

*生ジュースの色の变化

Variation of Colour in Fresh Juice

安 藤 昭 代
 岸 野 すき江
 松 井 澄 子
 清 水 恵 子

緒 論

ミキサーやジュース等の電気調理器具の発達普及にともなう、今日では家庭で生鮮果実類から生ジュースを簡単に作成できるようになった。生ジュースはビタミン類並びにミネラル類の給源として栄養上の効果があり、とくに最近では美容食として若い女性の間で人気がある。また味の良さと飲用し易い点から、離乳食をはじめ子供・成人・老人の全てに飲用できる便利さがある。

生ジュース材料としてはあらゆる果実が利用できるが、本実験においては一般家庭で経済的に比較的入手し易いバナナ・みかん・りんごを用い検討することにした。

りんご・みかんは食品工業界においてジュースとして製造され、年間を通じて市販されている。この場合、製造直後に長期保存されるためその色調の変化が問題となり、柑橘類においてはそのカロチノイドの変化¹⁾ または褐変について²⁾、りんごにおいてはその褐変防止について³⁾ 等の研究がなされている。りんごの褐変防止について既に開環酸化酵素による防止法、りんご切片のアルカリ緩衝液浸漬方法による効果が述べられ³⁾、またりんごの破碎時にアスコルビン酸と食塩をそれぞれ 33mg % 添加し酵素的褐変を阻止したとの報告⁴⁾ もある。柑橘類においては温州みかんより夏橙の方が褐変が著しい²⁾ といわれる。今井等によれば温州みかんのカロチノイドは、40°C・40日間保存した場合、主波長はカロチノイドの分解褪色により一旦低下し、2週以後褐変現象がカロチノイド褪色よりも強くなるためまた高くなったと述べている¹⁾。バナナにおける変色についての研究報告は、ほとんど見当たらない。

家庭において作成される生ジュースは飲用直前に作られる場合が多く、もし保存するとしても短時間であろう。従って褐変現象についてそれほど問題にはならないかもしれない。しかしながら市販ジュースは果肉繊維を含有しないものが大半であるが、家庭で作るジュースにはそ

* 本研究は、昭和49年5月19日の第20回日本家政学会中部支部総会において発表したものである。

れが含まれる。果肉繊維を含むジュースの場合における色の変化はどうか。またりんごはアスコルビン酸が残っている間は褐変しないし、⁵⁾ 前述のようにアスコルビン酸・食塩の相乗効果により褐変を防止できるといわれる。バナナ・みかん・りんごの三者を比較すれば、みかんのアスコルビン酸含有率ははるかに高い。⁶⁾ りんご果汁をみかん果汁に入れたら、りんごの褐変を防止できるであろうか。果実が茶色もしくは黒色に変色するのは一般に酸化酵素の作用⁷⁾ である。生ジュースを加熱することは、現実にはその味覚上また栄養成分の損失面からも考えられないが、酵素を加熱して不活性化すれば、変色はまぬがれるであろうか。

以上の諸点から本実験においては、バナナ・みかん・りんごの個々の果汁の色の変化、果汁の加熱による色の変化、三者のミックスジュースを作成する場合、三者の搾汁順序による色の相違並びに果肉繊維を除去した果汁としないものとの色の相違及びその経時的変化を検討することを目的として行った。

実 験 方 法

色の相違並びに変化について分光光度計によりその吸光度を測定し、併せて pH を測定しその影響を検討した。

I 試 料

バナナ (南米産)

みかん (静岡県引佐郡産)

りんご (長野県産, 品種: 紅玉)

II 色並びに pH 測定試料の作成

(1) 単独試料の場合

試料 ① ①' バナナ 900g (果肉部)

試料 ② ②' みかん 400g (同 上)

試料 ③ ③' りんご 400g (同 上)

上記の試料をそれぞれ、ジュースメーカー・ミキサー (日立 VA-632型) を用い、果汁を採取し、同量の水で希釈したものを未加熱果汁 ①・②・③とする。そのうち半量を直ちに 100°C 20秒加熱しこれを加熱果汁 ①'・②'・③' とする。それぞれを 2,500r. p. m., 5分間遠心分離し、東洋沝紙 No. 131 を用い吸引沝過した。これを色並びに pH の測定試料とする。

