酸・アルカリ処理による野菜類及び いも類の組織崩壊

釘 宮 正 往*

Disintegration of Edible Tissues of Vegetables and Potatoes by Successive Treatments with Acid and Alkali

Masayuki KUGIMIYA*

* *Department of Food and Nutrition, Hiroshima Women's University,
1-1-71, Ujina-higashi, Minami-ku, Hiroshima 734*

The successive treatments with acid and alkali or the single treatment with alkali were applied to disintegrate the edible tissues of vegetables and potatoes as follows. The samples were immersed in hydrochloric acid at 35°C for 1 or 24 hours, where the pH values of the supernatant were 1.0~1.5. The samples treated with acid were stirred in a sodium hydroxide solution by a magnetic stirrer at room temperature for 2 hours, where the pH values of the supernatant were 12.5~13.0. The degree of disintegration was calculated on the basis of the weights of the tissues used and those remained after the treatments. It was found that the single treatment with alkali disintegrated almost completely the tissues of tomato, squash and sweet potato. The successive treatments with acid and alkali disintegrated almost completely the tissues of cucumber, eggplant, sweet pepper, onion, garlic, lily root, taro, and potato. The successive treatments disintegrated 50~100% of the tissues of cabbage, chinese cabbage, lettuce, spinach, green asparagus and broccoli. The large scatter of the disintegration degree was assumed to be due to the heterogeneity of the tissues and fibrous tissues which may be difficult to be disintegrated by the treatments. The tissues of Japanese radish, carrot, burdock, lotus root, ginger and arrowhead, were found to be difficult to be disintegrated by the successive treatment, in which the degree of disintegration was less than 28%. From these results it was assumed that the relative difficulty of disintegration of tissues by the treatments may reflect a difference in the mechanism of adhesion or the strength of adhesion of tissues.

(Received Jun. 10, 1993)

小豆、インゲン豆、大豆などの豆類の子葉組織¹⁾²⁾及びジャガイモの髄組織³⁾は酸とアルカリで順次処理すること(酸・アルカリ処理)によって崩壊する。このような組織の崩壊は酸処理によって多価金属イオンがペクチンから脱離し、アルカリ処理によってペクチンが低分子化して可溶化することに起因するものと推測される¹⁾。酸・アルカリ処理は加熱処理や酵素処理と共に、植物性単細胞食品や食品素材(細胞)を製造するのに有用な技

術となる可能性を秘めている。一方、酸・アルカリ処理による組織の崩壊の難易は組織の接着機構の違いを反映するのではないかと考えられる。

今回は、酸・アルカリ処理の有効性を知る目的で、また組織の接着機構についての知見を得る目的で、野菜類及びいも類に酸・アルカリ処理を適用して得られた結果について報告する。

* 広島女子大学 (〒734 広島市南区宇品東 1-1-71)

実験方法

1. 試料

野菜類は葉菜類としてキャベツ、ハクサイ、レタス、ホウレンソウ、茎菜類としてタマネギ、ニンニク、ユリ根、グリーンアスパラガス、根菜類として夏ダイコン、冬ダイコン、ニンジン、ゴボウ、レンコン、クワイ、ショウガ、果菜類としてカボチャ、キュウリ、トマト、ナス、ピーマン、花菜類としてブロッコリーを用いた。いも類はサツマイモ、サトイモ、ジャガイモを用いた。いずれも市販品で食べ頃のもを皮、芯、種子を除いて、5 mm 角に切って用いた。なお、グリーンアスパラガスは先端から約 7 cm までを、ブロッコリーは花の部分を用いた。タマネギ、ニンニクは芽を除いて、またカボチャは種子の周辺部の柔らかい部分を除いて用いた。

