

ルチン添加ゼラチンのゲル化におよぼす pH の影響とルチン結晶の変化

Effect of pH Value on the Gelation of a Rutin-containing Gelatin Solution and on the Crystallization of Rutin

栗津原理恵*[§] 野村孝弘* 二階堂修* 長尾慶子**

Rie Awatsuhara

Takahiro Nomura

Osamu Nikaido

Keiko Nagao

A study was carried out on the interaction between rutin and alkaline-processed gelatin to improve buckwheat cooking. Gelatin samples containing different amounts of rutin were prepared and gelled under various pH conditions. The rupture property and gel structure of these rutin-containing gelatin samples (rutin-gelatin) were analyzed by a rheometer and scanning electron microscope (SEM), while rutin crystallization in the gel samples was observed by an optical microscope.

The rupture property of the rutin-gelatin samples depended on the amount of rutin crystals appearing and on the pH value of the gel. A slower appearance of rutin crystals was evident when a higher protein and lower rutin concentration were applied. The crystals that appeared were also smaller by this slower crystallization. SEM observation showed, a thick gel structure like an aggregated gelling network in the high-concentration rutin-containing sample, whereas this structure was never apparent in a gel sample without rutin.

The gel structure was therefore changed by the addition of rutin. These results strongly suggest the formation of a rutin-gelatin complex under our experimental conditions.

キーワード: ルチン rutin; アルカリ処理ゼラチン alkaline-processed gelatin; ゲル gel; 破断特性 rupture property; 結晶 crystallization; pH pH

緒 言

血管強化^{1,2)} や酸化防止効果^{3)~5)}などの生理作用をもつルチンは植物に分布する低分子型多価フェノールで、アグリコンであるケルセチンにルチノースが結合した配糖体である。特にソバはルチン含有量が多いことから健康食品として期待されており、国内生産および輸入量や消費仕向も増加傾向にある⁶⁾。そのためルチン含有量を高めたソバの開発が進むほか、ソバ子実と比較してルチン含有量の高いソバ葉粉末の有効利用も検討されているが^{7,8)}、調理加工用素材としての利用は十分とはいえず、ルチン含有量を高めることによる調理加工への影響は解明されていない部分が多い。またソバ粉は製麺時に小麦粉が添加される他、菓子類の調理加工の際に卵や牛乳などが副材料として混合されることが多い。近年ではゼラチンを用いて嚥下を容易にしたソバ粉およびそば茶ゼリーなども市販されている。これら小麦、卵、牛乳およびゼラチンはプロリンを含有していることから⁹⁾、そば粉中のルチンがこれらの食品タンパク質と相互作用を示して、ソバ添加食品の口当たりに影響を及ぼす可能性が考えられる。このことは、ルチンと同じ多価フェノールであるタンニンとゼラチンの相互作用についての研究論文¹⁰⁾の中で、タンニンがプロリン残基数

の多いゼラチンとの親和性が高く、タンパク質の構成アミノ酸、分子量、立体構造、pH などによりその親和力が異なることが既に報告されていることから示唆される。

そこで、我々はソバの調理加工時におけるルチンとタンパク質との相互作用を解明するための基礎実験の一つとして、“ゼリー状ソバ食品”を想定した“ルチン-ゼラチン混合モデル試料”をルチン濃度を変えて調製し、ゲルの性状におよぼすタンパク質の分子量および酸性から中性領域における pH の影響についてレオロジー特性を検討した。ルチンは3分子の水を取り込んで結晶形成することが知られており¹¹⁾、予備実験のゲル化過程においてもルチン結晶が観察されたことから、その析出状態とタンパク質との相互作用も検討したので併せて報告する。

実験方法

1. 実験材料

ルチンは95% ルチンハイドレート（シグマ(株)製）を用いた。

ゼラチンは新田ゼラチン(株)製で、処理法、抽出温度、JISによる特性値を表1に示した。

表 1. ゼラチン試料の特性値*

	低温抽出ゼラチン	高温抽出ゼラチン
ゾルの pH	5.6	5.6
ゾルの粘度 (mPa·s)	4.5	2.9
ゼリー強度 (g)	274	105

* JIS の試験方法 (K6503-2001) による (新田ゼラチン提供)

* 金沢学院短期大学
(Kanazawa Gakuin College)

