

토스팅에 따른 김의 지방질 산화, 산화방지성분과 색소 변화

손수정 · 최은옥*
인하대학교 식품영양학과

Toasting Effects on the Lipid Oxidation, Antioxidants, and Pigments of Dried Laver (*Porphyra* spp.)

Soojeong Son and Eunok Choe*

Department of Food and Nutrition, Inha University

Abstract The effects of toasting, simulated *gingui* (dried and toasted laver) manufacturing, on lipid oxidation and antioxidant and pigment contents of dried laver (*Porphyra* spp.) were evaluated by peroxide value (POV) and conjugated dienoic acid (CDA) value measurement, HPLC, and spectrophotometry. Dried laver was toasted for 40 or 300 s at 120°C, or for 2 or 5 s at 250°C. The POV and CDA contents were significantly higher in the toasted samples (0.60-0.69 mmol/kg and 2.17-4.20%, respectively) except in samples toasted at 120°C for 40 s, compared to those in the non-toasted samples (0.43 mmol/kg and 1.21%, respectively). Chlorophyll was the most stable pigment during toasting (>90% retention), followed by carotenoids (50-77% retention) and phycocyanins and phycoerythrins (13-73% retention). Porphyrin was the most stable antioxidant (>95% retention), and polyphenols, the most unstable antioxidant (24-75% retention). Despite the degradation of pigments and antioxidants during toasting, the dried laver still contained health-benefiting components after toasting.

Keywords: dried laver, toasting, lipid oxidation, antioxidant, pigment

서 론

김(*Porphyra*)은 단백질은 물론 건강에 유용한 식이섬유를 다량 함유하며 지방질 함량은 1% 이하인 저열량 식품으로, 특히 김의 지방질에는 심혈관계 질환 예방효과를 나타내는 오메가-3 지방산의 일종인 에이코사펜타엔산(eicosapentaenoic acid, EPA)이 다량 함유되어 있다(1,2). 김은 영양성분 이외에도 클로로필, 카로티노이드, 파이코에리트린, 파이코시아닌 등의 색소를 가지고 있으며, 이들 색소 함량은 김의 품질과 관련이 있다(2,3). 클로로필은 포르피린환을 가지는 녹색 색소로서 식욕을 돋울 뿐 아니라, 식품 성분의 일중항산소에 의한 광증감 산화(photosensitized oxidation)를 촉매하지만(4), 빛이 차단된 상태에서는 자유 라디칼을 소거함으로써 지방질의 자동산화를 방지하므로(5), 건강기능식품 제조에 이용되고 있다. 카로티노이드는 일중항산소를 소거하고 자유 라디칼을 제거함으로써 지방질 산화는 물론 산화 스트레스로부터 세포를 보호한다(6,7).

김은 12-1월에 걸쳐 수확한 후 건조하여 그대로 먹거나, 건조 김을 구운 김, 조미 김, 김 자반, 김 부각 등으로 가공하여 판매하며, 김의 지방질 산화, 색소 조성 및 함량은 김의 품질을 좌우하는 매우 중요한 요인으로 알려져 있다(2,8). 김과 관련된 연구는 김의 품종, 가공, 저장에 따른 색소 등 성분 함량 변화(2,8,9,10)

등이 대부분이며, 건조 김의 실제 굽기 과정에 따른 지방질 산화, 산화 방지 성분, 색소 등 김의 품질을 종합적으로 보고한 연구는 매우 드물다. 본 연구에서는 건조 김의 토스팅 과정 중 지방질 산화는 물론 산화 방지성분과 색소 함량을 평가함으로써 고품질 구운 김 제조를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

시료는 전라남도 신안군에서 2011년 2월에 수확, 건조한 반들 김(*Porphyra* spp.)으로 (주)초록마을(Seoul, Korea)을 통해 구입하였다. HPLC용 *n*-헥세인, 메탄올, 물, 이소프로판올, 아세트, 에틸 아세테이트는 J. T. Baker (Phillipsburg, NJ, USA), menhaden fish oil 표준품은 Supelco사(Bellefonte, PA, USA) 제품을 사용하였고, C17, C4-C24 지방산 표준품, 클로로필 α , β -카로틴, 루테인, gallic acid, α -토코페롤, Folin Ciocalteu's phenol 시약, 14% BF₃ 메탄올은 Sigma Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 그 외 시약은 모두 일급 시약을 사용하였다.

