

데침시간에 따른 톳의 주요성분 및 항산화 활성의 변화

김진아, *신동범

이화여자대학교 식품영양학과, *제주대학교 식품영양학과

요약

본 연구는 데침시간에 따른 톳의 주요성분 및 항산화 활성의 변화를 분석하였다. 톳의 주요성분으로는 무기질(K, Ca, Na, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn), 비타민(vitamin C, β -carotene, α -tocopherol), 그리고 총 polyphenol 함량을 측정하였다. 항산화 활성은 자유 라디칼(DPPH radical, superoxide anion radical, hydroxyl radical, hydrogen peroxide) 소거능과 linoleic acid 과산화 저해능을 측정하였다. 데침시간이 길어질수록 무기질과 vitamin C, 총 polyphenol 함량은 줄어들었으나, β -carotene, α -tocopherol 함량은 데침 시간의 영향을 받지 않았다. 항산화 활성도 데침 시간이 길어져 감에 따라 저하되었다.

1. 서론

제주도는 섬이라는 독특한 자연환경으로 인해 해양 생물의 보고로 알려져 있다. 제주도 연안에는 남조식물 53종, 갈조식물 81종, 홍조식물 287종으로 총 432종의 해양 식물이 생육하고 있으며, 이는 한국 연안에 생육하고 있는 해양식물의 63%를 차지한다^{1), 2)}. *Hizikia fusiformis*(톳)는 갈조류 모자반과에 속하는 해조류로 제주도 지역의 톳 생산량은 전국 생산량의 50%를 차지하고 있고³⁾ 제주도민들이 즐겨먹는 해조류 중의 하나이기도 하다. 그러나, 현재 식생활에서 톳이 차지하고 있는 비중을 비교해 식품재료로서의 연구는 거의 이루어지고 있지 않다.

Yan 등⁴⁾은 DPPH 라디칼 소거능 실험에서 일본의 10여종류의 해조류 중 톳의 활성이 65%로 가장 우수하였다고 하여 톳이 항산화활성이 매우 우수한 해조류임을 보고하였고, 톳의 아세톤 추출물에서 all-trans-fucoxanthin이라는 항산화 물질을 분리, 동정한 바 있다. 따라서 앞으로 항산화 활성을 비롯한 생리활성이 우수한 톳의 섭취 이용률을 높이기 위한 조리과학적인 연구와 레시피 개발 등 보다 적극적인 노력이 필요하다고 하겠다.

제주도는 사면이 바다여서 언제든 해조류를

채집할 수 있으므로 과거에서부터 해조류는 제주인들의 식탁에 자주 오르는 식품재료였다⁵⁾. 문헌에 기록된 제주도 해조류 조리 방법은 채집한 그대로 쪄 찌거나 삶아 짠 맛을 제거한 후 무치기도 하고 데치거나 혹은 채집한 그대로를 말려서 사철내내 이용하기도 한다⁶⁾. 그러나 식생활에서 해조류가 차지하는 비중을 비교해 해조류를 대상으로 한 식품재료로서의 연구는 거의 전무한 실정이다. 현대의 성인병의 가장 큰 원인 중의 하나가 음식물 섭취와 관련 있다고 알려진 만큼⁶⁾, 우리가 일상에서 섭취하고 있는 해조류에 어떠한 생리조절 기능이 있는지 그리고, 식품은 채집한 그대로를 먹기도 하지만 주로 섭취하기까지 나름대로의 조리·가공 과정을 거치게 되므로 이러한 과정을 통해 해조류내의 주요 성분의 변화와 이에 따른 생리 활성 효과는 어떻게 변화하는지 등에 대한 내용이 매우 중요하다. 그러나 아직 이에 대한 연구 또한 찾아보기 힘들다.

이에 본 연구는 제주도가 우리나라의 주산지라고 알려져 있는 갈조류인 톳을 식품재료로서 이용 시 예비조리과정인 데침과정에 따르는 톳의 조리과학적인 변화를 밝히고자 다음과 같은 실험을 수행하였다. 즉, 데침시간에 따른 무기질, 비타민, 총 polyphenol 함량 등의 주요성분의 변화를 분석하고 이들 성분의 변화에 따라 톳의 지질과산화 저해능.

라디칼 소거능 등 항산화 활성은 어떻게 변화하는지를 알아 보았다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 *Hizikia fusiformis*(뚝)은 제주도 성산포 연안에 서식하고 있는 해조류로 시료의 채집은 제주도 남제주군 성산 어촌계 해녀들의 잠수를 통하여 이루어졌다. 채집된 시료는 채집한 즉시 실험실로 운반하여 수돗물로 2회 수세하여 염분을 제거하고, 데침 처리법별로 처리한 후 냉동건조하여 미세하게 분쇄(LG Cutter, GFM-300R)하고 분말화한 다음 -18℃의 냉동고(Vision Sci. co., VS-87)에 보관하면서 분석 시료로 사용하였다.

