

압출성형 삼종실의 이화학적 특성과 에너지바의 제조

구본재 · Krittika Norajit · 류기형*

공주대학교 식품공학과

Physicochemical Properties of Extruded Defatted Hemp Seed and Its Energy Bar Manufacturing

Bon-Jae Gu, Krittika Norajit, and Gi-Hyung Ryu*

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

Abstract

This study was to develop high-nutritious energy bar from extruded hemp obtained by extrusion process. Mixture of rice flour and defatted hemp was extruded at a barrel temperature of 110 and 130°C, and moisture content of 20 and 25%. Properties of extrudates such as bulk density, expansion index, breaking strength, apparent elastic modulus, water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) have been analyzed. The antioxidant potential was determined by the DPPH-radical scavenging assay. The expansion index was the highest in rice-hemp extrudate at 130°C barrel temperature and 20% moisture content among the other hemp-added extrudates. The WAI was increased with increase in moisture content, while the WSI was increased with increase in barrel temperature. The peak viscosity of rice extrudate had higher value than those of extrudate added with hemp. DPPH scavenging activity of rice-hemp extrudate at 130°C barrel temperature and 20% moisture content showed the highest value. Sensory properties, moisture content and color were assessed for quality of energy bar. The color values of the energy bar indicated decreasing L (lightness) and b (yellowness), and increasing a (redness) after 30 days storage at ambient condition. The highest overall acceptable was the energy bar added with rice-hemp extrudate at 130°C barrel temperature and 20% moisture content.

Key words: extrusion process, extruded hemp, physicochemical properties, energy bar

서 론

대마(*Cannabis sativa* L.)는 삼과(Moraceae)에 속하는 1년생 초본식물로서 자웅이주이며 원산지는 중앙 아시아의 파미르 고원이 그 원산지라고 하며 환경적응성이 강하고 줄기, 종실 등을 이용할 수 있는 작물이다(Moon, 2008; Koh, 1990). 유럽과 아시아 대륙에 분포, 재배되고 있으며 우리나라에서 대마는 가장 오래된 섬유작물로 삼국시대부터 재배하였으며 대마를 단순히 섬유로 이용했었다. 그러나 최근에는 내부 목질부를 건축과 제지 원료, 삼종실을 이용한 기능성식품, 화장품, 의약품을 생산하고 있으며 연간 바이오매스 생산량이 다른 식물체에 비하여 월등하여 에너지작물 후보로 각광 받고 있다(Moon, 2008; Han et

al., 2009).

이렇게 경제적 잠재성이 큰 작물이지만 예로부터 대마는 잎과 열매에 함유되어 있는 THC(Δ -9-tetrahydrocannabinol)의 환각 작용 때문에 자유롭게 재배되지 못하고 있다(Han et al., 2009). 우리나라 또한 재래종 대마의 THC의 함량이 2% 내외로 대마관리법의 통제를 받고 있기 때문에 자유로운 재배가 곤란하였으나 대마 신품종인 청삼은 환각억제효과를 가지고 있는 CBD(cannabidiol)함량이 0.5% 이상, THC함량이 0.5% 이하로 저 마약형으로 분류되어 있어 식품소재 및 식품개발의 필요성이 있다(Moon, 2008; Moon et al., 2006).

에너지바는 곡물을 주재료로 하여 제조하며 탄수화물, 단백질, 지방과 다른 무기질을 단시간에 간편하게 에너지와 영양소를 보충함으로써 필요한 칼로리를 공급해 활동량이 많은 사람들이나 운동하는 사람들의 영양보충 식품으로 만들어졌다. 최근에는 식사 대용 식품 및 다이어트 대체 식품으로 대중화 되어 가고 있는 추세이며 소비자의 연령, 상태 등을 고려하여 맞춤형으로 제조가 가능한 이점이 있다. 삼종실은 보통 단백질 함량이 약 25%이며, 지방 함량

Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam 340-800, Republic of Korea

Tel: +82-41-330-1484; Fax: +82-41-335-5944

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

Received March 23, 2010; revised April 8, 2010; accepted April 21, 2010

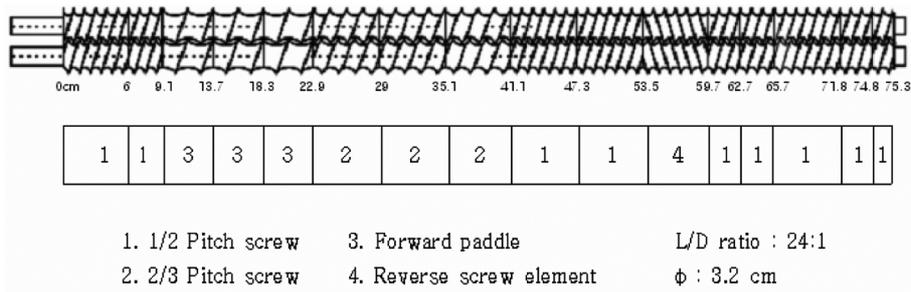


Fig. 1. Screw configuration used in this experiment (Model THK 31T).

은 30% 이상으로 단백질과 지방의 성분비율이 높으며 식이섬유 또한 풍부하여(Callaway, 2004) 에너지바 또는 다이어트바 가공에 적합하다. 그러나 삼중지방은 표피가 단단하여 탈피 또는 전처리하지 않으면 섭취하기 힘들며 탈피 공정을 거치면 대부분의 식이섬유가 손실된다. 또한 국내에는 개발된 삼중지방 탈피기가 없어 다양한 종류의 식품으로 이용하기 힘든 실정이다.

