

タイ、米国および中国産糯米の理化学的性質と加工適性

—糯米の加工適性に関する研究 (第2報)—

Physicochemical Properties and Suitability for Processing of Glutinous Rice Samples from Thailand, America and China
Study on Suitability for Processing of Glutinous Rice, Part II深井 洋一* 松澤 恒友*
(Yohichi Fukai) (Tsunetomo Matsuzawa)

The suitability for processing of glutinous rice samples imported from Thailand, U. S. A. and China was evaluated against Mochihikari as the control, This being the main variety of glutinous rice produced in Nagano Prefecture.

The following five parameters reported in the previous paper were used to evaluate the suitability for processing: the hardness of mochi dough, colour tone (L·a·b), protein content, gelatinization temperature, and the temperature for maximum viscosity two additional parameters related to the paste property, i. e., the total free sugar content and the total free amino acid content were also measured. A score was calculated by summing these seven values and visualized on a radar chart. The glutinous rice from U. S. A. showed the most similar properties to those of Mochihikari, with the rice from China next. The glutinous rice from Thailand had very different properties.

キーワード: 糯米 glutinous rice; 外国産 production of foreign countries; 理化学的性質 physico-chemical properties; 加工適性 processing suitability

外国産米は近年ではミニマムアクセスにより、毎年一定量が輸入され国内で流通されており、外国産米については梗系統を中心に古くから多くの報告¹⁻¹³⁾がある。著者らもタイおよびフィリピン産で収集した7試料について、理化学的性質¹⁴⁾および糊化特性¹⁵⁾をそれぞれ報告した。一方、糯米については前報¹⁶⁾で、長野県および県外産の品種14試料を供試して、餅加工に関わる理化学的性質の測定を行い、加工適性を明らかにした。しかし外国産の糯米の品質および加工適性に関しては、報告が少なく⁶⁾、十分に検討されていない。本報ではタイ、米国および中国産の糯米を試料とし、長野県の糯米主力品種であるもちひかりを対照に用いて、前報と同様に理化学的性質と加工適性を評価するとともに、旨み成分である遊離糖および遊離アミノ酸の組成と含量を検討項目に加えたので報告する。

試料および方法

1. 試料および調製

1998年に国内で流通されたタイ、米国および中国産糯米と対照に長野県産もちひかりを供試した。タイおよび中国産は精米、米国産およびもちひかりは玄米で提供された。

前報と同様に、玄米の搗精は山本タテ型精米機(摩擦式: ライスパル VP-31, (株)山本製作所)を用いて、搗精歩留りを90%に調製した。また、精米粉はサイクロンサンプルミル(UDY社製, 静岡精機(株)), 澱粉はアルカリ法(水酸化ナトリウム, 0.25%)により、それぞれ前報と同様に調製した。

2. 理化学的測定

下記の(1)~(8)までの8項目の理化学的測定を行った。1試料当たりの測定回数は(5)は3回, その他の項目は2回行い, 平均値で示した。

* 社団法人長野県農村工業研究所
(Agricultural Technology Institute of Nagano Farmers' Federation)

(1) 水分含量

前報と同様に、玄米および精米は単粒水分計(CTR-800 A, 静岡精機(株))を用いた。餅生地(5°Cで24時間硬化)については135°C, 3時間法で測定した。

(2) タンパク質含量

前報と同様に、精米粉をセミ・マイクロ改良ケルダール法により測定し、窒素・タンパク質換算係数は5.95を用いた。

(3) 色調

前報と同様に、玄米、精米および餅生地について色差計(TC-1500 MC, 東京電色(株))を用いてLabを測定した。

(4) 遊離脂肪酸組成および含量

前報と同様に、精米粉の遊離脂肪酸を蛍光物質である9-アンスリルジアゾメタン(ADAM: 9-Anthryldiazomethane)と結合させ、高速液体クロマトグラフィー(HPLC)により同定定量を行うNimuraら¹⁷⁾の方法で行った。なお、ここでの総遊離脂肪酸含量は、パルミチン酸(16:0), ステアリン酸(18:0), オレイン酸(18:1), リノール酸(18:2), リノレン酸(18:3)の5種の遊離脂肪酸重量の合計を油脂当たりで求めた。