(2) 混合試料の場合

各試料の使用量

試料 バナナ 200g (果肉部)

みかん 200g (同 上)

りんご 200g (同 上)

A pulp（果肉繊維）除去の場合

a 同時搾汁の場合

試料 ④ ④'

バナナ・みかん・りんごを同時に混合搾汁し、直ちに 0.5*倍量の水で希釈した後、(1)と同様の操作を行ない測定試料とする。（未加熱④・加熱④'）

*予備官能検査により、混合試料の場合 0.5 倍量の水で希釈したものが味覚的に良好であった。

b 順次搾汁の場合

試料⑤ バナナ*・りんご^{30分}→みかん

バナナ・りんごを同時に搾汁し30分室温に放置後、みかんを搾汁し前記果汁に混合した後、直ちに 0.5 倍量の水で希釈する。次いで遠心分離について吸引濾過を行い、これを測定試料とする。

*バナナは粘性が強く単独では搾汁困難であるため、りんごあるいはみかんを続けて搾汁した。

試料⑥ バナナ・みかん^{30分}→りんご

バナナ・みかんを同時に搾汁し30分室温に放置後、りんごを搾汁し混合する。

以下試料⑤と同様の操作を行なう。

試料⑦ りんご^{30分}→バナナ・みかん

りんごを搾汁し30分室温に放置後、バナナ・みかんを同時に搾汁し前記果汁に混合する。以下試料⑤と同様の操作を行なう。

試料⑧ みかん^{30分}→バナナ・りんご

みかんを搾汁し30分室温に放置後、バナナ・りんごを同時に搾汁し前記果汁に混合する。以下試料⑤と同様の操作を行なう。

B pulp 残存の場合

a 同時搾汁の場合

試料④''

バナナ・みかん・りんごを同時に混合搾汁し、直ちに 0.5 倍量の水で希釈し試料とする。

b 順次搾汁の場合

試料⑦'' りんご^{30分}→バナナ・みかん

りんごを搾汁し30分室温に放置後、バナナ・みかんを同時に搾汁し前記果汁に混合する。以下試料④''と同様の操作をする。

試料⑧'' みかん^{30分}→バナナ・りんご

みかんを搾汁し30分室温に放置後、バナナ・りんごを同時に搾汁し前期果汁に混合する。以下試料④''と同様の操作をする。

Ⅲ 吸光度測定

各試料について、作成直後・冷蔵2時間後・4時間後・6時間後・24時間後の吸光度を測定した。冷蔵は三角フラスコに各試料をそれぞれ分注し、密栓して5°Cの電気冷蔵庫内に保存した。

pulp 残存の試料④"⑦"⑧"は、測定直前に遠心分離次いで吸引濾過を行い測定試料とした。

なお測定にあたって試料①①'は試料を50倍に希釈し、試料②②'は2倍に希釈し、試料③③'はそのまま用いた。混合試料④④'⑤⑥⑦⑧④"⑦"⑧"は、20倍に希釈して測定を行なった。

以上の各試料について分光光度計（島津製QV-50分光光度計）を用い、波長370m μ から800m μ における吸光度を測定した。セルは層厚10mmの石英製のものを用いた。なお冷蔵試料は冷蔵庫より取り出しその一部をとり希釈するため、吸光度測定時点における温度は室温と同温になった。

Ⅳ pH測定

各試料について、作成直後・冷蔵2時間後・4時間後・6時間後・24時間後のpHを測定した。

各試料とも試料を5倍に希釈したものを測定試料とし、pHメーター（日立一堀場製、F-5型）を用い測定を行なった。なお試料の温度は、吸光度測定の時と同じく室温と同温であった。

実験結果並びに考察

I 個々の果汁の色の変化

肉眼的には試料①①'（バナナ）は白濁した液体で、試料②②'（みかん）・③③'（りんご）と明確に区別できた。試料②②'・③③'は双方とも透明感のある同じような色調を呈し、この二者間の差は認められなかった。バナナ果汁の白濁は、蛋白質・糖質等の成分を多く含有している⁶⁾影響と思われる。