** 東京家政大学
(Tokyo Kasei University)

§ 連絡先 金沢学院短期大学 〒920-1392 石川県金沢市末町 10
TEL 076(229)8954 FAX 076(229)1352

2. 試料調製

1) 破断特性測定ならびに電子顕微鏡観察用ルチン-ゼラチン混合ゲル

ゼラチンの前処理法の違いによる破断特性値への影響を見るために、アルカリ処理低温抽出および高温抽出ゼラチン各 3 g を用い蒸留水を各 10 g 加えて 10 分間膨潤させた。さらに各々に蒸留水 70 g を加え、湯煎（品温 60℃）にて 20 分間定速（250 rpm）攪拌することでゼラチンゾルを得た。ここにソバ粉およびソバ葉中に含まれるルチン量^{8,12)}を想定し、最終濃度が普通ソバ粉系として 50~100 ppm、品種改良ソバおよびダッタンソバ粉（以下、高ルチンソバ粉と略記）系として 250~1,000 ppm、ソバ葉系として 2,500~5,000 ppm となるようにルチンを添加した。ルチンは難水溶性であることから、充分溶解させるための手段として今回は 10 ml のメタノールに溶解して利用した。さらに実際の調理の場面で加えられる調味料や添加剤による pH の影響を想定して、0.1 N 塩酸または 0.1 N 水酸化ナトリウムを用いて pH 5.0, 6.5, 7.5 に変えたルチン-ゼラチン（アルカリ処理低温抽出）混合ゾルを調製した。その後品温 50℃ で内径 33 mm 高さ 14 mm の小型シャーレに分注し、5℃ で 2 時間保持して破断特性測定ならびに電子顕微鏡観察用試料とした。

2) 結晶観察用ルチン-ゼラチン混合ゲル

アルカリ処理低温抽出ゼラチン 0.5, 3, 10 g に蒸留水を加えて上記と同様にゼラチンゾルを調製した後、最終濃度が 1,000 および 5,000 ppm となるようルチンを添加してルチン-ゼラチン混合ゾルを調製した。これをゼラチン無添加ルチン水溶液とともに冷蔵庫で 24 時間まで保存し結晶観察用試料とした。

3. 測定方法

1) 破断特性の測定

レオロメーター（(株)山電製, RE-3305）を用い、試料の直径：33 mm、試料の高さ：14 mm、プランジャー：16 mmφ の円柱形、クリアランス：10 mm、貫入速度：1 mm/sec、測定温度：25℃ として測定した。破断曲線の記録及び解析は、自動解析装置（(株)山電製, BAS-3305 W-LE）を用い、破断応力、破断歪率、破断エネルギーを求めた。試料数は 16~24 として測定を行い、その平均値を求めた。

2) 光学顕微鏡による結晶観察

冷蔵庫保存した各試料について、5, 10, 30, 60 分および 24 時間後に、光学顕微鏡を用いて観察し、結晶形成状況をポラロイドカメラにより撮影した。

3) 走査型電子顕微鏡（SEM）によるゲル構造の観察

2・1) の試料を約 2 mm の立方体に細切りにし、2.5% グルタルアルデヒド、0.1 M カコジル酸緩衝液（pH 5.5）固定液で 1 時間前固定し、引き続き 1% オスミウムによる固定（1 時間）を 2 回行い、1% タンニン酸で固定した。

さらにオスミウム固定を 1 時間行い、エタノール系列で脱水後、酢酸イソアミルで置換した。その後、炭酸ガスにより臨界点乾燥した試料に白金パラジウムをコーティングして走査型電子顕微鏡（JSM-840）で観察した。

結果および考察

1. ルチン-ゼラチン混合ゲルの破断特性

1) ゼラチンの前処理法の違いによる影響

ゼラチンの構成アミノ酸であり、タンニンと親和性の高いプロリンは低分子型より高分子型ポリプロリンにおいて結合能が高い¹⁰⁾ ことから、ルチンとの親和性にもタンパク質の分子量が関連すると考えられる。ゼラチンは高温抽出よりも低温抽出されることにより分子量分布域が高分子側にシフトすることが明らかにされている¹³⁾。そこで 2・1) で調製した試料ゲルを用いて、ゼラチンの前処理法の違いがルチン-ゼラチン混合ゲルの破断特性におよぼす影響をルチン添加濃度を変えて検討し、結果を図 1 に示した。