시료의 준비

건조 김(20×18.5 cm)은 100°C와 250°C에서의 2차 구이를 실시하는 구이 김 제조업체의 조건을 참고하여 오븐(Woo Jung Co. Seoul, Korea)을 이용하여 1차 구이 온도인 120°C에서 40 s 또는 300 s, 2차 구이 온도인 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 구워 시료로 삼았다. 이 때 대조군은 굽지 않은 건조 김이었다.

김의 지방질 산화와 지방산 조성 분석

김의 지방질은 클로로포름:메탄올:물(1:2:0.8, v/v/v)의 혼합용액

*Corresponding author: Eunok Choe, Department of Food and Nutrition, Inha University, Incheon 402-751, Korea
Fax: 82-32-873-8125
Tel: 82-32-860-8125
E-mail: eochoe@inha.ac.kr
Received June 25, 2014; revised July 31, 2014;
accepted September 1, 2014

을 이용하여 추출하였으며(10), 회전 진공 증발기(N-N seies, Eyela, Tokyo, Japan)를 이용하여 용매를 제거하여 지방질을 얻은 후 과산화물값과 공액이중산값으로 지방질 산화 정도를 평가하였다. 과산화물값(peroxide value, POV)은 500 nm에서 흡광도를 이용하는 IDF 법(11)을 이용하였으며, 공액이중산값(conjugated dienoic acid value, CDA)은 233 nm에서의 흡광도를 이용하는 AOCS 방법 Ti la-64(12)에 의해 구하였다.

김의 지방산 조성은 가스크로마토그래피법(gas chromatography, GC)을 이용하여 위 방법으로 추출한 김 지방질을 14% BF₃ 메탄올로 에스터화 한 후 분석하였다(2). HP-Innowax column (30 m × 0.53 mm, 1.0 μm thick; Agilent, Böblingen, Germany)과 불꽃이온화 검출기가 장착된 YL 6100 GC (Younglin Instrument Co., Ltd., Anyang, Korea)를 사용하였고, 오븐, 주입구, 검출기의 온도는 각각 200, 270, 280°C이었다. 운반기체인 질소의 속도는 10 mL/min, split 비율은 10:1이었으며, 지방산의 동정과 정량은 표준지방산의 머무름 시간과 피크 면적을 이용하였다.

김의 산화 방지 성분 분석

김의 산화 방지 성분으로는 포피란, 폴리페놀 화합물, 토코페롤을 포함하였으며(2), 포피란 함량은 Oh 등의 방법(2)으로 추출하고 용매를 제거한 후, 무게를 측정하여 정량하였다. 폴리페놀 화합물 함량은 80% 아세톤 용액으로 추출한 뒤 Folin-Ciocalteu's phenol 시약으로 발색시켜 UV-Visible spectrophotometer (HP 8453, Hewlett Packard, Wilmington, DE, USA)를 이용하여 725 nm에서의 흡광도로 측정하고 gallic acid 검량곡선으로 정량하였다(2). 토코페롤은 *n*-헥세인으로 추출한 후 고속 액체 크로마토그래피법(high performance liquid chromatography, HPLC)에 의해 평가하였다(2). μ-Porasil™ 컬럼(3.9×300 mm, 10 μm ID, Waters)과 형광검출기(excitation 290 nm, emission 330 nm)를 장착한 YL 9100 HPLC (Younglin Instrument Co., Ltd.)을 사용하였으며 이동상은 분당 2 mL 속도의 *n*-헥세인과 이소프로판올의 혼합용매(99.8:0.2, v/v)이었다. 토코페롤 이성질체의 동정 및 정량은 표준 토코페롤 검량곡선을 이용하여 구하였다.

김의 색소 분석

김의 클로로필 함량은 Oh 등(2)의 방법을 이용하여 다이클로로메테인으로 추출하고, HPLC법에 의해 symmetry C18 (4.6×150 mm, 5.0 μm ID, Waters, Milford, MA, USA) 컬럼과 UV 검출기(438 nm)를 장착한 YL 9100 HPLC (Younglin Instrument Co., Ltd.)로 분석하였다. 이동상은 에틸아세테이트:메탄올:물(50:37.5:12.5, v/v/v) 혼합 용액으로 분당 1.5 mL의 속도로 흘려주었고, 클로로필 a 검량곡선을 이용하여 정량하였다.