試料①①'②②'③③'の吸光度を、図1~3に示す。

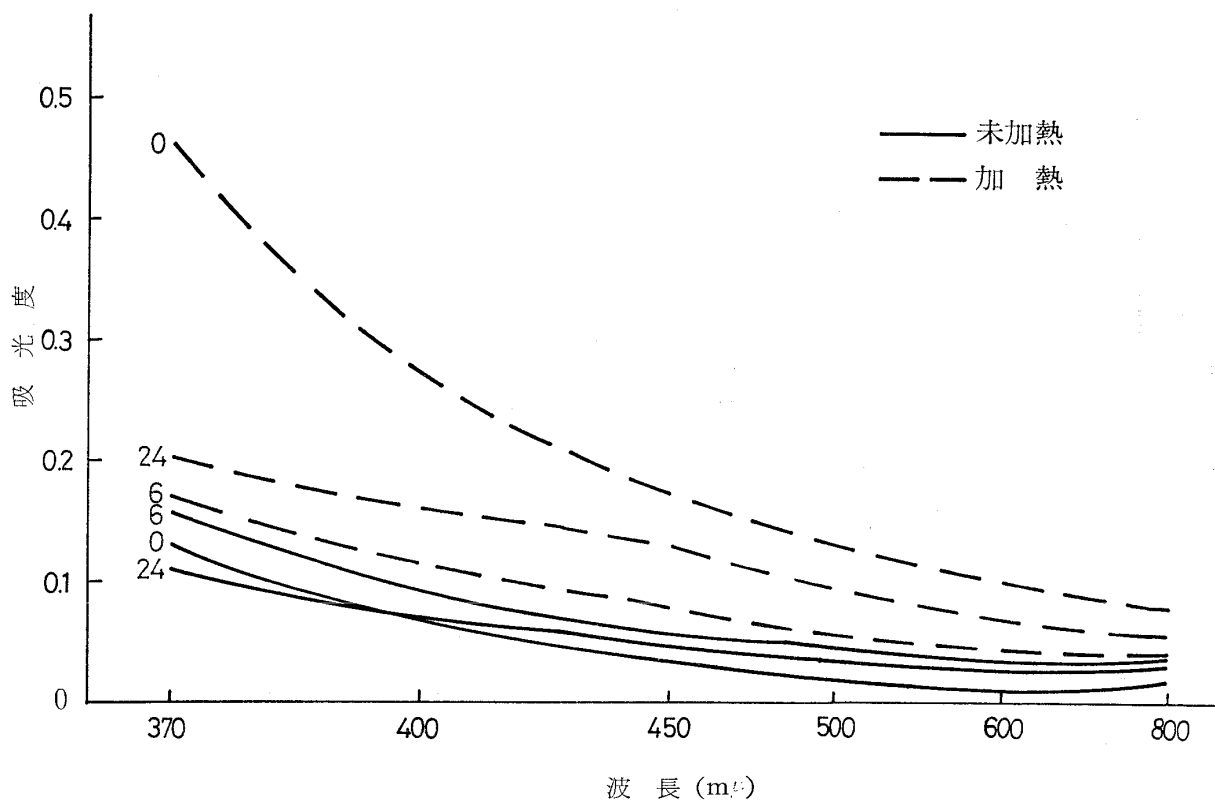
図1にみるごとくバナナの未加熱試料は経時的に比較的変動は少ないが、6時間後・24時間後の400~800m μ の吸光度は直後より高く変色が進行する傾向がある。