압출성형공정은 식품, 사료, 생물 산업 및 고분자 플라스틱 등 다양한 산업분야에 적용되고 있으며 압출성형은 압출성형기 내부물질에 온도, 압력, 물리적인 힘을 가하여 단시간에 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조가 일어나는 단일공정으로서 다른 가공공정과 비교하여 효율적이며 경제적인 공정이다(Haper, 1989). 또한 압출성형 공법은 곡류를 팽화시키는 공정중의 하나로 곡류를 팽화시키면 조직감과 맛이 향상되어 팽화식품에 널리 이용되고 있으며 연속공정이 가능하며 혼합된 분말원료를 사입할 수 있는 이점을 가지고 있다(Kim, 2001). 압출성형공정을 이용하여 섬유소를 다량 함유한 곡류를 압출성형하면 불용성 상태로 존재하는 식물 세포벽의 구성성분의 결합구조를 약화시켜 수용화 시키며 사과주스의 부산물인 사과박을 압출성형하면 비기계에너지가 증가할수록 펙틴의 추출수율이 향상되었다는 연구보고가 있다(Hwang et al., 1994; Cho et al., 1999).

이러한 압출성형의 이점과 삼중지방의 영양적인 면을 활용하여 탈피공정을 거치지 않은 탈지 삼중지방을 분쇄하여 분말원료를 사용하여 단백질과 식이섬유가 풍부하며 조직감과 향산화 활성이 우수한 에너지바를 제조하기 위한 기초 연구로서 탈지 삼중지방 압출성형물의 이화학적 특성을 비교 분석하였으며 탈지 삼중지방 에너지바를 제조 후 품질특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

맵쌀은 충남 부여에서 2008년에 수확한 쌀을 구입 후 입자크기를 70 mesh로 분쇄하여 사용하였다. 청삼은 충남 당진에서 재배하여 압착하여 지방을 제거한 청삼을 가정용 분쇄기(FM-681, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄한 다음,

30 mesh 표준체(Testing sieve, Chunggye Sanggong Co., Gunpo, Korea)를 통과한 분말을 사용하였다. 맵쌀과 탈지 청삼중지방의 수분함량은 각각 13.99, 8.92%로 측정되었다.

압출성형

탈지 삼중지방 분말을 전체중량의 30%로 맵쌀과 혼합하여 수분을 20, 25%로 조절한 뒤 냉장고(4°C)에서 24시간 동안 수분을 고르게 분포시킨 뒤 압출성형원료로 사용하였다. 실험에 사용된 압출성형기는 자체 제작한 실험용 동방향 쌍축 압출성형기(THK31T, Incheon Machinery Co., Korea)를 사용하였으며 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 직경은 32.0 mm, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 24:1이었고, 사출구는 원형으로 직경이 3.0 mm인 것을 사용하였으며 배럴 온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였다. 압출성형 공정변수는 배럴온도(110, 130°C)와 원료의 수분함량(20, 25%)이었다. 스크루 회전속도는 200 rpm, 원료투입량은 120 g/min으로 고정하였으며, 제조된 압출성형물은 열풍건조기(DS-FCPO250, DongSeo Sci. Co., Seoul, Korea)에서 50°C로 8시간 건조하고 가정용분쇄기(FM-681, Hanil, Seoul, Korea)로 분쇄하여 30 mesh 표준체(Testing sieve, Chunggye Sanggong Co., Gunpo, Korea)를 통과한 분말을 시료로 사용하였다.

팽화율

팽화율은 압출성형물의 직경을 캘리퍼스(CD-15C, Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)로 9회 측정하여 사출구의 직경과 압출성형물 직경비의 평균값으로 산출하였다.

체적밀도

압출성형물의 체적밀도는 차조를 이용하는 종자치환법으로 6회 반복하여 평균값을 산출하였다. 계량컵을 사용하여 무게를 측정해 압출성형물의 부피를 구한 후 밀도를 계산하였다. 압출성형물의 체적밀도는 식(1)과 같다.

$$\rho_e = \frac{M}{M + M_0 - M_1} \rho_m \tag{1}$$

ρ_e : Bulk density of extrudate

- ρ_m : Bulk density of millet
- M : Mass of extrudate
- M_0 : Mass of millet in cup
- M_1 : Mass of extrudate and millet in cup

겔보기탄성계수와 파괴력

압출성형물의 겔보기탄성계수와 파괴력은 Sun Rheometer (Compac-100II, Sun Sci. Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 10회 측정하여 평균값을 산출하였다. 측정조건은 probe angle type(65°), 최대응력 2 kg, 지지대 이동속도 120 mm/min, 지지대간의 거리 3 cm이었다. 측정치를 Launary & Lisch(1993)과 Ryu & Ng(2001)이 제시한 아래의 식을 이용하여 겔보기탄성계수(E_{app})와 파괴력(F_{bs})을 각각 식(2)와 식(3)으로 계산하였다.

$$E_{app} = (dF/dl) (64d^3/48\pi D^4) \tag{2}$$

- E_{app} : Apparent elastic modulus
- dF/dl : Slope of the linear section of the force-distance curve
- D : Diameter of extrudate
- d : Distance between two supports

$$F_{bs} = F_s/S \tag{3}$$

- F_s : Maximum stress of extrudate
- S : Cross-sectional area

수분흡착지수와 수분용해지수

수용성 성질을 분석하기 위하여 AACC방법(1983)을 응용하여 건량기준의 시료 1 g에 증류수 25 mL을 가하여 30°C의 항온수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 30분간 교반한 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)에서 3,000 rpm(1,500×g)으로 20분간 원심 분리하였다. 상등액을 알루미늄접시에 부은 후 침전물의 무게를 측정하고 알루미늄접시를 105°C의 열풍건

