テンペ菌で発酵させたキノアのビスケット素材としての適性

松尾眞砂子[§]

岐阜女子大学家政学部

Suitability of Quinoa Fermented with *Rhizopus oligosporus* as an Ingredient of Biscuit

Masako Matsuo[§]

Gifu Women's University, Faculty of Home Science, 80 Taromaru, Gifu, 501-2592

To examine the possibility of using quinoa fermented with *Rhizopus oligosporus* (known as quinoa-tempeh or Q-tempeh) as an ingredient for daily-use food, soft and hard biscuits were prepared using soft flour and medium flour partially substituted with powdered quinoa and Q-tempeh, respectively. The physical properties, palatability and iron and α -tocopherol contents of the biscuits were compared with those of control biscuits prepared using 100% soft flour and medium flour. It was found that substituting 20% of the flour with powdered Q-tempeh or quinoa did not alter the thickness or volume of either type of biscuit.

Substitution with quinoa powder did not affect the sensory evaluation scores of either type. Substitution with Q-tempeh powder resulted in higher sensory evaluation scores for brittleness and taste in soft biscuits, but the reddish surface color became slightly stronger.

Thirty-percent substitution of flour with powder of quinoa and Q-tempeh resulted in a decrease in volume and hardness in both types of biscuit. Biscuits prepared with quinoa powder-substituted flour were given lower sensory evaluation scores in terms of the overall acceptability of hard biscuits due to their low solubility in the mouth, but substitution with Q-tempeh powder did not have the same effect. The iron and α -tocopherol contents of biscuits made with flour containing 20% Q-tempeh powder were more than 2.5 times higher than those of control biscuits. The absorption of iron from Q-tempeh powder was found to be higher than that of quinoa powder in rats for partial digestion of phosphoric compounds. These results suggest that Q-tempeh powder is more suitable than quinoa powder as an ingredient of biscuit, and may be added to flour in amounts of up to 20%. Moreover, Q-tempeh powder may be used to increase the iron and α -tocopherol contents of food products.

(Received Jun. 1, 2005 ; Accepted Oct. 18, 2005)

疑穀類のキノアはタンパク質を13%、脂肪を6%含んでおり、その含量は米や小麦より多い。また、鉄¹⁾や α -トコフェロールをそれぞれ小麦粉の10倍量と4倍量に相当する6.6mg²⁾と1.1mg含んでおり²⁾、栄養的価値が優れている。しかし、キノアはアンデス山地で主食として利用されているが、その他の地方ではほとんど利用されておらず、食品としての研究は極めて少ない。著者はこれまでにキノアをテンペ菌で発酵させてキノアテンペ(Q-テンペ)を調製し、Q-テンペはキノアにくらべて生体内抗酸化作用³⁾やコレステロール低下作用⁴⁾が著しく強いことを報告した。本報告ではQ-テンペを汎用食品の素材として活用し、日常的に利用することを目標にして、Q-テンペを小麦粉代替素材としてビスケットを調製し、ビスケット素材としての

適性を物性、呈味性、鉄と α -トコフェロール含量から検討した。

実 験 方 法

1. Q-テンペ調製法

キノア：大日本明治製糖株式会社（東京）より分与していただいた。

キノア粉末：キノアを充分水洗し、天日乾燥した後、ウィレーの粉碎機（株式会社藤原製作所、WM-2）とミルサー（岩谷産業株式会社、IFM300DG）で連続して粉碎し、65メッシュの篩にかけて粒度を揃えた。

Q-テンペ：水洗したキノア種子に水を加えて水分を64%に調整し、121℃で5分間加熱した後、テンペ菌（*Rhizopus oligosporus* NRRL 2710、米国北方地域研究センター、発酵研究所より購入）の胞子を含むスターター⁵⁾と混合し、1.0mm間隔で直径2.5mmの孔あきビニール袋

〒501-2592 岐阜市太郎丸 80

[§] 連絡先 (Corresponding author), Tel : 058-229-2211,
Fax : 058-229-2222

に詰め、厚みを 1.5 cm に成型し、36℃ で 25 時間培養した。培養を終了した Q-テンペは凍結乾燥し、ミキサー（ジュースミキサー、テスコム）とミルサーで連続して粉碎し、65 メッシュの篩にかけて粒度を揃えた。

