

調理材料と酵素について

On Seasonings and Fermentation

荒 川 幸 香
山 口 光 子

I 緒 言

人間が食物を体内に取り入れた場合の消化のようすや、カビ酵母によって米がアルコールになる反応が古くは生命現象として不可解とされたものが酵素の発見によりつぎつぎと解明されてきた。

酵素は生命にとって無くてはならないもので、人間の体も何百種類という酵素の作用によって、分解、合成、酸化、還元などの複雑な化学反応が、常温、常圧、中性附近の条件で簡単に行なわれている。

筆者等が調理を担当していて、日々直面することは、食品材料には多くの酵素が含まれており、それが調理操作の過程において、種々の変化がおこり、材料中の酵素作用をおさえたり、また、場合によってはこれを巧みに利用する方法や、他方外部からの酵素を作用させる方法なども多く、したがって調理を美味しく、かつ栄養上申し分のない消化の良いものに、また、見た目にも美しく仕上げ、われわれの食欲を起こさせるなど、酵素の働きは食生活に欠くことのできない役割をもっている。

特に日本料理においては古今東西を問わず、格別色に重きをおいて目で楽しむ料理であるといわれるほど、できあがりの美しさが尊ばれるが、料理全般においても食物の色を保つことや、色の変化には細心の注意が必要で、生物体の生活現象がすべて酵素に由来しているとするならば、調理担当者も調理の技術をより向上させるためにも、酵素の影響は調理とは切り離して考えることはできないように思われる。

そのような意味からも実際調理と酵素の種類や働きについても、いろいろと検討して見る必要があると思う。

そこで筆者等は種々酵素について実験した中から、野菜と果実について今回は報告する。

II 酵素のあらまし

- 酵素は生命にとってなくてはならないもので、酵素なくして生命はないといわれるごとく

調理材料と酵素について

生命のあるところには必ず酵素がある。

酵素とは、生体によって生産されるコロイド性の有機触媒で加熱により容易にその作用を失うもので、本体は水と蛋白質である。

小麦のタンパク質グルテン 100g に濃塩酸 100ml を加えて 10時間煮沸しないとアミノ酸に分解しない。

それが消化管の中ではプロテアーゼ（タンパク質分解酵素）が働いて、体温でわずか 4～5 時間で完全に分解してしまう。

同じ加水分解でありながら酵素の働きは実に大きい。

- 酵素の種類は多く何百種類もあるが、鍵と鍵穴のごとく特定の基質にのみ働く。

例えばアミラーゼはでんぷんを分解できても、ショ糖を分解することはできない。

また、リパーゼは脂肪以外の物を分解することはできない。

すなわち一つの酵素は一つの化学反応を進めることしかできない。

このように同一酵素が異なった基質に働いたりしないので、酵素は基質特異性をもっているといわれる。

したがって酵素の名前には基質の名称の後に（-ase）をつけて呼称する。

例. Amylam（でんぷん）→Amylose（アミラーゼ）

Maltose（麦芽糖）→Maltase（マルターゼ）

Pepsin, Trypsin, ptyalin などは慣用名による。

また、化学反応を示す術語の語尾に（-ase）をつけて呼称することもある。

Oxidation（酸化）→Oxidase（オキシダーゼ）

Hydrolysis（加水分解）→Hydrolase（ヒドロラーゼ）

- 酵素反応は蛋白質であるから温度が上昇しすぎると蛋白質が変性して機能が衰え、ついには全く酵素活性を失うに至る。

例えば酵素蛋白は卵白が加熱によって凝固すると同じように凝固する。また、一般に熱にきわめて不安定で、多くの酵素は 70°C 以上になると数分間で変性して触媒能力を失ってしまう。

じゃがいもは生では切り口がすぐ褐変するが、ゆでたものは酵素が破壊されていて褐変しなくなる。（微生物の胞子は 100°C に加熱しても変性しないという例外もある。）

一般に酵素は 0°C 以下では働きもせず、破壊もされない。それぞれの酵素は働くのに最も適した温度をもっている。

これを酵素の最適温度といい、ふつうは多くの動物酵素は 30～40°C くらいで、植物の酵素では 60°C くらいのももある。（例えば麹菌アミラーゼ）

- 同様に酵素は pH が酸性にかたむいたり、アルカリ性にかたむいたりすると変性するので作用力には最適 pH がある。

調理材料と酵素について

多くの最適 pH は中性附近（6～8）であるが、ペプシンだけは例外で最適 pH が1.5～2.0 と異常に低い。

Ⅲ 実験方法

試料及び調理的処理

- 市場で求めた馬れい薯、ごぼう、りんご、レタース、人参
- 1%のグアヤックチンキ（グアヤック樹脂1gを70%アルコール、10mlに溶かしたもの）
- 0.3%過酸化水素水
- 95%アルコール

