

# タンニンとタンパク質の結合を活用したタマゴ加工品の開発

島根大学人間科学部・教授 鶴永 陽子

## ■ 緒言

渋柿の渋抜きには、ドライアイス法、温湯法などがあるが、脱渋後の加熱処理で渋戻り(復渋)する問題があることから加工品への利用が限定されていた。そこで、著者らは、渋味成分のカキタンニンにタンパク質を添加して複合体を形成させる渋抜き方法を開発した。この方法は、加熱により復渋する問題を解決できるだけでなく、タンニン由来の渋味、えぐみが和らぎ、豆乳と混和することでゲルを形成する効果があることを見いだし、洋菓子や麺類への応用を明らかにしてきた<sup>1,2,3)</sup>。しかし、一方で、添加するタンパク質素材の種類や添加方法によって、品質が大きく変化する問題点もある。本研究では、カキに限らず、複数のタンニン素材について、タンニン-タンパク質の複合体形成の特性を卵の調理加工に効果的に応用することを目的に、タンニンが卵の熱凝固・乳化・起泡性などの調理加工特性に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

## ■ 方法

### (1) タンニン素材の検索

卵タンパク質と強固に結合するタンニン(ポリフェノール)を見い出すことを目的に、未利用資源の8種の素材と、比較のために3種の野菜についてタンニン含量を測定した。供試植物は、クズ(葉)、セイヨウタンポポ(葉)、ヤマモモ(葉)、イチヨウ(葉)、サツマイモ(葉)、アカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)、クリ(渋皮)、ブロッコリー、シュンギク、タマネギである。採取した試料を超低温冷凍庫(Panasonic製, MDF-C8V1-PJ)にて-80°Cで凍結し、凍結乾燥機(CHRIST製, ALPHA1-2 LDplus)により乾燥を行った。凍結乾燥品を粉碎し、60%エタノールを溶媒とし、40°C、2時間で抽出を行った。得られた抽出液についてフォーリン法によりタンニン含量を測定した。

### (2) タンニンエキス調製方法

上記(1)タンニン素材の検索にて高いタンニン含量が認められた、アカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)を用いてタンニンエキスを作成した。方法は、各素材の凍結乾燥粉末をメディウム瓶に入れ、蒸留水を添加し、オートクレーブ(トミー精工製, LSX-300)で120°C 20分処理後冷却し、遠心分離機(TOMY, LCX-100)にかけ、上澄み液をタンニンエキスとした。タンニンエキスのタンニン含量を直ちに測定し、500mg カテキン相当量/100mLになるよう適宜希釈して、卵の熱凝固・乳化・起泡性の実験に使用した。

### (3) タンニンエキスが卵の熱凝固に及ぼす影響

全卵および卵白についてタンニンエキスの添加が熱凝固に及ぼす影響について検討した。全卵は殺菌冷凍全卵(三幸食品社製)を、卵白は殺菌冷凍卵白(三幸食品社製)を流水で解凍して使用した。対照区は卵液120gに蒸留水60gを添加し、エキス10g区は卵液120gにエキス10g・蒸留水50gを、エキス30g区は卵液120gにエキス30g・蒸留水30gを、エキス60g区は卵液120gにエキス60gを添加し、ブレンダーで1分間攪拌してビーカーに移し15分間静置した。その後、直径40mm、高さ15mmのステンレス製シャーレ(株式会社山電社製, ST-40)に入れ、スチームコンベクションで90°C 15分加熱して、余熱で3分間ゲル化後、冷蔵庫で冷やして試験に供した。色調はカラーリーダー(コニカミノルタ センシング株式会社製, CR-13)、物性はクリープメーター(株式会社山電社製, RE2-33005)を用い、ロードセル200N、測定歪み率66.67%、測定速度10(mm/sec)、プランジャーNo.56を用いてかたさ応力、凝集性、付着性を測定した。

### (4) タンニンエキスが卵の乳化性に及ぼす影響

乾燥全卵(キューピータマゴ株式会社製, 乾燥全卵 No.1)ならびに乾燥卵黄(キューピータマゴ株式会社製, 乾燥卵黄 No.11)の乾燥粉末を使用した。乾燥粉末に対し、重量1.25倍の水を添加して全卵溶液、卵黄溶液を得た。次に表1に示すとおりの水、卵液、タンニンエキス、綿実油を入れ、水平式振とう機(東京理化器械株, MMS-1020 267910 往復)で攪拌(250rpm, 30分間)したのち、37°Cの恒温槽で30分間静置し、遠心分離機(TOMY, LCX-100, 1000rpm, 1分間)にて処理した。肉眼ならびにデジタルカメラにて乳化の有無を確認した。