2. 酸・アルカリ処理方法

酸・アルカリ処理による組織崩壊及び崩壊度の測定は特別に断らない限り前報²⁾の方法に従って行った。酸処理では試料 1 ± 0.01 g に塩酸 10 ml を加えて 35°C で 1 時間浸漬した。アルカリ処理では水酸化ナトリウム溶液 10 ml を加えて室温で 2 時間攪拌した。この条件で組織が十分に崩壊しない場合には酸浸漬を 24 時間行った。崩壊度 (%) は用いた試料の重量とアルカリ処理後の未崩壊物の重量から求めた。なお、崩壊度に及ぼす酸処理 pH の影響を調べる場合にはアルカリ処理条件を固定し (0.1 M 水酸化ナトリウム溶液使用)、アルカリ処理 pH の影響を調べる場合には酸処理条件を固定した (検討結果に基づいて適正な濃度の塩酸を使用した)。組織崩壊に酸処理が不要の場合、アルカリ処理のみを行った。未崩壊組織を収集するのが難しい場合、ガーゼを用いて収集した。組織が崩壊した場合には崩壊の状態を顕微鏡で観察した。

3. 試料の硬さの判定方法

酸・アルカリ処理後の試料の硬さを酸とアルカリの代わりに蒸留水を用いて浸漬、攪拌した試料を対照として、親指と中指で軽く押さえて感覚的に判定した。

実験結果

1. トマトの組織崩壊に及ぼすアルカリ処理の影響

トマトの組織崩壊に酸処理は不要であったので、アルカリ処理のみを行って崩壊度に及ぼすアルカリ処理時の pH の影響を調べた (Fig. 1)。その結果、アルカリの代わりに水を加えて攪拌するだけでも崩壊度は約 70% であったが、アルカリ処理を行うと pH が高くなるの

Fig. 1 Effect of pH of immersing solution on disintegration of tissues in alkali treatment

The treatment with alkali was carried out without pretreatment with acid.

○: tomato, △: squash, □: sweet potato

に伴って崩壊度はやや増加し、pH が約 12.0 (0.04 M 水酸化ナトリウム使用、以下同じ) で約 90% であった。崩壊したものを顕微鏡で観察したところ、分離した細胞が認められた。

2. カボチャ、サツマイモの組織崩壊に及ぼすアルカリ処理の影響

カボチャも組織崩壊に酸処理は不要であったので、アルカリ処理のみの影響を調べた (Fig. 1)。その結果、pH が高くなるのに伴って崩壊度は著しく増加し、pH が約 12.5 (0.04 M 水酸化ナトリウム) でほぼ 100% になることがわかった。トマトの場合と異なってカボチャの組織崩壊には必ずアルカリ処理が必要であった。崩壊したものを顕微鏡で観察したところ、多数のデンプン粒を含む細胞が認められた。

サツマイモの場合にも組織崩壊に酸処理は不要で、アルカリ処理のみで組織が崩壊した (Fig. 1)。組織がほぼ完全に崩壊するには pH を約 13.0 (0.1 M 水酸化ナトリウム) にする必要があった。崩壊したものを顕微鏡で観察したところ、大部分の細胞は壊れており、細胞の外にデンプン粒が認められた。

3. キュウリ、ジャガイモの組織崩壊に及ぼす酸・アルカリ処理の影響

キュウリの組織崩壊に及ぼす酸・アルカリ処理の影響を調べた (Fig. 2)。酸処理の pH の影響はアルカリ処

Fig. 2 Effect of pH of immersing solution for pretreatment with acid (A) and treatment with alkali (B) on disintegration of tissues of cucumber

(A) The alkali treatment after the acid treatment was carried out at pH approximate 13.3. (B) The acid treatment before the alkali treatment was carried out at pH approximate 1.6.

理時の pH を 13.3 に固定し、アルカリ処理 pH の影響は酸処理時の pH を約 1.6 に固定してそれぞれ調べた。その結果、酸処理では pH が低くなるのに伴って崩壊度は増加し、pH 約 1.6 (0.06 M 塩酸) でほぼ 100% に達した。アルカリ処理では pH が高くなるのに伴って増加し、pH 約 13.0 (0.08 M 水酸化ナトリウム) でほぼ約 90% になった。これらの結果から、酸・アルカリ処理はキュウリの組織をほぼ完全に崩壊することが分かった。崩壊したものを顕微鏡で観察したところ、分離した細胞が認められた。