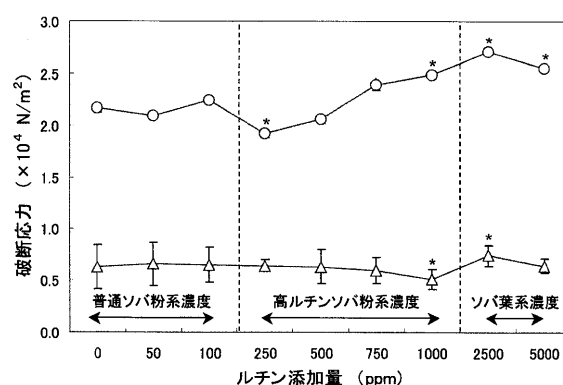


図 1. ゼラチンの前処理法およびルチン添加濃度の違いによるルチン-ゼラチン混合ゲルの破断応力

△：ルチン-高温抽出ゼラチン（pH 5.7），○：ルチン-低温抽出ゼラチン（pH 5.7）

* 0 ppm に対して有意差あり（ $p < 0.01$ ）

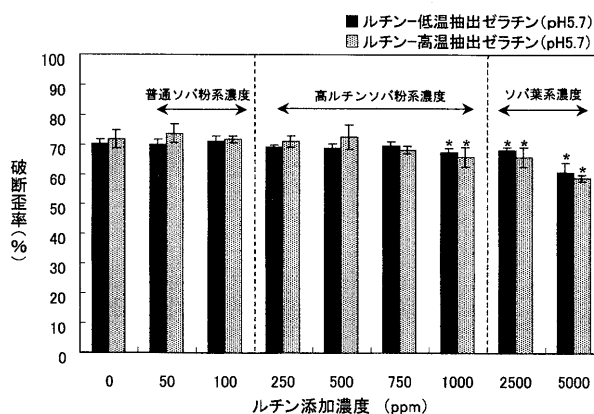


図 2. ゼラチンの前処理法およびルチン添加濃度の違いによるルチン-ゼラチン混合ゲルの破断歪率

* 0 ppm に対して有意差あり（ $p < 0.01$ ）

低温抽出ゼラチンはルチン添加濃度 250 ppm で破断応力が低下し、さらに添加濃度を増加させると 2,500 ppm 濃度までは段階的に上昇し、5,000 ppm 濃度では値が低下した。低分子である高温抽出ゼラチンを用いた場合、全ての添加濃度において低温抽出の場合と比べ破断応力は低い値を示したが、750 ppm 濃度まではルチン無添加 (0 ppm) に対する有意な差はみられなかった。これは、高温抽出ゼラチンは組成が複雑で不純物が多いとされていることから¹⁴⁾、ゲルネットワーク形成時におけるルチンの影響を受けにくくなったと考えられる。ゲルの強度はゲル中でのゼラチン分子の配列や分子間の架橋に依存すると考えられ、低温抽出ゼラチンにおけるルチン添加濃度 250~5,000 ppm および高温抽出ゼラチンにおける 1,000~2,500 ppm で、ルチン-ゼラチン混合ゲルは有意に硬さを増すことから、ルチンがゼラチン分子のネットワークに対し支持的に作用する可能性が示唆された。

またいずれの処理法においてもルチン添加濃度 750 ppm 以上でゲル中にルチン結晶が目視されるようになり、さらに添加濃度の上昇に伴い結晶量が増加し、2,500 ppm 濃度以上では白濁状のゲルになった。なお添加濃度 500 ppm では小型のルチン結晶が顕微鏡観察された。図 2 の破断歪率の結果では、わずかな差ではあるが結晶が目視されるルチン 750 ppm 濃度以上で低下する傾向がみられ、1,000 ppm 濃度以上では濃度の増加に伴いルチン無添加 (0 ppm) に対して有意に値が低下した。ルチン 5,000 ppm 濃度では破断応力も低下することから、著しく結晶が増大する場合ではゼラチン分子のネットワーク形成が阻害される可能性も考えられた。

このように、破断歪率においては低温、高温抽出ゼラチンともに高濃度領域でルチン添加による影響が顕著にみられ同様の傾向を示したが、破断応力については、低温抽出 (高分子) ゼラチンにおいて比較的低濃度のルチン添加で破断応力が変動することが明らかとなった。

2) pH の影響

pH 6.5 および 7.5 に調整した pH 調整混合ゲルは、ゼリー状ソバ食品に加えられる副材料 (たとえば、牛乳、卵および硬さや組織を安定するために加えられる食品添加物など) を添加した場合の pH を想定しており、このときのルチン-ゼラチンゲルの破断特性を測定した。また、ゼラチンは他のタンパク質と異なり等電点 (pH 4.8~5.0) において沈殿せず白濁ゲルを生ずるが、タンニンの添加により沈殿凝集物が形成される¹⁵⁾ことから、pH 5.0 調整混合ゲルはゼラチンに対するルチンの結合能を比較できると考え、ゼラチンの等電点での挙動を観察するために調整したものである。図 3 に各ゲルの破断応力を、図 4 に破断歪率を示した。

pH 7.5 ではルチン 100 ppm 濃度で破断応力が有意に低下するものの、他の pH レベルでは無添加 (0 ppm) 対

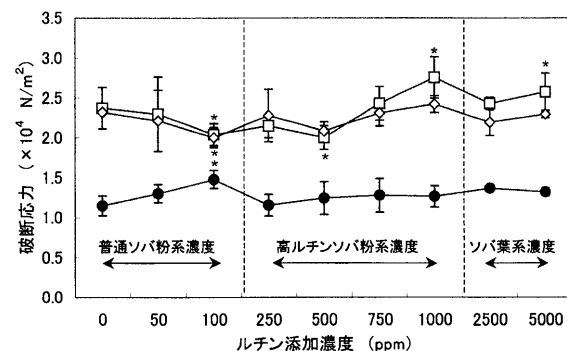


図 3. ルチン添加濃度と pH の違いによるルチン-ゼラチン混合ゲルの破断応力

●: ルチン-低温抽出ゼラチン (pH 5.0), □: ルチン-低温抽出ゼラチン (pH 6.5), ◇: ルチン-低温抽出ゼラチン (pH 7.5)
* 0 ppm に対して有意差あり ($p < 0.01$)