카로티노이드는 김으로부터 AOAC 방법 970.64(13)에 의해 추출하고, HPLC 법(2)에 의해 정량하였다. YL 9100 HPLC (Younglin Instrument Co., Ltd.)를 이용하여 μ-porasil™ 컬럼(3.9×300 mm, 10 μm ID, Waters)과 *n*-헥세인:이소프로판올(97:3, v/v) 혼합 용액(1 mL/min), UV 검출기(436 nm)로 분석하였으며, β-카로틴과 루테인의 표준 검량곡선을 이용하여 정량하였다. 파이코빌린 색소로는 파이코에리트린과 파이코시아닌을 Oh 등(2)의 방법에 의해 UV-Visible spectrophotometer (HP 8453; Hewlett Packard)를 이용하여 정량하였다.

자료의 통계처리

자료는 소프트웨어인 SAS computer program (SAS 92)를 이용하여 평균과 표준오차를 구하였으며, 다중 범위검정(Duncan's

multiple range test)과 회귀분석을 실시하였고 이 때의 유의수준은 5% 이었다.

결과 및 고찰

토스팅에 따른 김의 지방산 조성과 지방질 산화

건조 김과 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 김의 지방산 조성은 Table 1과 같다. EPA는 김 지방질을 구성하고 있는 전체 지방산의 54-55%를 차지하였고, 다음으로 팔미트산 함량이 약 18%, 아라키돈산은 약 7%, 올레산 함량은 약 5%이었다. 김의 지방산 조성은 토스팅에 의해 유의한 변화를 보이지는 않았으며, 따라서 불포화지방산과 포화지방산의 함량 비율인 U/S 값도 건조 김에서 3.90, 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 김에서는 각각 3.87, 3.86, 3.84, 3.81로 유의한 차이를 보이지는 않았으나, 감소한 경향을 보였다. 해조류에서의 토스팅에 따른 지방산 조성은 현재까지 보고된 바 없다.

건조 김과 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s, 5 s 동안 토스팅한 김으로부터 추출한 지방질의 과산화물값과 공액이중산값은 Fig. 1과 같다. 건조 김의 과산화물값은 0.43 mmol/kg 이었으나, 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 김의 과산화물값은 각각 0.60, 0.62, 0.69, 0.64 mmol/kg로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 이것은 건조 김의 토스팅 과정에서 지방질 산화가 발생하고 있음을 의미한다. 그러나 토스팅 조건 차이에 따른 김 지방질 산화 정도는 유의하게 다르지 않았다. Jo 등(14)은 구운 김을 10, 20, 30°C에서 60일 동안 저장한 후 과산화물값이 45.7 meq/kg에서 각각 52.9, 76.1, 159.7 meq/kg로 증가하였음을 보고한 바 있으나, 현재까지 실제 토스팅 과정 중의 김의 과산화물값에 대한 보고는 없었다. 또한 건조 김의 공액이중산값은 1.21%, 120°C에서 40 s 토스팅한 김의 공액이중산값은 1.01%로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 120°C에서 300 s 또는 250°C에서 2 s 동안 토스팅했을 때 김의 공액이중산값은 각각 4.20, 2.17%로 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 한편, 250°C에서 5 s 동안 토스팅한 김의 공액이중산값은 토스팅하지 않은 건조 김에 비해 유의하게 낮았는데, 이것은 김 지방질에 다량 함유된 EPA, 리놀레산, 아라키돈산 등 비공액 이중결합을 가진 지방산이 산화되어 공액이중결합 생성을 증가시키는 일반 경향(4)과 반대의 결과로, 고온 토스팅에서의 김 지방질 변화에 대한 심도 있는 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 토스팅에 의한 김의 과산화물값과 공액이중산값의 유의한 증가는 토스팅 과정 중 김 지방질이 산화됨을 의미하기는 하지만 김 저장의 지방질 산화 정도(10,14)와 비교하여 그 값이 크지 않아 단시간의 토스팅 과정 중 지방질 산화는 김 저장 중 지방질 산화에 비해 미미한 것으로 사료된다.

토스팅에 따른 김의 산화방지 성분 함량 변화

건조 김과 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 김의 산화방지 성분 함량은 Table 2와 같다. 건조 김에는 산화방지 성분 중 포피란이 가장 많이 함유되었으며, 폴리페놀 화합물도 양파와 비슷한 수준으로(15) 상당량 함유되어 있었으나, 토코페롤 함량은 매우 낮았다.

