

シルク(家蚕および野蚕)パウダーの栄養特性と加工(製パン・製菓)特性

筒井知己¹⁾ *、風張 透¹⁾、山田正智¹⁾、松田 大樹¹⁾、吉野 美香²⁾、松本 雄宇³⁾、
廣田 弥里³⁾、遠田 昂史³⁾、小林 謙一³⁾、山本 祐司³⁾、田所 忠弘¹⁾
(平成26年2月22日受理)

Nutritional properties and processing properties (bread making or cookie making) of
silk powder and wild silk powder.

Tomomi Tsutsui¹⁾, Toru Kazahari¹⁾, Masatomo Yamada¹⁾, Daiki Matsuda¹⁾, Mika Yoshino²⁾, Yuu Matsumoto³⁾, Yasato Hirota³⁾, Kouji Enndou³⁾, Kenichi Kobayashi, Yuuji Yamamoto³⁾ and Tadahiro Tadokoro¹⁾

1) Tokyo Seiei College 2) Yamanashi Gakuin University 3) Tokyo University of Agriculture

Summary

Nutritional properties and processing properties of silk powder were estimated and the following results were obtained.

1. The amount of excrement of rat fed high fat diet containing 5% silk powder was higher than the amount of excrement of rat fed high fat diet. The excrement of rat fed high fat diet containing 5% silk powder contained more bile, triglyceride, cholesterol and total lipid than the excrement of rat fed high fat diet.
2. The loaf volume of bread made from wheat flour containing 3% silk powder was lower than the loaf volume of bread made from wheat flour. The sensory evaluation score of bread containing silk powder indicated lower value than the bread made from wheat flour.
3. The hardness of cookie made from wheat flour containing 3% silk powder was higher than the cookie made from wheat flour. The sensory evaluation score of cookie containing silk powder indicated lower value than the cookie made from wheat flour. The silk cookie containing maple syrup or cocoa powder indicated higher sensory evaluation score.

Key words : Silk, Wild Silk, Bread, Cookie

要旨：シルクパウダーの栄養特性と加工特性を測定したところ、以下のような結果を得た。5%シルクパウダーを含む高脂肪食を供与したラットの糞は、高脂肪食のラットの糞よりも量が多かった。5%シルクパウダーを含む高脂肪食を供与したラットの糞は、高脂肪食を供与したラットの糞よりも胆汁酸、トリグリセリド、コレステロール、全脂質をより多く含んでいた。3%シルクパウダーを添加した小麦粉から製造したパンのローフボリュームは、小麦粉から製造したパンのローフボリュームに比べて低かった。3%シルクパウダーを添加した小麦粉から製造したパンの官能評価点は、小麦粉から製造したパンの評価点よりもより低い値を示した。3%シルクパウダーを添加した小麦粉から製造したクッキーの硬さは、小麦粉から製造したクッキーよりもより硬いものであった。3%シルクパウダーを添加した小麦粉から製造したクッキーの官能評価点は、小麦粉から製造したクッキーの評価点よりもより低い値を示した。メープルシロップまたはココアパウダーを含むシルククッキーは、より高い官能評価点を示した。

キーワード：家蚕、野蚕、パン、クッキー

*連絡責任者・別刷り請求先

東京聖栄大学 食品学科 (124-8530) 東京都葛飾区西新小岩 1-4-6

Tokyo Seiei College, 1-4-6 Nishi-shinkoiwa, Katsushika-ku, Tokyo, Japan

はじめに

絹糸は織物の原料として用いられているが、製造の際産出する残糸は焼き捨てられていた。平林ら¹⁾は、絹の食品化を考え、絹糸残糸から水溶性絹粉末(残糸を精練し、セリシンを取り除いたフィブロインが主体の粉末)を製造した。この微粉末は吸湿性があり、紫外線も吸収し、化粧品に添加されている。シルクは昔から、その蛹や蛾が佃煮にして用いられ、人体に無害であることは推測できる。平林ら¹⁾は、ラットの飼料に絹粉末を加え、その消化性を検討した。その結果高分子量絹粉末では、平均28%、絹溶液では47%、酸加水分解物では、90%という消化率を得た。源川ら²⁾は、水溶性絹フィブロインの消化・吸収性を検討してペプシン-トリプシン-キモトリプシンでは65.7%の消化率であり、ラットの飼料に水溶性フィブロインを添加した群では、カゼイン群より飼料効率、消化率、タンパク質効率、生物価、正味タンパク質利用率が低い結果を得ている。このように絹たんぱく質は食物繊維的な特徴を持っているが、そのアミノ酸組成には、特異性がありグリシンを45%、アラニンを30%、セリシを12%、チロシンを5%含んでいる³⁾。アラニンはアルコールの代謝を促進し、グリシン、セリシは血中コレステロール濃度を低下させ、チロシンは痴ほう症を予防する効果があるといわれている。実際上野ら⁴⁾は、シルクフィブロインを血糖高値者に供与したところ、血糖降下作用が認められ、フィブロインの多孔性構造や難消化性が影響しているものと考察している。