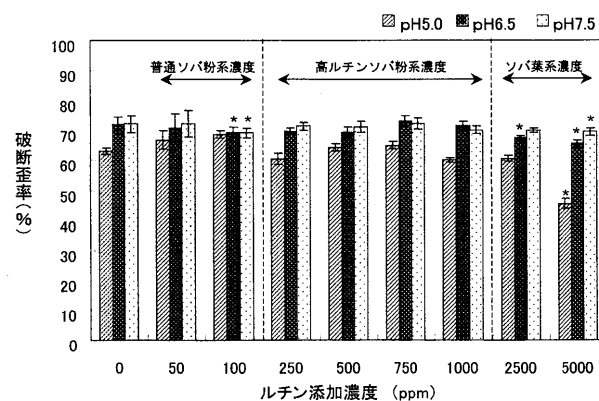


図 4. ルチン添加濃度と pH の違いによるルチン-ゼラチン混合ゲルの破断歪率

* 0 ppm に対して有意差あり ($p < 0.01$)

して差がみられなかったが、pH 6.5 では各濃度において値が複雑に変動した。また、pH 6.5 では 1,000 ppm から、pH 7.5 では 2,500 ppm から結晶が目視され、さらに濃度が増すことで破断歪率が有意に低下した。また、pH 5.7 の場合と比較して、pH 6.5 および 7.5 のルチン濃度の変化に伴う破断歪率の低下は緩やかであり、pH 5.7 と pH 6.5 における破断応力の最大値および最小値を示すルチン添加濃度は一致しないものの、その変動幅は同程度であった。pH 6.5 と 7.5 におけるルチン無添加 (0 ppm) での破断特性値はほぼ等しいことから、pH 6.5 レベルでもルチンの影響を受けやすいと言える。これは、アルカリ剤添加によるルチン分解が報告されているように¹⁶⁾ 0.1 N 水酸化ナトリウムによるルチンの分解が関与すると考えられるため、今後さらに追究したい。pH 5.0 調整混合ゲルはルチン 100 ppm 濃度においてわずかに破断応力が高くなる他はいずれの濃度レベルにおいても顕著な差はみられなかった。同じ多価フェノールであるタンニン酸の添加濃度が増加すると、ゼラチンゼリーは柔らかくなることが報告されていることから¹⁵⁾、この結果は、ルチン-ゼラチンの

ルチン添加ゼラチンのゲル化におよぼす pH の影響とルチン結晶の変化

相互作用がタンニンの場合とは異なることを示唆するものである。また、pH 未調整ゲルと同様に結晶が析出し、破断歪率が著しく低下した（図4）。このことは、等電点付近のゼラチンは側鎖の電荷の反発がなく、分子が糸まり状となりゾルの粘度が低下していることから、ゼラチンゲル自体が脆いゲルとなり、ルチン結晶が増大することでより崩れやすいゲルとなったと考えられる。

一般にゼリー状食品では、滑らかで喉ごしの良い品質が好まれるが、口中でざらつきを感じる固体粒子の限界の大きさは約 $25\ \mu\text{m}$ であるとされていることから¹⁷⁾、特に高濃度のルチン添加試料で見られるようなルチン結晶が析出することは、ゲルの滑らかさを低下させる要因となることが考えられる。また、pH 未調整の場合では、低温抽出ゼラチンに添加するルチン濃度が 0～100 ppm（普通ソバ粉系濃度）より、250 ppm～5,000 ppm（高ルチンソバ粉系およびソバ葉系濃度）での破断特性の変動が比較的大きいことから、普通ソバを利用することで安定した品質のゼリー状ソバ食品を調製することができると考えられる。また、高ルチンソバ粉やソバ葉を用いる場合には、pH を 7.5 付近に調整することで結晶析出を抑制し、安定した品質を保持することが可能であると思われる。

2. 光学顕微鏡観察による結晶形成の変化

ルチン-ゼラチン混合ゲルの破断特性は pH や結晶形成の有無が影響し、その結晶形成速度はゼラチンゲルのネッ

トワーク形成に影響をおよぼすと思われる。そこで、顕微鏡観察結果から、ゼラチンゾルからゲルにおけるルチン結晶の変化について検討した。図5はルチン添加濃度 5,000 ppm の場合、図6は 1,000 ppm 濃度とした場合のルチン結晶の経時変化を見たものである。また、結晶析出にはタンパク質濃度の影響も考えられるため、ゼラチン濃度の影響もあわせて検討した。

図5より、いずれのゼラチン濃度においても添加直後から結晶が析出し始め、5分後ではすでに約 0.2～0.5 mm の結晶が観察されたが、ゼラチン濃度が高いほど結晶は小さかった。1時間後、ゼラチン無添加ではより密に集合して扇状に束になった長い針状結晶が絡まりあっており、ゼラチン濃度 0.5% では繊維長がやや短く幅広く集合した結晶が観察された。ゼラチン 3% および 10% 濃度では1時間後にはゲル化しており、結晶の先端が折れているのが観察された。いずれの試料においても 24 時間後の結晶状態は 1 時間後の形態と同じで変化が見られなかった。

