

# 태양열 오븐으로 제조한 영양바의 영양성분분석

## Nutrition Analyses of Nutrition Bar Cooked with a Solar Box-cooker

고광오 · 김예정<sup>1,2</sup> · 김희선<sup>2\*</sup>

순천향대학교 화학과 · <sup>1</sup>(주)해태제과 · <sup>2</sup>순천향대학교 식품영양학과

Koh, Kwangoh · Kim, Ye-Jung<sup>1,2</sup> · Kim, Hee-Seon<sup>2\*</sup>

Dept of Chemistry, Soonchunhyang University ·

<sup>1</sup>HAITAI Confectionery & Foods Co.,LTD ·

<sup>2</sup>Dept of Foods and Nutrition, Soonchunhyang University

### Abstract

The objectives of the study were to analyze and compare various nutrient contents in nutrition bars after cooking with a solar box-cooker (SBC) or conventional oven. The SBC was preheated for 30 min and the sample was cooked at 120°C for 4 hours. The control sample was cooked with a conventional oven (CO) at 180°C for 16 min. Macronutrients were analyzed by the AOAC method. Analyses of vitamin B<sub>1</sub>, niacin, vitamin B<sub>6</sub> and vitamin C were conducted with HPLC, and isomers of vitamin E were analyzed by GC-FID. The mineral content was analyzed by ICP-AES. The contents of macronutrients, vitamin B<sub>1</sub>, vitamin B<sub>6</sub>, vitamin C and minerals did not show significant differences between samples cooked by SBC and CO. However, the content of niacin was significantly higher in the sample cooked with SBC (1.05 mg/100g) than in that cooked with CO (0.58 mg/100g). Among the analyzed vitamin E isomers,  $\beta$ - and  $\delta$ -tocopherol were not detected. The contents of  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherol and  $\gamma$ -tocotrienol were significantly higher in the sample cooked with SBC (103.43, 70.74, 56.14 mg/100 g, respectively) than in that with CO (47.87, 13.35, 10.34 mg/100 g, respectively). Our study finds that cooking nutrition bars in the SBC maintains the nutrient contents as well or better than conventional cooking using CO. However, further study of more food varieties is needed. Moreover, the content of riboflavin, which is known to be vulnerable to the light, must be analyzed as well.

**Key Words:** Solar box-cooker, nutrients analyses, nutrition bar

## I. 서론

현대사회는 지구온난화와 기후 변화로 인한 극심한 사회경제적 문제를 거치며 대체에너지 개발의 중요성이 점점 더 부각되고 있다. 미래에너지원 확보 및 환경보호 차

원의 친환경에너지 자원을 활용하고자 다각적인 개발이 진행되고 있는 가운데 식생활과 관련된 취사용 연료의 대체에너지원 물색도 중요한 과제로 떠오르고 있다(Eswara & Ramakrishna, 2013). 특히 대체 에너지자원 중 무공해로 무한정 제공받을 수 있는 태양에너지를 식품 가공

이 논문은 2010학년도 순천향대학교 교수연구년제에 의하여 연구하였음

\* Corresponding author: Kim, Hee-Seon

Tel: +82-41-530-1263, Fax: +82-41-530-1264

E-mail: hskim1@sch.ac.kr

© 2016, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

및 조리에 이용할 수 있는 기술의 개발은 우리나라처럼 탄소배출량이 많은 나라(Wheeler & von Braun, 2013)에서 저탄소 에너지원의 공급적 측면에서 의미가 크다. 뿐만 아니라 석탄연료를 식품조리에 이용하여 실내공기 오염 등 개개인의 건강문제와 산림훼손과 같은 환경문제 등의 이종고를 겪고 있는 개발도상국에 문제해결의 고리를 제공할 수 있다는 측면에서 현대인이 당면하고 있는 문제를 해결해 주는 좋은 대안이 될 수 있다.