第一表に酵素の検出結果を、第二表にアク抜きした野菜の酵素の残存結果を示した。

第三表は日常の一般的なアク抜きの処理結果を示す。

第四表は還元剤と酵素作用の抑制剤とを併用したアク抜き方の実験結果を示した。第四表については下記の試薬を用いた。

- チオ尿素
- クエン酸
- 塩酸
- 食塩
- チオ硫酸ナトリウム
- 酒石酸
- りん酸
- シュウ酸

1) 酵素の検出検果の処理

それぞれの野菜を薄切りにして、同じ材料を2つずつ皿に並べる。切断面にピペットでグアヤックチンキを1～2滴おとして硝子棒で一面にぬりつける。（材料が変わるごとに硝子棒はアルコールでふき取る。）

直ちに青変するものを除いて、 H_2O_2 を滴下し室温 $20^{\circ}C \sim 30^{\circ}C$ に置いて5分放置して結果をみる。

調理材料と酵素について

第一表 オキシダーゼの所在実験

試料の法処理	馬れい薯	ごぼう	りんご	レタース	人参
グアヤックチンキ 滴下	皮の部分のみ + ②	+ ①	芯の部分 + ④	切口のみに + ②	-
H ₂ O ₂ 滴下	+ ①	/	+ ③	/	+ ④

〔注〕(1) それぞれ青変するものを(+), しないものを(-)の記号で示す。

(2) 青変の度合いの強いものの順に1.2.3.4.の数字で示す。

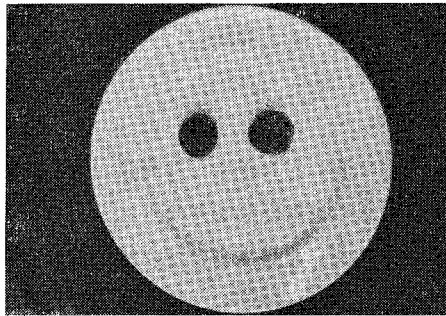
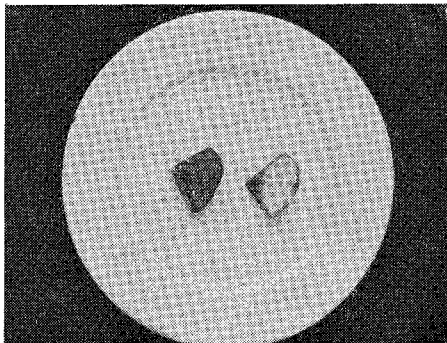
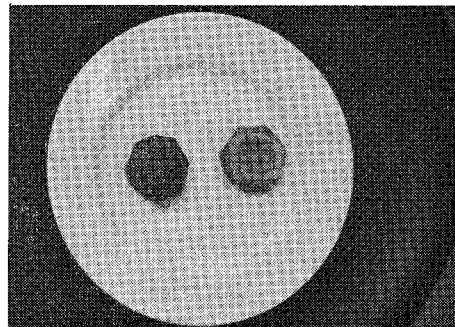


写真1-I ごぼう (フェノールオキシダーゼが所在する)



1-II 馬れい薯



1-III 人参

(馬れい薯, 人参ともペルオキシダーゼが所在する)

第二表 アク抜きした野菜の酵素の残存結果

	1%食塩水につける pH7.2		2.5% 酢	水につける pH5	
	10分	20分	10分	20分	
りんご	+ ⑤	かすかに青みあり	/	/	
ごぼう	+ ③	+ ④	+ ⑤	かすかに	

調理材料と酵素について

第三表 各野菜のアク抜きの処理結果

試料の法処理	pH	りんご	馬れい薯	ごぼう
		5分-10分-20分	5分-10分-20分	5分-10分-20分
① そのまま放置		黄褐色→だんだん濃くなる	褐色→左よりさらに茶褐色	褐色→黒褐色
② 水 浸	6	5分~10分共に変化なし	変化なし→水に黄色みでてくる	変化なし→水にアクの色がでる
③ 1%の食塩水	7.2	白くさえ水も美しい(適当なあく抜き法)	左と同じ	変化なし 酢の方が美しい
④ 1%の食酢	5	アクは出ない 浸水に少し色が出る が③の方が白く美しい	変化なし ③の方が美しい	
1%の食酢で加熱	5			白く仕上るが少し青みをおびる