조기(HB-502MP, Han Beak Co., Kyunggi-do, Korea)에서 2 시간 동안 건조한 뒤 상등액의 고형분 함량을 측정하여 수분흡착지수(water absorption index)와 수분용해지수(water solubility index)를 식(4)와 식(5)로 각각 계산하였다.

$$WAI (g/g) = (\text{Hydrated sample wt.} - \text{Dry sample wt.}) / \text{Dry sample wt.} \tag{4}$$

$$WSI (\%) = \text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant} \times 100 / \text{Dry sample wt.} \tag{5}$$

페이스트 점도

페이스트 점도를 측정하기 위하여 Rapid Visco Analyser (RVA-3D, Newport Scientific Inc., Narrabeen, Australia)를 사용하였다. 14% 수분함량을 기준으로 계산한 압출성형물 시료 3 g을 알루미늄컵에 넣은 후 25 mL의 증류수를 가하고 유리막대기를 이용하여 30초 동안 1차 교반 후 페이스트 점도를 측정하였다. 신속점도기의 온도조건은 Ryu et al.(1993)의 방법을 응용하였다. 초기온도 25°C에서 2분 동안 25°C로 유지한 다음 5분 동안 95°C로 가열 후 3분 동안 95°C로 유지하였으며 5분에 걸쳐 25°C로 냉각한 뒤 3분 동안 온도를 유지시켰다. 총 소요 시간은 18분이며 시료의 분산을 증가시키기 위하여 10초간 960 rpm으로 페달을 회전시킨 후 160 rpm에서 점도를 측정하였다. Fig. 2의 페이스트 점도곡선으로부터 최고점도(peak viscosity, PV), 최저점도(trough viscosity, TV), 최종점도(final viscosity, FV), 구조 파괴점도(breakdown viscosity, BV)와 회복점도(setback viscosity, SV) 등의 페이스트 점도 지표를 각각 계산하였다.

DPPH에 의한 전자공여능

압출성형물의 전자공여능 또는 라디칼 제거능은 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical)를 사용하여 Brand-Williams et al.(1995)의 방법을 응용하여 측정하였다. 압출성형물 시료 1 g을 60% ethanol로 60°C의 항온수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 110 rpm로 1시간 동안 추출하여 1% 추출액 0.25 mL에 0.3 mM DPPH를 2.5 mL

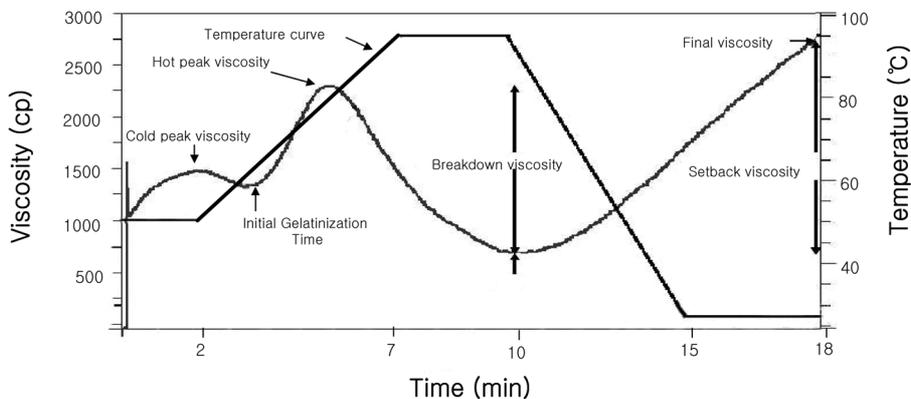


Fig. 2. RVA temperature profile and pasting parameters.

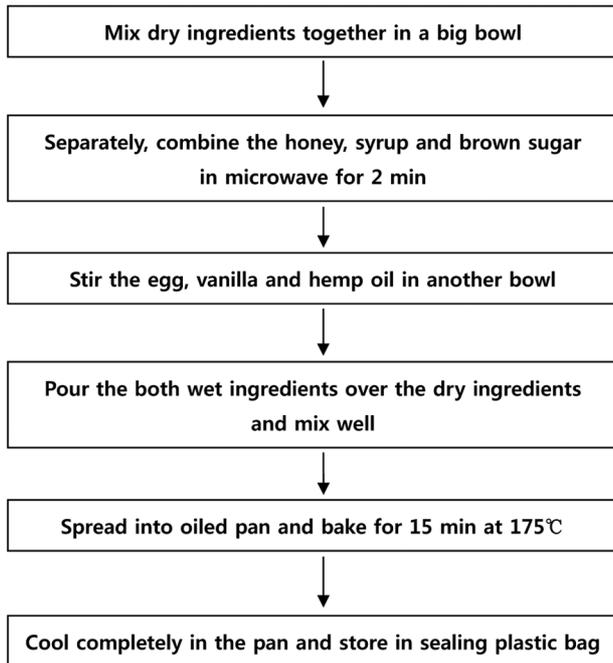


Fig. 3. Processing diagram of preparation for extruded defatted hemp energy bar.