건조 김의 포피란 함량은 114.63 g/kg이었으며 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 후에도 함량에 유의한 변화를 보이지 않았다($p < 0.05$). 포피란은 황산염을 함유한 산성 다당류로 장 운동을 활발하게 도와주고 장에서의 콜

Table 1. Effects of toasting on the fatty acid composition (%) of dried laver lipids

| Fatty acid | Toasting conditions | | | | |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | No heating | 120°C/40 s | 120°C/300 s | 250°C/2 s | 250°C/5 s |
| C14:0 | 0.55±0.00 ^{a1)} | 0.53±0.01 ^a | 0.56±0.03 ^a | 0.55±0.00 ^a | 0.54±0.06 ^a |
| C14:1 | 0.32±0.22 ^a | 0.32±0.00 ^a | 0.33±0.02 ^a | 0.32±0.01 ^a | 0.33±0.02 ^a |
| C16:0 | 18.08±0.34 ^a | 18.20±0.02 ^a | 18.20±0.39 ^a | 18.31±0.08 ^a | 18.41±0.36 ^a |
| C16:1 | 1.39±0.01 ^a | 1.39±0.12 ^a | 1.33±0.01 ^a | 1.42±0.07 ^a | 1.44±0.04 ^a |
| C18:0 | 1.00±0.04 ^a | 1.02±0.04 ^a | 1.05±0.00 ^a | 1.02±0.05 ^a | 1.04±0.01 ^a |
| C18:1 | 4.46±0.03 ^a | 4.48±0.09 ^a | 4.65±0.02 ^a | 4.52±0.25 ^a | 4.60±0.24 ^a |
| C18:2 | 3.20±0.04 ^a | 3.14±0.05 ^a | 3.21±0.12 ^a | 3.13±0.07 ^a | 3.20±0.09 ^a |
| C18:3 | 0.66±0.04 ^a | 0.61±0.01 ^a | 0.64±0.07 ^a | 0.70±0.01 ^a | 0.66±0.03 ^a |
| C18:4 | 1.17±0.02 ^a | 1.23±0.04 ^a | 1.22±0.03 ^a | 1.17±0.06 ^a | 1.20±0.05 ^a |
| C20:0 | 0.77±0.02 ^a | 0.77±0.04 ^a | 0.77±0.00 ^a | 0.78±0.02 ^a | 0.80±0.01 ^a |
| C20:1 | 0.72±0.03 ^a | 0.73±0.02 ^a | 0.74±0.02 ^a | 0.71±0.03 ^a | 0.73±0.03 ^a |
| C20:2 | 0.93±0.01 ^a | 0.98±0.02 ^a | 0.94±0.00 ^a | 0.94±0.02 ^a | 0.95±0.03 ^a |
| C22:1 | 3.42±0.07 ^a | 3.37±0.05 ^a | 3.37±0.06 ^a | 3.40±0.06 ^a | 3.39±0.07 ^a |
| C20:4(n-6) | 6.76±0.01 ^a | 6.63±0.21 ^a | 6.60±0.10 ^a | 6.68±0.04 ^a | 6.76±0.13 ^a |
| C20:4(n-3) | 1.47±0.10 ^a | 1.45±0.02 ^a | 1.51±0.04 ^a | 1.44±0.04 ^a | 1.53±0.07 ^a |
| C20:5(EPA) | 54.36±0.87 ^a | 55.14±0.41 ^a | 54.88±0.10 ^a | 54.92±0.69 ^a | 54.43±0.43 ^a |
| U/S ²⁾ | 3.90±0.07 ^a | 3.87±0.01 ^a | 3.86±0.09 ^a | 3.84±0.04 ^a | 3.81±0.07 ^a |

¹⁾The same superscripts mean insignificant differences among samples in each fatty acid by Duncan's multiple range test at 5%.