みかんは図2にみられるように、未加熱試料は搾汁直後よりも6時間後・24時間後はやや高くなる。

りんごは図3に示すように、バナナ・みかん・りんごの中では一番低い吸光度を示す。未加熱試料は6時間後は直後と大差なく、24時間後にやや高くなる。

果汁の褐変は、アスコルビン酸の分解並びにアミノカルボニル反応により起る⁷⁾といわれ

図1 バナナ果汁の経時的変化



0 : 搾汁直後 6 : 6時間後 24 : 24時間後

る。すなわち果汁のポリフェノール成分がポリフェノールオキシダーゼにより酸化褐変し、キノンを生じる。キノンはアスコルビン酸により還元され元のポリフェノールに戻る⁵⁾。従ってアスコルビン酸は消失してくる。本実験においてバナナ・みかん・りんごの未加熱試料の全てが経時的に吸光度が高くなったのは、この酵素酸化によるものと推定される。三者の吸光曲線の差異は、個々の試料固有の色の相違と思われる。みかんの色が肉眼的に比較的淡く、高い吸光度を示さなかったのは、カロチノイドが搾汁パルプに吸着され⁸⁾除去される為であろう。りんごの褐変度が、みかん・バナナに比較して少ないのは、酵素酸化はpHが低いほど起り難く、pH 3以下ではほとんど起こらないと云われるところから、表1にみられるようにpHが他の二者よりやや低いからであろうか。バナナが比較の変色したのは、アスコルビン酸含量がみかんよりも少く、pHもみかん・りんごに比較してやや高いため酵素酸化を受け易いのであろうか。バナナ・みかん・りんごの個々の果汁におけるpHの経時の変化は、表1にみられるように大差なく、色調に及ぼす影響はほとんどないものと思われる。