2. ビスケット調製法

対照ソフトビスケット：ショートニング（甲南油脂株式会社、雪印ショートニング）50 g とレシチン（和光純薬株式会社、大豆由来）2 g を泡立て、バニラオイル 0.05 g を加えた後、砂糖 20 g を 2 回に分けて入れ、よく混ぜてクリーム状にした。別の容器にベーキングパウダー（日清フーズ株式会社）1 g、スキムミルク 4 g、薄力粉（日清製粉株式会社、日清バイオレット）100 g を入れ、2 回篩い、これをショートニング・砂糖の混合物に加え、氷冷水 40 mL を入れてゴムベラで混ぜ合わせた。この生地を麺棒で厚さ 3 mm に伸ばし、冷蔵庫の水室に 20 分間静置した。その後、直径 40 mm の円型に打ち抜き、天板上に並べ、150℃ に保ったコンベンションオーブン（Yamato DN63）の中段・奥側・中央に入れて焼いた。焙焼開始 15 分後に天板を水平に 180 度回転させ、コンベンションオーブンのガラス窓から絶えずビスケットの表面色を観察し、ビスケットの上面周囲が均一に薄茶色に色づくまで焼いた（18 分）。

代替ソフトビスケット：薄力粉の 20% と 30% をキノアや Q-テンペの凍結乾燥粉末で代替し、加水量以外は対照ビスケットと同様に調製した。Q-テンペ粉末は保水力が薄力粉より強い（Table 1）、代替率が 20% と 30% 時、42.6 mL と 43.9 mL を加水すると対照生地と同程度の硬さになった。Q-テンペの凍結乾燥粉末にはテンペ菌の酵素が活性状態で保存されているため、生地の調製は氷冷水を用いて酵素の作用を抑制しながら行った。調製した生地はあらかじめ 140℃ に加熱したオーブンで直ちに焙焼した（23 分）。キノア代替ビスケット用生地は対照ビスケット用生地と同量の水を使用すると対照生地と同じ硬さになった。

対照ハードビスケット：ショートニング 20 g を泡立て、バニラオイル 0.05 g を加えた後、砂糖 20 g を 2 回に分けて加え、クリーム状になるまでよく混合した。別の容器でベーキングパウダー 1 g、スキムミルク 4 g、中力粉（日清製粉株式会社、日清中力粉）100 g を混ぜ合わせて 2 回篩い、これをショートニング・砂糖の混合物に加え、氷冷水 40 mL とともに木じゃくしで混ぜ合わせた。生地はまな板上で 10 回こねた後、麺棒で厚さ 3 mm に延ばし、冷蔵庫の水室で 20 分間放置した。生地を直径 40 mm の円型に打ち抜き、フォークで表面に 6 mm 間隔で穴をあけ、天板上に並べた。150℃ に保ったコンベンションオーブンの中段・奥側・中央の位置に入れて焼いた。焙焼開始後 15 分で天板を水平に 180 度回転させ、ビスケットの表面が均一に薄茶色に色づくまで焼いた（20 分）。

代替ハードビスケット：中力粉の一定量をキノア粉末や Q-テンペ凍結乾燥粉末で代替し、ソフト型と同量の水を加

え、ビスケットの表面が均一に薄茶色に色づくまで 140℃ で焼いた（23 分）。

3. ラットの飼育法

4 週齢の Wistar-ST 系雄ラット 10 匹（日本 SLC）を 2 群に分け、共通成分としてカゼイン 5%、サラダ油 15%、AIN76 ビタミン混合 4%、AIN76 塩混合 1 %、コーンスターチ 25% にキノアあるいは Q-テンペの粉末を 50% 配合した飼料を 17 日間投与した。飼料摂取量と糞排泄量は飼育期間の最後の 4 日分を測定した。鉄の吸収率は摂取量と排泄量の差を摂取量で除して求めた。

4. 測定法

色調：測色色差計（日本電色工業株式会社 BITEC-300）を用いて CIE 表色を測定した。

体積：菜種置換法を用いて測定した。

硬度・もろさ：底面が平坦なビスケットをサンプルに用い、クリープメーター（株式会社山電 TPU-2S）でテクスチャーを測定した。プランジャーはソフトビスケットでは直径 16 mm、ハードビスケットでは直径 8 mm 円形プランジャーを用いた。圧縮率は 10%、クリアランスはビスケットの高さの 90%、圧縮スピード 2.5 mm/sec で測定した。