2. 뚝의 데침방법

뚝의 적정 데침시간은 제주도내 거주하는 노령층 부녀자들을 면담한 자료와 '93년 제주도 농촌진흥청에서 조사한 제주도 전통 음식 상용 방법에 따랐다. 즉, 조사한 1~2분을 반영하여 설정하였다. 손질한 뚝 중량 500g을 기준으로 5배(2500ml)의 물을 알루미늄 냄비에서 끓이다가 95℃ 이상이 되었을 때 뚝을 넣고 1분, 3분, 5분의 시간별로 데쳤다. 데쳐낸 뚝을 즉시 흐르는 냉수에서 3회 수세한 다음 증류수로 1회 행구고, 채반에서 30분 동안 자연적으로 물기를 빼고 냉동건조한 다음 분말로 만들어 -18℃의 냉동고에 보관하면서 분석에 이용하였다.

3. 무기질 함량 측정

뚝의 무기질 함량분석을 위하여 전처리는 습식분해 중 H₂SO₄-HClO₄ 분해법⁷⁾을 이용하였다. 다량원소인 Na, Mg, K, Ca과 미량원소인 Mn, Fe, Cu, Zn을 ICP-AES을 이용하여 분석하였다. ICP-AES의 분석조건은 Table 1과 같았으며, 각 원소별 측정 wavelength(nm)는 Ca 317.9, K 766.5, Na 589.6, Mg 279.079, Fe 259.9, Mn 257.6, Cu 324.8, Zn 206.2 이었다.

4. Vitamin C, β-carotene 및 α-tocopherol 함량 측정

Vitamin C 함량은 분말화 한 시료에 5% meta-phosphoric acid를 가해 용해 후 50ml로 정용하고 원심분리한 후 그 상층액을 여과하여 0.45μm syringer filter 처리한 후 HPLC로 측정하였다. HPLC 분석 조건은 UV detector 254nm, NH₂ 3.9×300mm column (μ-Bondapak), mobile phase 0.05M-KH₂PO₄/Acetonitrile = 3/7(v/v), flow rate 1.0ml/min으로 하였다.

β-Carotene 함량은 우선 적당량의 시료에 ethanol, 10% ethanolic pyrogallol 및 KOH 용액을 가해 냉각기를 연결하여 환류 추출 하였다. 방냉 후 분액 깔대기에 옮기고 petroleum ether로 3회 추출하여 petroleum ether층을 탈수여과 한 뒤 감압농축 하였다. 이를 n-hexane으로 녹여 일정량으로 하여 HPLC용 시험용액으로 하였다. HPLC분석조건은 UV detector 450nm, silica 3.9×150mm column(Novapak), mobile phase n-hexane/isopropanol = 97/3(v/v), flow rate 1.0ml/min으로 하였다.

Table 1. Operating conditions of ICP-AES for mineral analysis

Inductively coupled plasma Out power plasma torch assembly	1.2kw one piece quartz torch
sample introduction system	cross-flow-nebulizer
Gas flows	
Coolant gas flow rate	14 ℓ /min
Auxiliary gas flow rate	0.5 ℓ /min
Nebulizer pressure	2.5 bar
Average sample uptake rate	2.0ml/min

α -Tocopherol 함량은 분말시료에 ethanolic pyrogallol 및 KOH 용액을 가해 환류 추출하고, 추출용액 (hexane/methylene chloride/ether=6/3/1)으로 3회 추출한 후 감압농축 하였다. 이를 *n*-hexane으로 녹여 HPLC 시험용액으로 하였다. HPLC 분석조건은 UV detector 295nm, silica 3.9×150mm column(Novapak), mobile phase *n*-hexane/isopropanol=99/1(v/v), flow rate 1.5ml/min으로 하였다.

5. 총 polyphenol 함량 측정

톳의 총 polyphenol 함량 측정은 AOAC 법⁹⁾에 준하여 이루어졌다. 시료용액은 건조시료 0.1g에 75% methanol 용액 20ml를 넣어 24시간동안 shaking 하면서 추출한 후 여과하여 20ml로 정용하여 제조하였다. 제조한 시료추출 용액 1ml에 증류수 5ml와 Folin-Ciocalteu 0.1ml를 넣고 3분간 방치하였다. 여기에 Na₂CO₃ 포화용액 0.2ml를 가한 후 증류수로 희석하고 실온에서 1시간동안 방치한 후 725nm에서 흡광도를 측정하였다. Blank로는 시료 추출용액 대신 75% methanol 용액을 동일하게 처리하여 사용하였으며, 표준물질은 tannic acid를 사용하였고, 동일한 방법으로 작성된 표준 곡선으로부터 총 polyphenol 함량으로 환산하였다.

