괴되기 때문으로 판단되며, 열처리 방법에 따라 phenolic compounds, ascorbic acid, carotenoid, tocopherol 성분 등 항산화 물질이 감소한다는 결과(28,32)와 관련이 있는 것으로 생각하였다.

## 요 약

퀴노아의 열처리 가공방법이 퀴노아의 이화학적 특성과 *in vitro* 생리활성에 미치는 영향을 조사하였다. 퀴노아의 가열처리로 열탕처리와 증자 후 볶음처리 하는 두 가지 방법을 사용하였다. 퀴노아의 일반성분은 열탕처리 하였을 때 조단백질, 조지방, 조회분, 전분 함량이 약간 감소하였으나 증자/볶음처리 시에는 이들 함량에 유의적인 차이가 없었다. 퀴노아의 총 페놀 함량은 증류수 또는 80% 에탄올 용매 추출물 모두에서 원곡보다 가열처리에 의해 감소하는 것으로 나타났다. 열탕처리가 증자/볶음처리에 비해 감소가 더 큰 편이었다. 총 플라보노이드 함량 또한 두 가지 용매 추출물 모두

에서 열처리 가공에 의해 감소하였다. 열처리한 퀴노아의 수분흡수지수는 원곡보다 증가했지만 수분용해도지수는 감소하였다. 퀴노아의 *in vitro* 전분 가수분해율은 원곡보다 열처리한 퀴노아에서 크게 증가하였다. 퀴노아의 DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능은 가열처리에 의해 감소하는 경향이었는데 열탕 처리에서 가장 낮게 나타났으며, 이는 열처리 가공방법에 따른 항산화 물질 손실의 차이로 인한 결과로 판단되었다. 퀴노아를 열처리 가공 시에는 조리수에 의한 영양 생리활성 성분의 손실을 줄이는 방법으로 열처리 가공하는 것이 바람직한 것으로 제시되었다.

### REFERENCES

- Jacobsen SE. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev Int* 19: 167-177.
- Taylor JRN, Parker ML. 2002. Quinoa. In *Pseudocereals and Less Common Cereals*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. p 93-122.
- Lee JH. 2007. New beneficial crops amaranth and quinoa for food nutritional source. *Food Industry and Nutrition* 12(2): 29-36.
- Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martínez EA. 2010. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *J Sci Food Agric* 90: 2541-2547.
- Ando H, Chen YC, Tang H, Shimizu M, Watanabe K, Mitsunaga T. 2002. Food components in fractions of quinoa seed. *Food Sci Technol Res* 8: 80-84.
- Prego I, Maldonado S, Otegui M. 1998. Seed structure and localization of reserves in *Chenopodium quinoa*. *Ann Bot* 82: 481-488.
- Abugoch James LE. 2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties. *Adv Food Nutr Res* 58: 1-31.
- Kozioł MJ. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J Food Compos Anal* 5: 35-68.
- Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E. 2010. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends Food Sci Technol* 21: 106-113.
- Konishi Y, Hirano S, Tsuboi H, Wada M. 2004. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Biosci Biotechnol Biochem* 68: 231-234.
- Ryan E, Galvin K, O'Connor TP, Maguire AR, O'Brien NM. 2007. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legume. *Plant Foods Hum Nutr* 62: 85-91.
- Hirose Y, Fujita T, Ishii T, Ueno N. 2010. Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan. *Food Chem* 119: 1300-1306.
- Ridout CL, Price KR, Susan Dupont M, Parker ML, Fenwick GR. 1991. Quinoa saponins-analysis and preliminary investigations into the effects of reduction by processing. *J Sci Food Agric* 54: 165-176.
- Kim AN. 2016. A study on the quinoa by different preparation methods and its application to food. *PhD Dissertation*. Kyung Hee University, Seoul, Korea.
- AACC. 2000. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
- Anderson RA. 1982. Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem* 59: 265-269.
- Xue Q, Newman RK, Newman CW. 1996. Effects of heat treatment of barley starches on *in vitro* digestibility and glucose responses in rats. *Cereal Chem* 73: 588-592.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
- Hager AS, Wolter A, Jacob F, Zannini E, Arendt EK. 2012. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *J Cereal Sci* 56: 239-247.
- Repo-Carrasco-Valencia RAM, Encina CR, Binaghi MJ, Greco CB, Ronayne de Ferrer PA. 2010. Effects of roasting and boiling of quinoa, kiwicha and kañiwa on composition and availability of minerals *in vitro*. *J Sci Food Agric* 90: 2068-2073.
- Steffolani ME, León AE, Pérez GT. 2013. Study of the physicochemical and functional characterization of quinoa and kañiwa starches. *Starch* 65: 976-983.
- Stikić R, Glamoclija D, Demin M, Vucelic-Radovic B, Jovanovic Z, Milojkovic-Opsenica D, Jacobsen SE, Milovanovic M. 2012. Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *J Cereal Sci* 55: 132-138.
- Alvarez-Jubete L, Wijngaard H, Arendt EK, Gallagher E. 2010. Polyphenol composition and *in vitro* antioxidant activity of amaranth, quinoa buckwheat and wheat as affected by sprouting and baking. *Food Chem* 119: 770-778.
- Carciochi RA, Manrique GD, Dimitrov K. 2014. Changes in phenolic composition and antioxidant activity during germination of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Int Food Res J* 21: 767-773.
- Dini I, Tenore GC, Dini A. 2010. Antioxidant compound contents and antioxidant activity before and after cooking in sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *LWT - Food Sci Technol* 43: 447-451.
- Hemalatha P, Bomzan DP, Rao BVS, Sreerama YN. 2016. Distribution of phenolic antioxidants in whole and milled fractions of quinoa and their inhibitory effects on  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase activities. *Food Chem* 199: 330-338.
- Gorinstein S, Vargas OJM, Jaramillo NO, Salas IA, Ayala ALM, Arancibia-Avila P, Toledo F, Katrich E, Trakhtenberg S. 2007. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *Eur Food Res Technol* 225: 321-328.
- Snow P, O'Dea K. 1981. Factors affecting the rate of hydrolysis of starch in food. *Am J Clin Nutr* 34: 2721-2727.
- Nickel J, Spanier LP, Botelho FT, Gulate MA, Helbig E. 2016. Effect of different types of processing on the total phenolic compound content, antioxidant capacity, and saponin content of *Chenopodium quinoa* Willd grains. *Food Chem* 209: 139-143.
- Nsimba RY, Kikuzaki H, Konishi Y. 2008. Antioxidant ac-

- tivity of various extracts and fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. *Food Chem* 106: 760-766.
34. Im KJ, Lee SK, Park DK, Rhee MS, Lee SK. 2000. Inhibitory effects of garlic extracts on the nitrosation. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 43: 110-115.