保水力⁶⁾：試料粉末 1 g に水 20 mL を加え、減圧下で脱気し、ロート上で過剰の水分を自然落下させた量から同様に処理したる紙重量を差し引き、増加重量を保水量とした。

遊離アミノ酸⁷⁾：試料粉末 10 g を 100 mL の 75% エチルアルコールを用いて 80℃ で 15 分間還流して抽出した液を HPLC で Shim-pack Amino-Na (6.0×100 cm) に注入し、アミノ酸分析移動相キット Na 型を 60℃ でグラジェンし、溶出液にアミノ酸反応液 OPA キットを反応させ、RF-535 (Ex. 348 nm, En. 450 nm) で検出した。

官能評価：女子大生 18 名をパネリストとして、アンケート形式でビスケットの香り、味、もろさ、口どけ、総合の評価点を各自の好みに基づいて +2（良い）、+1（やや良い）、0（ふつう）、-1（やや悪い）、-2（悪い）の中から選択させ、二元配置分散分析法で分析した。

鉄：飼料と糞を硝酸と過塩素酸を連続使用して湿式灰化し、鉄用中空陰極ランプと原子吸光度光度計（SHIMAZU-AA6500F）を用いて分解液の 248.3 nm⁸⁾ の吸光度を測定して求めた。

リン：水抽出液と湿式灰化液のリンをバナドモリブデン酸吸光度法⁹⁾で測定し、灰化液のリン量に対する水抽出液のリン量の割合を分解率とした。

α -トコフェロール：試料粉末 1 g を 5 mL の n-ヘキサンで抽出し、その抽出液を濃縮し、ビタミン学会法¹⁰⁾に従ってケン化した。ケン化液を 50 mL の酢酸エチル：n-ヘキサン（1：9 v/v）で抽出し、減圧下で濃縮し、n-ヘキサン 10 mL に溶解して検液とした。分析¹¹⁾は HPLC で Finapak SIL-C₁₈（JASCO, 6.0×150 mm）を用い、n-ヘキサン/イソプロピルアルコール/酢酸（100/0.5/0.5 v/v）1.5 mL/

min で溶出し、蛍光検出器 (JASCO, 821-FP) により 297 nm で検出した。

5. 統計処理法

SPSS 6.1 を使用し、保水力と物性に関するデータは Turkey の多重検定法で検定した。鉄の吸収率のデータは Student の *t*-検定を行い、官能検査結果は二元配置分散分析法で有意差を検定した。

実験結果と考察

1. Q-テンペの保水力

キノア粉末と Q-テンペの凍結乾燥粉末の保水力を薄力粉や中力粉の保水力と比較した (Table 1)。キノア粉末の保水力は薄力粉や中力粉よりやや強い程度であったが、Q-テンペ粉末は薄力粉や中力粉の 2 倍以上強かった。この結果から Q-テンペ粉末を小麦粉代替素材として利用する時は加水量を多くする必要性が予測された。

2. ソフトビスケット素材としての適性

(1) 物性の変化

キノアや Q-テンペの粉末で薄力粉の 20% と 30% を代替したソフトビスケットを調製し、それらの物性を対照ビスケットと比較した (Fig. 1)。

Table 1 Water holding capacities of wheat flour and powder of quinoa and Q-tempeh

Water holding capacity (g/g)	Powder			
	Soft flour	Medium flour	Quinoa	Q-Tempeh
	2.0±0.0 ^c	2.3±0.1 ^b	2.7±0.1 ^b	4.9±0.2 ^a

Means having the same alphabet do not differ significantly at $p < 0.05$ by Turkey's multiple range test.

Data were expressed as means±SE (n=5).