첨가하여 10분간 상온에서 반응시킨 후 UV/Vis-spectrophotometer(Libra S35, Biochrom Ltd., Cambridge, UK)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH에 의한 전자공여능은 식(6)을 이용하여 측정하였다.

$$\text{Scavenging activity (\%)} = [(Abs_{\text{blank}} - Abs_{\text{sample}}) / Abs_{\text{blank}}] \times 100 \quad (6)$$

Abs_{blank} : Absorbance of the control

Abs_{sample} : Absorbance of the sample

에너지바 제조

탈지 삼종실 에너지바의 제조공정은 Fig. 3과 같이 탈지 삼종실 압출성형물과 쌀눈, 건조사과, 계피가루, 밀가루, 호박씨를 배합비에 따라 미리 혼합해 놓고 흑설탕, 꿀, 시럽을 혼합해서 2분 동안 전자레인지에서 가열하면서 다른 용기에 삼종실 오일, 바닐라, 달걀을 혼합했다. 두 혼합액을 압출성형물, 쌀눈, 건조사과, 계피가루, 밀가루, 호박씨가 들어있는 혼합물에 부어서 혼합한 뒤 오븐에서 175°C로 15분간 가열한 후 상온에서 냉각 한 다음 플라스틱 백에 넣어 상온에서 보관하면서 시료로 사용하였다. 에너지바 재료혼합 비율은 Table 1과 같다.

수분함량과 색도

에너지바의 수분함량과 색도는 3회 측정하여 평균값을 산출하였다. 수분함량은 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co. Kyunggi-do, Korea)에서 상압가열건조법(105°C, 48 hr)

Table 1. Formulation for preparation of extruded defatted hemp energy bar

| Dry ingredients | Ratio (%) | Wet ingredients | Ratio (%) |
|------------------------|-----------|-----------------|-----------|
| Extruded defatted hemp | 30.0 | Hemp oil | 4.0 |
| Rice germ | 5.0 | Brown sugar | 3.8 |
| Apple pits | 5.0 | Honey | 12.0 |
| Pumpkin seed | 5.0 | Syrup | 12.0 |
| Cinnamon | 0.2 | Vanilla | 3.0 |
| Wheat flour | 10.0 | Egg | 10.0 |

으로 측정하였다. 색도 측정은 Chromameter(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)을 사용하여 나타내었다. 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)값을 측정하였으며, 이때 사용한 표준 백색 판의 L, a, b값은 각각 97.26, -0.02, 1.77이었다. L값은 100(white)에서 0(black), a 값은 +60(red)에서 -60(green), b값은 +60(yellow)에서 -60(blue)으로 나타내었다.

관능검사

탈지 삼종실 에너지바의 관능평가는 10명의 훈련 받은 패널에 의해 각 항목을 9점 척도법으로 1점은 매우 나쁨, 5점은 보통, 9점은 매우 좋음으로 평가하였으며 평가항목은 색(color), 향(flavor), 조직감(texture), 단맛(sweetness), 전체기호도(overall acceptability)으로 나타내었다.

결과 및 고찰

탈지 삼종실 압출성형물의 물리적 특성

물리적 특성(팽화율, 밀도, 겔보기탄성계수와 파괴력)은 압출성형물의 조직감에 영향을 미치는 중요한 인자로 제품의 질 및 소비자의 기호에 영향을 미친다. 수분함량과 배럴온도에 따른 압출성형물의 물리적 특성은 Table 2와 같다. 팽화율은 수분함량이 20%, 배럴온도 130°C에서 삼종실을 첨가하지 않았을 때 3.15으로 가장 높았으며 삼종실을 30% 첨가하고 압출성형 조건을 수분함량 25%, 배럴온도가 110°C일 때 1.70으로 가장 낮게 나타났다. 수분함량이 낮고 배럴온도가 높을수록 팽화율이 높았으며 삼종실이 첨가에 따라 팽화율이 낮아지는 것을 알 수 있었다. 이는 삼종실의 첨가에 따라 섬유질과 지방의 증가와 함께 전분이 감소하여 팽화율이 감소한 것으로 판단되었다.

Padmanabhan & Bhattacharya(1989)는 수분함량과 온도는 압출성형공정에서 중요한 요소로서 100°C이상에서는 물의 상 변화에 의해 호화된 전분을 포함한 반죽은 점탄성에 의해 급격하게 팽화한다고 하였으며 Ryu(1995)는 고수분 함량의 반죽에서는 탄성의 감소에 의해 기공이 파괴되어 비체적이 감소되는 경향이 있다고 하였다.

밀도는 수분함량이 높을수록 배럴온도가 낮을수록 낮아졌다. 즉 팽화율이 높아질수록 밀도는 낮아지는 역상관 관

Table 2. Physical properties of extruded defatted hemp at different extrusion condition

| Extrusion material ratio (hemp : rice) | Extrusion process variables | | Expansion index | Density (kg/m ³) | Breaking strength (N/m ²) | Elastic modulus (N/m ²) |
|--|-----------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| | Moisture content (%) | Barrel temperature (°C) | | | | |
| 0 : 100 | 20 | 130 | 3.15±0.03 | 216.22±23.07 | 8.62E+04 | 1.19E+07 |
| | 25 | 130 | 2.80±0.04 | 242.96±17.73 | 1.80E+05 | 3.24E+07 |
| 30 : 70 | 20 | 110 | 2.06±0.06 | 311.71±10.63 | 1.19E+05 | 7.44E+07 |
| | 20 | 130 | 2.15±0.05 | 274.95±6.28 | 9.37E+04 | 2.96E+07 |
| | 25 | 110 | 1.70±0.03 | 391.42±16.55 | 2.60E+05 | 1.93E+08 |
| | 25 | 130 | 2.09±0.05 | 291.59±9.93 | 1.12E+05 | 3.76E+07 |

계를 나타내었다. 이는 쌀가루의 수분함량과 입자크기를 달리하여 팽화율과 밀도를 측정하였을 때 팽화율과 밀도는 음의 상관관계를 나타냈다는 Ryu & Lee(1988)의 결과와 일치하였다.