6. 항산화 활성 측정

1) Linoleic acid 산화 저해능

톳 추출물에서 예상되는 항산화 활성을 측정하기 위하여 linoleic acid의 자동산화를 저해하는 정도를 Esaki 등⁹⁾의 방법에 따라 측정하였다. 반응용액으로는 시료추출물 1ml, linoleic acid 0.13ml, 99.8% ethanol 용액 10ml, 0.2M phosphate buffer 용액(pH 7.0) 10ml를 혼합한 뒤 증류수로 25ml가 되도록 정용하여 사용하였으며, 40℃에서 8일간 incubation시켜 제조하였다. 제조한 반응용액 0.2ml를 취하여 75% ethanol용액 10ml, 30% ammonium thiocyanate 용액 0.2ml, 20mM ferrous chloride-3.5% HCl 용액 0.2ml를 가하고 3분 후에 500nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화 활성은 linoleic acid peroxidation에 대한 저해율로 나타내었고, 100-[시료 흡광도/

대조구 흡광도)×100] 값으로 나타내었다.

2) 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능

톳이 DPPH 라디칼을 소거하는 효과는 Blois 법¹⁰⁾을 활용하였다. 즉, 0.2mM ethanolic DPPH 라디칼 용액 0.9ml 에 시료용액 0.1ml를 첨가·혼합하여 10분간 방치한 후 515nm 에서의 흡광도 감소를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 [1-시료 흡광도/대조구 흡광도]×100 값으로 나타내었다.

3) Superoxide anion 라디칼 소거능

Superoxide anion 라디칼 소거능은 NADH-PMS system을 이용하여 비효소적 방법¹¹⁾으로 생성시킨 radical을 시료가 제거하는 정도를 측정하였다. 시료용액 0.4ml와 0.1M phosphate buffer용액(pH7.4)에 용해하여 제조한 60μM PMS 용액, 677μM NaOH 용액, 288μM NBT 용액을 각각 0.2ml 씩 섞어 실온에서 5분간 반응 시킨 뒤 560nm에서의 흡광도 값을 측정하였다. Superoxide anion 라디칼 소거능은 100-[시료 흡광도/대조구 흡광도]×100]에 의해 계산하였다.

4) Hydroxyl 라디칼 소거능

Hydroxyl 라디칼 소거능은 Chung 등¹²⁾의 방법을 이용하였으며 hydroxyl 라디칼은 FeSO₄·7H₂O의 존재하에 Fenton 반응으로 생성시켰다. 반응용액은 10mM FeSO₄·7H₂O 용액, 10mM EDTA 용액, 10mM 2-deoxyribose 용액 각각 200μl 와 시료용액 200μl, 0.1M phosphate buffer 용액(pH7.4) 1ml를 넣어 총 1.8ml 로 제조하였으며, 반응용액에 10mM H₂O₂ 200μl를 넣어 37℃에서 4시간 동안 반응을 진행시키고 나서 반응용액에 2.8% trichloroacetic acid 1ml를 넣고 반응을 시킨 뒤 1% thiobarbituric acid 1ml를 첨가하였다. 100℃에서 10분간 발색시킨 후 얼음물에 급냉하여 532nm에서 흡광도를 측정하였다. hydroxyl 라디칼 소거능은 [1-시료 흡광도/대조구 흡광도]×100 값에 의해 deoxyribose 분해 저해도로 나타내었다.

5) Hydrogen peroxide 소거능

Hydrogen peroxide 소거능은 Duh 등¹³⁾과 Ruch

등¹⁴⁾의 방법을 이용하여 측정하였다. phosphate-buffered saline(PBS, pH7.4) 으로 제조한 1mM H₂O₂ 용액 0.6ml 와 시료용액 1ml를 30℃에서 10분간 반응 시킨 뒤 230nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 blank는 H₂O₂ 없이 PBS용액만으로, 대조구는 시료용액 없이 H₂O₂-PBS 용액으로 사용하였다.