(5) 餅生地硬度

前報と同様に調製した餅生地を、レオメーターを用いて、測定値(kg・W)を生地試料面積で割って応力(Pa)を求めた。

(6) 糊化特性

前報と同様に、精米粉についてラピッドビスコアナライザー(RVA-3 D, フォス・エレクトリック社)で測定した。また同様に25mlの 10^{-2} M 硫酸銅により、酵素活性を阻害した条件下でも測定を行った。

(7) 遊離糖組成および含量

試料調製を杉山ら¹⁸⁾の方法に準じて以下のとおりに行った。精米粉20gをソクスレーフラスコに採取し、80%エタノール60mlを加え振とう後、沸騰湯浴中で20分間還流抽出した。濾過(東洋濾紙No. 2)後、残渣について同様の操作を2回繰り返す、濾液を合わせて200mlにメスアップした。この抽出液100mlを10mlまで減圧濃縮し、0.45 μ m(東洋濾紙, DISMIC-25 CS)のシリンジ・フィルター・ユニットで濾過し、HPLCに供試した。HPLCは以下の条件で行った。液体クロマトグラフ: 島津LC-9 A, カラム: ULTRON PS-80p(8.0mm $\times$ 300mm), 溶離液: H₂O, 流量: 1.0ml/min, 検出器: 示差屈折器(島津RID-6 A), カラム温度: 80°C, チャート速度: 2.5 mm/min, 注入

量: 10 μ l, 感度: ATT 8で行った。なおデータ処理は島津クロマトパックC-R 4 Aを用い、ピーク面積より求めた。

(8) 遊離アミノ酸組成および含量

試料調製は(7)と同様に行い、HPLCに供試して以下の条件で行った。液体クロマトグラフ: 島津LC-6 AD, カラム: 島津Shim-pack AMINO-Na(4.0 ϕ $\times$ 50mm), 溶離液: クエン酸緩衝液(pHステップグラジェント), 流量: 0.5ml/min, カラム温度: 60°C, 検出器: 蛍光検出器(島津RF-550), 検出波長: EX 360 nm EM 440 nm, 注入量: 10 μ l, 感度: ATT 7で行った。データ処理は(7)と同様に行った。

3. 餅加工適性の検討

有意差検定は外国産糯米試料について対照のもちひかりとの差をt検定で行った。また、餅の加工適性に関わり深い理化学的測定値をZスコア化して、レーダーチャートで視覚化し検討した。

結果および考察

1. 試料米の理化学的性質

(1) 水分含量, タンパク質含量, 色調

外国産糯米の水分含量は、精米では12.1~14.1%, 調製した餅生地は43.9~45.2%の範囲であった(米国産の玄米水分は14.2%)。なお、長野県産のもちひかりは、玄米、精米および餅生地それぞれ12.6%, 11.6%および42.7%であった。

外国産糯米のタンパク質含量は7.20~7.57%の範囲であり、もちひかり(8.20%)と比べて外国産の3試料は有意に低かった($p < 0.01$), (Fig. 1)。これは前報で明らかにした加工適性が高い要因の一つである、タンパク質含量が低い特性を外国産米は備えていることを示している。

色調は前報と同様に、精米・餅生地の明度(L値)の2者間に有意($r = 0.706$, $p < 0.01$)な相関相関が認め

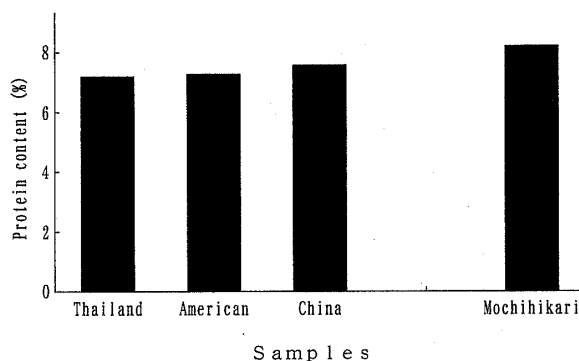


Fig. 1. Protein content of glutinous rice.