ジャガイモもキュウリと同様に酸・アルカリ処理によって組織が崩壊した。図示していないが、ほぼ完全に崩壊するための条件は酸処理が pH 約 1.0 (0.2 M 塩酸)、アルカリ処理が pH 約 13.0 (0.06 M 水酸化ナトリウム) であった。この結果は酸・アルカリによってジャガイモの細胞を分離した佐藤ら³⁾の結果とほぼ同じであった。なお、顕微鏡観察で細胞と共に壊れた細胞も認められた。

キュウリやジャガイモと同様に酸・アルカリ処理によって組織がほぼ完全に崩壊した野菜類、いも類はナス、ピーマン、タマネギ、ニンニク、ユリ根、サトイモであった。これらの野菜類、いも類の酸、アルカリ処理時の

およその pH と崩壊度は、図示していないが、それぞれナスは 1.5 (0.08 M 塩酸)、13.0 (0.1 M 水酸化ナトリウム) で 90~100 %、ピーマンは 1.5 (0.08 M 塩酸)、13.0 (0.08 M 水酸化ナトリウム) で 95~100 %、タマネギは 1.4 (0.1 M 塩酸)、13.0 (0.08 M 水酸化ナトリウム) で 95 %、ニンニクは 2.3 (0.03 M 塩酸、24 時間処理)、12.0 (0.02 M 水酸化ナトリウム) で 100 %、ユリ根は 1.0 (0.2 M 塩酸)、13.0 (0.06 M 水酸化ナトリウム) で 90 %、サトイモは 1.0 (0.2 M 塩酸)、13.0 (0.1 M 水酸化ナトリウム) で 90 % であった。顕微鏡観察の結果、いずれの場合も分離した細胞が認められた。

4. ハクサイの組織崩壊に及ぼす酸・アルカリ処理の影響

ハクサイの組織崩壊に及ぼす酸・アルカリ処理の影響を調べた。酸処理を 1 時間行っただけで崩壊度が低かったため 24 時間行うこととした。その結果、Fig. 3 に示したように、酸処理では pH が低いほど、アルカリ処理では pH が高いほど組織が崩壊しやすくなることが分かった。ハクサイの組織の崩壊は酸処理 pH 1.0 (0.2

Fig. 3 Effect of pH of immersing solution for pretreatment with acid (A) and treatment with alkali (B) on disintegration of tissues of chinese cabbage

The sample was immersed in hydrochloric acid at 35°C for 24 hours. (A) The alkali treatment after the acid treatment was carried out at pH approximate 13.2. (B) The acid treatment before the alkali treatment was carried out at pH approximate 1.0.

M 塩酸), アルカリ処理 pH 13.0 (0.06 M 水酸化ナトリウム) で崩壊度が 55~95% とばらつきが大きかった。崩壊度のばらつきが大きかったことはキュウリの場合と異なっていた。顕微鏡観察で分離した細胞と共に数個の細胞が接着したものが多数認められた。

ハクサイと同じようにばらつきの大きい崩壊度を示した野菜はキャベツ, レタス, ホウレンソウ, グリーンアスパラガス, ブロッコリーであった。これらの野菜類の酸, アルカリ処理時のおよその pH と崩壊度は, 図示していないが, それぞれキャベツは 1.0 (0.2 M 塩酸), 13.0 (0.06 M 水酸化ナトリウム) で 50~100%, レタスは 1.0 (0.2 M 塩酸, 24 時間処理), 13.5 (0.1 M 水酸化ナトリウム) で 70~90%, ホウレンソウは 1.5 (0.08 M 塩酸), 13.5 (0.1 M 水酸化ナトリウム) で 60~100%, グリーンアスパラガスは 1.0 (0.2 M 塩酸), 13.5 (0.1 M 水酸化ナトリウム) で 50~90%, ブロッコリーは 1.0 (0.2 M 塩酸, 24 時間処理), 13.0 (0.08 M 水酸化ナトリウム) で 50~100% であった。従って, これらの野菜の崩壊はハクサイの場合と同様に崩壊度が 50~100% とばらつきが大きいことが分かった。崩壊したものを顕微鏡観察したところ, いずれの場合も分離した細胞と共に数個の細胞が接着したものが多数認められた。このことは同一組織内での接着機構の不均一性を示唆しているのではないかと考えられる。また, 崩壊度のばらつきはこれらの野菜に含まれる葉脈などの繊維状組織が酸・アルカリ処理によって崩壊しにくいことに起因するのではないかと考えられる。