집열 성능이 뛰어난 집광형 태양열 조리기 중 포물선형은 1950년대 초부터 개발되어왔다(Eswara & Ramakrishnarao, 2013). 대량생산된 집광 방식으로 파라볼라 형태의 집열관이 조사되는 태양광을 조리용기에 집광시켜 기존의 전기나 가스레인지만큼 음식을 신속하게 고온으로 가열할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나 직접 도달하는 일사량의 효과적인 집열을 위해서는 태양 고도각의 변화에 따라 매 10분마다 조리기의 위치를 재조정해야 하는 원천적인 결함이 있다. 이를 보완하기 위한 태양의 이동경로에 따라 집광관을 자동으로 회전시키는 태양고도 추적 장치가 부착된 셰플러 조리기(Scheffler & Bruecke, 2006)가 최근 등장하였으나 고가이고, 설치 후 이동이 어려운 점 등의 단점이 여전히 존재한다. 이러한 집광형 태양열 조리기의 성능은 먼지나 바람에 크게 영향을 받고 조리 시 과열에 의한 부상 및 화재의 위험도 있어 늘 주위를 기울여야한다. 또한 제작 상 박스형에 비해 상대적으로 디자인이 복잡한 단점을 갖고 있다. 따라서, 보급을 위해서는 집열 기능을 향상시킨 태양열 오븐이 가장 유리한 것으로 판단되며 태양열 오븐의 단점을 보완하고 집열량을 증가하기 위한 다양한 형태의 디자인 기법과 다중 반사판 태양열 오븐 등이 개발되었다.

태양열 오븐은 상부면이 유리로 마감된 밀폐상자 내부에 조리 용기를 넣어 가열하는 단순한 형태의 조리기로서 많은 양의 음식을 가열할 수 있다. 가열 속도와 집열 성능은 상대적으로 떨어지나 태양고도에 따른 재조정 시간이 길고 단열 성능이 우수하며 내부 마감재의 축열 성능에 따라 보온성이 우수한 장점을 가지고 있다(Scheffler & Bruecke, 2006). 현재 산업화 사회에서는 캠핑용 조리기구로, 개발도상국에서는 화석연료의 대체 조리기구로 비교적 많이 보급되어 다양한 형태로 개발되었으나(Adewole et al., 2015; Eswara & Ramakrishnarao, 2013; Kerr, 1991) 그 효율성 및 이를 식품 조리에 사용했을 때의 식품의 영양학적 가치 등에 대한 과학적인 연구는 전무한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 앞으로 청정 에너지를 활용한 태양열 오븐의 보급이 증대할 경우에 대비하여 태양열 오븐 사용에 대한 기초 자료를 얻기 위해 태양열 오븐을 이용하여 조리된 청소년용 영양보충 에너지바의 영양소 함량을 측정하여 일반오븐으로 조리한 경우와 비교 분석하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료, 시약 및 기기

#### 1) 실험재료

본 연구에 사용한 시료는 선행연구(Kim et al., 2011)에서 에티오피아 자생식물을 활용한 현지형 청소년을 위한 영양보충식품으로 개발된 영양바를 사용하였다. 개발된 영양바는 에티오피아 현지 자원식물을 포함한 레시피로 <Table 1>과 같다(Kim et al., 2011). 대체에너지를 이용한 조리기구로 제조하였을 경우 영양성분이 변화되는지를 측정하기 위하여 일반 조리용 오븐(conventional oven)으로 조리한 경우와 태양열오븐으로 조리한 경우의 영양성분을 비교하였다. 일반오븐으로는 보통 영양바를 조리하는 온도인 180℃에서 16분간 조리하였다. 태양열오븐으로 조리 시에는 일정한 온도를 유지하기 위하여 120℃에서 4시간동안 조리하였다.

<Table 1> Recipe of the nutrition bar sample

Barley (g)	40
Corn (g)	40
<i>Prosopis juliflora</i> (g)	20
<i>Amaranthus caudatus</i> seed (g)	10
<i>Ficus sur</i> (g)	5
Egg (ea)	1
Banana (g)	10
Peanut (g)	5
Sesame (g)	5
Water (mL)	100

#### 2) 기기

본 연구에 사용한 태양열 오븐은 미국 선오븐사 (Sun

Oven International, USA)에서 제작한 4개의 반사판을 갖는 박스형 태양열오븐을 사용하였다. 대조용으로 사용한 일반 조리용 오븐은 삼성전자제품 (Ziepel, Samsung Electronics, Korea)으로 마이크로웨이브 겸용 오븐을 사용하였다.