このような絹たんぱく質の食品加工への応用例は、平尾ら⁵⁾が、フィブロイン溶液をスポンジケーキ製造に利用したものと、米粉スポンジケーキにフィブロインを加えたもの⁶⁾、藤井ら⁷⁾が絹フィブロインをゼリー製造に利用したもの、大崎ら⁸⁾が米粉パンの製造に、フィブロインを添加したものが見られる。今回我々はシルク(家蚕および野蚕)パウダーの栄養特性と製パン・製菓への利用を検討した。

表1 シルクパウダーの一般成分 (100gあたり)

	家蚕パウダー	野蚕パウダー
水分	6.1g	6.2g
脂質	0.8g	0.8g
全窒素	15.9g	16.4g
灰分	0.8g	3.7g
ナトリウム	434mg	304mg
食塩相当	1.1g	773mg
カリウム	42.2mg	8.8mg

実験方法

1 in vivo における栄養特性の測定実験

使用したシルクパウダー(家蚕または野蚕「柞蚕」)の一般成分組成は表1のようである。Spague-Dawley系雄ラットを、表2のようなコントロール食群(AIN-93基本組成)、高脂肪食群(40% High fat diet) <HFD群>、家蚕群(40% High fat diet+5%家蚕パウダー) <Silk群>、野蚕(柞蚕)群(40% High fat diet+5%野蚕パウダー) <Wild silk群>で4週間飼育した、この間、体重、飼料摂取量を毎日測定した。飼育条件は23±1度、12時間明暗サイクルで、飼料並びに水は自由摂取とした。飼育最終日、屠殺し、血清、糞、肝臓中のコレステロール量、トリグリセリド量等を測定した。

表2 餌組成

	HFD	Silk	Wild silk
Cornstarch	257.458	214.158	214.858
Casein	200	193.3	192.6
α-cornstarch	132	132	132
Sucrose	100	100	100
Soybean oil	70	70	70
Fiber	50	50	50
Mineral mix	35	35	35
Vitamin mix	10	10	10
L-cystine	3	3	3
Choline bitartrate	2.5	2.5	2.5
TBHQ	0.042	0.042	0.042
Beef tallow	140	140	140
Silk		50	
Wild Silk			50

1000gあたり

2 パンの調整

シルクパンのレシピは表3のようである。

表3 シルクパンのレシピ

ホテルブレッド

強力粉	100%
上白糖	10%
塩	1.80%
生イースト	2.50%
卵	10%
生クリーム	10%
水	50%
バター	10%

強力粉(日清製粉)に家蚕パウダーを3%添加した粉、または強力粉に野蚕パウダーを3%添加した粉をアイコーミキサーAM-20に加え、さらに、上白糖(日新製糖)、塩(日本たばこ産業)を加え1分間攪拌した。次に卵、生クリーム(小岩井乳業)、水、生イースト(オリエンタル酵母)を加え低速で4分、中速で7分混捏した。さらに無塩バター(雪印乳業)を加え、低速で4分、中速で7分混捏した。(家蚕の場合は水を強力粉1kgに対して50ml追加した。)捏ね上げた生地は30度で1時間発酵させた。さらに生地を200gに分割し20分間ベンチ後、3個ずつパン型に入れ、30度、湿度80%で30分間発酵させた。この後パン焼き窯で190度、30分間焼成した。

