

未利用資源の活用による食品素材の開発に関する研究

－レンコン粉末摂取が肥満・糖尿病モデルマウスの脂質代謝に及ぼす影響－

食品工業部

鶴田裕美 柘植圭介 吉村臣史

小金丸和義

佐賀大学農学部生命機能科学科

柳田晃良 永尾晃治

現在、佐賀県内では農産物などにおいて規格外品が多量に廃棄されており、その処理が問題となっている。未利用農産物を新たな機能性食品素材として有効利用する目的の一環として、本報告では県内産レンコンの機能性について検討した。レンコン粉末を肥満モデルマウスに摂食させ、脂質代謝に及ぼす影響を調べた。その結果、レンコン粉末添加食群で顕著な肝臓重量および肝臓トリグリセリド濃度の低下が認められた。したがって、レンコン粉末の摂取は、過食・肥満によって生じる肝臓への中性脂肪蓄積を低減し、脂質代謝を改善する機能性食品素材として有効である可能性が示唆された。

1. はじめに

佐賀県は、レンコンの生産量が多い地域であり、白石平野を中心に県内で約300haの作付けがなされている。一方、収穫時期の終盤に収穫されたレンコンは、通常よりも味が劣るため、出荷できないものは、圃場の外に廃棄放置されるなど腐敗臭が問題となっている。また、消費者が見た目の良い商品を好む傾向にあることから、形の良くない農産物は、出荷調整時に規格外品として廃棄処分されていることも問題となっている。しかし、野菜や果物の多くは、ポリフェノールなどの機能性成分を多く含むことが知られており、最近の疫学調査においても野菜、果物の摂取量が多いほどガンやメタボリックシンドロームの発症リスクが低下することが報告されている¹⁾。したがって、規格外の農産物など未利用な資源を機能性食品素材として有効活用することに期待が寄せられている。我々は、これまでの研究において、レンコン可食部の粗抽出物が抗酸化活性および膵リパーゼ阻害活性を有することを*in vitro*系で確認している²⁾。そこで、本研究では、レンコンの機能性を更に検討する目的として、肥満・糖尿病モデル動物におけるレンコン粉末の脂質代謝に及ぼす影響を調べた。

2. 実験方法

2.1 レンコン乾燥粉末の調製

レンコンは、佐賀県農業試験研究センター白石分場で栽培・収穫された品種「さが白祥」を用いた。水洗

したレンコンを真空凍結乾燥後、粉碎し、栄養成分分析を行なった。その結果を表1に示す。

2.2 摂食試験

実験動物として、食欲抑制ホルモン受容体の変異によって過食を生じ、肥満・糖尿病を発症する db/db マウスを用いた。5週齢 db/db 雄マウスを対照群(Control)、レンコン乾燥粉末(Lotus root powder)5%添加群(Lotus)の2群に分けた。AIN-76 組成に準じて、各群の食餌エネルギーが等しくなるように調整した食餌を3週間摂食させた。表2に食餌組成を示す。

2.3 分析方法

摂食期間終了後、9時間絶食させ、エーテル麻酔下で心臓採血し、常法により血清を分離した。肝臓および脂肪組織（睾丸周辺脂肪組織、腎周辺脂肪組織および腸管膜脂肪組織）を摘出後、重量を測定した。血清トリグリセリドおよびコレステロール濃度は、酵素法

表1 レンコン乾燥粉末の栄養成分

Nutritional ingredients	(%)
Protein	9.8
Fat	0.4
Carbohydrate	65.4
Fiber	14.5
Ash	5.8
Water	4.1

を用いて測定した。肝臓脂質は、Folchらの方法³⁾を用いて抽出した。肝臓トリグリセリド濃度はFletcherの方法⁴⁾、肝臓コレステロール濃度は酵素法、肝臓リン脂質濃度はBartlettら⁵⁾の方法で測定した。

2.4 統計処理

実験結果は、Student t-test を用いて統計処理を行なった。

3. 結果および考察

3.1 体重、摂食量および食餌効率

表3に体重および摂食量の結果を示す。試験期間中の摂食量は、両群で有意な差はなかった。レンコン粉末を添加した Lotus 群の体重は、Control 群に比べて、わずかに低下傾向を示したものの、有意な差は認められなかった。食餌効率については、有意ではないものの Lotus 群で低値を示した。

表2 食餌組成 (%)

Ingredients	Control	Lotus
Casein	20.0	19.51
Cornstarch	15.0	11.73
Cellulose	5.0	4.27
Mineral mixture*	3.5	3.5
Vitamin mixture*	1.0	1.0
DL-methionine	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2
Corn oil	5.0	5.0
Lotus root powder	—	5.0
Sucrose	50.0	49.49

*AIN-76

表3 体重、摂食量および摂食効率

	Control	Lotus
Initial body weight (g)	27.2±0.5	27.2±0.4
Final body weight (g)	35.9±0.7	32.7±1.5
Body weight gain (g)	8.72±0.72	5.45±1.34
Food intake (g/3 weeks)	110±3	110±1
Food efficiency (g gain/g intake)	0.0795 ±0.0068	0.0496 ±0.0122

Values are expressed as mean±SE (n=6).