7. 통계처리

각 실험결과는 Statistical Analysis System(SAS) program을 이용하였으며, 실험군간의 차이검증은 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)을 수행하였다. 분산분석결과 실험군간의 차이(p≤0.05)가 있는 경우, Duncan's multiple comparison을 실시하여 각 실험군의 평균값의 차이 여부를 결정하였다. 주요성분인 무기질, 비타민, 총 polyphenol 함량과 항산화활성 상호간의 상호관계는 단순상관계수(Pearson's correlation coefficient, r)를 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 다량 무기질 함량 변화

데침시간에 대한 톳의 다량 무기질 함량의 변화는 Table 2와 같다. 대부분의 다량 무기질이 데침시간에 따르는 유의적인 차이를 나타내어 데침시간이 길어질수록 함량이 감소하였다. 톳의 Ca 함량인 경우 참취를 데쳤을 때 데침시간에 따르는 손실이 적었다는 최남순 등¹⁵⁾의 보고와는 달리 5분이상 데칠 때 함량이 유의적으로 감소하였다. 특히 Na은 데침시간에 따라 현저히 감소 하였는데, 이러한 결과

는 시금치와 브로콜리를 데쳤을 때 K, Ca, Mg, P 함량이 데치는 시간에 따라 완만히 감소하는 추세를 보이는 반면 Na은 급격한 감소를 보였다는 임숙자¹⁶⁾의 연구 결과와 엽채류를 데쳤을 때 용출되기 쉬운 Na의 잔존율이 가장 낮았다는 차민아와 오명숙¹⁷⁾의 보고와 일치하는 경향이였다. Fennema¹⁸⁾에 의하면 Na은 식품내에서 free ion 상태로 존재한다고 하였는데, 데침과정에 의하여 Na 잔존율이 낮은 이유도 Na이 식품내의 어떤 성분과 결합하고 있는 상태가 아닌 이온 상태로 존재하여, 조리수로 용출되는 양이 많아졌기 때문인 것으로 판단된다.

2. 미량 무기질 함량 변화

톳의 미량 무기질 함량에 미치는 데침시간의 영향은 Table 3과 같다. 대부분의 미량 무기질 함량이 데침시간에 의한 영향을 뚜렷이 받았는데, 데침시간이 경과함에 따라 현저히 감소 하였다. 이해수¹⁹⁾에 의하면 Fe은 식품내에서 free 상태가 아닌 단백질이나 다른 고분자 ligand와 결합된 상태로 존재하기 때문에 pasta를 삶았을 때에도 Fe의 손실은 거의 없었다고 하였고, 최남순 등¹⁵⁾과 Han 등¹⁹⁾도 미역취와 참취를 데쳤을 때 데침시간에 의한 데침조건의 영향을 받지 않았다고 보고하였으나 본 실험에서는 톳의 Fe이 데침 시간에 의한 영향을 받는 것으로 나타났다. 안명수²⁰⁾는 15가지 채소류를 시간별로 데친 후 무기질 잔존상태를 비교한 바 있다. Fe인 경우 채소마다 잔존율에 차이가 났으며 콩나물과 들깻잎인 경우 데친 후 잔존량의 감소가 있었고 특히, 콩나물인 경우는 신선한 상태의 8% 정도만이 잔존하고 거의 손실되는 것으로 나타나, 본 실험과 비슷한 결과를 보였다.

Table 2. The effects of blanching time on macro-mineral contents¹⁾ of alga²⁾

Algae	Blanching time(min)	Macro-mineral (% / d.w.)			
		K	Ca	Mg	Na
HF	1	4.50±0.15 ^a	0.73±0.02 ^a	0.37±0.01 ^a	1.04±0.04 ^a
	3	4.28±0.15 ^{ab}	0.71±0.01 ^a	0.35±0.02 ^a	0.94±0.02 ^b
	5	4.12±0.10 ^b	0.67±0.02 ^b	0.23±0.05 ^b	0.84±0.05 ^c

¹⁾Mean ± S.D.: means within each column with different letters(a~c) differ significantly(p≤0.05);
d.w.: dry weight

²⁾HF: *Hizikia fusiformis*

Table 3. The effects of blanching time on micro-mineral contents¹⁾ of alga²⁾

Algae	Blanching time(min)	Micro-mineral (ppm / d.w.)			
		Fe	Mn	Zn	Cu
HF	1	50.0±0.51 ^a	4.35±0.28 ^a	10.66±0.09 ^a	11.19±0.45 ¹
	3	41.5±0.51 ^b	3.44±0.37 ^c	9.32±0.29 ^b	8.58±0.33 ^b
	5	34.4±1.99 ^c	2.76±0.11 ^c	8.46±0.29 ^c	6.85±0.24 ^c

¹⁾Mean ± S.D.: means within each column with different letters(a ~ c) differ significantly(p≤0.05):
d.w.: dry weight

²⁾HF: *Hizikia fusiformis*

Table 4. The effects of blanching time on vitamin C, β-carotene and α-tocopherol contents¹⁾ of alga²⁾