20% 代替ソフトビスケットはキノアや Q-テンペの粉末のどちらで代替しても厚さ、体積は変化しなかった。しかし、30% 代替すると上記項目の値が減少した。ビスケットは原料に使用する小麦粉のタンパク質含量が多いと膨化が悪いことが知られている¹²⁾。薄力粉、キノア粉末、Q-テンペ粉末のタンパク質量はそれぞれ 8.0¹³⁾、13.3²⁾、14.0²⁾% である。薄力粉をキノアや Q-テンペの粉末で 30% 代替するとタンパク質が 9.6% と 9.8% になり、中力粉以上にタンパク質が多くなる。キノアや Q-テンペによる 30% 代替ソフトビスケットの体積の減少はタンパク質の増加が一因であろう。

キノアや Q-テンペで代替したソフトビスケット表面色を測定すると (Table 2)、キノアで 20% 代替すると a^* と b^* が少し増加したが L^* は変化しなかった。Q-テンペで 20% 代替すると a^* と b^* が増加し、 L^* が低下した。すなわち、キノアや Q-テンペによる代替はやや赤みをおびた色調になったが、Q-テンペはこの傾向が強かった。Q-テンペ代替ビスケットは焙焼温度を対照ビスケットより 10℃ 低くし、焙焼時間を一様に焦げ色が付く迄の時間に調節したが、Q-テンペ代替ビスケットはキノア代替ビスケットより a^* が高かった。これは原料の Q-テンペ粉末がキノア粉末より赤みが強く、さらに、テンペ発酵中にテンペ菌の強力なプロテアーゼとアミラーゼ¹⁴⁾ により生成されたアミノ酸と遊離糖が焙焼中にメーラード反応によりメラノイジンを生成した結果が加わったものと思われた。

キノアで 30% 代替したビスケットの硬さともろさは対照クッキーの値と差がなかった。しかし、Q-テンペで 20% 代替すると硬度が低下してもろくなった。ビスケットは原料のタンパク質が多いほど硬くなることが知られている¹²⁾。Q-テンペはキノアよりタンパク質が少し多い²⁾ にもかかわらず、Q-テンペで代替したビスケットは硬度が減少

Fig. 1 Physical properties of soft biscuit made from flour 20% and 30% substituted with quinoa and Q-tempeh

Data were expressed as means±SE (n=5). Means with the same superscripts and asterisk in each column do not differ significantly at $p < 0.05$ by Turkey's multiple range test.

Table 2 Surface color of soft biscuits made from flour 20% and 30% substituted with quinoa and Q-tempeh

Surface color	Control	Quinoa		Q-Tempeh	
		Substitute rate (%)		Substitute rate (%)	
		20	30	20	30
L*	73.1±0.8 ^a	71.2±0.3 ^a	68.8±0.4 ^b	63.6±0.9 ^c	57.4±0.3 ^d
a*	2.8±0.3 ^a	5.1±0.3 ^b	5.0±0.2 ^b	7.5±0.4 ^c	8.7±0.1 ^d
b*	21.9±0.5 ^a	24.4±0.3 ^b	23.7±0.2 ^b	24.3±0.3 ^b	22.6±0.3 ^a

Fig. 2 Sensory evaluation scores of soft biscuit made from flour 20% and 30% substituted with quinoa and Q-tempeh

The sensory tests were performed by eighteen female students, who were asked to rate the taste of biscuits on the following scale : good, (+2) ; somewhat good, (+1) ; neither good nor poor, (0) ; rather poor, (-1) ; poor, (-2).

Mean scores were calculated as total score/panelist number.

Data were analyzed for differences between the means of evaluation scores using two-way analysis of variance. The statistical significance of difference was established by F-distribution table. * $p < 0.05$

した。この現象は、Q-テンペはキノアより難消化性タンパク質が多い⁴⁾ ことなどタンパク質の性質がキノアと異なることが原因と思われる。

(2) 官能検査結果

キノアやQ-テンペの粉末で代替したソフトビスケットの嗜好性を官能検査により対照ソフトビスケットと比較した (Fig. 2)。

キノア粉末は30%まで代替しても、すべての項目の評価点が対照ビスケットの評価点と有意の差が認められなかった。Q-テンペ粉末で20%代替すると味と総合評価点が上昇したが、30%代替すると香りに対する評価点が低下した。Q-テンペには独特の香りがあり、この香りがビスケットの香りとして馴染みがないため、評価点が低下したのであろう。しかし、「もろさ」が有意に向上し、Q-テンペで20%代替ビスケットの総合評価点は対照ビスケットの