2) アク抜きした野菜の酵素の残存結果の処理

1 cm厚さに切ったりんごを、1%の食塩水に浸ける。同じく1 cm厚さに切ったごぼうを、食塩水、酢水に浸けて測定時間ごとにごぼうにはグアヤックチンキのみ、またりんごにはグアヤックチンキを滴下後、 H_2O_2 をおとして色の変化をみる。

3) 各野菜のアク抜きの処理結果の方法

各々の材料をそれぞれ皮をむいて、さっと水洗いし、1 cm厚さの輪切り、または銀杏切りにして、水、薄い食塩水、薄い酸性液に浸漬けて、各々条件の違いと時間の経過による変化を観察する。

第三表では濃度のひくい食塩水や、同じく濃度のひくい酸液を使って褐変防止の方法を実験したが、第四表に示すごとく適当な還元剤と酵素作用の抑制剤とを併用するのが最も効果的であると思い、実験を行った。

野菜、特に果実を生食をするものであるから次の三点に留意して試薬をえらんだ。

- 1) 有害でないもの
- 2) 味の悪くならないもの
- 3) 防止効果の大きいもの

○ 処理方法 野菜、果実はそれぞれ1 cm厚さの輪切り、または銀杏切りにして各食品は1~6 の下記の薬液に30秒浸漬けて引き上げ、皿に並べて褐変するかどうかを観察する。

- | | | | |
|-------------|-----------------------|-------|---------|
| ① 水 500cc に | $(NH_2)_2CS$ | 0.05% | } ...溶液 |
| | $(CH_2)_2CHO(COOH)_3$ | 1% | |
| ② 水 500cc に | $(NH_2)_2CS$ | 0.05% | } ...溶液 |
| | HCl | 0.4% | |
| ③ 水 500cc に | $(NH_2)_2CS$ | 0.1% | } ...溶液 |
| | NaCl | 0.1% | |

調理材料と酵素について

- ④ 水 500cc に $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.1% }…溶 液
 $\text{C}_2\text{H}_2(\text{OH})_2(\text{COOH})_2$ 0.5% }
- ⑤ 水 500cc に $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.1% }…溶 液
 H_3PO_4 0.1% }
- ⑥ 水 500cc に $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.1% }…溶 液
 NaCl 5% }

第四表 還元剤と酵素作用抑制剤の併用による実験結果表

試液 pH		リンゴ		ゴボウ		バナナ		ナス		バレイショ	
		1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目	1日目	2日目
①	5	3	③	3	4	3	3	3	1	3	4
②	5	3	④	3	3	3	②	2	2	2	2
③	6	3	2	3	①	1	①	2	③	2	①
④	3.6	1	②	1	3	1	1	1	2	1	3
⑤	5	2	①	2	2	2	③	1	3	1	2
⑥	5	3	④	3	3	3	②	2	3	3	3

[注] 色のきれいな順位により1.2.の数字であらわす。

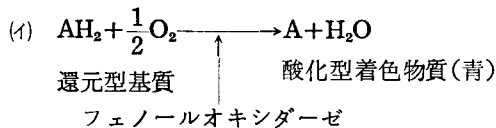
- バナナを1～6の試液に30秒浸漬した後、2日目の結果、特に悪いのは⑤の試液で浸漬したものにやや褐変したのがみられるがその他は特に変化ない。

IV 結果と考察

1) 野菜を傷つけたり、切ったりすると切り口が褐色に変わる。これはフェノールオキシダーゼの作用によるもので、これと良く似ている酵素にペルオキシダーゼ（過酸化酵素）がある。