図6に示すようにルチン 1,000 ppm 濃度においては 5,000 ppm 濃度（図5）よりも結晶析出が遅れ、ルチン添加後 30 分からルチンの針状結晶が観察できるようになった。ゼラチン無添加では時間の経過に伴い結晶の繊維長が長くなる様子が観察されたが、0.5% 濃度では繊維長の短い塊状の結晶が観察され、24 時間後には枝分かれした結晶構造が見られた。ゼラチン 0.5% 濃度では 24 時間の冷

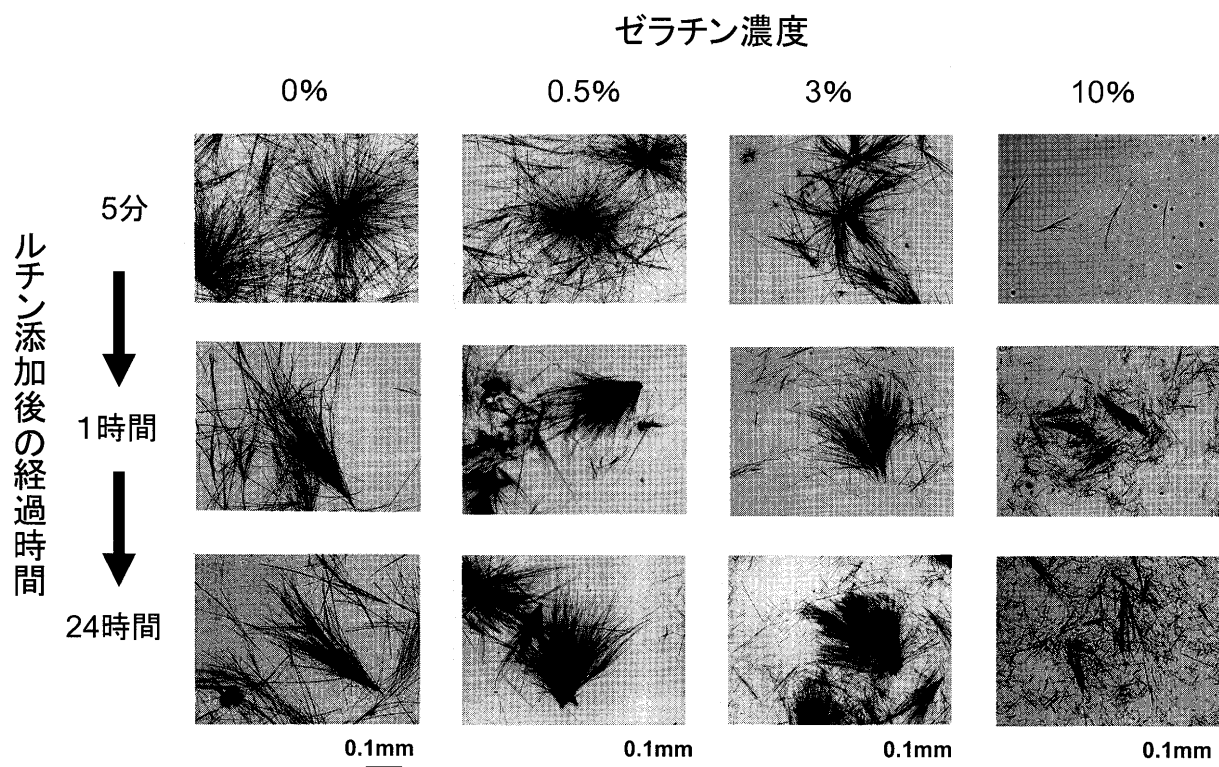


図5. ルチン結晶の経時変化（ルチン濃度 5,000 ppm）
ゼラチン：アルカリ処理低温抽出ゼラチン（pH 未調整）
冷却温度：5℃（冷蔵庫内）

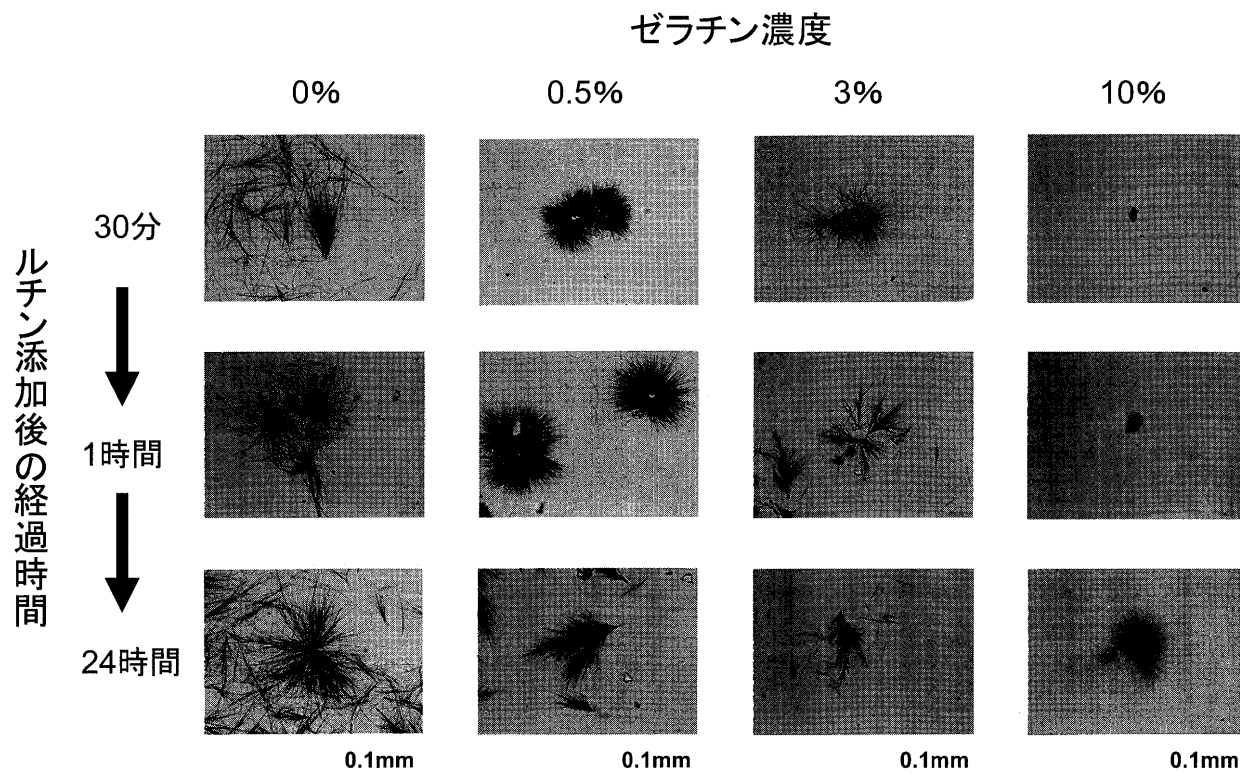


図6. ルチン結晶の経時変化 (ルチン濃度 1,000 ppm)
ゼラチン: アルカリ処理低温抽出ゼラチン (pH 未調整)
冷却温度: 5℃ (冷蔵庫内)

蔵でもゲル化せずゾル状態であるにも関わらず、ゼラチン無添加における結晶とは異なっていることから何らかのタンパク質との相互作用の関与が考えられた。さらにゼラチン濃度が3%から10%と高くなるにつれて結晶化は遅れ、その形状は24時間後でも小さかった。

ルチンは水和量が小さく結晶が形成されるまでは疎水コロイドとして水溶液中に存在すると考えられる。ゼラチンは水和性の高い親水コロイドであり保護コロイドとして疎水コロイドを取り囲み凝析しにくくする作用が高い¹⁸⁾。そのため、ゼラチンがルチン表面に吸着して結晶化を抑制すると考えられ、ゼラチン濃度が高くなるほどその抑制効果が強く現れることが推察される。時間の経過に従い結晶形成は進行するものの、ゼリーのような多水分系ソバ食品の調理に高ルチン系ソバを利用する際には、10%以上の保護コロイド作用の高いタンパク質（例えばゼラチン、乳アルブミン、卵白アルブミンなど）をルチンと混合することにより結晶析出を抑制することが期待できる。

