

植物抽出における酵素の利用

田中 伸一郎

Tanaka Shinichiro

三菱化学フーズ㈱

1. はじめに

植物抽出物や野菜エキ스는、食品のおいしさと機能の向上に欠かすことのできない存在である。また、近年の消費者の健康・本物・安全志向の高まりから、植物由来の食品素材に対する期待は大きくなっている。

一方で、昨今では原料価格の高騰が相次ぎ、食品メーカーや食品素材メーカーでは原料コストの削減に対する意識が高まっており、原料を無駄なく有効活用することを考慮した技術開発が進められている。

こうした動きの中で、環境負荷の少ない穏やかな反応条件下で作用する酵素の特長を活かした植物抽出法についても検討が進められている。本稿では、植物抽出における酵素の効果について紹介したい。

2. 植物組織の構造

まずは、植物組織の構造（図1）について説明したい。高等植物の細胞は硬い細胞壁に囲まれており、個々の細胞は中葉を介して互いに接着して組織を形成している。細胞壁は1次壁と2次壁で構成されており、セルロース

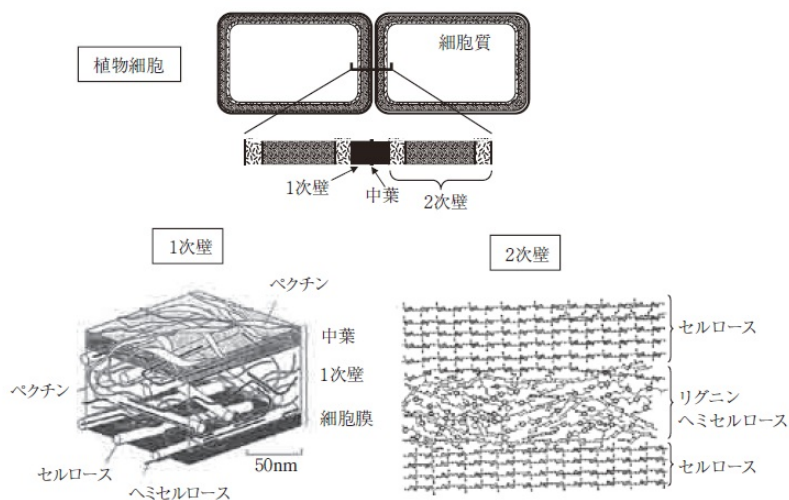


図1 植物組織の構造¹⁾

を主成分とするマイクロフィブリルと、これをヘミセルロース、ペクチン質からなるマトリックス多糖およびリグニンが取り囲んでいる。中葉はペクチン質が主成分で、これが細胞壁間接着物質として働いている²⁾。

3. 植物組織分解酵素

セルロースのグルコシド結合を切断する加水分解酵素をセルラーゼと呼んでいる。ペクチンはガラクトuron酸の α -1,4結合からなる多糖類で、これに作用する酵素を総称してペクチナーゼと呼んでいる。ヘミセルロースとは、植物組織からアルカリで抽出される多糖類の総称である。ヘミセルロースは、不溶性のセルロースに強固に水素結合のできる多糖類であり、キシラン、アラビノキシラン、キシログルカン、グルコマンナンなどがこれに属しており、これらに作用する加水分解酵素をヘミセルラーゼと呼んでいる^{2,3)}。

食品加工用酵素剤は、麹菌などの糸状菌、酵母、細菌などの微生物から生産されており、数多くの種類が市販されている。培養方法にもよるが、一般的に主活性以外の酵素（夾雑酵素）も同時に生産されることが多く、その活性の高さや含量バランスが酵素剤の特長として現れる。例えば、主活性がセルラーゼと販売されている酵素製剤でも、ヘミセルラー

ゼやプロテアーゼ等が夾雑酵素として含有している場合がある。

4. 植物抽出における酵素剤の選択

植物組織は多様な多糖類などで構成されているため、植物組織の崩壊は単独の酵素では達成されず、数種類の酵素の複合作用によって起こる。すなわち、酵素的に植物組織を崩壊させるには、まず中葉のペクチンを分解して単細胞を遊離させ、つづいて遊離した細胞の細胞壁を分解する2段階の処理が有効とされている²⁾。

5. 野菜エキスにおける酵素の効果

野菜エキスの製造は、破碎した野菜を熱水中で煮沸して抽出する方法が一般的であるが、温水抽出に比べ収量は多いものの、風味や色調の劣化、粘度増加による作業効率の低下などの課題が残る。植物組織分解酵素を用いた場合、温水でも細胞壁が分解されて細胞質の溶出が容易となるため、風味や色調の劣化を抑えたエキスを高抽出率で得ることができる。また、エキス中の多糖類が低分子化されることで粘度が減少するため、作業効率の向上も可能である。