Algae	Blanching time(min)	Vitamin (mg/100g d.w.)		
		Vitamin C	β-Carotene	α-Tocopherol
HF	1	81.29±0.86 ^a	13.04±1.20 ^a	7.23±0.15 ^a
	3	72.85±0.27 ^b	11.49±1.11 ^a	7.19±0.27 ^a
	5	41.71±1.31 ^c	11.27±0.54 ^a	7.06±0.16 ^a

¹⁾Mean ± S.D.: means within each column with different letters(a ~ c) differ significantly(p≤0.05):
d.w.: dry weight

²⁾HF: *Hizikia fusiformis*

3. Vitamin C 및 β-carotene, α-tocopherol 함량 변화

데침시간에 따르는 톳의 비타민 함량의 변화는 Table 4와 같다. Vitamin C의 경우 데침시간에 따른 함량 변화가 현저하였다. 이는 Selman²¹⁾의 보고처럼 데치는 과정에서 수용성 비타민인 vitamin C가 조리수로 용출되고, 열에 의해 파괴되었기 때문이며, 임숙자¹⁶⁾와 안명숙²⁰⁾도 채소류의 vitamin C 함량이 데치는 시간이 길어질수록 유의적으로 감소하였다고 하여 본 실험과 일치하였다.

β-Carotene 함량은 데치는 시간이 길어지면서 감소하는 경향이었으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 이러한 결과는 데침과정에 의해 β-carotene 함량이 줄어들지 않고 오히려 증가했다는 최남순 등¹⁵⁾, Kon과 Shimba²²⁾의 보고와 상반되는 결과였다. 그러나, Marx 등²³⁾은 당근쥬스를 제조하기 위해 당근을 데치는 과정에서 열에 의해 파괴된 세포에서 용출된 지방세포에 의해 crystalline carotene이 용해되고 이로 인한 β-carotene의 trans-cis 이성화 현상으로 carotene 간의 이동은 있었으나 total β-carotene의 함량은 감소하였다고 보고하였고, Dietz

등(1988)은 당근을 95℃에서 데치는 동안 40%의 β-carotene이 유의적으로 파괴되었다고 하였다. Speek 등²⁴⁾은 Thai에서 상용되는 55가지 채소들을 2~8분간 끓는물에서 데쳤을 때 채소들마다 손실되는 양에 조금씩 차이가 있었으나 평균 24%의 β-carotene 손실이 있었다고 하였다. 이는 β-carotene이 다른 carotenoid 화합물보다 열에 덜 안정하기 때문으로²⁴⁾ 본 실험결과도 이러한 이유에 의한 것으로 판단된다.

α-Tocopherol 함량은 데침시간에 의한 유의적인 차이를 보이지 않아 지용성인 α-tocopherol에는 데침과정이 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Holland 등²⁵⁾은 9가지 채소를 물에서 끓였을 때 대부분의 채소가 tocopherol 함량이 줄어들지 않았고, Paul과 Southgate²⁶⁾도 근채류와 엽채류를 데쳤을 때 tocopherol은 손실되지 않았다고 보고한 바 있다.

4. 총 polyphenol 함량 변화

Table 5와 같이 총 polyphenol 함량은 데침시간에 의한 영향을 받았다. 데침 시간이 길어지면서 총 polyphenol 함량이 유의적으로 감소하였다. 신선한 상태의 톳(12.78mg/g d.w.)과 비교했을 때 3분 데침시 톳의 polyphenol 함량은 42% 감소하였고, 5분

Table 5. The effects of blanching time on total polyphenol contents¹⁾ of alga²⁾

Algae	Blanching time(min)	Total polyphenol(mg/g d.w.)
HF	1	8.61±0.10 ^a
	3	7.36±0.21 ^b
	5	6.63±0.10 ^c

¹⁾Mean ± S.D.: means with different letters(a~c) differ significantly(p≤0.05); d.w.: dry weight

²⁾HF: *Hizikia fusiformis*

Table 6. The effects of blanching time on antioxidant activities¹⁾ by *Hizikia fusiformis* fraction(ethyl acetate)

Blanching time(min)	LI	DS	SS	HS	HPS
1	41.16±0.56 ^a	50.54±0.54 ^a	35.65±0.57 ^a	30.67±0.69 ^a	56.51±1.40 ^b
3	36.07±0.79 ^b	42.04±0.25 ^b	29.89±0.68 ^b	24.86±0.73 ^b	48.71±0.49 ^b
5	32.86±0.52 ^c	36.41±1.45 ^c	22.55±0.88 ^c	22.51±0.56 ^c	44.70±0.95 ^c

¹⁾ Mean ± S.D.: means with different letters(a~c) differ significantly(p≤0.05)

LI: linoleic acid peroxidation inhibitory activity
 DS: DPPH radical scavenging activity
 SS: superoxide anion radical scavenging activity
 HS: hydroxyl radical scavenging activity
 HPS: hydrogen peroxide scavenging activity