3.2 肝臓および脂肪組織重量

表4に肝臓および脂肪組織重量の結果を示す。肝臓重量は、Control 群に比べて、Lotus 群で有意に低値を示した。また、Control 群の肝臓は、白っぽく肥大化していることが観察されたが、Lotus 群の肝臓は、ほぼ正常な肝臓に近い赤みを帯びていることが確認された。レンコン粉末摂取によって、肝臓の肥大化が抑制されることが示唆された。また、脂肪組織重量は、両群で有意な差は認められなかった。

3.3 肝臓脂質濃度

表5に肝臓脂質濃度を測定した結果を示す。Control 群のトリグリセリド濃度は、著しい高値を示し、脂肪肝を発症していることが確認された。Lotus 群のトリグリセリド濃度は、Control 群に比べて有意に約60%低値を示し、肝臓への中性脂肪蓄積を改善していることが認められた。コレステロール濃度は、両群で有意な差は認められなかった。また、リン脂質濃度は、Control 群に比べて Lotus 群で有意な増加が認められた。

3.4 血清脂質濃度

表6に血清脂質濃度を測定した結果を示す。トリグリセリド濃度は、Control 群に比べ、Lotus 群で有意に増加していることが認められた。しかし、いずれの群もトリグリセリド濃度は、正常な範囲であり、高脂血症を発症していなかった。Lotus 群のコレステロール濃度は、Control 群に比べて、有意ではないが低下傾向を示した。

4. おわりに

近年、日本人の3大死亡原因とされるガン・心臓病・脳卒中のうち、心臓病と脳卒中は、肥満や脂質代謝異常が引き金であると言われている。また、2005年にはメタボリックシンドロームの診断基準も設定され、抗

表4 肝臓および脂肪組織重量

	Control	Lotus
	(g/100g body weight)	
Liver weight	8.28±0.24	6.22±0.31*
White adipose tissue		
Total	9.82±0.22	9.71±0.16
Epididymal	4.51±0.16	4.66±0.16
Perirenal	1.81±0.12	1.68±0.13
Omental	3.51±0.12	3.38±0.14

Values are expressed as mean±SE (n=6). Asterisk shows significant differences at $p<0.05$.

表5 肝臓脂質濃度

	Control	Lotus
	(mg/g liver)	
Triglyceride	288±28	104±32 [*]
Cholesterol	2.37±0.14	2.93±0.27
Phospholipid	18.3±0.7	22.2±1.0 [*]

Values are expressed as mean±SE (n=6). Asterisk shows significant differences at $p<0.05$.

表6 血清脂質濃度

	Control	Lotus
	(mg/dL)	
Triglyceride	36.2±3.9	66.0±9.8 [*]
Cholesterol	236±17	218±16

Values are expressed as mean±SE (n=6). Asterisk shows significant differences at $p<0.05$.

肥満効果を示す機能性成分の研究が盛んに行なわれている。レンコンは、古くから日本人の食生活に欠かせない食材である。これまでの食経験を考慮すれば、レンコン可食部を用いた機能性食品の開発は、安全な商品を提供できる可能性が高いと考えられる。今回、レンコン可食部の乾燥粉末が肥満モデル動物の脂質代謝に及ぼす影響を検討し、肝臓への中性脂肪蓄積を低減

する効果が認められた。その低下メカニズムおよび関与成分の解明は今後の検討課題である。

最後に、本研究にあたり試料提供および御助言を賜りました佐賀県農業試験研究センター白石分場に深謝致します。また、動物実験を行なうにあたり、御協力頂きました佐賀大学農学部食品栄養化学研究室の野村沙織氏、城内文吾氏に感謝致します。

参考文献

- 1) Baxter AJ., Coyne, T., McClintock, C.: Dietary patterns and metabolic syndrome- a review of epidemiologic evidence. *Asia Pac. J. Clin. Nutr.*, **15** (2), 134-142 (2006)
- 2) 鶴田裕美, 柘植圭介, 吉村臣史, 江口良寿, 小金丸和義: 佐賀県工業技術センター研究報告書, 15, 36-38 (2006)
- 3) Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G. H.: A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509 (1957)
- 4) Fletcher, M. J. : A colorimetric assay methods for estimating serum triglyceride. *Clin. Chim. Acta*, **22**, 393-397 (1968)
- 5) Bartlett, G. R. : Colorimetric assay methods for free and phosphorylated glyceric acids. *J. Biol. Chem.* **234**, 469-471 (1959)