## (5) タンニンエキスが卵白の起泡性に及ぼす影響

起泡性の試験には乾燥卵白(キューピータマゴ株式会社製, 乾燥卵白 W タイプ)を使用した。対照区は乾燥卵白:水=11:89になるよう加水し、タンニンエキス添加区については、全重量に対してタンニンエキスが10%もしくは50%になるよう、タンニンエキスを添加した重量分については水量を減らして調製した。次に、メレンゲの調製方法は、卵白と水もしくはタンニンエキス混和溶液に対して1.8倍量の上白糖を4回に分けて入れ、攪拌にはハンドミキサーを使用した。見かけの比重は一定体積のメレンゲの重量/同一体積の水の重量により算出した。物性はクリープメーター(株式会社山電社製, RE2-33005)を用い、ロードセル20N、アンプ10倍、測定歪み率66.67%、測定速度10(mm/sec)、プランジャー No.56 を用いてかたさ応力、凝集性、付着性を測定した。

### ■ 結果および考察

#### 実験1 卵タンパク質と強固に結合するタンニンの検索とエキス調製方法

卵タンパク質と強固に結合するタンニンを見いだすことを目的に、未利用資源を中心に8種の素材について可溶性タンニン含量を測定した。その結果、対照として用いたブロッコリー、シュンギク、タマネギなどの野菜よりも、未利用資源の可溶性タンニン含量は非常に高かった(図1)。特に、アカメガシワ(葉)の可溶性タンニン含量は11,445、カキ(未脱渋果実)は4,478、クリ(渋皮)は27,207mgカテキン相当量/100gDWもの値を示し、可溶性タンニンを非常に多く含んでいることが明らかとなった(図1)。そのため、卵の熱凝固・乳化・起泡性などの調理加工特性に及ぼす影響について、アカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)ならびにクリ(渋皮)を使用することとした。エキスのpH、Brix、L\*、a\*、b\*を表2に示す。

#### 実験2 タンニンエキスが卵の熱凝固に及ぼす影響

##### 1) 物性

図2にタンニンエキス添加によるゲルの物性(かたさ応力、凝集性、付着性)を示した。アカメガシワ(葉)の卵白60g区は凝固しなかった。エキス添加のない対照区的全卵ならびに卵白で比較すると全卵の方がかたさ応力、凝集性、付着性が高い結果となった。かたさ応力、凝集性、付着性の中でもっともタンニンエキス添加の影響が認められたのはかたさ応力であった。全卵のかたさ応力については、アカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)ならびにクリ(渋皮)エキスのいずれも添加量の増加に伴い値は著しく減少し、卵白は増加する傾向が認められた(図2A)。凝集性、付着性については、エキスの素材によって異なる結果となり、一定の傾向は認められなかった(図2B、図2C)。

##### 2) 色調

図3にタンニンエキス添加によるゲルの色調を示した。明るさを示すL\*値については、全卵で比較するとタンニンエキスを添加しない場合が76であったが、タンニンエキス添加区では全ての素材で値が著しく減少し、アカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)ならびにクリ(渋皮)の10g区で、それぞれ51、59、53となり、暗い色調になることがわかった。卵白についても同様で、タンニンエキスを添加しない場合のL\*値が79であったが、タンニンエキス添加区では全ての素材で値が著しく減少し、アカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)ならびにクリ(渋皮)の10g区で、それぞれ64、65、55となり、暗い色調になることがわかった。全卵はタンニンエキス添加量を増やしてもL\*値の低下はなかったが、卵白は、タンニンエキス添加量が多いほど数値が下がり暗い色調になることがわかった(図3A)。全卵のa\*値については、加えるタンニンエキスの素材の違いで傾向が異なり、アカメガシワ(葉)は添加量の増加に伴い値が減少したが、カキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)はエキスを添加すると値が著しく低下するものの、添加量を増やすと値が高くなる傾向が認められた。卵白のa\*値はアカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)とも添加量の増加に伴い値が増加して褐変が進んだ(図3B)。全卵のb\*値はいずれのエキスを添加しても、添加しない場合と比較して値が著しく低下し、エキス添加量を増やしても値の増減は小さい結果となった。卵白のb\*値はカキ(未脱渋果実)では、添加量の増加に伴い値が増加したが、アカメガシワ(葉)とクリ(渋皮)では一定の傾向が認められなかった(図3C)。

原料であるアカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)ならびにクリ(渋皮)エキスのL\*値は24、30、24、a\*値は10、27、22、b\*値は23、7、9であることから(表2)、タンニンエキスの影響を受けたと考えられる。

#### 実験3 タンニンエキスが卵の乳化性に及ぼす影響

図4、図5、図6にそれぞれアカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)ならびにクリ(渋皮)のエキス添加量と全卵と卵黄の乳化性についての写真を示した。全卵、卵黄溶液を添加していない対照区では、

明らかに水と綿実油が分離していたが、全卵溶液や卵黄溶液を添加した処理区(全卵1、卵黄1)では水と綿実油が混和され乳化していた。タンニンエキスを添加しても乳化作用は損なわれず、また、エキス添加量を増やしても水と綿実油が分離することはなかった(図4～6の全卵2～4、卵黄2～4)。