영양성분 분석을 위해 HPLC는 Shimadzu사 (Shimadzu Co., Japan)의 제품을 사용하였으며 column은 YMC-PACK Pro C18, 250 x 4.6mm I.D. S-5 $\mu$ m, 12nm (YMC Co., Japan)를 사용하였다. GC-FID는 Shimadzu사(Shimadzu Co., Japan)의 제품을, column은 HP-5 30m $\times$ 0.25mm I.D. 0.25 $\mu$ m (Agilent Co., USA)을 이용하였다. 무기질 분석은 microwave (MARS, CEM Co., USA)로 전처리하였으며 ICP-AES (IPCE-9000, Shimadzu Co., Japan)를 이용하여 분석하였다.

## 2. 실험방법

### 1) 다량영양소 분석

다량영양소 분석은 AOAC방법에 준하여 조지방은 soxhelt방법, 조회분은 550 $^{\circ}$ C 직접회화법으로 분석하였다. 조단백의 분석은 농협중앙회에 의뢰하였고, 탄수화물은 100에서 조단백, 조지방, 조회분을 뺀 값으로 구하였다. 열량은 탄수화물, 조단백, 조지방에 각각 4 kcal/g, 4 kcal/g, 9 kcal/g으로 계산하였다. 모든 실험은 3번의 실험값을 평균하여 비교하였다.

### 2) 미량영양소 분석

Vitamin B<sub>1</sub>, Niacin, Vitamin B<sub>6</sub> 분석은 식품공전에 준하여 분석하였다. 시료 약 0.5 g을 취하여 증류수 40

mL에 넣고 sonificator에서 30분간 추출한 후, 3000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리한 후 상층액만 취하여 0.45  $\mu$ m syringe filter로 여과하여 HPLC로 분석하였다. 비타민 B군의 분석을 위한 HPLC 분석조건은 <Table 2>와 같다.

Vitamin C 분석은 Leo(1992)의 방법을 사용하여 분석하였다. 시료 약 0.2 g을 취하여 0.1 M methaphosphoric acid 10 mL에 넣고 sonificator에서 20분간 추출한 후, 3000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 후 상층액만 취하여 0.45  $\mu$ m syringe filter로 여과하여 HPLC에 주입하여 분석하였다. HPLC 분석조건은 Table 2과 같다.

Vitamin E isomers 분석은 soxhlet 추출법을 사용하였다. 시료 약 0.5 g을 취하여 hexane 200 mL에 넣고 soxhlet 추출관에 8시간동안 추출하였다. 그 다음 추출된 hexane을 120 $^{\circ}$ C dry oven에서 약 3시간 정도 증발시켰다. 증발시킨 후 hexane 6 mL를 첨가하여 희석한 뒤 0.45  $\mu$ m syringe filter로 여과하여 GC-FID에 주입하여 분석하였다. GC-FID 분석조건은 <Table 3>와 같다.

### 3) 무기질 분석

시료 약 0.2 g을 microwave teflon tube에 넣고 65% HNO<sub>3</sub> 4 mL와 30% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1 mL를 가한 후 Microwave Digestion System(Mars, 1600W, 200 $^{\circ}$ C, 25min)으로 분해하였다. 분해한 후 hot plate에서 약 20분간 끓여 1 mL로 용액화 시킨다. 용액화 된 시료를 10ml로 정용하여 0.45  $\mu$ m syringe filter로 여과한다. 여과한 후 유도 결합 플라즈마 원자흡광계(ICP-AES)에

<Table 2> HPLC operating condition for vitamin B group and vitamin C analyses

	Vitamin B group	Vitamin C analysis
Model	Shimadzu HPLC-20A(UV-VIS)	
Injection volume	10 $\mu$ L	
Column	YMC-PACK Pro C18, 250 x 4.6 mm I.D. S-5 $\mu$ m, 12 nm	
Mobile phase	50mM NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (adjusted to pH 2.5 with HCl)	30% methanol (with 0.14% Hexanesulfonic acid and 1% acetic acid)
Flow rate	0.8 mL/min	0.5 mL/min
Detector	UV 254 nm	UV 540 nm

〈Table 3〉 GC-FID operating condition for vitamin E isomers analysis

	Condition
Model	Shimadzu GC-2010 Plus(FID)
Injection volume	1 $\mu$ L
Injection mode	Split, 10 : 1
Column	HP-5 30 m x 0.25 mm I.D. 0.25 $\mu$ m
Column oven temperature	250 $^{\circ}$ C(10min) $\rightarrow$ 10 $^{\circ}$ C/min $\rightarrow$ 320 $^{\circ}$ C(5min)
Column flow	1.0 mL/min
Injection temperature	300 $^{\circ}$ C
Detector temperature	320 $^{\circ}$ C

주입하여 총 무기질의 함량에 따라 0.01, 0.05, 0.1, 2, 5, 10  $\mu$ g/mL 로 제조하여 검량선을 작성한 뒤 정량하였다. 유도 결합 플라즈마 원자흡광계(ICP-AES)의 분석조건은 <Table 4>에 나타내었다.