3. 電子顕微鏡観察によるゲル構造の観察

ルチン-ゼラチン混合ゲルにおけるルチンとゼラチンとの相互作用を考察するために電子顕微鏡観察から検討した。試料はルチン結晶が観察されず破断応力がわずかに低下したルチン 250 ppm 濃度と、ルチン結晶が析出し、破断応力、破断歪率とも高い特性値を示した 1,000 ppm 濃度の試料を比較した (図7)。

ルチン 250 ppm 濃度の混合ゲルでは 2,000 倍で規則的であるがきめの粗い構造が観察され、15,000 倍で見ると、ルチン無添加 (0%) ゼラチンと比較して凝集したような太い組織が見られた。ルチン 1,000 ppm 濃度の混合ゲルでは、きめの細かな組織と粗い組織が層状に存在していることが分かった。きめの粗い部分を 15,000 倍で観察すると、ルチン 250 ppm 濃度の場合よりさらに太く凹凸のある状態が観察された。これはゼラチン分子のネットワーク形成が優位に進行した比較的細く密な部分と、ルチンの影響を受けたと考えられる太く隆起した組織が、ランダムに混在するためであると推定されるが、このような不均質な組織の広がり粗い構造を形成しゲルは歪みやすくなり、破断強度測定における歪率の低下につながると考えられる。

これらの結果はルチン添加により繊維状タンパク質であるゼラチンゲルの構造が明らかに変化し複合体が形成されていることを示唆するものである。そのため、これらの凝集したような太い組織構造が、化学的結合であるか物理的な吸着によるものかについて今後さらに検討する必要がある。また、ルチン添加濃度による組織変化から、ルチンとゼラチンが複合体を形成するには両者が反応しうる濃度があることが推察され、特に低温抽出ゼラチンの場合では 250 ppm 濃度付近が複合体形成の初期段階であると考えられる。ランダムに複合体が形成され始めるとゼラチンゲル