#### 実験4 タンニンエキスが卵白の起泡性に及ぼす影響

図7に見かけの比重の結果を示した。対照区の値が0.28であったのに対し、タンニンエキスを全量の10%加えた場合はタンニン素材の違いにかかわらずいずれの処理区とも値が減少した。また、エキス添加量10%区と50%区で比較すると、エキス添加量10%区の方が50%区よりも見かけの比重が低いことがわかった。図8に色調の結果を示した。色調に関しては、タンニンエキスの添加で特に影響を受けたのはa\*値ならびにb\*値でL\*値への影響は小さかった。a\*値はアカメガシワ(葉)がタンニンエキスの添加により値が低下し、カキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)の場合はタンニンエキスの添加により値が増加した。b\*値はタンニンエキスの添加によりアカメガシワ(葉)とクリ(渋皮)では値が増加したが、カキ(未脱渋果実)では値が低下した。図9に物性の結果を示した。本実験ではかたさ応力、凝集性、付着性について検討した。かたさ応力については、カキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)の添加の影響力が大きく対照区が1,650Paであったのに対し、カキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)のエキス添加量10%区ではそれぞれ2,826Pa、2,875Paとなった。しかし、両者ともタンニンエキス添加量を50%に増やすと2,244Pa、2,318Paとなり値が低下した。凝集性についてはアカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)、クリ(渋皮)ともエキス添加量50%区で最も値が高くなった。また、付着性についてはカキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)の添加の影響力が大きく対照区が458であったのに対し、カキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)のエキス添加量10%区ではそれぞれ723、718となった。タンニンエキス添加量を50%にしても値の増減はほとんどなかった。

#### ■ 要約

タンニンはタンパク質と強固に結合する性質があることから、卵の調理特性に影響を及ぼす可能性がある。そこで、本研究では、タンニンが卵の熱凝固・乳化・起泡性などの調理加工特性に及ぼす影響について植物素材よりタンニンエキスを調製して検討した。タンニンエキスの材料としてアカメガシワ(葉)、カキ(未脱渋果実)ならびにクリ(渋皮)を用いた。熱凝固への影響については、タンニンエキスを添加するとその添加量の増加に伴い全卵のかたさ応力が著しく低下し、卵白では増加する傾向が認められた。乳化性に関しては、タンニンエキス添加による影響は確認されなかった。起泡性について、メレンゲ調製時にタンニンエキスを添加して物性を測定したところ、カキ(未脱渋果実)とクリ(渋皮)では少ない添加量(本実験では10%)ではかたさ応力が増し、添加量を増やすと(本実験では50%)低下することが明らかになった。本研究により、タンニンエキスの添加は熱凝固と起泡性に影響を及ぼすことと、タンニン素材ならびにタンニンエキス添加量により影響の出方および程度は大きく異なることが示唆された。これらの特徴を上手く活用すれば、タンニンとタンパク質の結合を活用した新たなタマゴ加工品の開発につなげることが可能と考えられた。

#### ■ 文献

- 1) 鶴永陽子, 仙田真夕, 榎野紋美, 三島晶太, 高橋哲也, 吉野勝美(2016), 渋ガキを用いたプディングの製造方法, 日本食品科学工学会誌, Vol.63(2), 70-77
- 2) 鶴永陽子, 福島梨加, 南山涼香, 三島晶太, 高橋哲也, 吉野勝美(2015), 可溶性カキタンニンがうどんの品質に及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, Vol.62(6), 282-289
- 3) 鶴永陽子, 高橋哲也, 山下稚香子, 鈴木秀規, 牧 慎也, 松崎 一, 近重克幸, 生田千枝子, 松本敏一(2012), 可溶性カキタンニンの化学反応性を利用したカキ洋菓子の製造, 日本家政学会誌, Vol.63, 185-192

表1 乳化試験における処理区

試験区	添加割合
対照区	水:油=6g:3g
全卵1	水:全卵溶液:油=3g:3g:3g
全卵2	水:エキス:全卵溶液:油=2.5g:0.5g:3g:3g
全卵3	水:エキス:全卵溶液:油=2g:1g:3g:3g
全卵4	水:エキス:全卵溶液:油=1g:2g:3g:3g
全卵5	エキス:全卵溶液:油=3g:3g:3g
卵黄1	水:卵黄溶液:油=3g:3g:3g
卵黄2	水:エキス:卵黄溶液:油=2.5g:0.5g:3g:3g
卵黄3	水:エキス:卵黄溶液:油=2g:1g:3g:3g
卵黄4	水:エキス:卵黄溶液:油=1g:2g:3g:3g
卵黄5	エキス:卵黄溶液:油=3g:3g:3g