파괴력과 겉보기 탄성계수는 팽화율, 밀도, 기공구조에 영향을 받으며 압출성형물의 품질을 결정하는 중요한 인자이다. 수분함량 20%, 배럴온도 130°C에서 삼종실이 첨가되지 않았을 때와 삼종실이 첨가 되었을 때 팽화율은 3.15, 2.15로 차이를 나타내었다. 그러나 파괴력은 수분함량 20%, 배럴온도 130°C에서 삼종실이 첨가되지 않았을 때와 삼종실이 첨가 되었을 때 각각 8.62E+04, 9.37E+04 N/m², 겉보기 탄성계수에서 1.19E+07, 2.96E+07 N/m²로 다른 압출성형 조건에 비해 상대적으로 낮은 값을 나타내었다.

이는 압출성형 비타민 C 매트릭스의 압출성형 공정변수에서 배럴온도의 증가와 수분함량의 감소에 따라 파괴력이 감소하는 Han et al.(2007)의 연구결과와 같은 경향을 나타내었다. Chinnawamy & Hanna(1999)는 팽화율이 증가하면 파괴력이 감소했으며 Bhattacharya et al.(1986)은 수분함량이 증가하면 밀도와 파괴력은 증가했다고 보고 하였다.

삼종실을 첨가하여 압출성형 하였을 때 수분함량 20%, 배럴온도 130°C의 압출성형 조건에서 팽화율이 높았으며, 밀도 및 파괴력과 탄성계수가 낮아 조직감이 우수하여 에너지바 제조에 가장 좋은 조건으로 판단되었다.

수분흡착지수와 수분용해지수

배럴온도와 수분함량이 수분흡착지수와 수분용해지수에 미치는 영향은 Figs. 4, 5와 같다. 삼종실이 첨가되지 않은 압출성형물의 수분흡착지수와 수분용해지수는 삼종실이 첨가된 압출성형물에 비해 높았으며 배럴온도가 130°C일 때 가장 높은 경향을 보였다. 원료의 수분함량이 20%에서 25%로 증가함에 따라 수분흡착지수는 증가했지만 수분용해지수는 낮아지는 경향을 나타내었다.

이는 비타민 C 매트릭스 압출성형물의 압출성형 공정변수에서 배럴온도를 80°C에서 110°C로 증가함에 따라 압출성형 비타민 C 매트릭스 내부의 수분용해지수와 수분흡착지수가 증가하는 경향을 보였으며 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 수분용해지수는 감소하고 수분흡착

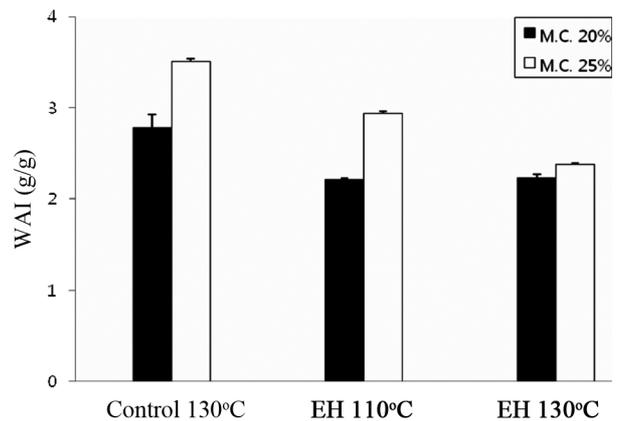


Fig. 4. Water absorption index of extrudate at different extrusion condition.

Control 130°C: extruded rice (100%) at a barrel temperature of 130°C; **EH 110°C:** extruded defatted hemp (30%) and rice (70%) mixture at a barrel temperature of 110°C; **EH 130°C:** extruded defatted hemp (30%) and rice (70%) mixture at a barrel temperature of 130°C

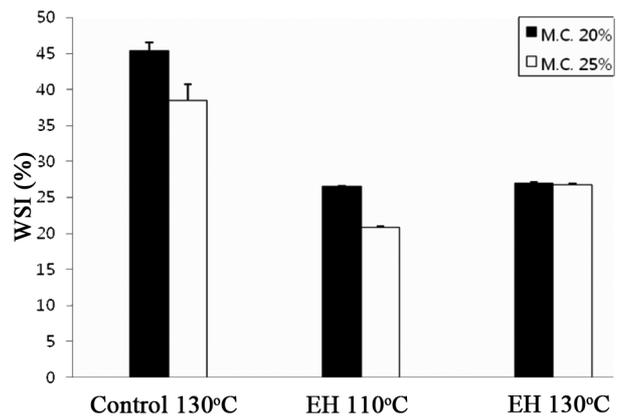


Fig. 5. Water solubility index of extrudate at different extrusion condition. Refer to Fig. 4.