5. ダイコン, ニンジン, ゴボウ, レンコン, クワイ, ショウガの組織崩壊及び軟化に及ぼす酸・アルカリ処理の影響

ダイコン, ニンジン, ゴボウ, レンコン, クワイ, ショウガは酸・アルカリ処理で組織が崩壊しにくいことが分かったので, 酸処理で 0.2 M 塩酸で 24 時間浸漬し, アルカリ処理で 0.1 M 水酸化ナトリウム溶液を用いて検討した。その結果, 酸処理 pH 約 1.0, アルカリ処理 pH 約 13.3 の条件下で組織の崩壊度 (%) は夏ダイコン 24~28, 冬ダイコン 0~5, ニンジン 10, ゴボウ 16~20, レンコン 2~7, クワイ 5~11, ショウガ 4~10 であった。これらの結果から, ダイコン, ゴボウ, レンコン, クワイ, ショウガは酸・アルカリ処理による崩壊度が 28% 以下であり, 組織が崩壊しにくいことが分かった。

これらの野菜類を加熱調理した場合, 比較的軟化しやすいものと軟化しにくいものがあり, レンコン, ゴボウは, ダイコン, ニンジンに比べて軟化しにくい^{4)~6)}。そ

こで, 酸・アルカリ処理後の硬さを調べたところ, 対照に比べて冬ダイコン, ニンジン, クワイは軟らかくなったが, ゴボウ, レンコン, ショウガは軟らかくならなかった。この結果から, 酸・アルカリ処理によって組織が崩壊しにくい野菜類の中に, 処理によって軟化するものとしにくいものがあることが分かった。

考 察

以上の結果に基づいて, 組織崩壊の難易と植物の器官⁷⁾⁸⁾との関係をみると, 果菜類のカボチャ, トマト, いも類のサツマイモはアルカリ処理のみで組織がほぼ完全に崩壊した。果菜類のキュウリ, ナス, ピーマン, 茎菜類のタマネギ, ニンニク, ユリ根, いも類のサトイモ, ジャガイモは酸・アルカリ処理によってほぼ完全に組織が崩壊した。茎菜類のグリーンアスパラガス, 花菜類のブロッコリー, 葉菜類のキャベツ, ハクサイ, レタス, ホウレンソウは崩壊度にばらつきはあるものの, 酸・アルカリ処理によって組織の 50% 以上が崩壊した。根菜類のダイコン, ニンジン, ゴボウ, レンコン, クワイ, ショウガは酸・アルカリ処理によって組織が崩壊しにくかった。これらの結果から, 野菜類の器官による組織崩壊の難易は根菜類が最も崩壊しにくく, おおよそ葉菜類, 茎菜類, 果菜類の順で崩壊しやすくなり, いも類は果菜類, 茎菜類と同程度に崩壊しやすいことが分かった。このような酸・アルカリ処理による組織の崩壊の難易は器官, 組織の接着機構の違いや接着力の違いを反映しているのではないかと考えられる。

酸・アルカリ処理による組織崩壊における酸, アルカリの作用として, 酸はペクチン同士を結び付けている多価金属イオンを離すことによって, またペクチンを部分的に加水分解することによって, 一部のペクチンの可溶化を促進し, アルカリは β 脱離反応によってペクチンを低分子化しペクチンの可溶化を一層促進することではないかと考えられる⁹⁾。

一方, 加熱調理した野菜類の軟化の難易がペクチンの質や量と関係が深いことが報告されている⁵⁾。本研究の結果を報告されている加熱による軟化度 (文献 5 の Table 1) と比較すると, アルカリ単独処理または酸・アルカリ処理によって組織が崩壊しやすいものはおおむね加熱による軟化度が高い。酸・アルカリ処理によって組織が崩壊しにくかったもののうち, ダイコン, ニンジンは軟化度が高いが, レンコン, ゴボウは低い。ゴボウとダイコンの煮熟軟化性の違いは細胞の大きさや形, 細胞壁構成成分の含量などの相違によるのではないかと報