데쳤을 때는 50% 가까이 감소하였다. 최남순 등¹⁵⁾은 참취를 3분 데쳤을 때 42%, 5분 데쳤을 때 58%의 감소하였다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 감소폭이 있었고, 윤재영 등²⁷⁾도 고사리를 3분간 조리하였을 때 이미 60%이상 크게 감소한 것으로 발표하였다. 이는 가열 조리하는 과정에서 polyphenol이 조리수로 용출되어 나왔기 때문인 것으로 생각되어지며 해조류 조리시 해조류가 가지고 있는 떫은맛을 없애기 위해 데쳤을 때 데치는 과정에 의해 해조류의 polyphenol 함량이 크게 손실됨을 확인할 수 있었다.

5. 항산화 활성의 변화

데침조건에 따른 톳의 항산화 활성은 해조류의 유기용매 분획물 중 활성이 가장 우수했던 ethyl acetate 분획물을 이용하였다.

톳의 데침시간에 따른 linoleic acid 산화 저해능의 변화는 Table 6과 같다. 데침시간이 길어지면서 지질과산화 저해능이 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 3분간 데쳤을 때는 1분 데침시 보다 12%

정도의 감소를 보인 반면 5분 데침시에는 20.0% 감소하여 항산화능이 많이 감소 하였다. 톳의 DPPH 라디칼 소거능 역시 데침시간에 의한 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 6). 데침시간이 3분, 5분으로 길어질수록 1분 데침시에 비해 16.8%, 28%로 유의적으로 감소하였다. 데침 시간이 톳의 superoxide anion 라디칼 소거능에 미치는 영향을 분석한 결과(Table 6), 1분 데침시에 비해 3분, 5분 데침시 각각 16.2%, 36.7% 정도의 감소율을 보였다. Hydroxyl 라디칼 소거능은 Table 6과 같이 데침시간에 의한 영향을 받아 데침시간이 길어감에 따라 hydroxyl 라디칼 소거능이 유의적으로 감소하였다(Table 6). 1분에서 3분, 5분으로 데침시간이 길어지면서 18.9%, 26.6% 감소하였다. Hydrogen peroxide 소거능에 대해서는 hydrogen peroxide 소거능이 3분, 5분 데침시 1분 데쳤을 때에 비해 13.8%, 20.9%로 데침시간에 의한 유의적인 차이를 보였다(Table 6).

이상과 같이 톳의 항산화 활성은 데침시간에 따르는 영향을 받았다. 즉, 데침 시간이 경과함에 따라 linoleic acid 산화 저해능, DPPH 라디칼 소거능, superoxide anion 라디칼 소거능, hydroxyl 라디칼 소거능, hydrogen peroxide 소거능이 유의적으로 감소하였다. 이는 식품내의 라디칼 소거능 및 항산화능을 나타내는 것으로 알려진 총 polyphenol 함량과도 관계가 있을 것으로 추정되어진다. Table 5

Table 7. Correlation coefficients(r) for minerals, vitamins, total polyphenol and antioxidant activities¹⁾ of *fusiformis*

	Fe	Mn	Zn	Cu	VC	β-C	α-T	TP	LI	DS	SS	HS	HPS
Fe	1.000	0.999	0.997	0.997	0.931	0.936	0.939	0.995	0.998	0.997	0.993	0.982	0.991
Mn		1.000	0.999	0.999	0.919	0.947	0.929	0.998	0.999	0.998	0.988	0.987	0.995
Zn			1.000	0.999	0.903	0.959	0.912	0.999	0.999	0.999	0.981	0.993	0.998
Cu				1.000	0.906	0.957	0.916	0.999	1.000	0.999	0.983	0.992	0.998
VC					1.000	0.761	0.901	0.891	0.906	0.900	0.969	0.847	0.876
β-C						1.000	0.761	0.967	0.958	0.961	0.887	0.847	0.876
α-T							1.000	0.902	0.915	0.910	0.974	0.859	0.887
TP								1.000	0.999	0.999	0.976	0.996	0.999
LI									1.000	0.999	0.983	0.992	0.998
DS										1.000	0.980	0.994	0.998
SS											1.000	0.952	0.968
HS												1.000	0.998
HPS													1.000

¹⁾VC: vitamin C . β-C: β-carotene
 α-T: α-tocopherol . TP: total polyphenol
 LI: linoleic acid peroxidation inhibitory activity
 DS: DPPH radical scavenging activity
 SS: superoxide anion radical scavenging activity
 HS: hydroxyl radical scavenging activity
 HPS: hydrogen peroxide scavenging activity
 significant at p<0.05