表2 供試したエキスのpH、Brixならびに色調について(n=5)

	pH	Brix	Color		
			L*	a*	b*
アカメガシワ(葉)	4.05±0.00	2.90±0.00	24.20±0.35	10.22±0.39	23.28±0.50
カキ(未脱渋果実)	4.91±0.01	12.50±0.05	30.02±0.43	26.58±1.77	6.54±0.73
クリ(渋皮)	4.29±0.01	3.56±0.04	23.64±1.91	22.08±0.11	8.56±1.30

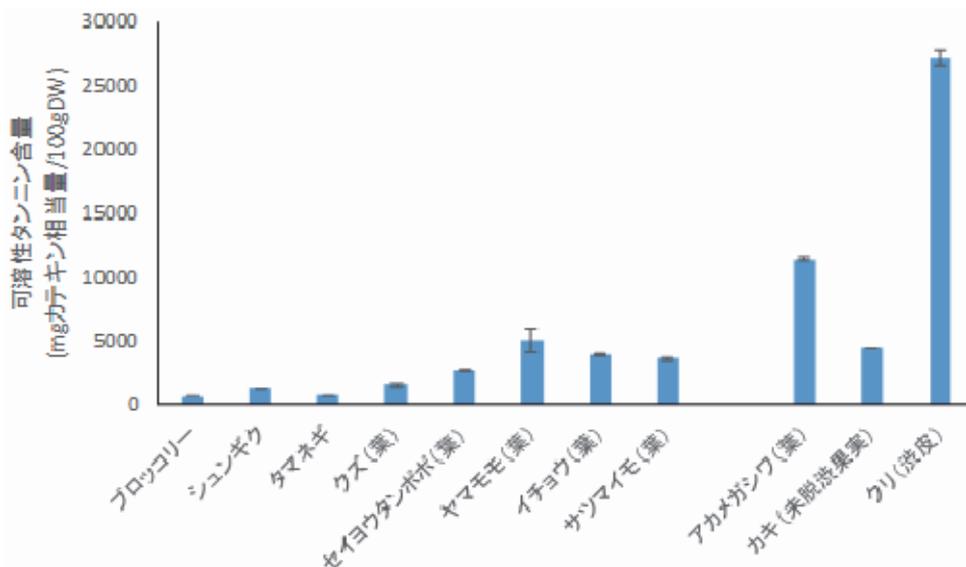


図1 各素材の可溶性タンニン含量

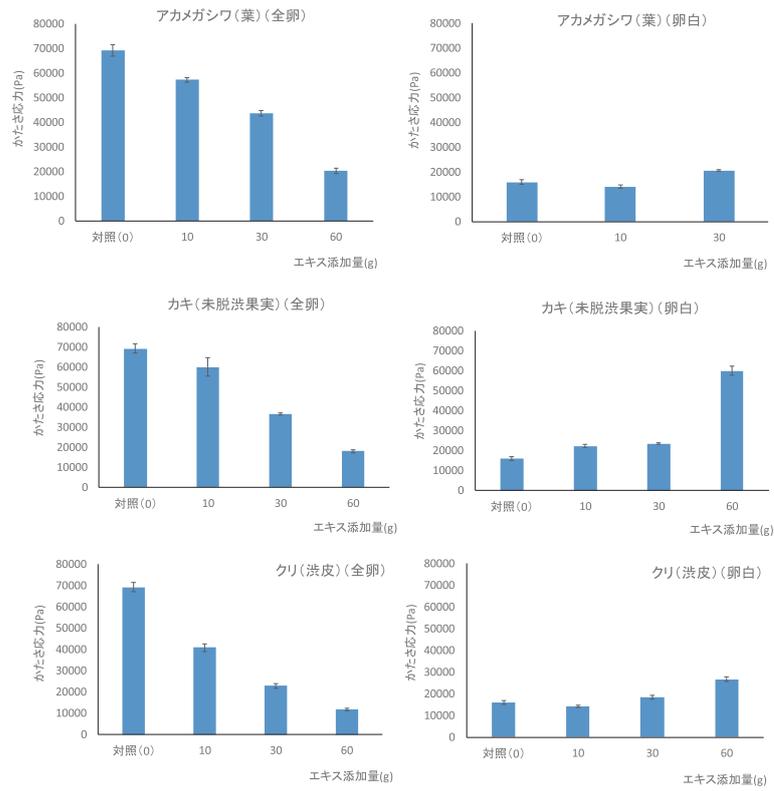


図 2 A タンニンエキスの添加量とかたさ応力

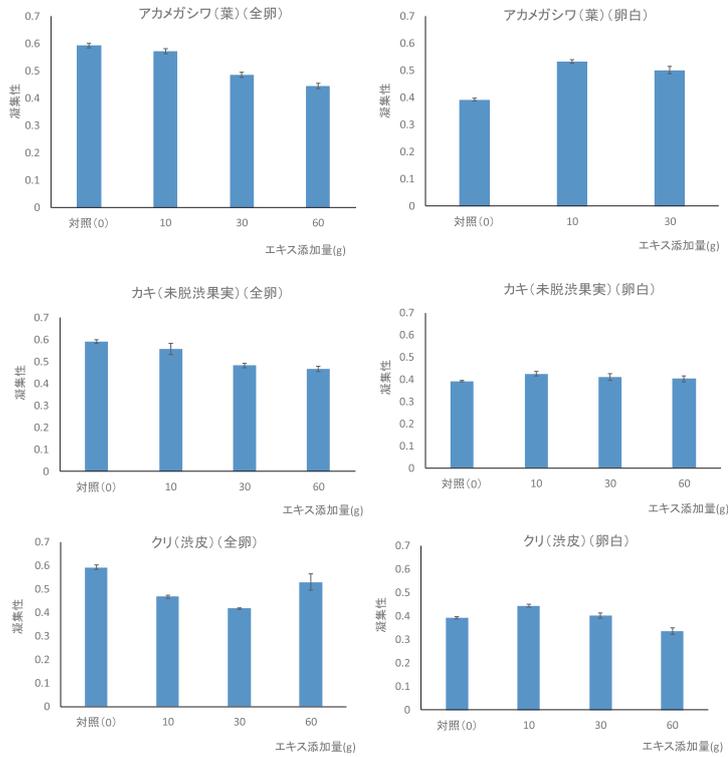


図 2 B タンニンエキスの添加量と凝集性