〈Table 4〉 ICP operating condition for mineral analysis

	Condition
Model	Shimadzu ICPE-9000
RF power	1.20kW
Torch height	Split, 10:1
Plasma gas rate	10 L/min
Carrier gas rate	0.70 L/min
Purge gas rate	300 $^{\circ}$ C
Optical system	320 $^{\circ}$ C

〈Table 5〉 Macro nutrient composition of samples

	Conventional oven	Solar box cooker
Carbohydrate	75.42	76.36
Crude protein	14.00 $\pm$ 1.12	14.00 $\pm$ 1.11
Crude fat	8.11 $\pm$ 0.98	7.21 $\pm$ 0.72
Moisture content	2.50 $\pm$ 0.15	2.50 $\pm$ 0.18
Ash	2.47 $\pm$ 0.25	2.43 $\pm$ 0.17
Energy(kcal/100g)	431	426

Values are mean $\pm$ SD and are not significantly different between two groups by Student's t-test.

### 3. 통계분석

본 연구에서 얻어진 모든 결과는 SPSS 프로그램 (Version 17.0)을 이용하여 분석하였다. 모든 실험치는 세 번 반복한 실험결과와 평균치이며, 일반오븐과 태양열 오븐으로 조리한 제품의 두 구간 차이를 분석하기 위해 Student's t-test를 실시하였다.

## Ⅲ. 결 과

본 연구에서 제조한 영양바는 약 420-430 kcal/100g의 열량을 나타냈다. <Table 5>에서는 일반오븐과 태양열 오븐을 통해 제조된 영양바의 다량영양소 함량을 비교하였다. 조단백질과 조지방의 함량은 일반오븐으로 조리한 경우 각각 14.00. 8.11 g/100 g, 태양열 오븐으로 조리한 경우 각각 14.00. 7.21 g/100 g의 수치를 나타내어 유의한 차이는 없었다. 미량영양소 함량 분석

결과 수용성 비타민 중 나이아신은 일반오븐으로 조리한 경우 0.58 mg/100 g으로, 태양열오븐으로 조리한 경우 1.05 mg/100 g으로 분석되어, 태양열 오븐으로 조리했을 경우가 일반오븐으로 조리한 경우의 약 2배정도 높게 나타났다. 비타민 C, B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>은 일반오븐으로 조리한 경우 각각 1.83, 12.67, 9.93 mg/100 g, 태양열 오븐으로 조리한 경우 각각 1.61, 12.98, 8.25 mg/100 g으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 지용성 비타민 중 비타민 E의 isomer들을 분석한 결과 태양열 오븐으로 조리한 영양바가 일반오븐을 통해 조리한 영양바보다 α-tocopherol, γ-tocopherol, γ-tocotrienol이 유의하게 높은 함량을 나타냈다. 비타민 E의 isomer 중 β-tocopherol,

δ-tocopherol은 검출되지 않았다 <Table 6>. 무기질 함량 분석결과, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na, P, Se의 함량은 일반오븐으로 조리한 경우 각각 7.99, 1.07, 2.44, 155.50, 6.07, 3.06, 151.50, 1.24 mg/100 g이고 태양열오븐으로 조리한 경우 각각 7.98, 0.96, 2.76, 166.00, 6.41, 3.04, 164.00, 1.24 mg/100 g으로 나타나 유의한 차이가 없었다 <Table 7>.

#### IV. 고찰

본 연구는 현재 탄소배출량의 증가로 나타난 기후변화

<Table 6> Micro nutrient composition of samples

(Unit : mg/100 g, DWB)

	Conventional oven	Solar box cooker
Vitamin C	1.83±0.15	1.61±0.14
Vitamin B <sub>1</sub>	12.67±1.10	12.98±1.12
Niacin	0.58±0.05	1.05±0.09*
Vitamin B <sub>6</sub>	9.93±0.12	8.25±0.11
Vitamin E isomers		
α-tocopherol	47.87±4.71	103.43±9.54*
β-tocopherol	-	-
γ-tocopherol	13.35±2.47	70.74±8.72*
δ-tocopherol	-	-
γ-tocotrienol	10.34±2.78	56.14±5.24*

Values are mean±SD.