タイ、米国および中国産糯米の理化学的性質と加工適性

られた。精米および餅生地の明度はいずれの外国産糯米も、もちひかりより高い数値を示したが有意な差は認められず、前報同様に a 値および b 値でも一定の傾向は認められなかった ($p>0.05$)。生地の白さに影響する因子とされる原料精米のタンパク質含量¹⁹⁾と精米明度および生地明度との間にそれぞれ有意な相関を認めた (タンパク質含量・精米明度: $r=0.841$, $p<0.01$, タンパク質含量・生地明度: $r=0.676$, $p<0.01$)。いずれも前報の国産の糯米では有意差を認めなかったが、外国産糯米を供試した本試験では餅生地の白さにタンパク質含量の影響が示唆された。

(2) 遊離脂肪酸組成および含量

外国産糯米の遊離脂肪酸含量は $1.17\sim 3.07\text{g}/100\text{g}$ の範囲であり、もちひかり ($1.05\text{g}/100\text{g}$) と比べてタイ産 ($3.07\text{g}/100\text{g}$) は総遊離脂肪酸含量および各遊離脂肪酸含量のすべてにおいて有意に高かった ($p<0.05$) (Fig. 2)。中国産 ($2.34\text{g}/100\text{g}$) はリノレン酸、リノール酸およびステアリン酸で有意に高かった ($p<0.05$)。脂質の加水分解による遊離脂肪酸の増加がタイ産および中国産は進行しているものと推察されたが、これは試料の提供されるまでの保管状態の他、提供状態の差異、すなわち米国産ともちひかりが玄米であったのに対して、タイ産および中国産が精米で提供されたことにも起因しているものと推察された。

(3) 餅生地硬度

外国産糯米の餅生地硬度は $5.6\sim 9.2\text{Pa}$ の範囲であり、もちひかり (9.3Pa) と比べてタイ産 (5.6Pa) は有意に低かった ($p<0.05$) (Fig. 3)。前報で述べたように、糯米の餅加工適性の中で最も重視されるのが餅生地の硬化性であることから、タイ産は不向きな傾向

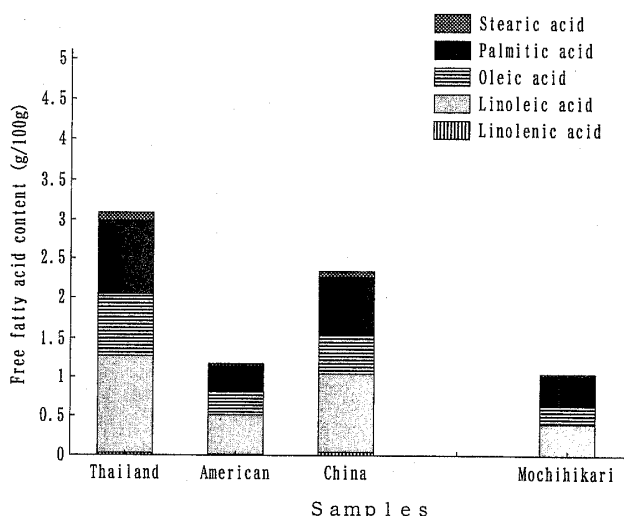


Fig. 2. Free fatty acid content of glutinous rice.

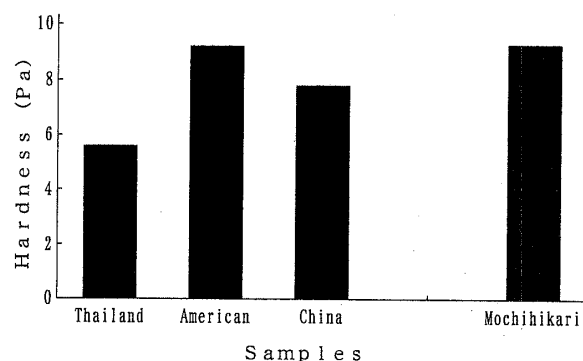


Fig. 3. Hardness of Mochi dough.