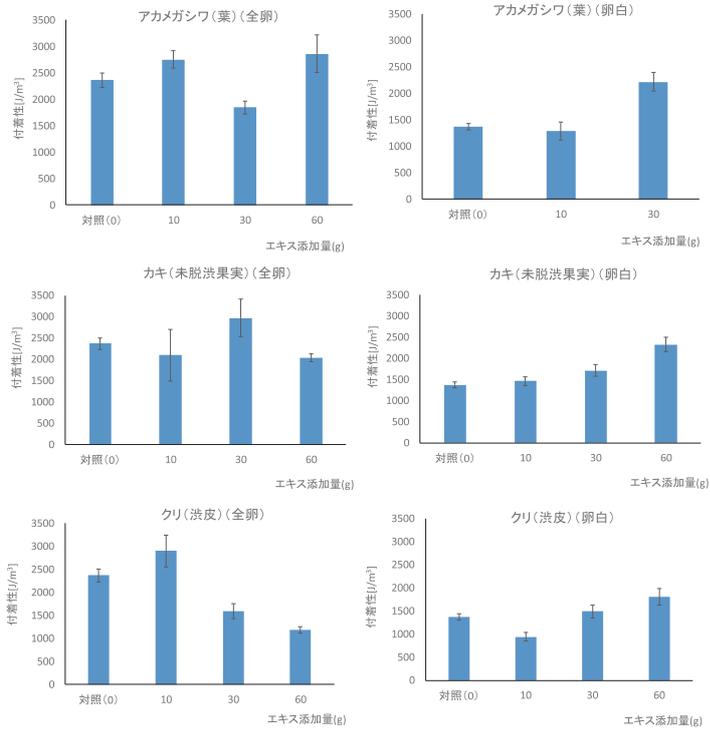


図2C タンニンエキスの添加量と付着性

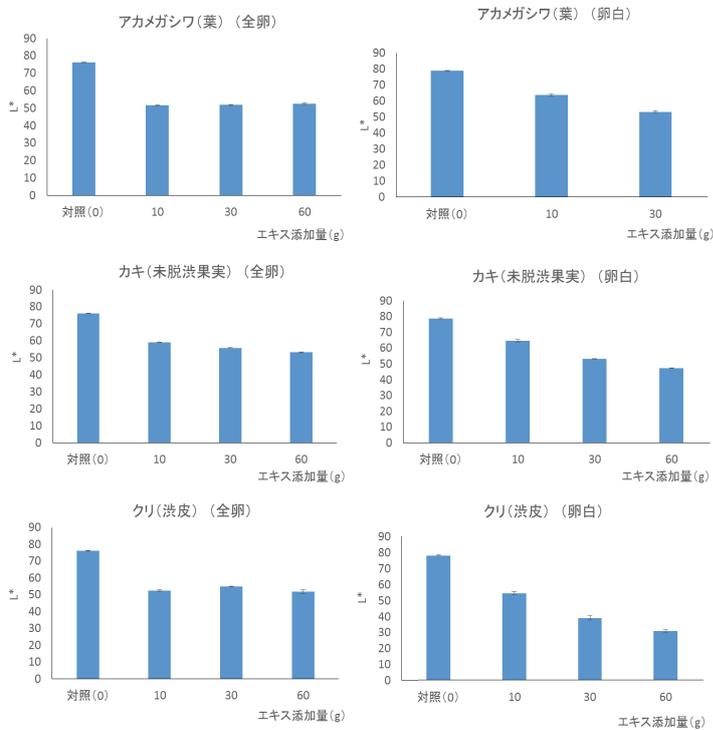


図3A タンニンエキスの添加量とL\*値

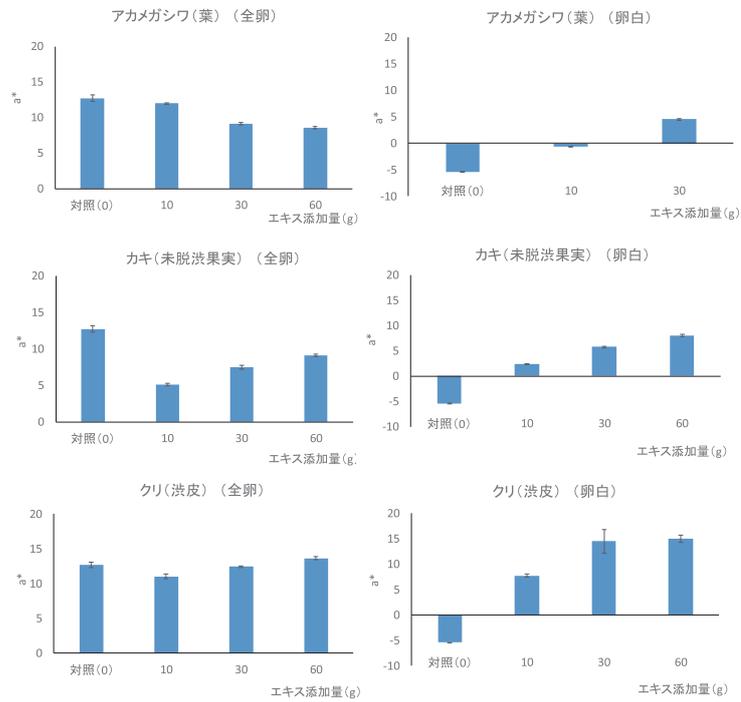


図 3B タンニンエキスの添加量と a\* 値

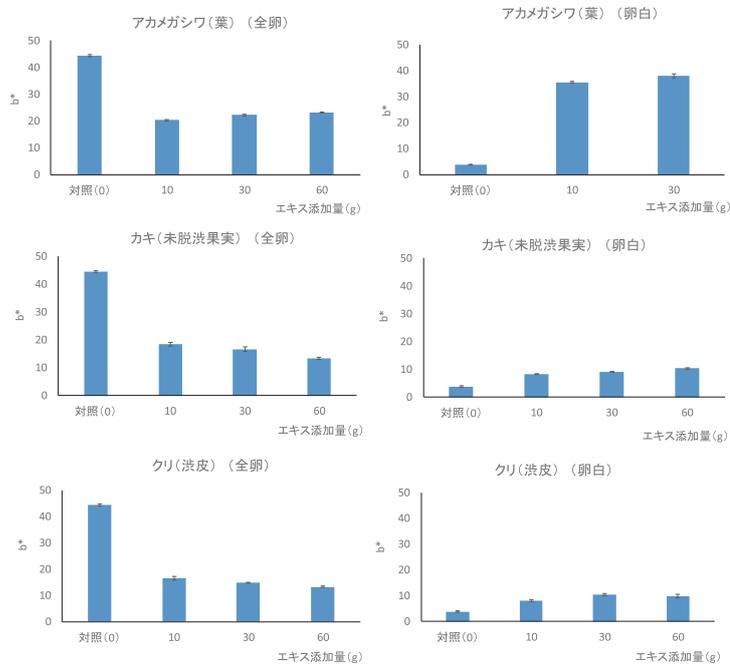


図 3C タンニンエキスの添加量と b\* 値

