

# スポットライト

～第7回「高校生・高専学生ポスター発表」優秀賞～

## 落下リンゴのマテリアルリサイクル ～アップルペクチンのキレート作用 の評価～

青森県立弘前中央高等学校

竹内裕生 嘉手苅日向大

### 1. 緒 言

青森県弘前市はリンゴの生産量日本一ですが、台風などで木から落ちたものは販売できません。また、ジュースにも加工できないほど傷ついてしまったものは園地に放置され、ネズミの発生に繋がり、不衛生です。そこで、私たちは木から落ちて園地に放置されているリンゴの有効活用をしたいと考えました。

私たちは、リンゴに含まれるペクチンという栄養素に着目しました。ペクチンは図1のように二座配位子として金属イオンを包接する、キレート作用を発現する特徴があります。

Mg<sup>2+</sup> や Ca<sup>2+</sup> などのミネラル分は腸管から吸収されにくいですが、ペクチンは容易に吸収されます。そのため、ミネラル分をペクチンが包接することで、ミネラル分を効率的に摂取できる機能性飲料を作製できるのではないかと考えました。そこで、リンゴからペクチンを抽出し、キレート滴定によって、ペクチンのキレート作用の程度を評価しました。

本研究は、ミネラル不足からの栄養状態の向上が期待できること、園地の衛生環境の改善により環境保護につながることから、SDGsの開発目標である2. 飢餓をなくす、12. つくる責任つなぐ責任の2つのターゲットに繋がるものと考えています。

### 2. 実験方法

0 から 1 mass% のクエン酸水溶液でリンゴを80℃定温条件で30分間煮て、ペクチンを抽出しました。これを Ca<sup>2+</sup> や

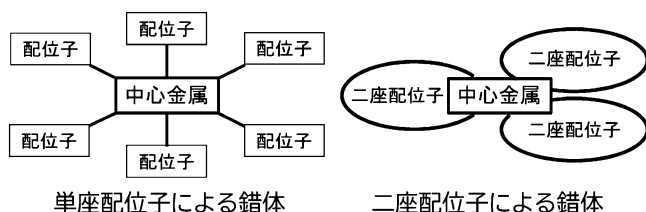


図1 ペクチンのキレート作用の構図。

Mg<sup>2+</sup> を豊富に含んだミネラルウォーターに加え、0.0500 mol/L の EDTA 水溶液を滴定液としてキレート滴定を行い、ミネラルウォーターの硬度の変化からペクチンのキレート作用を評価しました。硬度とは、試料 1 L 中の Ca<sup>2+</sup> や Mg<sup>2+</sup> (ミネラル分) の質量 (mg) を CaCO<sub>3</sub> の質量 (mg) に換算して表したものです。キレート作用が発現されると、ペクチンによって金属イオンが包接され、試料中の金属イオンが減少します。キレート滴定では、この溶液中の金属イオンの量を測定するため、滴定前後のミネラルウォーターの硬度の変化量を測定することで、キレート作用を定量できます<sup>(1)</sup>。

レモンに豊富に含まれるクエン酸もキレート作用を発現します。これを利用した機能性飲料としてキレートレモンは売られていますが、ペクチンを利用したものは売られていません。そこで、レモン果汁によるクエン酸のキレート作用の測定を行いました。さらに、圧搾法を用いて果汁を抽出している市販のリンゴジュースについてもキレート作用を測定し、比較しました。

### 3. 実験結果・考察

硬度測定の結果は表1の通りです。この結果から、ペクチンによる硬度低下量 (mg) を算出しました。なお、蒸留水は蒸留水そのものの硬度と、ペクチンのみの硬度を調べるために用いました。リンゴには Ca や Mg が含まれているため、キレート作用発現前の硬度をミネラルウォーターの硬度とペクチンの硬度を足したものとし、キレート作用発現後の硬度をミネラルウォーターにペクチンを加えた硬度として、キレート作用発現前の硬度からキレート作用発現後の硬度と抽出に用いたクエン酸による硬度低下量を引くことで、ペクチンによる硬度低下量は 106.1 mg/L となりました。