図2 みかん果汁の経時的変化

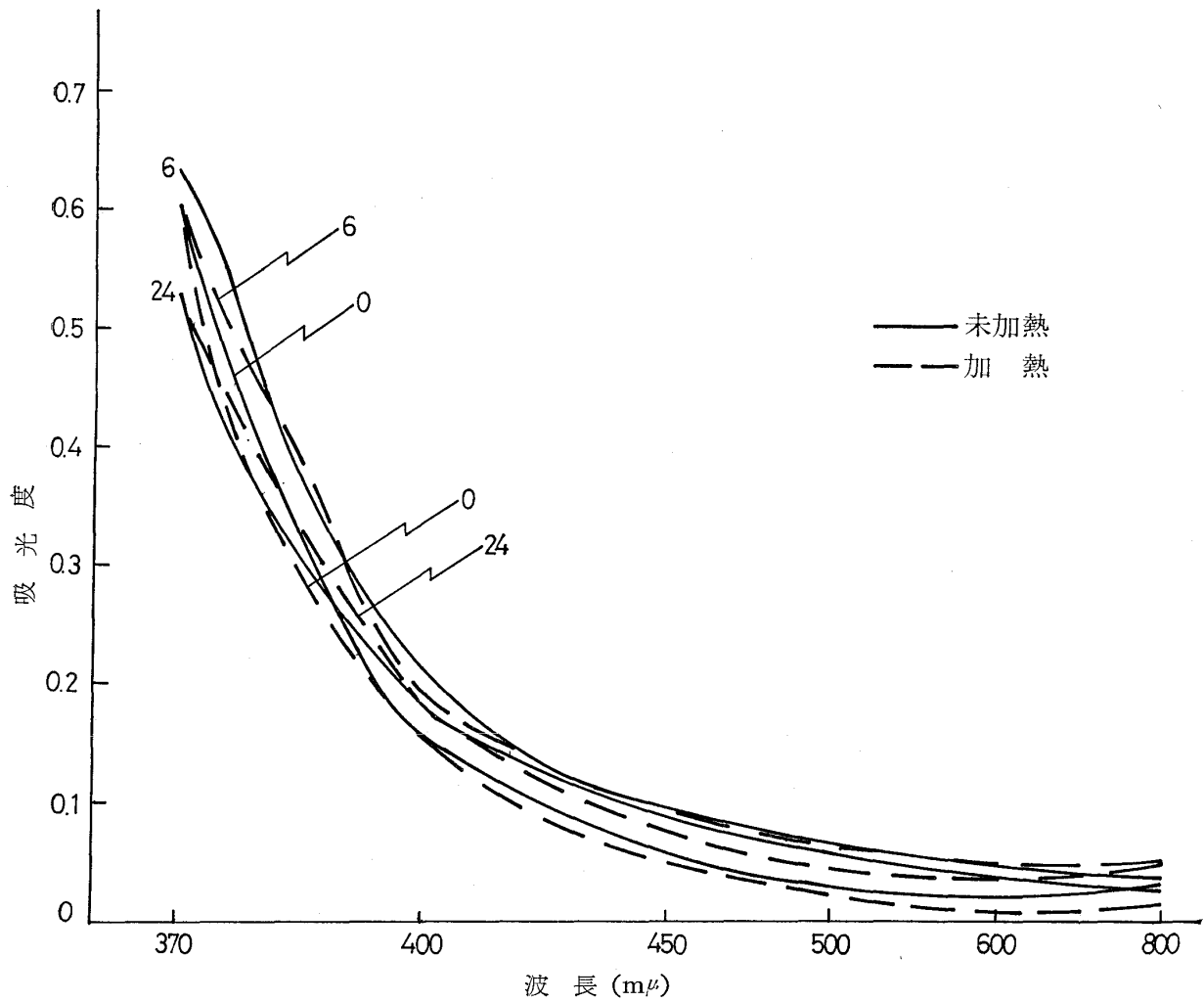


表1 単独試料の pH 値

試料	経過時間				
	直 後	2 時間後	4 時間後	6 時間後	24 時間後
試料 ① (バナナ)	5.15	5.05	5.02	5.05	4.97
試料 ② (みかん)	3.84	3.86	3.89	3.83	3.82
試料 ③ (りんご)	3.41	3.41	3.44	3.46	3.39

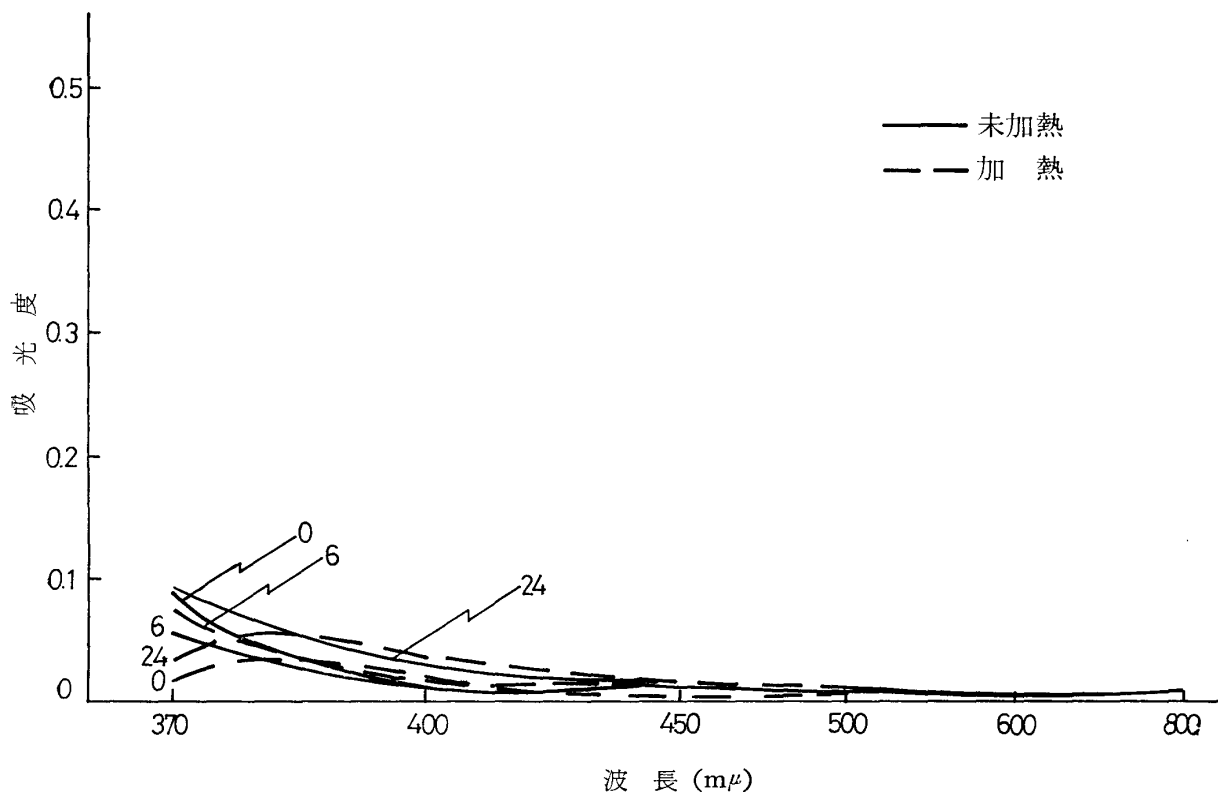
以上の結果から、未加熱の単独試料においては、バナナ・みかん・りんごの何れも経時的にやや褐変するが、そのうちりんごの褐変度は他の二者よりも少なかった。