와 같이 해조류의 총 polyphenol 함량은 톳이 1분 데침시에 비해 3분, 5분 동안 데쳤을 때 각각 14.5%, 23% 감소하였다. 톳의 항산화능과 라디칼 소거능도 이와 비슷한 비율로 감소하는 경향을 보였다. Gil과 Tomas²⁹⁾는 시금치를 90℃에서 10분동안 데쳤을 때 신선한 상태의 시금치 polyphenol(flavonoid) 함량 중 50%는 데쳐낸 시금치 조직에 남아 있었고, 나머지 50%는 조리수에 용출되어 있었다고 보고한 바 있다. 많은 실험에서 채소, 과일류를 조리, 가공하고 난 후 항산화력이 신선한 상태보다 떨어지는 것은 조리, 가공시의 조건에 의한 식품내의 polyphenol 함량 감소와 밀접한 관계가 있었다고 보고가 되어있다.^{29), 30), 31)}

본 실험결과도 톳을 데쳤을 때 조리수로 polyphenol 이 용출됨에 따라 해조류 조직내에 잔존하는 polyphenol 함량의 감소로 데친 해조류의 지질과산화 저해능 및 라디칼 소거능이 감소한 것으로 사료된다.

6. 톳의 무기질, 비타민, 총 polyphenol 함량과 항산화 활성과의 상관관계 분석

톳의 무기질, 비타민, 총 polyphenol 함량과 항산화 활성과의 상관관계는 Table 7과 같다. 대체적으로 미량무기질과 총 polyphenol 함량이 지질과산화 저해능, 라디칼소거능과 상관관계가 높았으며 이들 성분 함량이 많을수록 항산화 활성이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 이상의 결과에서 볼 때 톳의 미량무기질과 총 polyphenol이 톳의 항산화 활성에 상당히 기여함을 알 수 있었다. 또한, 톳을 데치는 시간을 1분에서 3분, 5분으로 길게 할수록 미량무기질과 총 polyphenol 함량이 줄어 들었고 항산화 활성 역시 저하되는 것이 확인되었다. 그러므로 톳을 조리하는 동안 미량무기질과 총 polyphenol 함량 등 주요성분의 손실을 최소화하는 방법을 모색하는 것이 항산화활성을 최대한으로 유지할 수 있는 방법일 것으로 사료된다.

IV. 결론

본 연구는 제주도 연안에 서식하고 있는 해조류인 톳을 가지고 해조류의 예비 조리과정이라고 할 수 있는 데침과정에 의하여 톳의 무기질, vitamin C, β-carotene, α-tocopherol 등의 주요 성분 함량과

항산화활성의 변화를 측정하였다. 데침시간에 의하여 톳의 다량 무기질인 K, Ca, Mg, Na과 미량 무기질인 Fe, Mn, Zn, Cu의 함량은 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 대부분 데침시간이 경과함에 따라 함량이 감소하였으며, Na 함량의 손실이 가장 컸다. Vitamin C와 β -carotene 함량도 데치는 시간이 길어지면서 점차 감소하는 경향을 보인 반면 α -tocopherol 함량은 변화를 보이지 않았다. 항산화 효과도 데침시간이 길어지면서 점차 감소하였다. 이상과 같이 해조류인 톳의 특유의 짙은 맛과 비린 맛을 제거하기 위해 이용했던 데침과정에 의해 많은 성분들의 잔존율이 저하되었고, 또한 이에 따라 생리활성도 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구에 의하면 톳의 항산화 활성은 미량 무기질, 총 polyphenol 함량과 상관성이 높은 것으로 나타났다. 특히, 무기질과 총 polyphenol은 수용성 성분으로 따라서 앞으로 데침과정 대신에 이러한 성분들의 손실을 최소한으로 줄이면서 항산화활성을 최대한으로 유지할 수 있는 예비조리과정이 연구되어야 할 것으로 보인다.