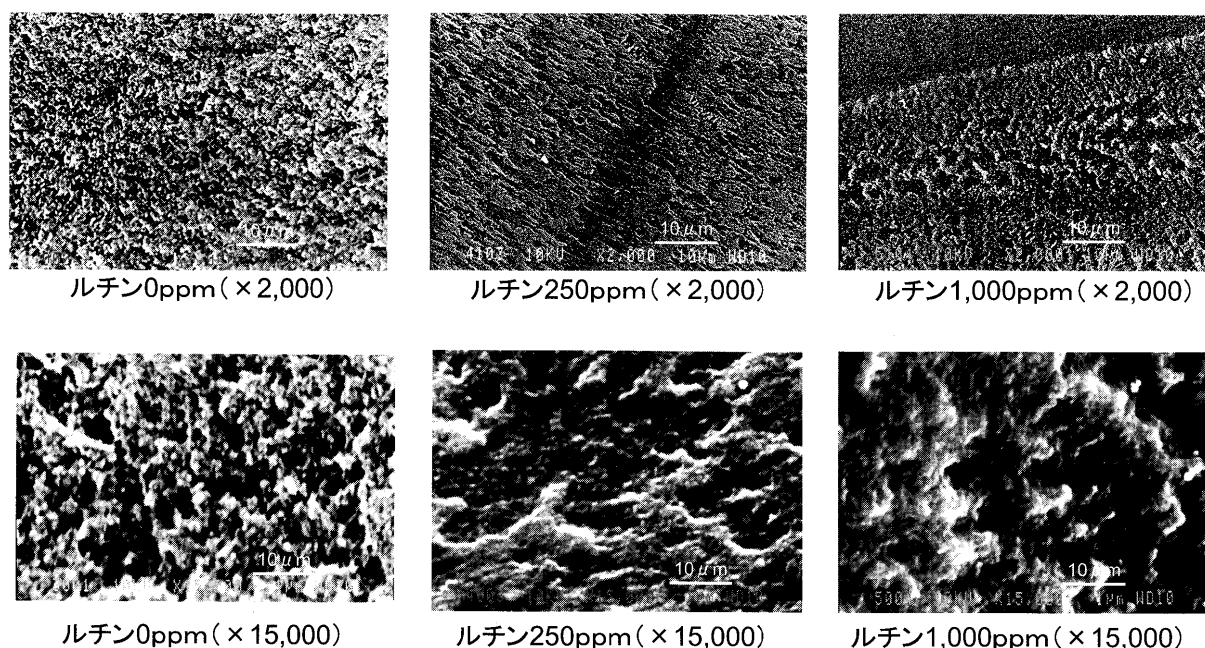


図7. ルチン添加ゼラチンゲルのSEM観察
 固定: OTO 導電処理法, 乾燥: 炭酸ガス臨界点乾燥
 観察: JSM-840, ゼラチン: アルカリ処理低温抽出ゼラチン

ネットワークのバランスが乱れ, 破断強度測定で見られた破断応力値の低下を引き起こすが, ルチン濃度の増加によりゼラチンの分子構造は太く強化されて硬さは増すようになる。一方で, きめの粗い太い構造に変化することで徐々に滑らかさが低下すると考えられるため, ゼリー状ソバ食品の調製にはソバ粉のルチン含有量を考慮することが必要になると考えられる。

要 約

ゼリー状ソバ食品を想定した基礎実験として, ルチン-ゼラチン混合試料のゲル化におよぼす pH の影響およびゲルの性状と結晶析出の変化について検討した結果, 以下のことが明らかとなった。

1. pH 未調整ルチン-ゼラチン混合ゲルの破断試験において, 低温抽出ゼラチン混合ゲルの破断応力は, ルチン添加濃度 250 ppm で最も低下し, その後添加量 2,500 ppm 濃度までは結晶析出量の増加に伴い段階的に上昇した。しかし, ルチン 5,000 ppm 濃度ではゲル中に著しく結晶が析出し, 破断応力, 破断歪率ともに低下した。このような低温抽出ゼラチン混合ゲルにおけるルチン添加量に対応した破断応力の変動に対し, 高温抽出ゼラチン混合ゲルの場合では, ルチン濃度 750 ppm までは応力の変動が少ないことから, ゲルネットワーク形成時にルチン添加量の影響を受けにくいことが示唆された。
2. pH 6.5 に比較して pH 7.5 調整ルチン-ゼラチン混合ゲルでは結晶が析出しにくく, 破断応力, 破断歪率に対するルチン添加の影響は少なかった。pH 5.0 調整ルチン-

ン-ゼラチン混合ゲルは pH 未調整試料と同様に結晶が析出し, いずれの濃度レベルにおいても破断歪率が低値であったものの, 破断応力におけるルチン添加濃度の影響は些少であった。

3. ルチン 5,000 ppm 濃度では 5 分後には混合ゲル中に約 0.2~0.5 mm の針状結晶が形成されるが, 1,000 ppm 濃度では結晶の析出が遅くなった。また, いずれの添加濃度においてもゼラチン濃度を高めることにより結晶化は遅くなり, その形状は小さくなった。
4. ルチン-ゼラチン混合ゲルはルチン添加量の増加により明らかに構造が変化し, 凝集したような太い組織を有していたことから, ルチン-ゼラチン複合体の形成が示唆された。