表1は、タマネギエキスを抽出する際に、植物組織を分解する酵素として当社で販売

表1 タマネギエキスの抽出率

	1	2	3	4
タマネギ(g)	100	100	100	100
脱塩水(g)	100	100	100	100
酵素量				
スクラーゼC (mg)	0	25	0	25
スクラーゼN (mg)	0	0	25	25
抽出液収量(g) ^{※1}	89	96	131	188
可溶性固形分濃度(Brix(%))	3.4	3.6	3.8	4.0
抽出率(%) ^{※2}	3.0	3.5	5.0	7.6

※1：みじん切りにしたタマネギに脱塩水を加え、その仕込液を40℃で15時間抽出処理した後、固液分離して計量。

試験区2,3,4は仕込液に酵素を添加後、同条件で処理し計量。

※2：抽出率(%) = 抽出液収量(g) × Brix(%) / タマネギ量(g) × 100

している「スクラーゼC」（セルラーゼ製剤）および「スクラーゼN」（ペクチナーゼ製剤）を使用したときの抽出率である。「スクラーゼC」および「スクラーゼN」を併用することにより、どちらか一方のみを使用するよりも、抽出液収量が多く、かつ可溶性固形分濃度の高いエキスを得ることができる⁴⁾。

6. 茶抽出におけるタンナーゼの利用

茶飲料の製造において、高温で抽出した茶抽出液を冷却したとき、抽出液が白濁化する現象が起こる。この現象はクリームダウンと呼ばれ、茶抽出液中のガレート型タンニンがカフェインや多糖類と複合体を形成して不溶化することが原因と考えられている。この現象の防止策として、日本では、茶抽出液中のガレート型タンニンをタンナーゼで加水分解することにより複合体の形成を抑制する方法が長年広く用いられている。タンナーゼはタンニン酸やクロロゲン酸のエステル結合およびデブシド結合を加水分解する酵素で、緑茶抽出液の苦渋味の原因となるガレート型カテキンにもよく作用する。近年では、ガレート型カテキンをタンナーゼにより遊離型カテキンに分解することで苦渋味を低減させ、呈味・風味を改善した緑茶抽出液が開発されている。

7. タンナーゼ併用による緑茶抽出率向上

茶飲料は、茶葉を50～90℃の高温にて温水抽出を行い、得られた抽出液を用いて製造されるのが一般的である。近年、茶葉からの抽出効率を高めかつ香りや味に優れた抽出液を得るために、50℃以下の温水でセルラーゼ、ペクチナーゼなどを用いた酵素分解抽出処理を行い、茶葉からの抽出固形分濃度を高める方法が開発されている。当社では、セルラーゼ、ペクチナーゼにタンナーゼを組み合わせることが緑茶抽出率の向上において有効であることを見出した（表2）⁵⁾。本法は茶葉を40℃で酵素反応して抽出するため、従来の高温抽出において課題であった機能性成分の酸化や抽出液の褐色化を抑制した抽出液を得ることができる。また、加熱にかかるエネルギーコストも低減できる。

本法で得られた緑茶抽出液は、可溶性固形分の増加が認められ、タンニンや糖類が増加することを確認している（図2）。没食子酸はタンナーゼによるガレート型カテキンの分解生成物である。カフェインやアミノ酸類（総量・構成比ともに）はほとんど変化しない。LC分析により、セルロースなどの多糖類が分解して生成したと思われる単糖の増加を確認しており、タンナーゼによるガレート型カ

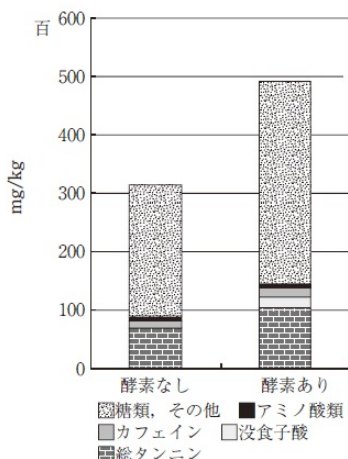
表2 緑茶抽出液の抽出率

抽出温度	スクラーゼC	スクラーゼN	スクラーゼX	タンナーゼ	緑茶抽出液の抽出率
40℃	0.05%	0.05%	—	0.05%	30.4%
	—	0.05%	0.05%	0.05%	26.1%
	0.05%	—	0.05%	0.05%	23.7%
	0.05%	0.05%	—	—	23.0%
	—	0.05%	0.05%	—	22.4%
	—	—	—	—	19.5%
60℃	—	—	—	—	20.9%
80℃	—	—	—	—	22.5%

※茶葉量の10倍量の水に茶葉（秋冬番茶）と酵素（比率は対水）を添加し、40℃で60分間攪拌抽出した後、固液分離して抽出液量とBrixを測定。60℃、80℃は、酵素を添加せず60分間攪拌抽出。

※抽出率(%) = 抽出液量(g) × Brix(%) / 茶葉量(g) × 100

※スクラーゼC：セルラーゼ製剤、スクラーゼN：ペクチナーゼ製剤、スクラーゼX：ヘミセルラーゼ製剤



※酵素あり：茶葉量の10倍量の水に茶葉(秋冬番茶)と酵素(スクラーゼC：0.01%、スクラーゼN：0.01%、タンナーゼ：0.05%(対水))を添加し、40℃で60分間攪拌抽出。