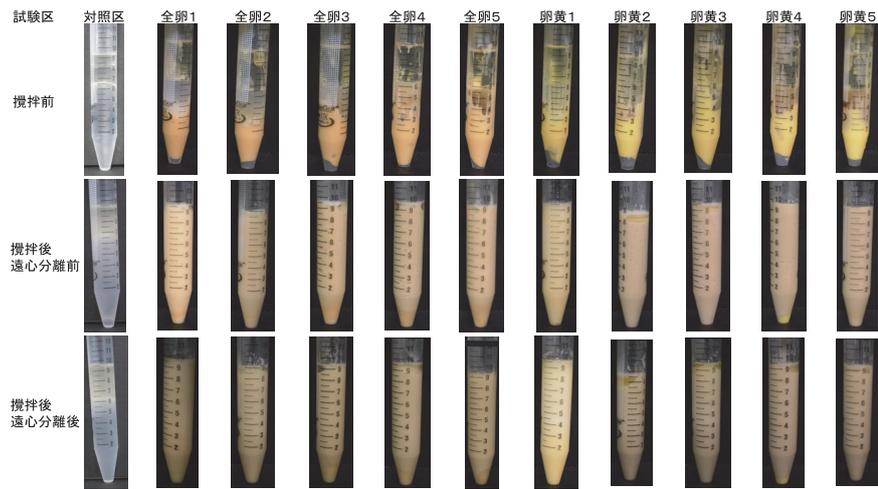


図4 アカメガシワ(葉)エキスの添加が全卵ならびに卵黄の乳化性に及ぼす影響

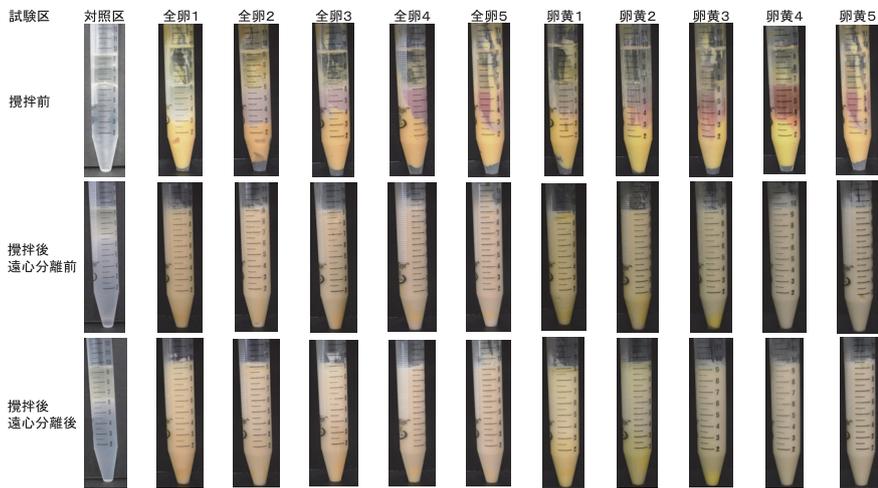


図5 カキ(未脱渋果実)エキスの添加が全卵ならびに卵黄の乳化性に及ぼす影響

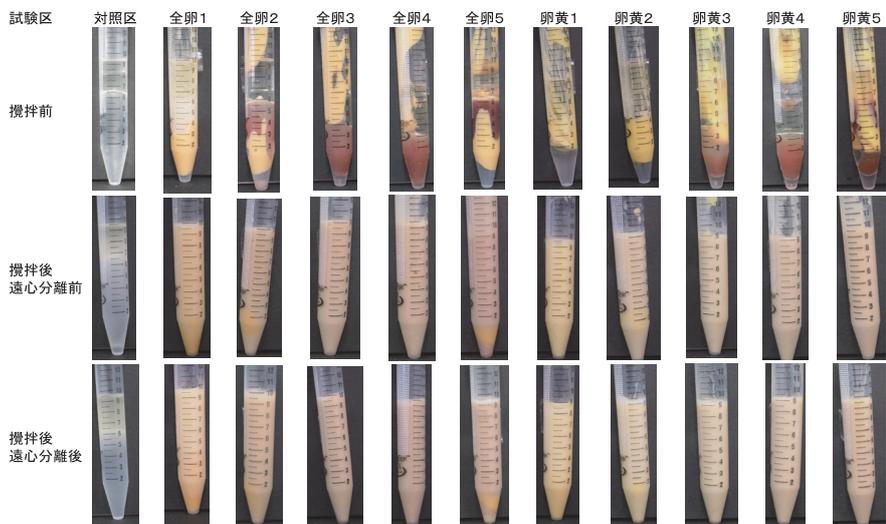