²⁾Content ratio of unsaturated fatty acids to saturated fatty acids

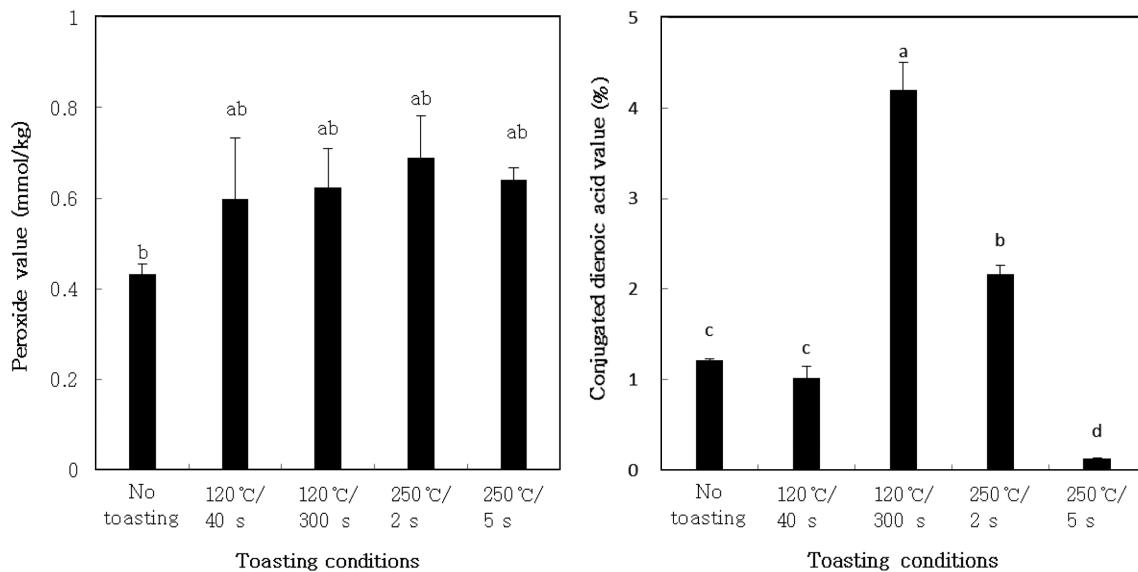


Fig. 1. Effects of toasting on the peroxide and conjugated dienoic acid value of dried laver lipids. The same superscripts mean insignificant differences among samples in each oxidation parameter by Duncans multiple range test at 5%.

레스테롤 배출을 증가시킨다고 보고된 바 있다(16,17). 따라서 건조 김뿐만 아니라 구운 김도 포피란 함량이 그대로 유지되어 건강에 매우 유용한 것으로 생각된다. 한편, 폴리페놀 화합물을 13.78 g/kg 함유한 건조 김은 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 후 각각 10.28, 9.91, 5.23, 3.43 g/kg (잔존율 24-75%)로 유의하게 감소된 함량을 보여, 토스팅 과정에 의해 폴리페놀 화합물이 분해됨을 의미하였다. 해조류의 가열에 의한 폴리페놀 화합물 함량 변화는 тут에서 보고된 바 있으며, 끓는 물에서 1, 3, 5 min 데치는 과정에 의해 12.78 mg/g로부터 각각 8.61, 7.36, 6.63 mg/g으로 감소하였다(18).

건조 김에는 폴리페놀, 포피란에 비해 소량의 토코페롤이 함유

되었으며, 토코페롤 이성체 중 α-토코페롤만이 6.26 mg/kg 농도로 검출되었다. 그러나 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 가열한 후 토코페롤 함량은 각각 5.21, 5.03, 5.11, 4.20 mg/kg (잔존율 67-83%)로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 토코페롤은 산소나 열에 불안정하여 산화 또는 중합 반응에 의해 분해, 그 함량이 감소된다(19). Kim과 Lee(20)는 감태의 끓는 물 데침 과정(5 min)은 α-토코페롤 함량에 유의한 영향을 주지 않음을 보고하였다.

건조 김 또는 건조 김을 토스팅 한 후에도 남아있는 폴리페놀, 포피란, 토코페롤 등의 산화 방지 성분은 전자 공여능이 높으므로(2) 구운 김의 산화 방지 활성에 기여할 것으로 예측된다.

Table 2. Effects of toasting on the antioxidant contents (g/kg) of dried laver

| Toasting conditions | Porphyran | Polyphenol | α -Tocopherol ($\times 10^{-3}$) |
|---------------------|--|---|---|
| No heating | 114.63 \pm 27.34 ^a (100) | 13.78 \pm 0.05 ^{a 1)} (100) ²⁾ | 6.26 \pm 0.14 ^a (100) |
| 120°C/40 s | 119.40 \pm 23.39 ^a (104.2) | 10.28 \pm 0.21 ^b (74.6) | 5.21 \pm 0.07 ^b (83.2) |
| 120°C/300 s | 117.36 \pm 9.05 ^a (102.4) | 9.91 \pm 0.02 ^c (71.9) | 5.03 \pm 0.02 ^b (80.4) |
| 250°C/2 s | 114.14 \pm 9.89 ^a (99.6) | 5.23 \pm 0.19 ^d (38.0) | 5.11 \pm 0.35 ^b (81.6) |
| 250°C/5 s | 109.25 \pm 10.13 ^a (95.3) | 3.43 \pm 0.08 ^c (24.9) | 4.20 \pm 0.08 ^c (67.1) |

¹⁾Different superscripts mean significant differences among by Duncan's multiple range test at 5% level.