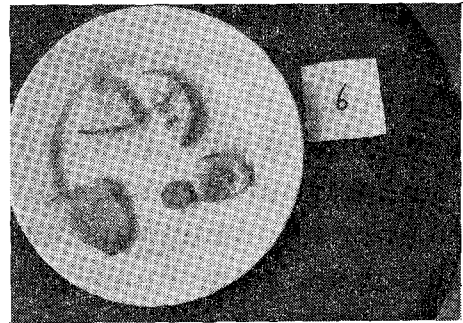
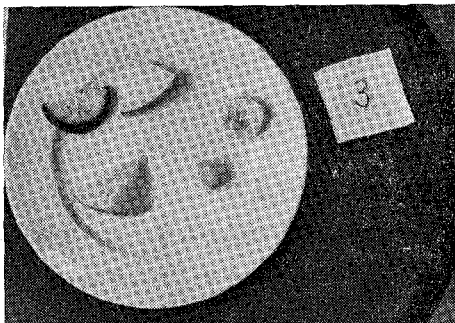
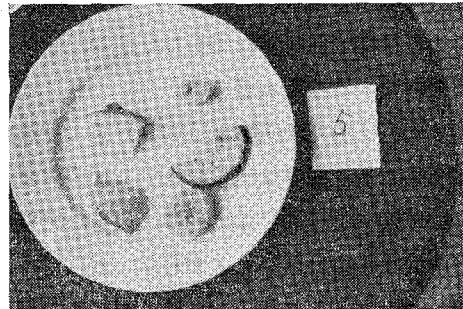
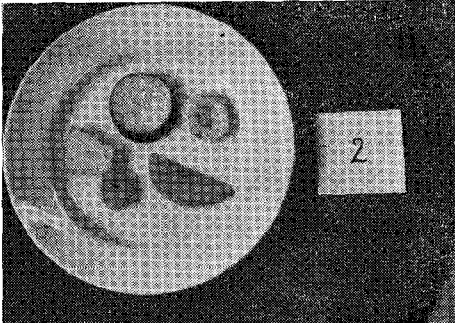
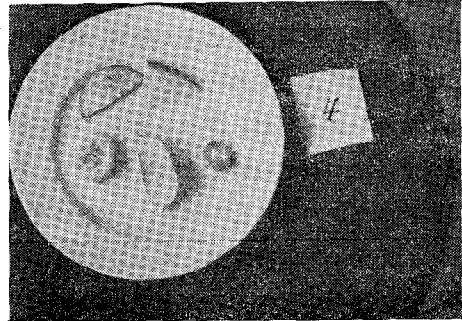
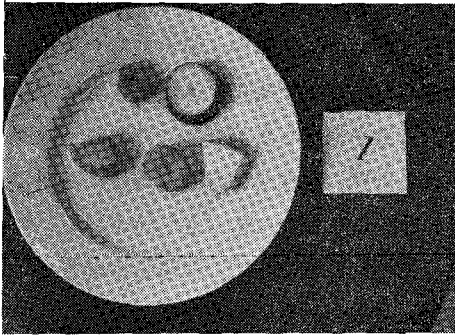
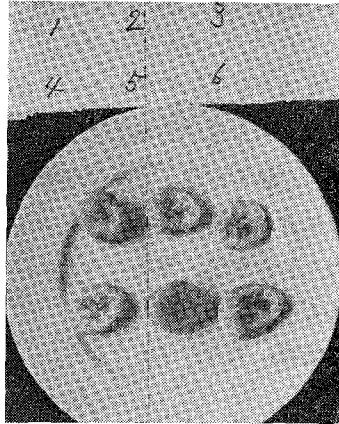
両者共に基質（フェノール類）を脱水素的に酸化する酵素であるが、Hの受容体が前者では空気中の O_2 であるのに対して、後者では H_2O_2 である点が違う、これらの酵素は動植物界に広く分布しており、特に植物に多い。

第一表に見られるようにグアヤックチンキを滴下して青変するものにはフェノールオキシダーゼの所在を示し、 H_2O_2 の滴下によって始めて青変するものはペルオキシダーゼが所在しているを示す。