\* : p<0.05 by Student's t-test.

<Table 7> Mineral composition of samples

(Unit : mg/100 g, DWB)

	Conventional oven	Solar box cooker
Ca	7.99±0.07	7.98±0.06
Cu	1.07±0.05	0.96±0.03
Fe	2.44±0.31	2.76±0.21
K	155.50±2.12	166.00±2.83
Mg	6.07±0.08	6.41±0.04
Na	3.06±0.06	3.04±0.02
P	151.50±5.71	164.00±7.00
Se	1.24±0.21	1.24±0.18

Values are mean±SD and are not significantly different between two groups by Student's t-test.

에 대응하기 위한 대체에너지를 실생활에 응용하기 위한 과학적 기반을 마련하고자 실시하였다. 신재생에너지 활용의 필요성과 중요성은 모두 공감하면서도 막상 실생활에 적용하기에는 불편과 번거로움이 따르는 관계로 많이 보편화 되지 못하고 있는 실정이다. 그러나 태양에너지를 이용하여 준비된 음식의 영양학적 가치를 규명하여 건강 증진에 도움이 되는 조리법과 태양열 조리기구의 표준화 및 최적화의 기반을 마련하면, 보다 광범위하게 보급하여 실제로 탄소배출량의 감소에 도움이 될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 일반오븐으로 조리한 경우와 태양열 오븐으로 조리한 경우의 영양소 분석을 실시하여 비교하였다.

조리시간에서 일반오븐은 180°C에서 16분이 소요되었으나 태양열오븐에서는 120°C에서 4시간 정도 소요되어 일반오븐보다 훨씬 오랜 시간 조리해야 했다. 이렇게 조리 시간이 차이가 많이 나는 이유는 태양열오븐을 이용한 영양바의 조리가 3월에 실시되었는데, 이때 태양열 오븐의 최대온도는 150°C까지만 올라갔다. 본 연구에서는 일정한 온도를 유지하기 위하여 120°C에서 4시간동안 조리하였으며 조리 중 태양의 이동에 따라서 오븐의 집광판이 직각으로 태양열을 받게 하기 위하여 계속 방향을 바꿔주었다. 일반적으로 조리시간이 길어지면 수분손실이 커질 것으로 예상되나 태양열 오븐의 경우 외부와의 열전도가 완전히 차단되므로 내부 수분이 외부로 유출되지 않아 조리시간이 일반오븐 조리 시간보다 훨씬 길었음에도 불구하고 수분함량은 일반오븐과 태양열 오븐으로 조리한 시료에서 차이가 없었다. 반면 일반오븐으로는 태양열 오븐과 같은 조건으로 120°C에서 4시간 동안 조리할 경우 수분이 거의 다 손실되어 시료를 처리하기가 어려웠다. 이는 두 종류의 서로 다른 오븐간의 차이에 의한 것으로 두 오븐 자체의 큰 차이를 배제한 조리 조건만의 일치하는 의미가 없는 것으로 사료된다. 따라서, 본 연구의 목적이 태양열 오븐으로 조리한 영양바의 영양소 함량의 손실 정도를 연구하고자 진행되었으므로 이에 대한 비교대상은 일반오븐을 이용한 보통의 방법, 즉 태양열 오븐보다 높은 온도(180°C)와 짧은 시간(16분)으로 조리한 경우를 선택할 수밖에 없었다. 일반오븐의 조건인 180°C에서 16분간의 조리시간은 본 연구를 위하여 여러 번 다른 시간으로 조리를 시도한 결과 태양열오븐으로 조리한 제품과 가장 물리적 형상이 비슷한 제품의 조리시간으로 확정된 결과이다.