総合評価点と有意の差が認められなかった。

これらの結果から、Q-テンペはソフトビスケット素材として適しており、薄力粉の20%を代替することによりソフトビスケットの嗜好性を向上させる可能性が示唆された。

3. ハードビスケット素材としての適性

(1) 物性の変化

中力粉の一部をキノアやQ-テンペの粉末で代替したハードビスケットを調製し、その物性を対照ハードビスケットと比較した (Fig. 3)。キノアやQ-テンペの粉末で中力粉を20%代替したハードビスケットは厚さ、体積と硬度が減少し、もろさが低下した。Q-テンペで代替したビスケットはキノアによる代替ビスケットより柔らかく、砕け易かった。Q-テンペで中力粉を30%代替するとさらに厚みが薄くなった。

キノアやQ-テンペで中力粉の20%を代替するとハード

Fig. 3 Physical properties of hard biscuit made from flour 20% and 30% substituted with quinoa and Q-tempeh

Data were expressed as means $\pm$ SE (n=5).

Means having the same superscripts in each column do not differ significantly at $p<0.05$ using Turkey's multiple range test.

Table 3 Surface color of hard biscuits made from flour 20% and 30% substituted with quinoa and Q-tempeh

Surface color	Control	Quinoa		Q-Tempeh	
		Substitute rate (%)		Substitute rate (%)	
		20	30	20	30
L*	79.3 $\pm$ 0.8 ^a	74.2 $\pm$ 0.2 ^b	73.2 $\pm$ 0.1 ^b	74.2 $\pm$ 0.1 ^b	64.4 $\pm$ 0.1 ^c
a*	1.9 $\pm$ 0.2 ^a	3.1 $\pm$ 0.2 ^b	3.3 $\pm$ 0.3 ^b	3.1 $\pm$ 0.2 ^c	7.2 $\pm$ 0.2 ^c
b*	19.9 $\pm$ 0.3 ^a	21.9 $\pm$ 0.5 ^b	23.9 $\pm$ 0.2 ^c	21.9 $\pm$ 0.5 ^b	23.3 $\pm$ 0.2 ^c

ビスケットの表面色は対照ハードビスケットより L*が低く、a*と b*が高まった。しかし、キノアと Q-テンペによる差は認められなかった。30% 代替すると Q-テンペ代替ハードビスケットはキノア代替ハードビスケットより L*が低く、a*が高くなり、色調が赤みがかって暗くなった (Table 3)。

(2) 官能検査結果

キノアや Q-テンペ粉末による代替がハードビスケットの嗜好性におよぼす影響を官能検査で調べた (Fig. 4)。20% キノア代替ハードビスケットは口どけが悪く、30% 代替すると、総合評価点が低下した。20% Q-テンペ代替ハードビスケットはいずれの項目も対照ビスケットの評価点と同程度であったが、30% 代替すると味の評価点が低下した。しかし、香りと総合評価は対照ビスケットの評価点と差が認められなかった。これらの結果から、Q-テンペ粉末はハードビスケット素材としてもキノアより優れており、中力粉の 20% を代替してもハードビスケットの嗜好性に影響を与えないことが判明した。

(3) 遊離アミノ酸量

Q-テンペで 30% 代替すると味の評価点が低下する原因

を調べるため、キノアと Q-テンペの遊離アミノ酸組成を調べた (Fig. 5)。Q-テンペはキノアに比べ甘味のあるアラニンとスレオニンが著しく多かったが、呈味性の良いグルタミン酸が少なく、苦味のあるバリン、メチオニン、ロイシン、フェニルアラニンとヒスチジンが多かった。したがって、Q-テンペの代替量が 20% では苦味のある遊離アミノ酸含量が少なく、苦味を感じないが、30% になると苦味のある遊離アミノ酸含量が多くなり、味の評価点が低下したのであろう (Fig. 4)。

以上の結果から、Q-テンペ粉末はビスケット素材としてキノア粉末より優れており、小麦粉の 20% 代替してもソフトタイプとハードタイプのどちらのビスケットも嗜好性が低下しないことが判明した。

4. 鉄と α -トコフェロール量に及ぼす影響

(1) 鉄と α -トコフェロール量

キノアには鉄¹⁾と α -トコフェロール²⁾が小麦粉より多く含まれているので、キノアや Q-テンペ粉末で小麦粉の 20% を代替したビスケットの鉄と α -トコフェロール含量を測定した (Table. 4)。キノア 20% 代替ビスケットはソフトタイプとハードタイプのどちらも、鉄を対照ビスケッ