지수는 증가하는 경향을 보였다는 Han et al.(2007)의 결과와 일치하였다. Chinnaswamy & Hanna(1999)는 압출성형 공정 후 옥수수전분은 아밀로펙틴이 아밀로오스보다 분획화가 증가하였으며 Jackson et al.(1990)은 옥수수전분의 압출성형에 의해 용출되는 아밀로오스 함량이 증가하여 수분

Table 3. Paste viscosity of extruded defatted hemp at different extrusion condition

| Extrusion material ratio (hemp : rice) | Extrusion process variables | | Paste viscosity (cp) | | | | | |
|---|-----------------------------|-------------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Moisture content (%) | Barrel temperature (°C) | PV ¹⁾ | TV ²⁾ | BV ³⁾ | FV ⁴⁾ | SV ⁵⁾ | PT ⁶⁾ |
| 0 : 100 | 20 | 130 | 120 | 24 | 96 | 47 | 23 | 2.42±0.10 |
| | 25 | 130 | 154 | 23 | 131 | 75 | 52 | 2.82±0.33 |
| 30 : 70 | 20 | 110 | 24 | 10 | 14 | 14 | 4 | 7.80±0.47 |
| | 20 | 130 | 16 | 10 | 6 | 13 | 3 | 4.23±0.24 |
| | 25 | 110 | 33 | 26 | 7 | 33 | 7 | 6.53±0.19 |
| | 25 | 130 | 36 | 24 | 12 | 24 | 0 | 7.20±0.19 |
| | 25 | 130 | 36 | 24 | 12 | 24 | 0 | 7.20±0.19 |

¹⁾Peak viscosity; ²⁾Trough viscosity; ³⁾Breakdown viscosity; ⁴⁾Final viscosity; ⁵⁾Setback viscosity; ⁶⁾Peak time (min)

용해지수가 증가한다고 하였다.

본 실험에서 삼중실이 첨가 된 압출성형물은 삼중실이 첨가되지 않은 압출성형물에 비해 수분흡착지수와 수분용해지수가 낮은 경향을 나타내었다. 이는 삼중실의 함량 증가에 따라 전분의 함량이 감소하는 동시에 섬유질, 지방의 함량이 증가하여 내부반죽의 비기계적 에너지 감소와 점도 감소로 인해 압출성형기 내부에서의 체류시간이 짧아져 충밀림, 압력의 영향 감소에 의한 것으로 사료된다.

페이스트 점도

신속점도측정기로 측정한 삼중실 압출성형물의 페이스트 점도는 Table 3과 같다. 최고점도, 구조파괴점도, 최종점도는 삼중실 첨가되지 않은 압출성형물이 높았으며, 수분함량이 25%일 때 최고점도, 구조파괴점도, 최종점도, 회복점도가 높은 경향을 나타내었다.

수분함량에 증가에 따라 현미의 최고점도와 구조파괴점도가 증가하였다는 Jin et al.(2005)의 연구결과와 일치하였으며 Ryu(2002)은 옥수수전분 압출성형물에서 수분함량의 증가에 따른 압출성형물의 호화가 최고점도의 증가와 함께 구조파괴점도를 증가시킨다고 하였다.

삼중실을 첨가하지 않은 압출성형물의 경우 저온최고점도가 나타났는데 Jin et al.(2007)은 일반적으로 곡류 압출성형물의 페이스트 점도 곡선에서는 50°C 이하에서 최고점도가 나타나는데 이는 압출성형공정으로 인하여 곡류전분이 호화가 일어나 낮은 온도(25°C)에서도 물을 흡수하여 점도가 상승하여 나타나며 저온최고점도는 2-4 min 사이에 나타난다고 하였다.

삼중실이 첨가 된 압출성형물의 경우 최고점도, 최저점도, 구조파괴점도, 최종점도, 회복점도 값이 낮게 나타났는데 이는 삼중실이 첨가 됨에 따라 섬유질, 단백질, 지방의 함량이 증가하는 반면에 쌀가루의 함량 이 감소하여 이에 따른 전분의 감소에 의한 결과라고 판단되며 호화가 충분히 일어난 것으로 사료된다.

DPPH에 의한 전자공여능

안정한 라디칼인 DPPH는 산화방지물질로부터 전자 또는 수소를 제공 받으면 비라디칼로 전환되면서 흡광도가

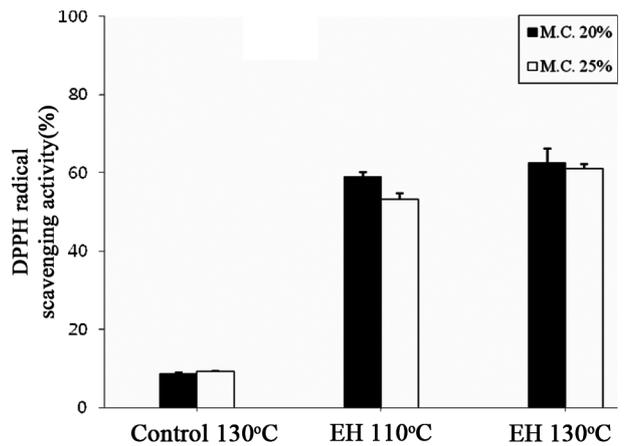


Fig. 6. DPPH radical scavenging activity of extrudate at different extrusion condition. Refer to Fig. 4.

변화하는 원리를 이용하여 천연물의 수용성 혹은 유기용매 추출물의 항산화 활성에 널리 사용되는 항산화 측정법이다 (Lee et al., 2007). 삼중실 압출성형물의 배럴온도와 수분함량에 따른 DPPH에 의한 전자공여능 측정 결과는 Fig. 6과 같다.

수분함량이 감소하고 배럴온도가 높을수록 DPPH에 의한 전자공여능이 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 배럴 온도 110°C보다 고온인 140°C에서 압출성형한 백삼이 DPPH에 의한 전자공여능 측정 결과가 높았다는 Son & Ryu(2009)의 결과와 유사하였다. 또한 삼중실이 첨가 되지 않았을 때 수분함량 20%, 25%에서 8.69%, 9.19%로 삼중실이 첨가 되었을 때와 비교하여 낮은 경향을 나타내었고 삼중실이 첨가 되었을 때 수분함량이 20%, 배럴온도가 130°C에서 62.57%로 가장 높게 나타나 항산화활성이 가장 우수한 것으로 판단되었다.