II 加熱による色の変化

(1) 単独試料の場合

バナナの加熱試料は図1にみられるように、直後が最も高く、6時間後が一番低い。未加熱試料と比較すると加熱試料は経時的にも常に高い吸光度を示す。

図3 りんご果汁の経時的変化

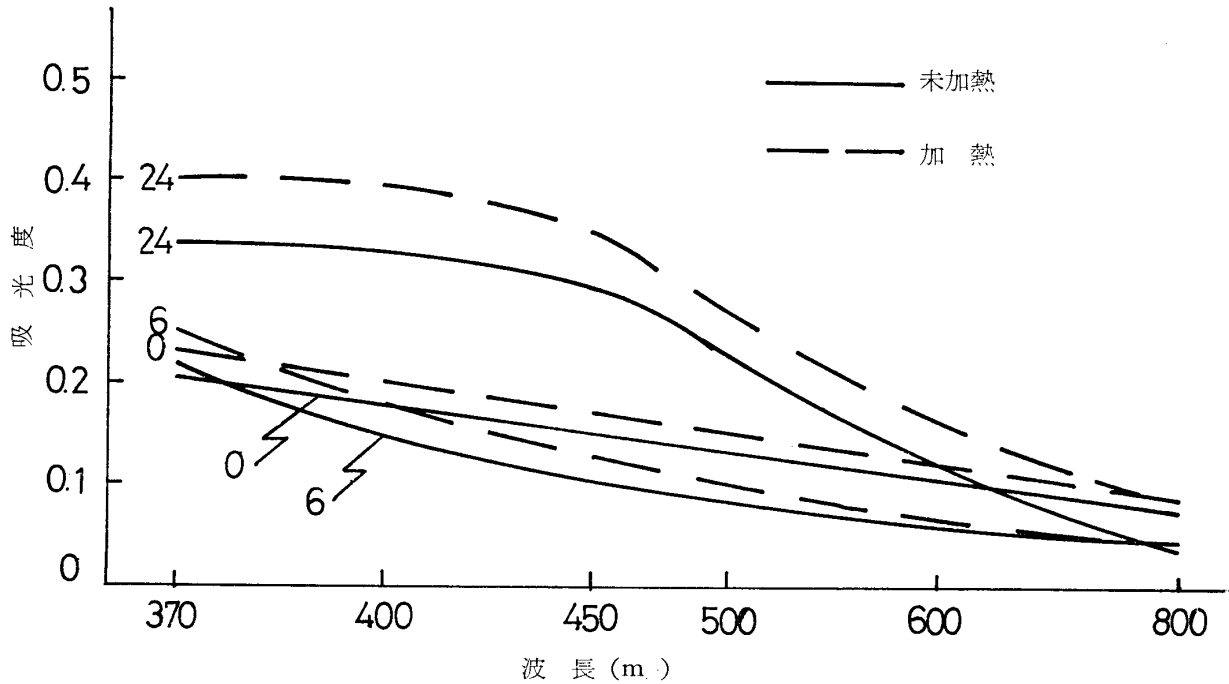


みかんの加熱試料は図2にみられるように、未加熱試料と同様に直後より6時間後・24時間後と経時的に高くなる傾向がある。加熱試料と、未加熱試料を比較すると、ほとんど差はみられない。

りんごの加熱試料は図3に示すように、未加熱試料と同様直後・6時間後は大差なく、24時間後にやや高くなる。加熱試料と未加熱試料との差は、みかんの場合と同様にほとんどない。

先に述べたポリフェノールオキシダーゼ等の酵素は、加熱処理いわゆるブランチング処理で失活するという報告⁹⁾がある。加熱によりアスコルビン酸も破壊されるが、ポリフェノールオキシダーゼも破壊されるためキノンの生成もなく、従ってアスコルビン酸の消失が加熱処理した試料の褐変する直接の原因とはならない。従ってみかん・りんごの加熱試料の経時的褐変は、アミノカルボニル反応と思われる。メイラード反応は温度の高いほど早く着色する⁵⁾⁷⁾と云われる。加熱によりこの反応が進み易くなったのであろう。なかでもバナナが加熱直後著しく高い吸光度を示したのは、みかん・りんごに比べて多量の蛋白質と糖質を含有するため、アミノカルボニル反応が速やかに起ったのではなからうか。しかし6時間後・24時間後に直後よ