にあると思われた。

(4) 糊化特性

外国産糯米の糊化特性は、糊化開始温度においては $70.0\sim 72.9^\circ\text{C}$ 、最高粘度温度は $85.6^\circ\text{C}\sim 88.6^\circ\text{C}$ のそれぞれ範囲であった。もちひかりはそれぞれ 72.7°C 、 88.6°C であり、米国産と近似する値であった。前報と同様に餅生地硬度と糊化開始温度 ($r=0.942$, $p<0.01$)、餅生地硬度と最高粘度温度 ($r=0.991$, $p<0.01$) の間に高い相関関係を認めた。

(5) 遊離糖組成および含量

定量はフラクトース、グルコースおよびシュクロースについて行い、ここでは3組成分の合計量を総遊離糖含量とした (Fig. 4)。外国産糯米の総遊離糖含量は、もちひかり ($115.4\text{mg}/100\text{g}$) と比べてタイ産 ($26.3\text{mg}/100\text{g}$) および中国産 ($41.9\text{mg}/100\text{g}$) は有意に低かった ($p<0.05$)。組成では、主要糖組成であるシュクロースがタイ産および中国産で有意に低かった ($p<0.05$)。またシュクロースは組成比率においても、もちひかり (92%) に米国産 (84%) が近似したのに対して、タイ産 (60%) および中国産 (68%) の比率が低かった。フラクトースは、米国産および中国産が有意に高かった ($p<0.05$)。総遊離糖含量は、加工特

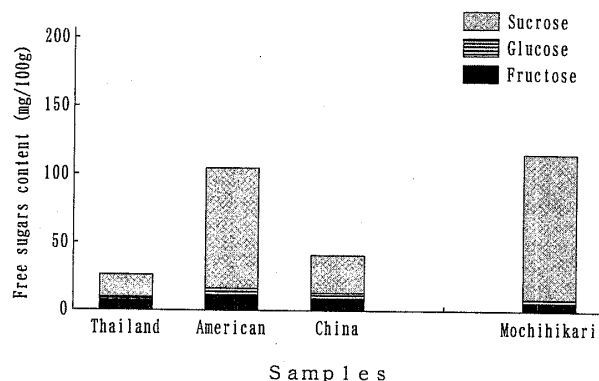


Fig. 4. Free sugars content of glutinous rice.

性の中で重要視される硬度との間に高い相関関係 ($r=0.915$, $p<0.01$) を認めた。

(6) 遊離アミノ酸組成および含量

17成分の定量を行った (Fig. 5)。外国産糯米の総遊離アミノ酸含量は有意差は認めないものの、米国産 (29.7mg/100g)、中国産 (13.8mg/100g)、タイ産 (8.3mg/100g) の順に高く、米国産は若干、もちひかり

(21.5mg/100g) を上回った。組成では、チロシンはタイ産および中国産が有意に低く ($p<0.05$)、ヒスチジンはタイ産、アルギニンは中国産がそれぞれ有意に高かった ($p<0.05$)。総遊離アミノ酸含量は硬度 ($r=0.881$, $p<0.01$) および総遊離糖酸含量 ($r=0.888$, $p<0.01$) との間に、それぞれ高い相関関係を認めた。

2. 餅加工適性の評価

前述したように餅生地硬度と総遊離糖含量および総遊離アミノ酸含量の間に、有意な相関関係を認めたことから、前報で見出した加工特性値5項目に、総遊離糖含量と総アミノ酸含量を加えた7項目のZスコア値をレーダーチャートに表し、目盛りの上・下限を-7~+7として、試料を実線、もちひかり (対照) を0として点線で示して対比させた (Fig. 6)。

前報同様にここで示した7項目のレーダーチャートはマイナス要因とされるタンパク質含量だけが小さく、プラス要因の6項目が大きい形を成す場合、餅加工適性の高い品種と推察している。この基準には米国産が該当した。すなわち米国産は、もちひかりと比べてタンパク質含量が低く、他の6項目 (餅生地硬度、生地明度、糊化特性の糊化開始温度および最高粘度温度、総遊離糖含量、総アミノ酸含量) がもちひかりと近似する特性を示した。次いで中国産が準じ、タイ産は著しく異なる傾向を示した。但し、ここでの検討は各国の試料数が1点であるため、それぞれの国の糯米の特性の精査には、多数点で検討する必要がある。なお、本試験で対照に用いている、もちひかりは前報において国産糯米7品種の中で、こがねもち (新潟県産)