에너지바의 품질특성

에너지바를 제조한 후 상온에서 30일 동안 보관한 뒤 수분, 색도를 측정하였다. 지질의 산화는 온도가 높고 수분함량이 많아질수록 유리라디칼의 형성이 촉진되어 산화진행 속도가 촉진된다고 알려져 있다(Chae, 2005). 또한 수분함량은 미생물의 생육과 관련이 있기 때문에 식품의 품

Table 4. Change in color value and moisture content of energy bar with extruded defatted hemp

| Extrusion material ratio (hemp : rice) | Extrusion process variables | | Period | Moisture Content (%) | Color value | | |
|---|-----------------------------|-------------------------|---------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Moisture content (%) | Barrel temperature (°C) | | | L ¹⁾ | a ²⁾ | b ³⁾ |
| 0 : 100 | 20 | 130 | Initial | 8.59 | 39.65 | 6.63 | 24.26 |
| | | | 30 days | 9.19 | 41.89 | 6.41 | 23.21 |
| | 25 | 130 | Initial | 9.08 | 42.05 | 8.56 | 27.11 |
| | | | 30 days | 9.93 | 42.51 | 7.34 | 24.76 |
| 30 : 70 | 20 | 110 | Initial | 10.12 | 39.83 | 3.54 | 22.73 |
| | | | 30 days | 11.25 | 39.33 | 5.23 | 18.97 |
| | 20 | 130 | Initial | 9.84 | 38.39 | 3.74 | 20.60 |
| | | | 30 days | 10.97 | 34.30 | 3.90 | 18.37 |
| | 25 | 110 | Initial | 9.80 | 37.22 | 4.86 | 19.58 |
| | | | 30 days | 10.86 | 39.33 | 5.23 | 18.97 |
| | 25 | 130 | Initial | 9.29 | 38.60 | 3.29 | 19.96 |
| | | | 30 days | 10.20 | 34.34 | 3.45 | 17.97 |

¹⁾Lightness
²⁾Redness
³⁾Yellowness

질 및 저장에 있어서 중요한 요소이다. Table 4는 에너지바의 수분함량과 색도를 측정된 결과로 제조 직후 수분함량이 8.59-10.12%에서 30일 후 9.19-11.25%로 0.60-1.13% 상승하였다.

Rhee et al.(1999)는 식품의 색에 대한 기호성은 일반적으로 습관적인 것으로 알려져 있으며 식품의 외관은 품질 평가에 큰 비중을 갖기 때문에 식품의 색은 민감한 기호를 갖는다고 하였다. 삼종실이 첨가된 압출성형물 에너지바의 색도는 첨가되지 않은 에너지바에 비해 백색도, 적색도, 황색도가 낮았으며 이는 원료인 탈지 삼종실의 색 때문인 것으로 사료된다. 삼종실이 첨가된 압출성형물이 함유된 에너지바는 30일 후 백색도와 황색도는 감소하는 경향, 적색도는 증가하는 경향을 보였다. 반면 삼종실이 첨가되지 않은 압출성형물은 30일 후 백색도는 증가하였으며 적색도와 황색도는 감소하였다.

탈지 삼종실 압출성형물 에너지바의 관능검사는 색, 향, 조직감, 단맛, 전체적인 기호도로 나타내었으며 결과는 Table 5와 같다. 삼종실을 첨가한 에너지바는 삼종실을 첨가하지 않은 에너지바에 비하여 조직감과 전체기호도가 높았으며 단맛은 삼종실이 첨가되지 않은 에너지바가 더 높게

평가되었다. 이는 삼종실에서 표피부분의 맛이 강하여 전체적으로 낮게 평가된 것으로 사료된다. 전체적인 기호도에서 수분함량 20%, 배럴온도 130°C의 압출성형 조건에서 삼종실을 30% 첨가한 에너지바가 가장 좋게 평가되었다.

요 약

압출성형의 이점을 활용하여 영양적으로 단백질과 식이 섬유가 풍부하며 조직감과 향산화 활성이 우수한 에너지바를 제조하기 위해서 탈지 삼종실 압출성형물의 팽화율, 밀도, 파괴력, 겔보기탄성계수, 수분흡착지수와 수분용해지수, 페이스트 점도를 측정하였다. 또한 압출성형물의 항산화활성을 측정하기 위해 DPPH에 의한 전자공여능을 측정하여 비교 분석하였다. 탈지 삼종실 에너지바 제조 후 품질특성 조사를 위해 수분함량, 색도, 관능검사를 측정하였다. 압출성형 공정변수는 수분함량(20, 25%), 배럴온도(110, 130°C)이었으며 수분함량 20%, 배럴온도 130°C에서 팽화율이 가장 높았으며 밀도, 파괴력, 탄성계수가 낮았다. 수분함량이 증가할수록 수분흡착지수가 증가하였으며 수분용해지수는 배럴온도 130°C에서 높은 경향을 나타내었다. 압출성형 탈

Table 5. Sensory quality for extruded defatted hemp energy bar

| Extrusion material ratio (hemp : rice) | Extrusion process variables | | Color | Flavor | Texture | Sweetness | Overall acceptance |
|---|-----------------------------|-------------------------|-------|--------|---------|-----------|--------------------|
| | Moisture content (%) | Barrel temperature (°C) | | | | | |
| 0 : 100 | 20 | 130 | 6.33 | 6.22 | 5.11 | 6.56 | 5.89 |
| | 25 | 130 | 6.78 | 5.89 | 5.89 | 6.89 | 6.56 |
| 30 : 70 | 20 | 110 | 6.56 | 6.44 | 5.44 | 6.11 | 6.89 |
| | 20 | 130 | 6.56 | 6.00 | 6.67 | 6.67 | 7.11 |
| | 25 | 110 | 5.44 | 6.11 | 5.11 | 6.00 | 6.11 |
| | 25 | 130 | 6.22 | 6.11 | 6.89 | 6.33 | 6.56 |