다량영양소 분석의 경우 시료 간에 큰 차이를 보이지는 않았으나 지방함량이 태양열 오븐으로 조리했을 때 다소 낮았으나 이는 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 오랜 조리시간으로 인해 지방함량에 미미한 영향을 미친 것으로 사료되나 단백질 함량에는 영향을 미치지 않았다. 이는 선행연구(Addo & Hill, 1982; Chung et al., 1981; Hammon, 1990; Khalil et al., 1986; Ekpenyong et al., 1980; Rockland et al., 1977; Augustin et al., 1979)에서 각종 콩류와 감자 등 식품을 대상으로 태양열 오븐을 이용한 조리 후 단백질 함량을 측정 한 경우에서도 같은 결과를 나타내어 태양열 오븐을 이용한 조리가 단백질 함량에 영향을 미치지 않는다고 볼 수 있겠다. 본 연구는 기존의 연구와 달리 여러식품을 조합한 영양바를 제조하는 과정에서의 영양소변화를 측정하였음에도 각각의 식품재료와 같이 태양열 오븐으로 조리 후 단백질 함량에 변화가 없었다.

그러나 태양열 오븐을 이용하여 영양바를 조리하는 동안 일반오븐과 달리 일정한 조리 온도를 유지하기 위해 태양열 오븐으로 안정적으로 온도를 유지할 수 있는 120°C의 조리온도를 선택하면서 일반오븐의 16분 조리시간이 4시간으로 늘어났다. 이렇게 긴 조리시간이 지방함량에 미미한 영향을 미쳐 유의하지는 않지만 지방함량이 약간 낮아졌다. 그러나 지용성 비타민인 비타민 E의 isomer들을 분석한 결과 검출되지 않은  $\beta$ -tocopherol,  $\delta$ -tocopherol을 제외한 검출된 모든 비타민 E의 isomer들은 태양열 오븐으로 조리한 영양바가 일반오븐을 통해 조리한 영양바보다 약 2배 - 최대 5배까지 유의하게 높은 함량을 나타냈다. 본 연구에 사용한 시료는 비타민 E의 함량이 높은 땅콩과 참깨 등을 포함하고 있다. 이러한 식물성 식재료들은 조리과정에서 식물세포의 세포벽이 파괴되면서 단백질복합체로부터 영양소가 방출된다고 알려져 있다 (Bernhardt & Schlich, 2006). 따라서 브로콜리를 시료로 사용한 연구에서  $\alpha$ -tocopherol의 함량이 조리 후 조리전보다 더 증가되었다 (Bernhardt & Schlich, 2006). 또한 Srivastava와 Nahar(2014)의 연구결과에 따르면 태양열 오븐으로 조리한 식품에서 일반적으로 조리한 대조군보다 영양소 함량이 더 높게 나타났다(Srivastava & Nahar, 2014). 본 연구의 시료에는 많은 식물성 식재료가 포함되어 있으므로 이러한 식재료에 포함된 비타민 E 이성질체들은 태양열 오븐으로 조리하는 경우 손실이 거의 없거나 혹은 세포벽의 파괴로 영양성분이 유출되어 함량이 더 증가했을 가능

성이 높다. 일반오븐으로 조리하는 경우 조리시간이 비록 짧아도 태양열 오븐에 비해 함량손실이 큰 결과를 보여준다.

수용성 비타민 분석결과 비타민 C와 비타민 B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>의 경우 태양열오븐과 일반오븐의 시료 중 함량이 유의한 차이가 없었으나 나이아신의 함량은 태양열 오븐으로 조리했을 때 유의하게 높은 값을 나타냈다. 여러 종류의 콩 종류를 분석한 기존의 연구(Hammons, 1990)에서는 각종 콩류는 태양열오븐으로 조리한 후 조리시간이 늘어날수록 줄어드는 결과를 나타냈다. 그러나 식품 종류에 따라 다른 결과를 보여 보리, 쌀, 옥수수등의 곡류는 태양열 오븐으로 조리하고 조리시간이 3시간에서 7시간으로 늘어나도 나이아신의 함량은 변하지 않았다(Hammon, 1990). 본 연구에 사용한 시료는 각종 식재료가 함유된 영양바로서 곡류(보리, 옥수수, 아마란스)와 콩류(*Prosopis juliflora*)와 땅콩, 참깨 그리고 무화과와 바나나 등의 과일류와 계란 등 모든 식품군의 식재료를 함유하고 있다. 따라서, 이렇게 다양한 식재료가 포함된 시료에서는 각 재료에 함유된 영양소가 4시간의 태양열 오븐에서의 조리과정에서 각각 다르게 반응하면서 태양열오븐으로 조리한 후의 나이아신 함량이 일반오븐으로 조리한 후의 함량보다 유의하게 높게 나타난 것으로 사료된다. 즉 조리시간과 방법이 나이아신 함량에 영향을 미치는 것으로 보고된 기존의 연구(Abdel-Rahman, 1983)와도 일치하는 결과이다.