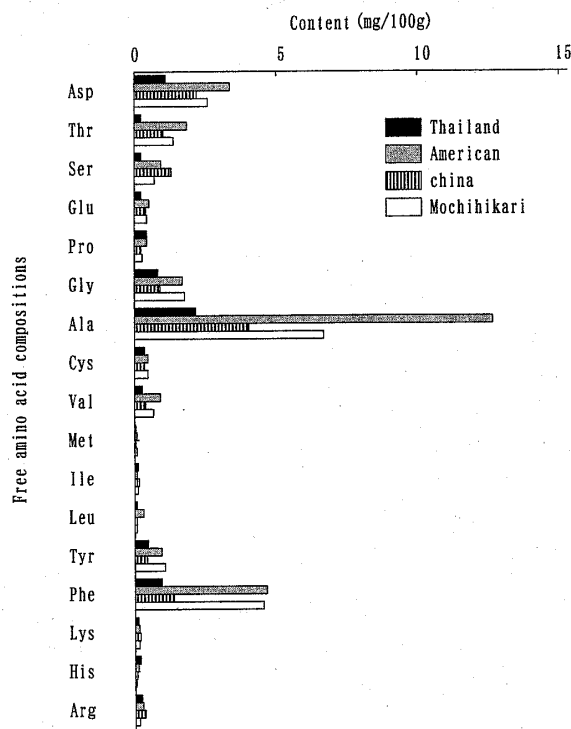


Fig. 5. Free amino acid compositions of glutinous rice.

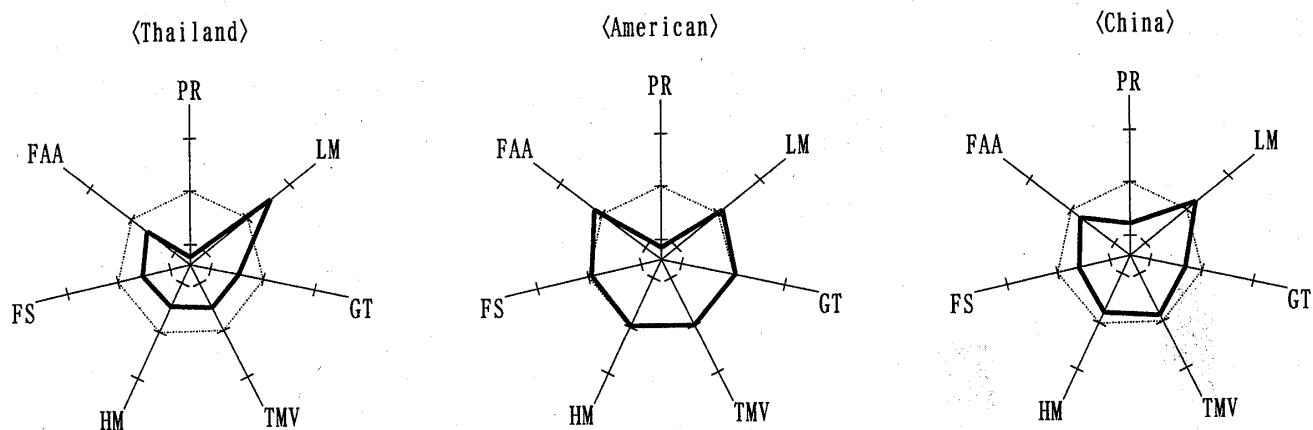


Fig. 6. Radar chart using seven processing characteristics of glutinous rice from three foreign countries.

HM, hardness of mochi dough; PR, protein content; LM, lightness of mochi dough; GT, gelatinization temperature; TMV, temperature of maximum viscosity; FS, free sugar content; FAA, free amino acid content.