Fig. 4 Sensory evaluation scores of hard biscuit made from flour 20% and 30% substituted with quinoa and Q-tempeh

The conditions for sensory tests and statistical analysis were the same as those described in the legend of Fig. 2. The statistical significance of difference was established by F-distribution table. * $p < 0.05$

Fig. 5 Free amino acids in quinoa and Q-tempeh

トの2倍以上、 α -トコフェロールを3倍以上含んでいた。Q-テンペ20%代替ビスケットは鉄と α -トコフェロールをそれぞれ対照ビスケットの2.5倍以上多く含んでいた。この結果から、キノアやQ-テンペ粉末による小麦粉の代替は鉄や α -トコフェロール含量を著しく増加させることが判明した。

(2) 鉄の吸収率

キノアとQ-テンペの鉄の吸収率を比較するため、ラットにキノアとQ-テンペの粉末を50%含む飼料を投与し、鉄の摂取量と排泄量を測定し、吸収率を算出した (Table 5)。キノアをテンペ菌で発酵させると糖質が発酵エネルギーとして消費されて減少²⁾、鉄の相対含量が増加した。また、Q-テンペ飼料群はキノア飼料群より鉄の摂取量が多

く、しかも、鉄の吸収率が高かった。したがって、Q-テンペ代替ビスケットはキノア代替ビスケットより吸収率が高いことが示唆された。

(3) リン化合物の分解率

キノアは多量のフィチンを含んでおり¹⁾、ミネラルの吸収を阻害する危険性がある。しかし、テンペ菌はフィターゼ活性が強いことから⁵⁾、Q-テンペでは相当量のフィチンが分解されている可能性がある。そこで、フィチンの分解率を推定するため、キノア粉末とQ-テンペ粉末のリンの総量と遊離量を測定し、リン化合物の分解率を算出した (Table 6)。Q-テンペ粉末はリン化合物の分解率がキノアの約4倍高く、フィチンの分解が進行していることが示唆された。Q-テンペの鉄吸収率の向上にはフィチンの分解が

関与していることが示唆された。また、小麦粉の総リン量と遊離リン量は Q-テンペ粉末の約一割である。この値から 20% Q-テンペ代替ビスケットにおける Q-テンペ由来リン量を算出すると総リンが 75%, 遊離リンが 70% であった。したがって 20% Q-テンペ代替ビスケットにおける鉄の吸収は Q-テンペのフィチン分解の進展により対照ビスケットより促進される可能性が確認された。

以上の結果から、Q-テンペ粉末はビスケット素材としてキノア粉末より優れており、小麦粉の 20% まで活用でき、鉄や α -トコフェロールの増強材としても有効であることが示唆された。この点から、Q-テンペ 20% 代替ビスケットは成長期の子供、若い女性や妊娠・授乳婦の日常食として有用であろう。

要 約

テンペ菌で発酵させたキノア（キノアテンペ、Q-テンペ）を汎用食品の素材として活用するため、薄力粉や中力粉の一部をキノアや Q-テンペの粉末で代替してソフトタイプとハードタイプビスケットを調製し、その物性、呈味性、鉄と α -トコフェロール含量を 100% の薄力粉や中力粉で調製した対照ビスケットと比較した。小麦粉の 20% をキノアや Q-テンペで代替しても両タイプのビスケットの厚さと体積は変化しなかった。キノア粉末は両タイプのビスケットの官能的評価点に影響を与えなかった。Q-テンペ粉末はソフトビスケットのもろさと味に対する官能的評価

点を向上させたが、色調をやや暗くした。小麦粉の 30% をキノアや Q-テンペの粉末で代替するとどちらのタイプのビスケットも体積と硬度が減少した。キノア粉末はハードビスケットの口どけが悪いため、官能的総合評価点を低下させたが、Q-テンペ粉末は影響を与えなかった。Q-テンペ粉末で小麦粉の 20% を代替したビスケットは鉄と α -トコフェロール含量が対照ビスケットの 2.5 倍以上多かった。Q-テンペはリン化合物の一部が分解しており、キノアよりラットによる鉄の吸収率が高かった。これらの結果は、Q-テンペ粉末はビスケット素材としてキノア粉末より優れており、小麦粉の 20% まで活用でき、鉄や α -トコフェロールの強化材としても有効であることを示唆していた。