참고 문헌

1. Lim SB, Kim SH, Ko YH, Oh MC, Oh CG, Ko YG and Park JS. Extraction yields of *Hizikia fusiformis* and *Aloe vera* linne by supercritical carbon dioxide and antimicrobial activity of their extracts. Korean J. Food Sci. Technol., 27(1): 68, 1995.
2. Bu SM. Study of distribution of algae on Jeju Island. Study on Jeju Island. 5:98, 1988.
3. Kang JW. Algae. In: An illustrated book of the Korean plants. p. 155. SamWha Publishing Co. 1968.
4. Yan X, Chuda Y, Suzuki M, and Nagata T. Fucoxanthin as the major antioxidant in *Hizikia fusiformis*, a common edible seaweed. Biosci. Biotechnol. Biochem., 63(3):605, 1999.
5. Kim JS. Foods of Jeju Island. p.22. DaeWon Publishing Co., 1999.
6. No WS and Heo SH. Health aid foods and functional foods. p.55. HyoIl Publishing Co., 1999.
7. Park JJ. Food analysis. p.132. ShinGwang Publishing Co., 2001.
8. AOAC : Official Methods of Analysis. Assoc. p.184. Offic. Analy. chem. Washington. D.C., 1984.
9. Esaki H, Onozaki H, Kawakishi S, and Osawa T. New antioxidant isolated from *Temph*. J. Agric. Food chem., 44: 696, 1996.
10. Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 181: 1199, 1958.
11. Nishikimi MM, Rao NA and Yagi K. The occurrence of superoxide anion in the research of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen. Biochem. Biophysic. Res. Communi., 46(2): 849, 1972.
12. Chung SK, Osawa T and Kawakishi S. Hydroxyl radical scavenging effect of spices and scavengers from brown mustard. Biosci. Biotech. Biochem. 61: 118, 1997.
13. Duh PD, Tu, YY and Yen, GC : Antioxidant activity of water extract of *Harng Jyur* (*chrysanthemum morifolium* Ramat). Lebensm. - Wiss.u. - Technol., 32:269, 1999.
14. Ruch, RJ, Cheng, SJ and Klauning, JE : Prevention of cytotoxicity and inhibition of intercellular communication by antioxidant catechins isolated from Chinese green tea. Carcinogenesis, 10(6):1003, 1989.
15. Choi NS, Oh SS and Lee JM. Changes of biologically functional compopunds and quality properties of *Aster scaber*(*Chamchwi*) by blanching conditions. Korean J. Food Sci. Technol., 33(6): 745, 2001.
16. Lim SJ. Retention of ascorbic acid in vegetables as influenced by various blanching methods. Korean J. Soc. Food Sci., 8(4): 411, 1992.
17. Cha MA and Oh MS. Changes in mineral content in several leaf vegetables by various cooking methods. Korean J. Soc. Food Sci., 12(1):

34. 1996.
18. Fennema, O. G. : Food chemistry. 3rd ed. p.543. Marcel Dekker. New York. 1996.
19. Han, JS. Kim. MS. Choi. YH. Minamide. T and Huh. SM : Changes on mineral contents of vegetables by various cooking methods. J. Soc. Food Sci.. 15(4):382. 1999.
20. Ahn MS. A study on the changes in physico-chemical properties of vegetables by Korean traditional cooking methods. Korean J. Dietary Culture. 14(2): 177. 1999.
21. Selman, JD : Vitamin retention during blanching of vegetables. Food Chem., 49:137. 1993.
22. Kon, M and Shimba, R : Changes in carotenoids composition during preparation and storage of frozen and freeze-dried squash. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi. 36:619. 1989.
23. Marx, M. Stuparic, M. Schieber, A. and Carle, R : Effects of thermal processing on trans-cis-isomerization of β -carotene in carrot juices and carotene-containing preparatoons. 83:609. 2003.
24. Speek, AJ. Speek-S. S. and Schreurs, WHP : Total carotenoid and β -carotene contents of Thai veretables and the effect of processing. Food chem. 27:245. 1988.
25. Holland, B. Welch, AA. Unwin, ID. Buss, DH. Paul, AA and Southgate, DAT. McCance and Widdowsonis : The composition of Foods(5th ed.). p.267. Royal society of chemistry. Fisheries and Food. London. UK. 1991.
26. Paul, AA. and Southgate, DAT : McCane Widdowson's *The composition of foods(4th ed.)*. p.11. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. HMSO. London. UK. 1978. 11.
27. Yoon JY, Song MR and Lee SR. Effect of cooking conditions on the antithiamine activity of bracken. Korean J. Food Sci. Technol.. 20(6): 801. 1998.
28. Gil, MIF. and Tomas-Barberan, FA : Effect of postharvest storage and processing on the antioxidants of fresh-cut spinach. J. Agric. Food chem., 47:2213. 1999.
29. Zafrilla, P, Ferreras, F and Tomas-B., FA : Effect of processing and storage on antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoid of red raspberry jams. Agric. Food chem., 49:3651. 2001.
30. Standley, L. Winterton, P, Marnewick, JL, Gelderblom, CA, Joubert, E and Britz, TJ : Influence of processing stages on antimutagenic and antioxidant potentials of rooibos tea. J. Agric. Food chem., 49:114. 2001.
31. Jimenez-E, A, Jimenez-J, I, Pulio, R. and Saura-C, F : Antioxidant activity of fresh and processed edible seaweeds J. Sci. Food Agric. 81:530. 2001.