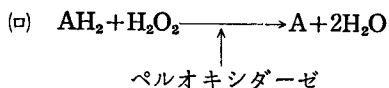


調理材料と酵素について

写真2 還元剤，抑制剤の併用液に浸漬した2日目の写真



調理材料と酵素について



(イ)(ロ)において、何れも青変するのはグアヤックチンキに含まれるグアヤコン酸が酸化（脱水素）されてグアヤック青（A）に変わったためである。

- また、ペルオキシダーゼは年月を経るに従ってその作用が衰えるところから、米や麦の新古や野菜の新鮮度を鑑別するのに此の方法が用いられている。
- フェノールオキシダーゼを多く含む野菜、果実にはナス、サツマイモ、ヤマイモ、ごぼう、パレイショウ、モモ、りんごなどがある。
- ペルオキシダーゼを多く含む野菜、果実にはイチジク、ワサビ、パレイショ、胡瓜、キャベツ、人参、玉葱などがある。
- 酵素は特定の基質に対して選択的に作用するので、それらが関与する作用から分類して分解酵素、脱炭酵素、酸化還元酵素、凝集酵素など種々あって、食品中に種々の形で含まれ、しかも調理によって各種の酵素が入りまじり、異なった条件下で変化する状態も複雑で野菜類のオキシダーゼおよびペルオキシダーゼなどは、野菜を保存した場合には外観の新鮮度が減弱するにつれて両酵素の値も低下し、その作用は冬眠期の野菜では春野菜など成長期のものに比べていちじるしく弱く、一般に成長点にあるものにおいてもっともつよいといわれる。したがって実際調理にあたっては、個々の場合について常に一定してるとはかぎらないのでその操作や技術がますます複雑多岐にわたるが、こうしたさいの食品成分の物理化学的あるいは組織的変化の上に、さらに微妙な変化が相まって、なお不明の原因も関係するのでその操作や技術がむづかしくなる。しかしそれも帰するところは調理食物の価値を最大限に発揮できるゆえんである。
- また、これらの両酵素は和食野菜より洋食用の野菜に多くみられる。

2) りんごを1%の食塩水に入れて10分浸漬したのものには酵素が残っていることが解った。ついで20分ではわずかに残り、以上の結果からみて褐変防止のアク抜きには一定時間水浸しないと完全に抜けないことがわかった。

レンコンなどアク抜きして後、揚げたり煮たりする結果褐変することがあるのは、アク抜き不完全なため、何回も水を変えて、それも水量は多い方が効果的で、色のつかないきれいな水になる迄行えば、かなり短い時間でアク抜きができるし、野菜そのものの香味を失わずにアク抜きができる。

また切り方により表面積を大きくするほうが早い。

3) 食品を調理する際、味や臭気、色の悪い食品成分が風味を害する。


アクといわれるものの本態は非常に広範囲にわたっており、不明のものも多いが、大体において食品の無機塩、有機塩、タンニン、配糖体、サポニン、アルカロイド、アルデヒド、テルペン、樹脂などがあげられる。

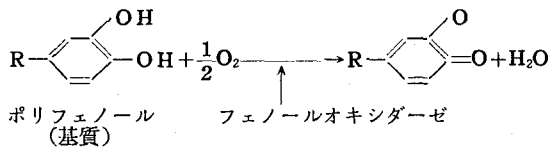
調理材料と酵素について

また馬れい薯、ごぼうなどの酵素的褐変もあり、これ等をアクと称する。アクとよばれているものは味として好ましくないもので、えぐ味、渋味、苦味などがあげられる。

えぐ味の主体はホモゲンチジン酸で、これに修酸カルシウムが共存してえぐ味を強める。渋味はタンニン類で、水やうすいアルカリに溶ける。苦味はからし配糖体、サポニン、タンニン、柑橘類のヘスペリジンなどである。

これらのアク抜き法として水浸、アルカリ液などで加熱してアク抜きを行うが、第三表に示すように酵素的褐変とは酵素がHを取る形で、脱水素的酸化をし、Hは空気中のO₂を化合してH₂Oになる。

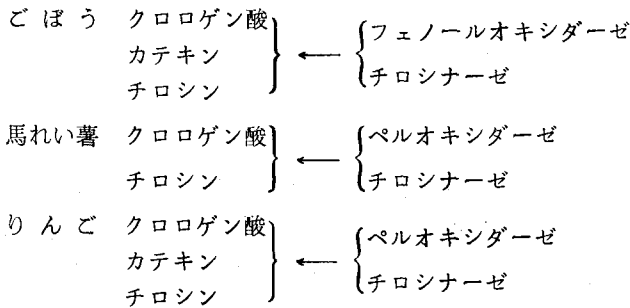
R-=Oは不安定な物質であるので、さらに(非酵素的に)重合してメラニン様の着色物質になる。



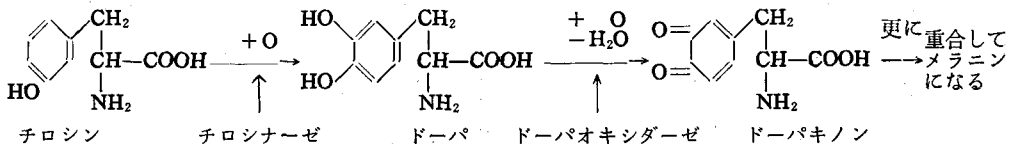
このアク抜きを行う場合、水浸、加熱、濃度のひくい食塩水や、同じく濃度のひくい酸性液を用い阻害、防止、抑制して味や外観を損じないように留意する。