告されている⁶⁾。従って、酸・アルカリ処理による組織崩壊の難易は、根菜類で例外はあるものの、加熱調理による軟化性と類似していると考えられる。

本研究で得られた結果から、組織の接着機構についての若干の考察を試みる。トマトは組織崩壊に必ずしも酸やアルカリを必要としなかったことから、すでに成熟状態にあるために、酵素分解によって組織が単なる物理的な力（攪拌力）で崩壊しやすくなっていたのではないかと考えられる。カボチャとサツマイモの組織崩壊には、酸処理は不要であったが、アルカリ処理が必要であった。このような組織の接着には、多価金属イオンの役割は小さく、ペクチンが重要な働きをしているのではないかと考えられる。酸・アルカリ処理によって崩壊しやすかった野菜類、いも類では、多価金属イオンとペクチンの両者が重要な働きをしているのではないかと考えられる。酸・アルカリ処理によって崩壊しにくかった野菜類では、多価金属イオンやペクチンとは異なる成分が重要な働きをしているのではないかと考えられる。酸・アルカリ処理によって組織が崩壊しなくても軟化した野菜類では、組織の接着に間接的ではあるが、多価金属イオンやペクチンが関係しているのではないかと考えられる。

従って、アルカリ単独処理や酸・アルカリ処理による組織の崩壊の難易は器官の組織の接着機構の違いや接着力の違いを反映したものと考えられる。

要 約

野菜類及びいも類の酸・アルカリ処理による組織の崩壊の難易について検討した。酸処理は試料に塩酸を加えて上澄み液の pH を 1.0~1.5 として 35℃ で 1 時間または崩壊しにくい場合は 24 時間放置し、アルカリ処理は水酸化ナトリウム溶液を加えて上澄み液の pH を 12.5~13.0 として室温で 2 時間攪拌した。用いた試料

の重量とアルカリ処理後の未崩壊物の重量から崩壊度(%)を求めた。その結果、トマト、カボチャ、サツマイモは酸処理なしで、アルカリ処理のみで、組織がほぼ完全に崩壊した。キュウリ、ナス、ピーマン、タマネギ、ニンニク、ユリ根、サトイモ、ジャガイモは酸・アルカリ処理で組織がほぼ完全に崩壊した。キャベツ、ハクサイ、レタス、ホウレンソウ、グリーンアスパラガス、ブロッコリーは酸・アルカリ処理によって組織の 50~100% が崩壊したが、崩壊度のばらつきが大きかった。このことは組織の接着機構の不均一性や繊維状組織の存在に起因するのではないかと推測した。ダイコン、ニンジン、ゴボウ、レンコン、ショウガ、クワイは酸・アルカリ処理による崩壊度が 28% 以下であり、組織が崩壊しにくいことが明らかとなった。組織が崩壊しにくいものの中には酸・アルカリ処理によって軟化するもの（ダイコン、ニンジン、クワイ）と、しないもの（ゴボウ、レンコン、ショウガ）があった。以上の結果から、酸・アルカリ処理による組織崩壊の難易は組織の接着機構の違いを反映したものと考察した。

文 献

- 1) 釘宮正往：日食工誌, **37**, 867 (1990).
- 2) 釘宮正往：日食工誌, **39**, 1001 (1992).
- 3) 佐藤広頭・高野克己・光浦暢洋・谷村和八郎・鴨居郁三：日食工誌, **38**, 1071 (1991).
- 4) 洲上倫子：栄食誌, **36**, 219 (1983).
- 5) 洲上倫子：家政誌, **38**, 465 (1987).
- 6) 田村咲江：家政誌, **40**, 995 (1989).
- 7) 新版日本食品事典：杉田浩一・堤 忠一・森 雅央編（医歯薬出版、東京），p. 324 (1982).
- 8) 市川 収：食品組織学（光生館、東京），p. 71 (1966).

（平成 5 年 6 月 10 日受理）