3 クッキーの調整

クッキーのレシピは表4のようである。

表4 クッキーのレシピ

薄力粉	100g
無塩バター	60g
上白糖	40g
鶏卵	25g
ベーキングパウダー	2g

ボウルに無塩バターを入れ、砂糖を2から3回に分けて加え、泡立て器で白っぽくなるまで混ぜ合わせた。次に鶏卵を加えよく混ぜ、薄力粉(日清製粉)または薄力粉に3%家蚕パウダーを加えた粉、または薄力粉に3%野蚕パウダーを加えた粉と、ベーキングパウダー(アイコク)をふるいにかけて生地に加え、ゴムべらで生地を切るように混ぜ合わせた。ラップに生地を筒状に伸ばし、ラップでくるみ冷蔵庫で30分間冷やした。この生地を取出し、4mm厚に切りクッキングシートに並べた。次に生地を180度のオーブンで10から12分間焼成した。また家蚕パウダー、野蚕パウダーにさらに追加副材料として、シナモンパウダー(ギャバン)、ココアパウダー(森永製菓)、メープルシロップ(シタデール)、糖蜜(B&G Food)のいずれかを5%(対小麦粉)添加したものを同様に処理して品質改良クッキーとして製造した。

3 物性測定

各パンの重量を測定後、菜種置換法で体積を測定した。パンおよびクッキーのテクスチャーは、タケトモ電機製、テンシプレッサーTTP-50Xを使用し、硬さ、凝集性(パンのみ)を測定した。(パンは20mm厚にカットし、18mmの円形プランジャーで、クリアランス5mm、ロードレンジ10kgで、2mm/minの速度で2回圧縮した。クッキーは楔型のプランジャーでクリアランス1mm、他はパンと同条件で1回圧縮した。)パンおよびクッキーの色調は、ミノルタカラーセンサーMCR-Aで測定した。

4 パンおよびクッキーの官能評価

5点評価尺度の評点法を用いて、各パンと各クッキーの官能評価をおこなった。検査項目は、外観の良さ、味の良さ、香りの良さ、食感の良さ、後味の良さ(クッキーのみ)、総合的評価について評価し、結果は二元配置の分散分析で解析した。パネルはパンでは本学職員および学生16名、クッキーでは同18名で行った。

表5 糞中の胆汁酸量

	HFD	Silk	Wild Silk
$\mu\text{mol/g}$	70.8 ± 1	220.8 ± 29.2	129.2 ± 13.8

表6 糞中脂質に及ぼす影響

	HFD	Silk	Wild Silk
Tg(mg/g)	16.94 ± 1.5	26.9 ± 2.56	28.23 ± 4.01
T-cho(mg/g)	15.38 ± 2.37	18.19 ± 2.34	18.1 ± 3.96
T-lipid(g)	0.84 ± 0.39	1.26 ± 0.24	1.51 ± 0.37

表7 血中脂質に及ぼす影響

	HDF	Silk	Wild Silk
TG(mg/dl)	61.42 ± 7.47	41.51 ± 8.48	53.58 ± 10.56
T-Cho(mg/dl)	90.18 ± 11.97	92.37 ± 4.55	93.55 ± 8.49
FFA(mEq/L)	0.95 ± 0.25	1.15 ± 0.29	1.19 ± 0.5
HDL-Cho(mg/dl)	43.23 ± 6.57	48.52 ± 4.57	45.11 ± 8.31

表8 肝臓脂質に及ぼす影響

	HFD	Silk	Wild Silk
TG(mg/g)	196.89 ± 33.24	293.39 ± 49.58	363.34 ± 117.87
T-cho(mg/g)	41.75 ± 5.19	50.29 ± 4.04	54.01 ± 5.94
T-lipid(g)	0.61 ± 0.57	1.73 ± 0.51	0.91 ± 0.37

表9 シルクパウダー添加パンの重量、体積に比容積

	コントロール	家蚕	野蚕
体積(ml)	1733 ± 24.5	1569.7 ± 9.4	1659.7 ± 20.5
重量(g)	562.7 ± 2.5	573 ± 2.8	572.3 ± 2.9
比容積(ml/g)	3.08	2.8	2.9

表10 シルクパウダー添加パンの色調

	コントロール			家蚕			野蚕		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
パン上面	58.3	11.1	25.1	61.1	10.4	30.7	61.3	13.6	32.1
パン長側面	72.1	4.1	22.5	66.7	6.7	27.6	68.7	5.2	20
パン短側面	69	6.3	26	67.9	6.1	27.5	70.3	5.3	26.1
パン内層	75.4	0.3	13.6	72.2	0.3	15.3	69.7	1.2	16.2