지 삼중실은 페이스트 점도 값이 낮게 나타났으며 DPPH에 의한 전자공여능 값은 수분함량 20%, 배럴온도 130°C에서 항산화활성이 높게 나타났다. 탈지 삼중실 에너지바 제조 30일 후에 수분함량은 0.60-1.13% 상승하였으며 백색도와 황색도는 감소, 적색도는 증가하는 경향을 보였다. 관능평가 결과 압출성형 변수가 수분함량 20%, 배럴온도 130°C이며 탈지 삼중실이 첨가된 에너지바가 가장 좋게 평가되었다.

결론적으로 압출성형을 이용하여 삼중실을 첨가한 에너지바를 제조할 수 있었으며 중간소재인 압출성형물의 공정 변수는 수분함량 20%, 배럴온도 130°C에서 가장 좋은 조건으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비지원(2009년)에 의해 수행된 과제의 일부로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- AACC. 1983. Approved Method of the AACC (10th ed). Method 56-20. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA.
- Bhattacharya M, Hanna MA, Kaufman RE. 1986. Textural properties of extruded plant protein blends. *J. Food Sci.* 51: 988-993.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28: 25-30.
- Callaway JC. 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. *Euphytica.* 140: 65-72.
- Chae SK. 2005. Prooxidants. In: *Food Chemistry*. Kim SH (ed). Hyoil, Korea, pp. 158-162.
- Chifnswamy R, Hanna MA. 1999. Macromolecular and functional properties of native and extrusion cooked cornstarch. *Cereal Chem.* 6: 490-498.
- Cho YJ, Kim CT, Kim CJ, Hwang JK. 1999. Modeling of extrusion for pectin extraction from apple pomace. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1011-1016.
- Han GS, Lee SM, Shin SJ. 2009. Densified pellet fuel using woody core of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) as an agricultural waste. *Korean J. Plant Res.* 22: 293-298.
- Han JY, Kim MH, Jin T, Kim SJ, Kim MH, Ryu GH. 2007. Change in characteristics of extruded vitamin C cornstarch matrix by moisture content and barrel temperature. *Food Eng. Progr.* 11: 253-260.
- Haper JM. 1989. Food extruders and their application. In: *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM (eds). AACC, Inc., St. Paul, MN, USA, pp. 91-155.
- Hwang JK, Kim CT, Hong SI, Kim CJ. 1994. Solubilization of plant cell walls by extrusion. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 23: 358-370.
- Jackson DS, Gomez MH, Waniska RD, Roonet LW. 1990. Effects of single-screw extrusion cooking on starch as measured by aqueous high-performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem.* 67: 529-535.
- Jin T, Lee ES, Hong ST, Ryu GH. 2007. Manufacturing of goami flakes by using extrusion process. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 146-151.
- Jin T, Park HY, Ryu GH. 2005. Characteristics of cereals prepared by extrusion-cooking and freeze-drying. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 757-762.
- Kim JH, Ryu GH. 2001. Effects of extrusion process parameters on puffing of extruded pellets. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 55-59.
- Koh DH. 1990. A study on the composition of fatty acids of hempseed. *Korean J. Food Nutr.* 3: 201-206.
- Launay B, Lisch JM. 1993. Twin-screw extrusion cooking of starches: Flow behavior of starch pastes, expansion and mechanical properties of extrudates. *J. Food Eng.* 2: 159-180.
- Lee JM, Chang PS, Lee JH. 2007. Comparison of oxidative stability for the thermally-oxidized vegetable oils using a DPPH method. *Korean J. Food. Sci. Technol.* 39: 133-137.
- Moon YH, Song YS, Jeong BC, Bang JK. 2006. Variation of cannabinoids content in hemp (*Cannabis sativa* L.) produced with mixed seeds of drug and non-drug type varieties. *Korean J. Crop Sci.* 51: 187-190.
- Moon YH. 2008. Review for legislation of industrial hemp regulation: The proposal to legislate industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) and their research review and regulations in Korea. *Korean J. Int. Agri.* 20: 203-210.
- Padmanabhan M, Bhattacharya M. 1989. Extrudate expansion during extrusion cooking of foods. *Cereal Foods World* 34: 945-949.
- Rhee SK, Lee KB, Son JY. 1999. Prediction of shelf-life and quality changes of dried noodle during storage period. *Korean J. Soc. Food Sci.* 15: 127-132.
- Ryu GC. 2002. Effect of melt moisture and post-extrusion variables on pasting and thermal properties of corn starch extrudates. MS thesis, Kongju National University, Yesan, Korea.
- Ryu GH. 1995. Extrusion process with gas injection. *Food Sci. Ind.* 28: 30-38.
- Ryu GH, Lee CH. 1988. Effects of moisture content and particle size of rice flour on the physical properties of the extrudate. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 463-469.
- Ryu GH, Neumann PE, Walker CE. 1993. Pasting of wheat flour extrudates containing conventional baking ingredients. *J. Food. Sci.* 58: 567-573.
- Ryu GH, Ng PKW. 2001. Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch-Starke* 53: 147-154.
- Son HJ, Ryu GH. 2009. Chemical compositions and antioxidant activity of extract form a extruded white ginseng. *J Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 946-950.