²⁾Percent ratio (%) based on the value of unheated sample

토스팅에 따른 김의 색소 함량 변화

건조 김에서는 클로로필 중 클로로필 a만, 카로티노이드 색소는 β -카로텐과 루테인, 파이코빌린 중 파이코에리트린과 파이코시아닌이 검출, 정량되었으며 건조 김 또는 건조 김을 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 후 이들 색소 함량은 Table 3과 같다.

건조 김의 클로로필 a 함량은 546.89 mg/kg이었으나 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅하였을 때 각각 519.92, 499.22, 510.80, 500.53 mg/kg으로 유의하게 감소하였으나 ($p < 0.05$), 잔존율은 90% 이상으로 구이 김을 위한 토스팅 과정 중 클로로필 a의 분해 정도는 크지 않았다. 클로로필은 지방질의 자동산화 중 생성된 과산화물 라디칼에 의한 공산화(co-oxidation) 또는 빛에 의해 생성된 일중항산소에 의해 분해되는데 (21,22), 구이 김 제조를 위한 짧은 토스팅 시간 동안의 지방질 산화가 크지 않아 클로로필의 분해는 적었던 것으로 사료된다. Hong 등(23)은 200°C에서 10 s 동안의 토스팅에 의해 건조 김의 클로로필 함량이 감소함을 보고하였으며, Lee 등(9)은 120°C에서 1 h 동안 구이한 김에서 클로로필 잔존량을 85%로 보고하였다. 건조 김의 β -카로텐과 루테인 함량은 각각 6,267.5, 1,157.3 mg/kg

이었으며, 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 김의 β -카로텐 함량은 각각 4,528.2, 4,825.4, 3,356.7, 3,413.2 mg/kg (잔존율 54-77%), 루테인 함량은 각각 597.3, 706.7, 688.7, 582.9 mg/kg (잔존율 50-61%)로 유의하게 감소하였다 ($p < 0.05$). 이 결과는 김의 카로티노이드가 구이 김 제조를 위한 토스팅 과정 중 분해되었음을 의미하는데, 카로티노이드는 온도 및 환경조건에 따라 분해되어 비타민 A활성이 감소된다(24). Hong 등(23)과 Lee 등(9)은 구운 김의 총 카로티노이드 함량이 건조 김보다 낮음을 보고하였으며, Kim과 Lee(18), Kim 등(20)은 끓는 물에서의 데침 과정에 의해 톳과 감태의 β -카로텐 함량 감소를 보고한 바 있으나, 구운 김에서 β -카로텐 또는 루테인을 분리하여 정량한 연구는 보고된 바 없다.

건조 김의 파이코에리트린 함량은 6,210.8 mg/kg, 120°C에서 40 s 토스팅한 김에서는 6,135.3 mg/kg으로 유의한 차이가 없었으나, 120°C에서 300 s, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 김에서는 각각 4,553.2, 2,459.0, 842.4 mg/kg (13-73% 잔존율)로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 또한 파이코시아닌 함량은 건조 김 (1,950.3 mg/kg), 120°C에서 40 s (2,007.4 mg/kg) 또는 300 s (1,967.7 mg/kg)에서 토스팅한 김 사이에 유의한 차이가 없었으나, 250°C에서 2 s 또는 5 s 동안 토스팅한 김에서는 각각 834.6, 336.4 mg/kg (잔존율 17-42%)으로 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 이 결과는 파이코시아닌과 파이코에리트린은 건조 김의 1차 구이 조건인 120°C에서는 큰 영향을 받지 않았으나 2차 구이 온도인 250°C에서는 분해 정도가 큼을 의미한다. Joo 등(25)은 부분 정제된 파이코시아닌이 15°C의 낮은 온도에서는 안정하였으나, 35°C 이상에서는 분해되어 변색됨을 보고하였다. 또한 Lee 등(9)은 건조 김을 건열기를 사용하여 120°C에서 1 h 동안 배소하였을 때 파이코시아닌과 파이코에리트린의 잔존율을 각각 10% 이하로 보고하였다. 전체적으로, 김에 존재하는 색소인 클로로필, 카로티노이드, 파이코시아닌과 파이코에리트린 중 김의 토스팅 과정에서 클로로필이 가장 안정하였고, 파이코시아닌과 파이코에리트린이 불안정하였다. Oh 등(26)은 김 색소 중 클로로필이 빛에 대한 안정성이 가장 낮음을 보고하였으며 Lee 등(9)도 120°C 배소 과정 중 파이코빌린 색소가 가장 불안정함을 보고한 바 있다. 건조 김 또는 구운 김에 함유된 클로로필, 카로티노이드 등의 색소 또한 산화방지 작용이 알려져 있어(5,6) 구운 김의 산화 방지 활성에 기여할 것으로 예측된다.