実験結果および考察

1 in vivo における栄養特性の測定実験

HFD群、Silk群、Wild silk群の間に体重増加量、並びに飼料摂取量に有意な差は認められなかった。4週間の糞重量はHFD群 (2.0 ± 0.18 g) 比べて、Silk群 (4.1 ± 1.1 g)、Wild silk群 (3.7 ± 1.1 g) のほうが有意に多く、1%の危険率で有意差が認められた。また家蚕群、野蚕群の糞は、HFD群に比べて白いことが確認された。糞中に含まれる胆汁酸量は表5のようになり、糞中のトリグリセリド含量、全コレステロール量、全脂質含量は表6のようになった。糞中の総胆汁酸量、トリグリセリド含量、全コレステロール量、全脂質含量はHFD群に比べて、Silk群、Wild silk群が増加しており総胆汁酸量はHFD群に比べて、1%の危険率で有意差が認められた。また全脂質含量でHFD群とWild silk群に5%の危険率で有意差があり、トリグリセリド含量はHFD群とSilk群、Wild silk群との間に1%の危険率で有意差があった。シルクフィブロインは、多孔質構造を持つので、脂質を吸着し、体外に排出したのではないかと推測される。

血中の脂質含量は、表7のようになり、HFD群

と、Silk群、Wild silk群との間に有意差は認められなかった。次に肝臓中の脂質含量は、表8のようになり、HFD群と、Silk群、Wild silk群の間に有意差が認められた。高脂肪食(40%脂質含量)にシルクパウダーを組み合わせると、脂質成分が多少、肝臓に蓄積しやすい傾向が見られた。

2 パンの特性

シルクパウダー無添加パンとシルクパウダー添加パンの重量、体積、比容積を表9に、断面の写真を図1に示す。また各パンの焼成後の色調を表10に、テンシプレッサーで測定したパンの硬さと凝集性を表11に示す。家蚕や野蚕を添加したパンはシルク無添加のパンにくらべてボリュームが劣り、比容積の小さいかたいパンになった。官能評価結果は表12のようになり、家蚕や野蚕を添加したパンは外観の良さ、味の良さ、香りの良さ、食感の良さ、総合的評価でシルク無添加のパンに劣り、特に野蚕添加パンの評価点が低かった。(総合的評価では、コントロールと家蚕、家蚕と野蚕の間に1%の危険率で有意差があった) 今回のレシピにさらに香料、甘味料等、副材料の追加を検討してより評価点の高いパンを製造する必要がある。

表11 シルクパウダー添加パンの硬さ、凝集性

	コントロール	家蚕	野蚕
硬さ(N/cm ²)	2.867 ± 0.188	3.52 ± 0.388	3.603 ± 0.331
凝集性	0.83 ± 0.02	0.84 ± 0.03	0.81 ± 0.02

表12 シルクパウダー添加パンの官能評価結果

	コントロール	家蚕	野蚕
外観の良さ	1.6	0.4	-0.1
味の良さ	1.3	0.2	-0.9
香りの良さ	0.8	0.3	-1.1
食感の良さ	1.1	0.3	-0.4
総合的評価	1.1	0.4	-0.8



コントロール

家蛋

野蛋

図1 焼成した各パンの断面

コントロール



家蛋



野蛋



図2 焼成したクッキー

表13 シルクパウダー添加クッキーの色調

	コントロール			家蚕			野蚕		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
クッキー表面	72.95	2.12	36.61	70	-1.36	31.15	69.77	1.46	34.53

表14 シルクパウダー添加クッキーの硬さ

	コントロール	家蚕	野蚕
硬さ(N/cm ²)	5.70±0.76	10.64±1.84	7.39±0.71

表15 シルクパウダー添加クッキーの官能評価結果

	コントロール	家蚕	野蚕
外観の良さ	0.93	0.6	0.6
味の良さ	1.07	0.33	0.4
香りの良さ	1.33	0.6	0.2
食間の良さ	1.2	0.4	0.73
総合的評価	1.4	0.67	0.27

3 クッキーの特性

シルクパウダー無添加クッキーとシルクパウダー添加クッキーの写真を図2に示す。また各クッキーの焼成後の色合いを表13に、テンシプレッサーで測定したクッキーの硬さを表14に示す。家蚕や野蚕を添加したクッキーはシルク無添加のクッキーにくらべてかたいクッキーになった。官能評価結果は、表15のようになり、家蚕や野蚕を添加したクッキーは外観の良さ、味の良さ、香りの良さ、食感の良さ、総合評価でシルク無添加のクッキーに劣り、特に野蚕添加クッキーの評価点が低かった。