ペクチンの抽出に用いるクエン酸濃度を変えて同様の実験を行ったところ、クエン酸濃度 0.25～0.50 mass% が最もペクチンを抽出する条件であることが判明しました (図2)。クエン酸濃度が高いところでは、多糖類であるペクチンが加水分解されてしまっていると考えられます。一方、クエン酸濃度が低いとリンゴの細胞壁の破壊が進まず、ペクチン溶出が進まなかったとみられます。

表1 各試料溶液の硬度 [mg/試料 1 L]。

試料	添加試料	硬度 [mg/L]
ミネラルウォーター	ペクチン	291.2
ミネラルウォーター	—	310.4
蒸留水	—	0.0
蒸留水	ペクチン	102.3
ミネラルウォーター	クエン酸	295.0
硬水にペクチンを加えた際の硬度 (キレート作用発現前)		412.7
クエン酸による硬度低下		15.4
ペクチンによる硬度低下		106.1

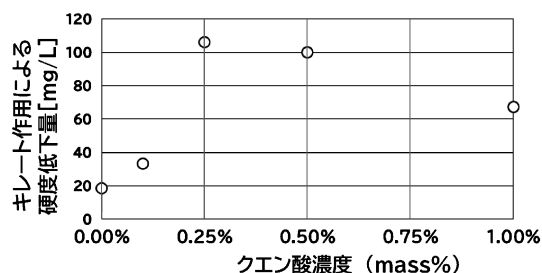


図2 ペクチンによる硬度低下量のクエン酸濃度依存性.

表2 各試料溶液の硬度 [mg/試料 1 L].

試料	添加試料	硬度[mg/L]
ミネラルウォーター	—	310.4
蒸留水	リンゴジュース	51.0
ミネラルウォーター	リンゴジュース	345.5
従来の搾汁方法による硬度低下量		15.9

ペクチンとクエン酸のキレート作用の比較を行った結果を表1に示します。ペクチンを試料とした時と同様に滴定実験を行ったところ、レモン果汁のクエン酸による硬度低下量は、63.1 mg/Lであり、ペクチンによる硬度低下量 106.1 mg/Lの方がキレート作用を発現することがわかりました。一方、圧搾法を用いて果汁を抽出している市販のリンゴジュースのキレート作用は 15.9 mg/Lで、クエン酸によって抽出した本研究のペクチンの方が高いキレート作用を発現する

ことがわかりました(表2)。

これらのことから、ペクチンが  $\text{Ca}^{2+}$  や  $\text{Mg}^{2+}$  に対してキレート作用を発現すること、レモン果汁や市販のリンゴジュースと比較しても、ペクチンの方が高いキレート作用を発現することが明らかとなりました。そのため、ペクチンでミネラル分を効率的に摂取可能な機能性飲料を作製できると考えられます。

#### 4. おわりに

今回の発表で、大学の先生方から多くの質問をいただきました。リンゴの品種による違いについては、あくまでも落下リングを使用する目的のため、今回は考えませんでした。数多あるリンゴの品種によるペクチンのキレート作用の違いを調べることで、また、市販のリンゴジュースとの比較から、市販のリンゴジュースを作製する際の搾りかすにペクチンが残っているのではないか、という二点について、ペクチンの評価という点と、廃棄物の利用という点で、今後の研究を進めていきたいと思っております。

#### 文 献

- (1) Gary D. Christian, Purnendu K. Dasgupta, Kevin A. Schug : クリスチャン分析化学 I . 基礎編, 今任稔彦, 角田欣一監修, 丸善, (2016), 328-341.  
(2022年5月30日受理)[doi:10.2320/materia.61.905]  
(連絡先: 〒036-8154 弘前市大字蔵主町7番地1)