Table 3. Effects of toasting on the pigment contents (mg/kg) of dried laver

| Toasting conditions | Chlorophyll a | Carotenoids | | Phycobilins | |
|---------------------|--|---|---|--|---|
| | | β -Carotene | Lutein | Phycoerythrin | Phycocyanin |
| No heating | 546.89 \pm 8.64 ^{a 1)} (100) ²⁾ | 6267.5 \pm 5.0 ^{1a} (100) | 1157.3 \pm 9.4 ^a (100) | 6210.8 \pm 37.0 ^a (100) | 1950.3 \pm 35.5 ^a (100) |
| 120°C/40 s | 519.92 \pm 3.07 ^b (95.1) | 4528.2 \pm 16.8 ^b (72.2) | 597.3 \pm 18.4 ^c (51.6) | 6135.3 \pm 23.8 ^a (98.8) | 2007.4 \pm 58.2 ^a (102.9) |
| 120°C/300 s | 499.22 \pm 13.81 ^c (91.3) | 4825.4 \pm 22.3 ^b (77.0) | 706.7 \pm 4.5 ^b (61.1) | 4553.2 \pm 51.9 ^b (73.3) | 1967.7 \pm 12.0 ^a (100.9) |
| 250°C/2 s | 510.80 \pm 3.15 ^{bc} (93.4) | 3356.7 \pm 195.8 ^c (53.6) | 688.7 \pm 27.3 ^b (59.5) | 2459.0 \pm 47.0 ^c (39.6) | 834.6 \pm 29.0 ^b (42.8) |
| 250°C/5 s | 500.53 \pm 0.49 ^{bc} (91.5) | 3413.2 \pm 205.6 ^c (54.5) | 582.9 \pm 4.5 ^c (50.4) | 842.4 \pm 24.5 ^d (13.6) | 336.4 \pm 77.2 ^c (17.2) |

¹⁾Different superscripts mean significant differences among samples by Duncan's multiple range test at 5% level.