家蚕パウダーまたは、野蚕パウダーにさらに追加副材料として、シナモンパウダー、ココアパウダー、メープルシロップ、糖蜜のいずれかを5%（対小麦粉）添加したクッキーの官能評価結果を表16、表17に示す。家蚕にメープルシロップまたはココアパウダー、野蚕にメープルシロップを加えたクッキーは各評価点が上がり、外観もよくおいしいクッキーとの評価だった。評価点の高い家蚕メープル添加物または、家蚕ココア添加物、野蚕メープル添加物の硬さ、色調は表18のようになった。

表16 シルクパウダー(家蚕)添加クッキーの官能評価結果

	メープル	シナモン	糖蜜	ココア
外観の良さ	1.17	-0.33	1.17	0.83
味の良さ	0.88	0.21	0.58	0.96
香りの良さ	0.67	0.46	0.58	0.5
食間の良さ	0.83	0.88	0.54	0.71
総合的評価	1.08	0.21	0.67	1

表17 シルクパウダー(野蚕)添加クッキーの官能評価結果

	メープル	シナモン	糖蜜	ココア
外観の良さ	0.96	0	0.3	0.57
味の良さ	0.91	0.3	0.22	0.78
香りの良さ	0.91	0.65	0.17	0.52
食間の良さ	1.22	0.26	1.04	0.87
総合的評価	1.13	0.3	0.48	0.78

表18 シルクパウダー添加クッキー(メープルまたはココア)の色調と硬さ

	家蚕(メープル)			家蚕(ココア)			野蚕(メープル)		
	L	a	b	L	a	b	L	a	b
色調	61.9	3.44	33.63	35.29	9.68	13.98	62.06	5.02	34.96
硬さ(N/cm ²)	10.47±1.6			11.92±1.8			7.81±0.9		

まとめ

シルクパウダー(家蚕と野蚕)の栄養特性と製菓、製パンへの利用性を検討したところ以下のような結果を得た。

1 高脂肪食のラットと高脂肪食に5%の家蚕パウダーまたは、野蚕パウダーを供与したラットの糞便を比較すると、シルクパウダーを供与したラットのほうが糞重量が多く、総胆汁酸量、トリグリセリド量、全コレステロール量、全脂質含量が多い結果が得られた。血中の脂質成分含量は両者に差が見られなかったが、肝臓中の脂質成分含量では、シルクパウダーを供与したラットのほうに中性脂質が多少蓄積している結果が見られた。

2 強力粉に家蚕パウダーや野蚕パウダーを3%添加して焼成したパンは、シルク無添加のパンに比べてボリュームがおとり、硬いパンになった。官能評価ではシルク添加パンはすべての評価点でシルク無添加のパンにおとり、特に野蚕添加パンの評価点が低かった。

3 薄力粉に家蚕パウダーや野蚕パウダーを3%添加して焼成したクッキーは、シルク無添加のクッキーに比べてかたいクッキーになった。官能評価では

シルク添加クッキーはすべての評価点でシルク無添加のクッキーにおとり、特に野蚕添加クッキーの評価点が低かった。家蚕パウダーにメープルシロップまたはココアパウダー、野蚕にメープルシロップを加えたクッキーは各評価点が上がり、外観もよくおいしいクッキーとの評価だった。

文献

- 1) 平林 潔、陳 開利、勢 篠 毅: New Food Industry, 33, 1(1991)
- 2) 源川 博久、前川 昭男、山本 祐司、田所 忠弘: 日本栄養・食糧学会誌、57, 215(2001)
- 3) 平林 潔、平岩 陽一: New Food Industry, 35, 17(1993)
- 4) 上野 紘郁、長島 孝行、吉川 育矢: Food style 21, 13, 54(2009)
- 5) 平尾 和子、木村 由里子、五十嵐 喜治: 日本食品科学工業会誌、45, 692(1998)
- 6) 藤井 恵子、高橋 貞幸、木内 瑠美子: 日本食品科学工業会誌、47, 363(2000)
- 7) 藤井 恵子、足立 美智子: 日本女子大学

紀要 家政学部、51,85(2004)

- 8) 大崎 聡子、市川 朝子：日本調理科学会
誌、45,9(2012)