※酵素なし：茶葉量の10倍量の水に茶葉(秋冬番茶)を添加し、40℃で60分間攪拌抽出。

※定量法：〔総タンニン〕酒石酸鉄比色法、〔没食子酸、カフェイン、アミノ酸類〕HPLC、〔糖類, その他〕可溶性固形分量(Brix)から総タンニン、没食子酸、カフェイン、アミノ酸類を差し引いて算出

図2 緑茶エキスの成分

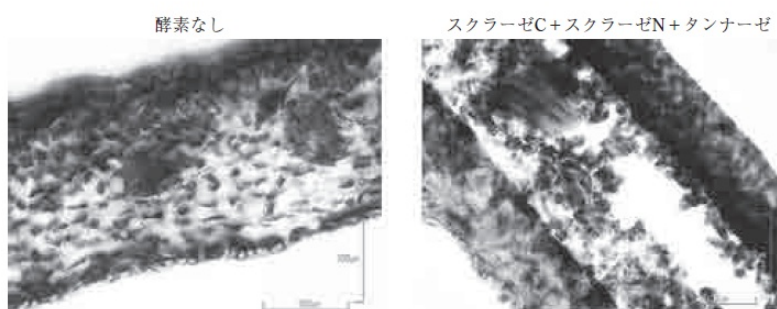
テキン由来の苦渋味低減の効果と伴った、甘みのある呈味性の良い抽出液が得られる。

8. 植物組織に対するタンナーゼの作用

図3は緑茶切片をスクラーゼC、スクラー

ゼNおよびタンナーゼで処理した場合と未処理の場合とを比較した顕微鏡写真である。緑茶切片の組織を構成する強固なマトリックス多糖が酵素によってほぐれ、細胞質を抽出しやすい状態に変化した様子が分かる。植物抽出におけるタンナーゼの抽出率向上のメカニズムは未だ良く分かっていないが、細胞組織の構成物質に対するセルラーゼやペクチナーゼの反応性を、タンナーゼが何かしら関与して高めているのではないかと推察している。

ところで、ESTHERデータベース (<http://bioweb.ensam.inra.fr/ESTHER/general?what=index>)においてタンナーゼは「タンナーゼファミリー」に分類されている⁶⁾。このファミリーにはタンナーゼの他、フェルラ酸エステラーゼが属しているが、われわれは市販のタンナーゼにおいてフェルラ酸エステラーゼを持つものを見出している。フェルラ酸は植物組織中ではおもにペクチンやヘミセルロースとエステル結合、もしくはフェルラ酸同士が架橋重合した状態で存在し植物組織の強固な骨格形成に関与していると考えられており、フェルラ酸エステラーゼは多糖類とフェルラ酸間のエステル結合を加水分解する作用がある。タンナーゼが有するフェルラ酸エステラーゼ活性が、植物組織の分解促進にどの程度有効に働いているかは現在のところ不明



※緑茶切片をトルイジンブルーで染色した後、酵素混合溶液(各1%)に切片を浸漬して40℃で4時間反応させた後、位相差顕微鏡で観察

図3 緑茶切片の顕微鏡写真

であるが、近年、植物バイオマスの可溶化⁷⁾や抗酸化効果の高いフェルラ酸エステル類の製造目的⁸⁾の他、香気成分のバニリンの前駆物質としてフェルラ酸を増強させた穀物蒸留酒の製造法など⁹⁾、醸造分野でもフェルラ酸エステラーゼの利用開発が進んでおり、新たな用途展開が期待される。

9. おわりに

資源循環型社会の構築を目指す上で、食品原料の有効利用技術の開発は重要な課題である。植物組織は複雑な物質で構成されており、また植物種により構造が異なっていることから、選択的あるいは効率的に分解・抽出するためには、組織の構成物質を理解した上で目的に応じた基質特異性を有する酵素製剤を選択する必要がある。本稿で紹介した酵素利用が、各種エキスの生産効率の向上、さらには、注目されている活性酸素消去能や抗アレルギー作用などの機能性を持つ成分の高度抽出にも役立つことを期待したい。

参 考 文 献

- 1) 高部圭司：セルロースの事典p.108-111, セルロース学会 (2008)
- 2) 一島英治：食品工業と酵素p.73, 85, 朝倉書店 (1983)
- 3) 小巻利章：酵素応用の知識p.292, 幸書房 (2007)
- 4) 公開技法2010-503166号
- 5) 特開2011-050271号
- 6) Crepin V.F. et al., *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 63, 647-652 (2004)
- 7) 特開2010-268724号
- 8) 特開2009-89689号
- 9) 特許4795625号



たなか・しんいちろう

三菱化学フーズ(株) 研究開発センター

2004年 三共ライフテック(株) 営業部
入社

2007年 三菱化学フーズ(株) 営業2部
入社

2008年 同社 研究開発センター