²⁾Percent ratio (%) based on the value of unheated sample

요 약

건조 김은 120°C에서 40 s 또는 300 s, 250°C에서 2 s, 5 s의 토스팅 과정에 의해 과산화물값과 공액이중산값이 증가하고 불포화지방산과 포화지방산의 함량 비율인 U/S 값이 감소하는 등 그 정도가 크진 않았으나 유의하게 지방질이 산화되었으며, 토스팅 조건 차이에 따른 유의한 영향은 없었다. 또한 산화 방지 성분 중 포피란이 김의 토스팅에 가장 안정하였고 폴리페놀 화합물이 가장 불안정하였다. 토스팅에 의해 김에 존재하는 색소 중 파이코시아닌과 파이코에리트린의 분해가 가장 컸으며, β-카로텐과 루테인은 30-50% 정도의 분해율을 보였고 클로로필 a의 분해율은 10% 미만으로 가장 안정하였다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 한식세계화 용역 연구사업(한식 우수성·기능성 연구, 911005-2)의 연구비 지원에 의해 수행 되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Lee KH, Song SH, Jeong IH. Quality changes of dried lavers during processing and storage: 1. Quality evaluation of different grades of dried lavers and its changes during storage. Bull. Korean Fish. Soc. 20: 408-418 (1987)
- Oh S, Kim J, Kim H, Son S, Choe E. Composition and antioxidant activity of dried laver, *Dolgin*. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 403-408 (2013)
- Saitoh M, Araki S, Sakurai T, Oohusa T. Variations in contents of photosynthetic pigments, total nitrogen, total free amino acids and total free sugars in dried lavers obtained at different culture grounds and harvesting times. Japan Soc. Fish. Sci. 41: 365-370 (1975)
- Choe E, Min DB. Mechanisms and factors for edible oil oxidation. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 5: 169-186 (2006)
- Endo Y, Usuki R, Kaneda T. Antioxidant effects of chlorophyll and pheophytin on the autoxidation of oils in the dark. I. Comparison of the inhibitory effects. J. Am. Oil Chem. Soc. 62: 1375-1378 (1985)
- Burton GW, Ingold KU. Beta-carotene: an unusual type of lipid antioxidant. Science 224: 569-573 (1984)
- Edge R, McGarvey DJ, Truscott TG. The carotenoids as anti-oxidants-a review. J. Photoch. Photobio. B 41: 189-200 (1997)
- Choe E, Cha J. Lipid oxidative stability of dried, oiled and toasted laver as affected by β-carotene and chlorophyll. Food Sci. Biotechnol. 7: 60-65 (1998)
- Lee KH, Ryuk JH, Jeong IH, Jung WJ. Quality changes of dried lavers during processing and storage. 3. Changes in pigments, trypsin indigestible substrates (TIS) and dietary fiber content during roasting and storage. Korean J. Fish. Aquat. Sci. 23: 280-288 (1990)
- Choe E, Oh S. Effects of water activity on the lipid oxidation and antioxidants of dried laver (*Porphyra*) during storage in the dark. J. Food Sci. 78: C1144-C1151 (2013)
- IDF. International Standard of the IDF, Method 74, The International Dairy Federation, Brussels, Belgium (2006)
- AOCS. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society, 4th ed. Method T11a-64. AOCS press, Champaign, IL, USA (1998)
- AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl., 18th ed. Method 970.64. Association of Official Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA (2005)
- Jo KS, Kim JH, Shin HS. Effect of storage conditions on the oxidative stability of lipid in roasted and roasted-seasoned laver (*Porphyra tenera*). Korean J. Food Sci. Technol. 27: 902-908 (1995)
- Cies'lik E, Gredda A, Adamus W. Contents of polyphenols in fruit and vegetables. Food Chem. 94: 135-142 (2006)
- Hong YK, Park IS, Jung YH, Song SH, Hong SY. Effect of the seaweed *Porphyra yezoensis* extraction Triton WR 1339 induced hypercholesterolemia in mouse. Korean J. Fish. Aquat. Sci. 31: 508-515 (1998)
- Jung BM, Jung KJ. Effect of porphyran drink on serum and liver cholesterol contents in hypercholesterolemic rat. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 1357-1361 (2005)
- Kim JA, Lee JM. Changes of chemical components and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* (Harvey) OKAMURA with blanching times. Korean J. Food Cook. Sci. 20: 219-226 (2004)
- Ferrari R, Schulte E, Esteves W, Bruhl L, Mukherjee KD. Minor constituents of vegetable oils during industrial processing. J. Am. Oil Chem. Soc. 73: 587-592 (1996)
- Kim JA, Lee JM. The changes of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Ecklonia cava* with blanching times. Korean J. Food Culture. 19: 369-377 (2004)
- Rahmani M, Csallany AS. Role of minor constituents in the photooxidation of virgin olive oil. J. Am. Oil Chem. Soc. 75: 837-843 (1998)
- Lee E, Ahn H, Choe E. Effects of light and lipids on chlorophyll degradation. Food Sci. Biotechnol. 23: 1061-1065 (2014)
- Hong SP, Koo JK, Jo KS, Kim DS. Physicochemical characteristics of water of alcohol soluble extract from laver, *Porphyra yezoensis*. Korean J. Food Nutr. 26: 10-16 (1997)
- Bechoff A, Dhuique Mayer C, Dornier M, Tomlins KI, Boulanger R, Dufour D, Westby A. Relationship between the kinetics of β-carotene degradation and formation of norisoprenoids in the storage of dried sweet potato chips. Food Chem. 121: 348-357 (2010)
- Joo DS, Jung CK, Lee CH, Cho SY. Content of phycocyanins and growth of *Spirulina platensis* with culture conditions. Korean J. Fish. Aquat. Sci. 33: 475-481 (2000)
- Oh S, Lee E, Choe E. Light effects on lipid oxidation, antioxidants, and pigments in dried laver (*Porphyra*) during storage. Food Sci. Biotechnol. 23: 701-709 (2014)