しかし抜き過ぎると食品固有の味を損じるので、その点を考慮すべき必要がある。

- 馬れい薯、ごぼう、りんごは次のような基質に酵素が働いて褐変をまねく。



以上のように酵素の褐変をまねく基質を有するので、共存する酵素によって酸化されて褐変する。



〔注〕○ドーパオキシダーゼは、チロシナーゼと同一酵素であるという説あり。

○ドーパ、ジオキシフェニルアラニンを略してDOPAという。

- 水または食塩水やうすい酸液に浸けると、空気と遮断されるのでO₂の供給がなく、酸化は妨げられ褐変は起らない。

調理材料と酵素について

- 酸は酵素反応を抑制すると共に、基質タンニンを溶解させるので褐変しない。（浸け水に溶けでてうすい黄色の水となる）
flavon 色素は酸性で白くなる。
 - 食塩水も食塩自体に酵素作用を阻害する性質があるばかりでなく、食塩水でりんごの表面を被うことによって酵素が空気中の酸素に接触するのをさまたげる。
 - 常温より加熱する方が、酸素の活動を阻害し褐変は起こらない。
 - この実験の結果では香味成分が必要以上に溶解しないで色良くするには、10分内外の水浸が良いようで、りんごなどそれ以上浸けていると、ペクチンが溶解して組織をやわらかくする。
- 4) 還元剤と抑制剤の併用においては時間の経過後 3～4 時間位では何れの液につけても著しい差は見られない。強いて順位を定めたのが第四表に見られる結果であるが、2 日目になると各食品により多少の差がでてきた。その中で③の液に浸けたものはどの食品にも変化はみられず結果は良好である。④の液は特に果物に良いようである。pH3.6 で還元作用が強いためと思われる。
- 味の面では添加量が少いので支障はない。
 - 個々の食品材料により、それぞれに適した薬の組み合わせをまだいろいろと検討する余地がある。

V 要 約

調理材料に含まれている酵素は、食品中の各種成分の種々の化学変化に対して有機解媒として作用する。そして調理の過程によっては触媒作用が促進されたり阻止されたりする結果、でき上がった調理食物の性質にも関係が大で、そのために風味が左右されたり、栄養価値が変動したり、消化が良好になったり、時には食品成分の含有量が相違したりするので調理上重要な成分である。

皮をむかないりんごは酵素を断りしや断りしてオキシダーゼの働きをおさえているから褐変しないが、皮をむくと果肉組織が酵素にふれるのでフェノールオキシダーゼが働きだす。

そこで水につけて酸素との接触を少なくし、更に食塩によってオキシダーゼの働きを抑える。これが普通におこなわれているやり方で簡単で合理的なやり方である。

しかしこれは完璧な方法ではないのでやがて変色してくる。

植物の場合、褐変は色が悪くなるいわゆる「あく」の生じた現象であるから、見た目に悪い印象を与えるばかりでなく、栄養価の低下や香気の消失を招き、味の変化を伴う場合が多いので一般にきらわれる。

調理材料と酵素について

これはフェノールオキシダーゼ（フェノール酸化酵素）によっておもにポリフェノール類が酸化されてかつ変しやすいキノン類となる現象で、これらを防止するために

- ① オキシダーゼの働きを押える。
- ② 酸素を断する。
- ③ 酸化によってつくられた着色物質を再び無色のもとの状態に還元してやる。

などの三方法以外にないが、いずれの方法も二つ以上併用すると効果が大きいことがわかった。

また酵素作用の阻止剤にしても、還元剤にしても人体に有害なものや味を悪くするものなどは使えないので、今回おこなった薬の組み合わせでは味に異常をきたさないで、瞬間浸漬しただけでも生食するバナナ、りんごでも6時間位は褐変しない。特に $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ と $\text{C}_2\text{H}_2(\text{OH})_2(\text{COOH})_2$ 溶液に浸漬したものは果物に相当であったので、集団給食など大量にする時に時間をかけても色がきたなくならないので適していると思う。

本実験に際し試薬を提供して下さった京町クリニック検査室の今林実雄先生にお礼を申し上げます。

(家政学科非常勤講師)

(家政学科 助 手)

参考文献

- | | |
|----------------------|------|
| 生活と酵素 | 羽田正義 |
| 酵素化学入門 | |
| 調理化学 | 杉田浩一 |
| 食品材料の化学 | 森 雅央 |
| 調理科学とその実験法 | 後藤たへ |
| 荒川幸香 神戸女子短大記要 (1971) | |
| 食品分析ハンドブック | |