図6 クリ(渋皮)エキスの添加が全卵ならびに卵黄の乳化性に及ぼす影響

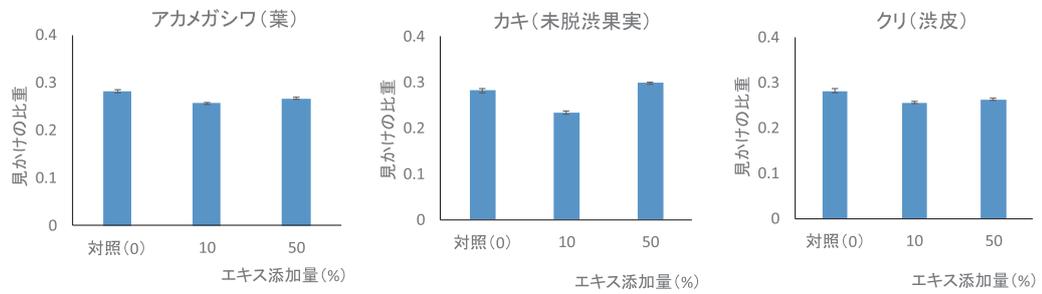


図7 タンニンエキス添加量とメレンゲの見かけの比重

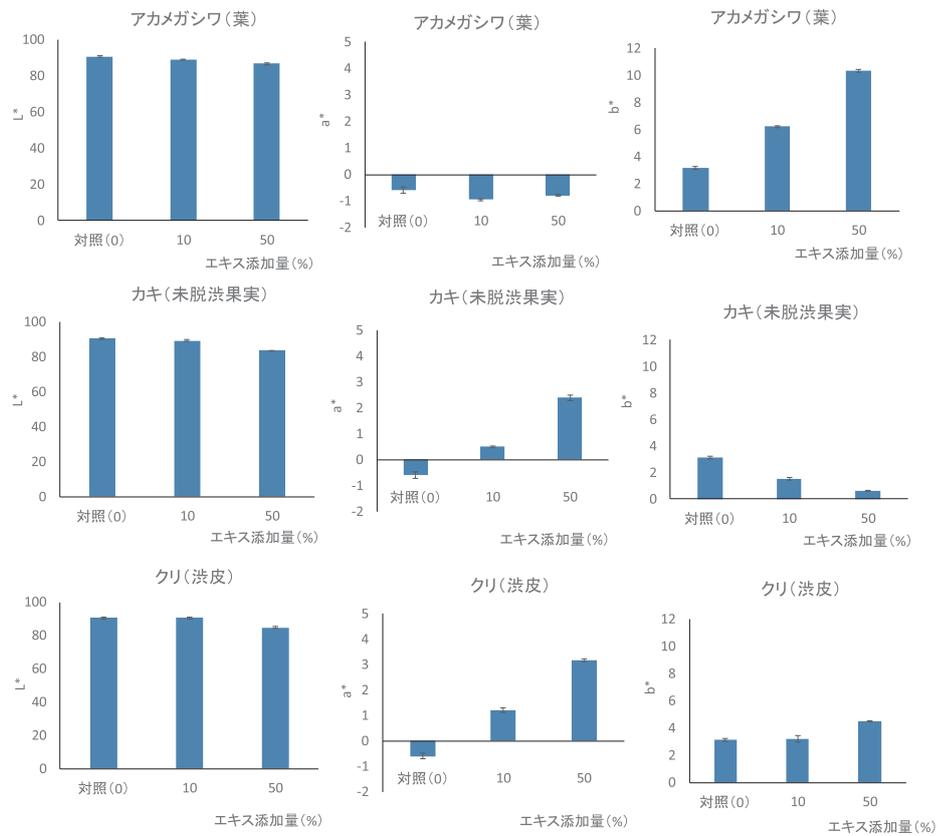


図8 タンニンエキス添加量とメレンゲの色調

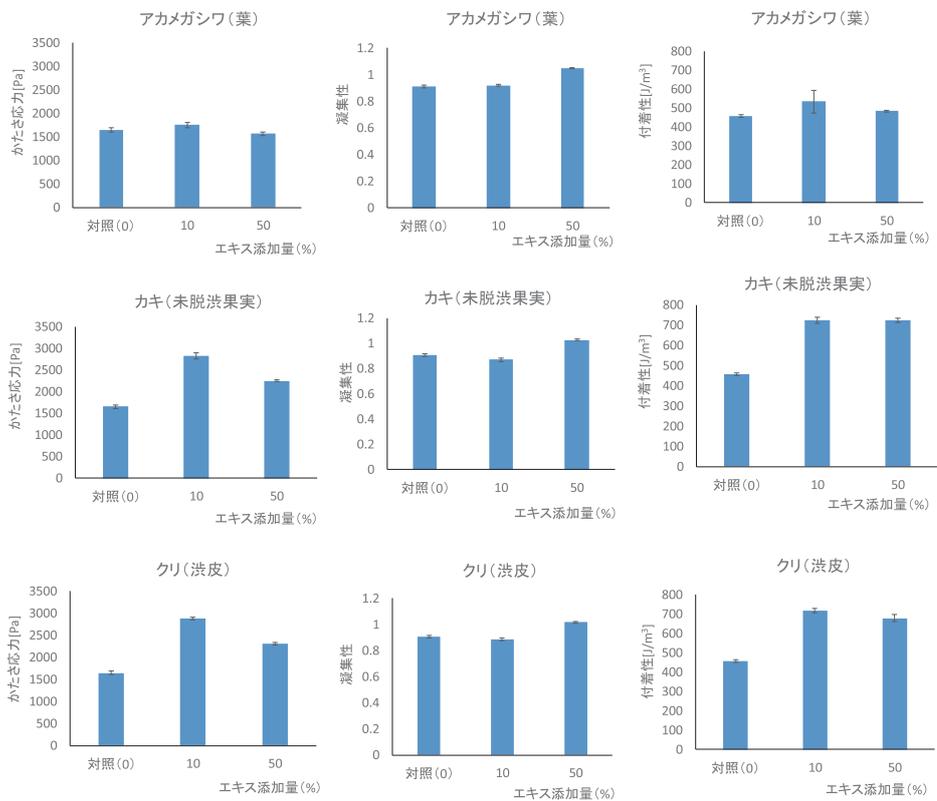


図9 タンニンエキス添加量とメレンゲのかたさ応力、凝集性、付着性