In the scale of radar chart, the lower limit of Z-score was set at -7, and the upper limit at +7. Z-score (standardized score) was calculated from $(x-\bar{x})/\sigma_n$ using Mochihikari value ($\bar{x}$) and standardized deviation (σ_n) for each item (the Mochihikari value of Z-score was 0, and the standardized deviation was 1). —: Z-score value, ----: 0 value (the Mochihikari value).

タイ、米国および中国産糯米の理化学的性質と加工適性

に次ぐ餅加工適性の高い品種であることを認めている品種である。

前報でも言及したように、ここでの糯米の評価結果は、切り餅やあられ、おかきなどの餅製造工程を経る加工適性に着目した場合であり、すべての糯米加工品に適合するものではない。従って糯米の利用においては、その利用特性にあった原料（糯米）の選択が不可欠であると提案する。

要 約

長野県の糯米の主力品種である、もちひかりを対照に外国産もち米の加工特性を検討した。前報で見出した加工特性値5項目、すなわち餅生地硬度、生地明度、タンパク質含量、糊化特性の糊化開始温度および最高粘度温度に、餅生地硬度との間に相関関係を認めた総遊離糖および総遊離アミノ酸含量を加えた7項目の測定値をZスコア化し、レーダーチャートにより視覚化して加工特性を評価した。その結果、米国産がもちひかりに近似し、次いで中国産が準じて、タイ産は著しく異なる特性をそれぞれ示した。

本試験は、JA 長野経済連生産事業部米穀課からの要請を受けて取り組んだ課題であり、試料の提供などのご協力をいただいた関係者の皆様に謝意を表します。また、RVA の機器を借用させていただいた長野県農事試験場に御礼申し上げます。

文 献

- 1) R. R. Little, G. B. Hilder and E. H. Dawson: *Cereal*

Chem., **35**, 111 (1958).

- 2) 広畑龍造, 陳洪栄: 栄食誌, **12**, 196 (1959).
- 3) 竹生新治郎, 岩崎哲也, 谷達雄: 栄食誌, **13**, 137 (1960).
- 4) 岡崎正一, 沖佳子: 農化, **35**, 194 (1961).
- 5) 農林水産省食糧研究所: 米の品質と貯蔵・利用, (食糧研究刊行会, 東京), p. 47 (1969).
- 6) 柳瀬肇, 遠藤勲, 竹生新治郎: 食総研報, **40**, 1 (1982).
- 7) Taira, H. and Chang, W. -L.: *J. Agric. Food Chem.*, **34**, 54 (1986).
- 8) 平宏和, 季秉英: 日食工誌 **35**, 23 (1988).
- 9) Taira, H., Nakagahra, M. and Nagamine, T.: *J. Agric. Food Chem.*, **36**, 45 (1988).
- 10) 辻昭二郎, 中谷文子: 日食工誌 **37**, 524 (1990).
- 11) 大坪研一, 豊島英親, 岡留博司, 内藤成弘, 小川紀男, 石塚幸代, 押川純二: 日本食品工業学会講演要旨集, p. 33 東京 (1994).
- 12) 川村周三, 夏賀元康, 河野慎一, 伊藤和彦: 日本食品工業学会講演要旨集, p. 34 東京 (1994).
- 13) 姜吉珍, 金燾, 金成坤, 村田晃: 応用糖質科学, **41**, 35 (1994).
- 14) 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑: 調理科学, **30**, 17 (1997).
- 15) 深井洋一, 松澤恒友, 石谷孝佑: 調理科学, **30**, 37 (1997).
- 16) 深井洋一, 松澤恒友: 調理科学, **31**, 262 (1998).
- 17) N. Nimura and T. Kinoshita: *Analytical Letters*, **13**, 191 (1980).
- 18) 杉山智美, 小西雅子, 寺島大二郎, 畑江敬子, 島田淳子: 食科工, **42**, 401 (1995).
- 19) 有坂将美: 日本の稲育種, 櫛淵欣也監修 (農業技術協会, 東京), p. 202 (1992).

(1999年5月27日受理)