終わりに, 本研究においてご協力いただいた金沢医科大学 栗原孝行講師, ならびにゼラチンを提供していただいた新田ゼラチン(株)に対し深謝いたします。

文 献

- 1) Matsubara, Y., Kumamoto, H., Iizuka, Y., Murakami, T., Okamoto, K., Miyake, H. and Yokoi, K. (1985), Structure and hypotensive effect of flavonoid glycosides in *Citrusunshiu* peelings, *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 909-914
- 2) Yildizoglu-Ari, N., Alton, V. M., Altinkurt, O. and Qzturk, Y. (1991). Pharmacological effects of rutin, *Phytotherapy Research*, **5**, 19-23
- 3) Afanas'ev, I. B., Dorozhko, A. I., Brodskii, A. V., Kostyuk, V. A. and Potapovitch, A. I. (1989). Chelating and free radi-

- cal scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation, *Biochem. Pharmacol.*, **38**, 1763-1769
- 4) van Acker, S. A., Tromp, M. N., Haenen, G. R., van der Vijgh, W. J. and Bast, A. (1995), Flavonoids as scavengers of nitric oxide radical, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, **214**, 755-759
- 5) Mazzio, E. A., Harris, N. and Soliman, K. F. (1998), Food constituents attenuate monoamine oxidase activity and peroxide levels in C6 astrocyte cells, *Planta. Med.*, **64**, 603-606
- 6) 食の安全推進室農産振興課 (2005), 「麦類・豆類・雑穀便覧」, 北海道農政部, 北海道, pp. 77-78
- 7) 長野県テクノ財団, 信州大学, 日穀製粉株式会社, 株式会社サラダコスモ, 米玉堂食品株式会社 (2003), 高機能性ソバ品種とその応用食品の研究開発成果報告書, 1-30
- 8) 大村芳正, 市川亮一, 井内晃 (1999), 雑穀の機能性評価と製品開発, 徳島県立工業技術センター研究報告, **8**, 113-120
- 9) 食品成分研究調査会 (2006), 改訂日本食品アミノ酸組成表, 「五訂増補 日本食品成分表」, 医歯薬出版株式会社, 食品成分研究調査会, 東京, pp. 434-456
- 10) 蛸原哲也, 横塚弘毅 (1997), ゼラチン/コラーゲンとタンニンの相互作用, 食品・食品添加物研究誌, **171**, 98-105
- 11) 化学大辞典編集委員会 (1962), 「化学大辞典 9」, 化学大辞典編集委員会, 共立出版, 東京, pp. 839-840
- 12) 氏原暉男, 北林広巳, 南峰夫 (1997), 世界のソバにおけるルチン含量の品種間差, *New Food Industry*, **39**, 63-68
- 13) 河村フジ子, 高柳茂代 (1990), ゼラチンの耐熱性について—加熱によるゾルの分子量とゲルの破断特性の変化—, 家政誌, **41**, 825-831
- 14) 白井邦郎 (1978), 食用ゼラチン, 調理科学, **11**, 23-30
- 15) 河村フジ子, 中島茂代, 森清美 (1978), ゼラチンゲルの特性に及ぼす要因について (第3報) アルコールの影響, 家政誌, **29**, 47-51
- 16) 有田俊幸, 沼田邦夫, 齋尾恭子 (1999), ダッタンソバ粉の色素の黄変を利用した中華めんの製造について, 東京都立食品技術センター研究報告, **8**, 35-40
- 17) 中江利昭ほか (2001), 第3章食品工業, 「レオロジー工学とその応用技術」, フジ・テクノシステム, 中江利昭, 東京, pp. 486
- 18) 中垣正幸 (1990), コロイド分散系の安定性, 「食品ハイドロコロイドの科学」, 西成勝好, 矢野俊正, 朝倉書店, 東京, pp. 88

(平成 18 年 11 月 6 日受付, 平成 19 年 3 月 26 日受理)

和文抄録

我々はソバの調理性の向上を目指し, ルチン-アルカリ処理ゼラチン混合試料を用いて, ルチンと食品タンパク質との相互作用についての基礎研究を行った。ルチン濃度と pH を変えて調製しゲル化させた試料を用いて, レオロメータによるゲルの破断特性測定, 走査型電子顕微鏡 (SEM) によるゲルの構造観察により検討するとともに, ゲル中に析出したルチン結晶の顕微鏡観察からも考察した。

ルチン-ゼラチンゲルの破断特性はルチンの結晶量やゲルの pH 環境によって変化した。また, タンパク質濃度が高くルチン濃度が低くなるとルチン結晶は析出しにくく小さな形状となることが分かった。SEM 観察では高濃度ルチンの試料において, ゼラチンの網目構造中に凝集したような太い構造が確認された。この構造は濃度に関係なくルチン添加試料において観察されたため, ゲルの構造は明らかにルチン添加により変化したと言える。

以上の結果より, ルチンとゼラチンを混合すると両者の複合体が形成されることが示唆された。