수용성 비타민 중 비타민 C는 본 연구에서 사용한 시료에는 함량자체가 매우 낮았으나 4시간의 태양열 오븐으로 조리한 경우 일반오븐으로 조리한 경우와 큰 차이를 나타내지는 않았다. 그러나 기존의 연구 중 비타민 C 함량이 높은 식품을 대상으로 분석한 연구결과에서는 태양열 오븐으로 조리한 시간이 4시간에서 7시간으로 늘어날수록 비타민 C의 함량이 감소하는 것으로 보고되었다(Gomez, 1982; Hammon, 1990; Hudson et al., 1985; Watson, 1976).

태양열 오븐을 조리에 사용할 경우 태양의 복사열 및 자외선 등의 영향으로 영양소의 파괴가 우려되었으나 본 연구결과에서 분석한 영양소의 경우는 일반오븐으로 조리했을 때와 대부분의 영양소에서 유의한 차이가 없었으며, 나이아신과 비타민 E 이성질체들의 함량은 오히려 높았다. 따라서, 태양열 오븐으로 4시간 정도 조리할 경우 조리시간이 길었음에도 불구하고 일반 오븐으로 조리할 경우와 영양소 함량 변화정도가 비슷하거나 영양소에 따라

오히려 더 적게 변화하는 것으로 나타났다. 그러나 빛에 민감한 리보플라빈 등의 영양소 함량은 본 연구에서 분석하지 않았으므로 다음단계의 연구에서는 더 다양한 영양소를 다양한 식품과 음식에서 분석하여 태양열오븐 사용의 안정성에 대하여 심도 깊은 연구가 진행되어야 할 것이다. 특히 지용성 비타민이며 영양바의 품질결정에 큰 영향을 미치는 비타민 A의 분석 또한 중요한 다음과제의 주제라고 사료된다.

## V. 요약 및 결론

태양의 복사열을 이용하여 식품을 조리하는 태양열 오븐은 탄소연료 사용에 의한 온실효과로 환경오염이 심각해지고 있는 현대사회에서 주목받는 대체에너지이용법이다. 본 연구에서는 앞으로 청정에너지를 활용한 태양열 오븐의 보급이 증대할 경우에 대비하여 태양열오븐 사용에 대한 기초자료를 얻기 위해 영양소를 골고루 갖춘 영양보충 에너지바를 태양열오븐으로 조리할 경우의 영양소 함량을 분석하였다. 같은 시료를 일반 오븐으로 조리했을 경우와 조리후의 영양성분을 비교분석하였다.

태양열 오븐은 사용 전 약 30분간 예열하여 120°C에서 4시간 조리하였고, 대조군은 일반오븐으로 180°C에서 16분 조리하였다. 다량영양소는 AOAC 방법에 의해 분석하였고, 비타민 B<sub>1</sub>, 나이아신, 비타민 B<sub>6</sub>와 비타민 C의 분석은 식품공전의 방법대로 HPLC로 분석하였다. 비타민 E는 GC-FID로  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ -tocopherol과  $\gamma$ -tocotrienol의 각 이성질체의 함량을 측정하였다. 무기질 함량은 ICP-AES로 분석하였다.

분석결과 태양열 오븐으로 조리한 영양바의 다량영양소와 무기질의 함량은 일반 오븐으로 조리한 영양바의 영양소 함량과 유의한 차이를 보이지 않았다. 나이아신 함량은 태양열오븐으로 조리했을 때 1.05 mg/100g이 검출되어 일반 오븐으로 조리한 시료에서 검출된 0.58 mg/100 g보다 유의하게 높았다. 또한  $\alpha, \gamma$ -tocopherol과  $\gamma$ -tocotrienol의 함량은 태양열 오븐으로 조리한 경우, 각각 103.43, 70.74, 56.14 mg/100 g으로 일반오븐으로 조리했을 때, 각각 47.87, 13.35, 10.34 mg/100 g보다 약 2배 - 최대 5배까지 높은 함량을 보였다. 태양열 오븐을 조리에 사용할 경우 태양의 복사열 및 자외선 등의 영향으로 영양소의 파괴가 우려되었으나 본 연구결과에서 분석한 영양소의 경우는 일반오븐으로 조리했을 때와 대부분

의 영양소에서 유의한 차이가 없었으며, 나이아신과 비타민 E 이성질체들의 함량은 오히려 높았다. 그러나 빛에 민감한 리보플라빈 등의 영양소 함량은 본 연구에서 분석하지 않았으므로 다음단계의 연구에서는 더 다양한 영양소를 다양한 식품에서 분석하여 태양열오븐 사용의 안정성에 대하여 심도 깊은 연구가 진행되어야 할 것이다.