文 献

- 1) Chauhan, G.S., Eskin, A.M. and Tkachuk, R., Nutrients and antinutrients in quinoa seed. *Cereal Chem.*, **69**, 85-88 (1992).
- 2) 松尾眞砂子, キノアテンペ（テンペ菌で発酵させたキノア）の抗酸化作用, 栄食誌, **56**, 305-309 (2001).
- 3) Matsuo, M., In vivo antioxidant activity of methanol extract from quinoa fermented with *Rhizopus oligosporus*. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **51**, (in press) (2005).
- 4) Matsuo, M., Serum cholesterol reduction by quinoa tempe, fermented quinoa with *Rhizopus oligosporus* in rats fed a cholesterol-free diet. 家政誌, **483**, (in English) (2005).

Table 6 Degradation of phosphoric compound of quinoa and Q-tempeh

Phosphorus	Powder		Degradation (%)
	Total (mg/100 g)	Free (mg/100 g)	
Quinoa	670	11.3	1.7
Q-Tempeh	680	41.8	6.2
Soft flour	70 ^a	4 ^b	
Medium flour	74 ^a	4 ^b	

^a Adapted from The Resources Council of The Science and Technology Agency, "The 5th revised edition Standard table of food composition in Japan"

^b Poweranz, Y. (1988). Chemistry and Technology, In "Wheat." Vol I, AACC. P. 127.

Table 5 Content of diet, intake, excretion and absorption of iron in rats

Diet group	Food intake	Iron		Dry feces	Iron		
		Content of diet	Intake		Excretion in feces	Absorption	
	(g/100 g bw/4 d)	mg/100 g	(mg/100 g bw/4 d)	(g/100 g bw/4 d)	(mg/100 g bw/4 d)	(mg/100 g bw/4 d)(%)	
Quinoa	37±3	8.0	3.0±0.1	1.9±0.1	1.7±0.1	1.3±0.1	42.2±3.7
Q-Tempeh	48±5*	9.0	4.4±0.3*	3.3±0.2*	2.2±0.2*	2.3±0.2*	52.2±2.9*

Ten 4-week-old male Wistar rats were fed with 50% (w/w) quinoa powder and Q-tempeh powder diets for 17 days.

Feces were collected for the last 4 days of the feeding period. Data were expressed as means±SE (n=5).

* Significantly deferent at $p < 0.05$ was determined by Student's *t*-test.

- 5) 松尾真砂子, テンペ菌培養おからの組織・成分・物理化学的性質変化, 栄食誌, **42**, 173-178 (1989).
 - 6) Takeda, H. and Kiriya, S., Correlation between the physical properties of dietary fibers and their protective activity against amaranth toxicity in rats. *J. Nutr.*, **109**, 388-396 (1979).
 - 7) 島津アプリケーションニュース No. L 196.
 - 8) 安井明美, 鉄, 「新・食品分析法」, 第1版, 日本食品科学工学会編, (光琳, 東京), pp. 191-194 (1996).
 - 9) 安井明美, リン, 「新食品分析法」, 第1版, 日本食品科学工学会編, (光琳, 東京), pp. 258-259 (1996).
 - 10) 五十嵐修, ビタミンE, 「ビタミン分析法」, 第1版, 日本ビタミン学会編, (化学同人, 京都), p. 34 (1989).
 - 11) Matsuo, M., *In vivo* antioxidant activity of Okara Koji a fermented okara, by *Aspergillus oryzae*. *Biosci Biotechnol Biochem*, **61**, 1968-1972 (1997).
 - 12) 赤羽ひろ, 和田淑子, クッキーの性状におよぼす小麦粉中グルテン含量の影響, 食科工誌, **34**, 474-479 (1987).
 - 13) 科学技術庁資源調査会, 「五訂日本食品標準成分表」(2000).
 - 14) 松尾真砂子, おからテンペの性質に及ぼす米糠の影響, 農化, **64**, 1237-1239 (1990).
- (平成17年6月1日受付, 平成17年10月18日受理)
-