## REFERENCE

- Abdel-Rahman A. H. Y (1983). Effect of cooking on tryptophan, basic amino acids, protein solubility and retention of some vitamins in two varieties of chick pea. *Food Chemistry*, 11(2), 139-143.
- Adewole B. Z., Popoola O. T. & Asere A. A. (2015). Thermal performance of a reflector based solar box cooker implemented in Ile-Ife, Nigeria. *International Journal of Energy Engineering*, 5(5), 95-101.
- Addo R. A. & Hill M. A. (1982). An investigation into a dye-binding procedure for measuring available lysine in raw and cooked beans. *Journal Plant Foods*, 4, 183-189.
- Augustin J, Toma R. B, True R. H, Shaw R. L, Teitzel C, Johnson S. R. et al. (1979). Composition of raw and cooked potato peel and flesh: proximate and vitamin composition. *Journal of Food Science*, 44(3), 805-806.
- Bernhardt S. & Schlich E. (2006). Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. *Journal of Food Engineering*. 77(2), 327-333.
- Chung S. Y, Morr C. V. & Jen J, J. (1981). Effect of microwave and conventional cooking on the nutritive value of Colossus peas (*Vigna unguiculata*). *Journal of Food Science*, 46(1), 272-273.
- Ekpenyong T. E & Borchers R. L. (1980). Effect of cooking on the chemical composition of winged beans(*Psophocarpus tetragonolobus*). *Journal of Food Science*. 45(6), 1559-1560.
- Eswara A. R & Ramakrishnarao M. (2013). Solar energy in food processing-a critical appraisal. *Journal of Food Science and Technolog.*, 50(2), 209-227.
- Gomez M. J. (1982). Sources of vitamin C in the Kenyan diet and their stability to cooking and processing. *Ecology of Food and Nutrition*, 12(1), 179-184.
- Hammons G. (1990). The solar box cooker and food quality: a quantitative analysis. USAID Research Report.
- Hudson D. E., Dalal A. A. & Lachance P. A. (1985). Retention of vitamins in fresh and frozen broccoli prepared by different cooking methods. *Journal of Food Quality*, 8(1), 45-50.
- Kerr B. (1991). The expanding world of solar box cooker. Retrieved June 15, 2016 From <http://solarcooking.org/kerr.htm>.
- Khalil J. K., Sawaya W. N & Al-Mohammad H. M. (1986). Effects of experimental cooking on the yield and proximate composition of three selected legumes. *Journal of Food Science*, 51(1), 233-234.
- Kim Y. J, Kim D. H, Kim J. A, Park E, Shin I, Yihunie A. T. et al. (2011). Screening Ethiopian ethnic plants for possible nutritional values to develop RUSF (Ready to Use Supplemental Food). Proceedings of 2011 International symposium and annual meeting; 2011 Oct; Busan: p260-261.
- Leo M. L. N. (1992). Food analysis by HPLC. New York: Marcel Dekker Inc.
- Rockland L. B., Miller C. F. & Hahn D. M. Thiamine, pyridoxine, niacin and folacin in quick-cooking beans. *Journal of Food Science*, 42(1), 25-28.
- Sceffler W & Bruecke S. (2006). Introduction to the revolutionary design of Scheffler reflectors. Retrieved June 15, 2016 from: [www.solare-bruecke.org](http://www.solare-bruecke.org)
- Srivastava R, Nahar A. (2014). Retention of nutrients of pearl millet using conventional and solar cooking.

- African Journal of Food Science, 8 (5), 216-224.
- Watson J. D. (1976). Ascorbic acid content of plant foods in Ghana and the effects of cooking and storage on vitamin content. *Ecology of Food and Nutrition*, 4(1), 207-213.
- Wheeler T & von Braun J. (2013). Climate change impacts on global food security. *Science*, 341(6145), 508-513.
- Received 18 July 2016;  
1st Revised 26 August 2016;  
Accepted 29 August 2016