図4 同時混合果汁の経時的変化



りも低い値を示したのは、自然褪色によるものか或いは他の反応でもあろうか。

(2) 混合試料の場合

混合試料④・④'の吸光度を図4に示す。

直後・6時間後・24時間後の何れにおいても、加熱試料は未加熱試料よりも吸光度は高い。単独試料の場合と同じく、アミノカルボニル反応の結果であろう。殊に蛋白質・糖質含有量の多いバナナの影響は大きいものと思われる。経時的にも個々の単独試料と比較して吸光度が高いのは、酵素反応ではなくメイラード反応の、混合試料における微妙な反応進行ではなかろうか。

以上、単独試料・混合試料の何れにおいても、加熱することは褐変現象を進行させるという結果を得た。

Ⅲ 混合果汁の搾汁順序による色の変化

試料④～⑧の吸光度を図5～7に示す。

図5 混合果汁の比較 (搾汁直後)

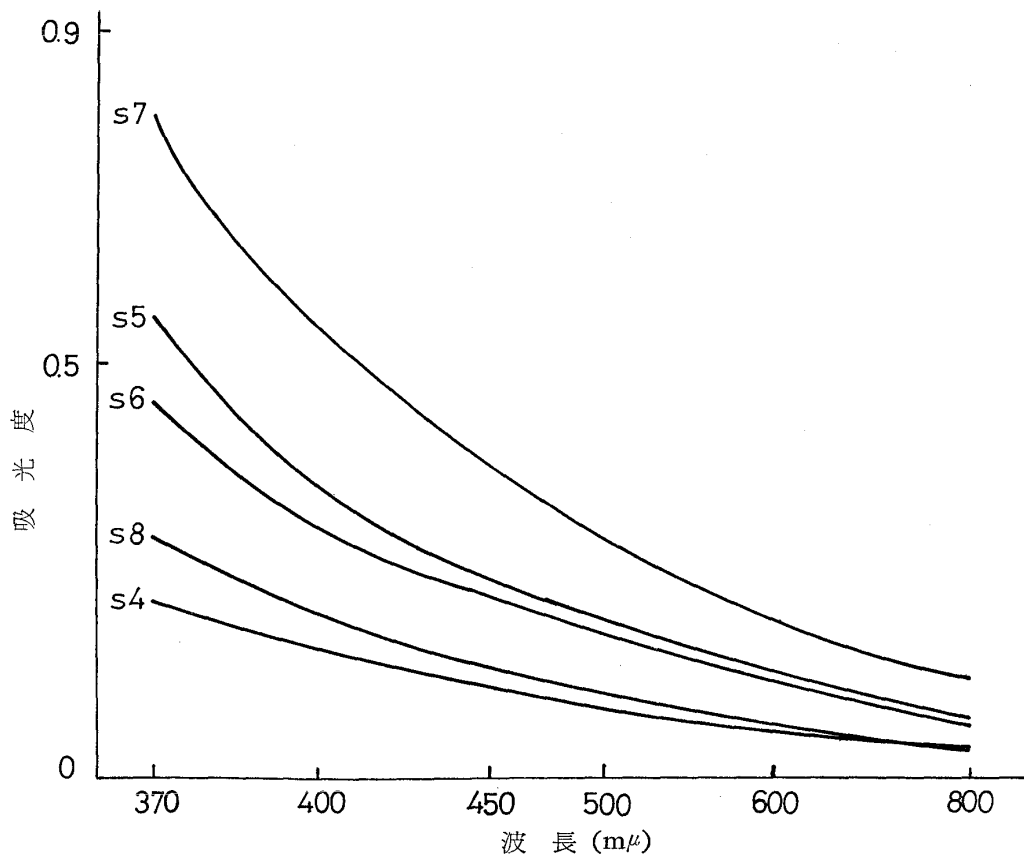


図6 混合果汁の比較 (6時間後)

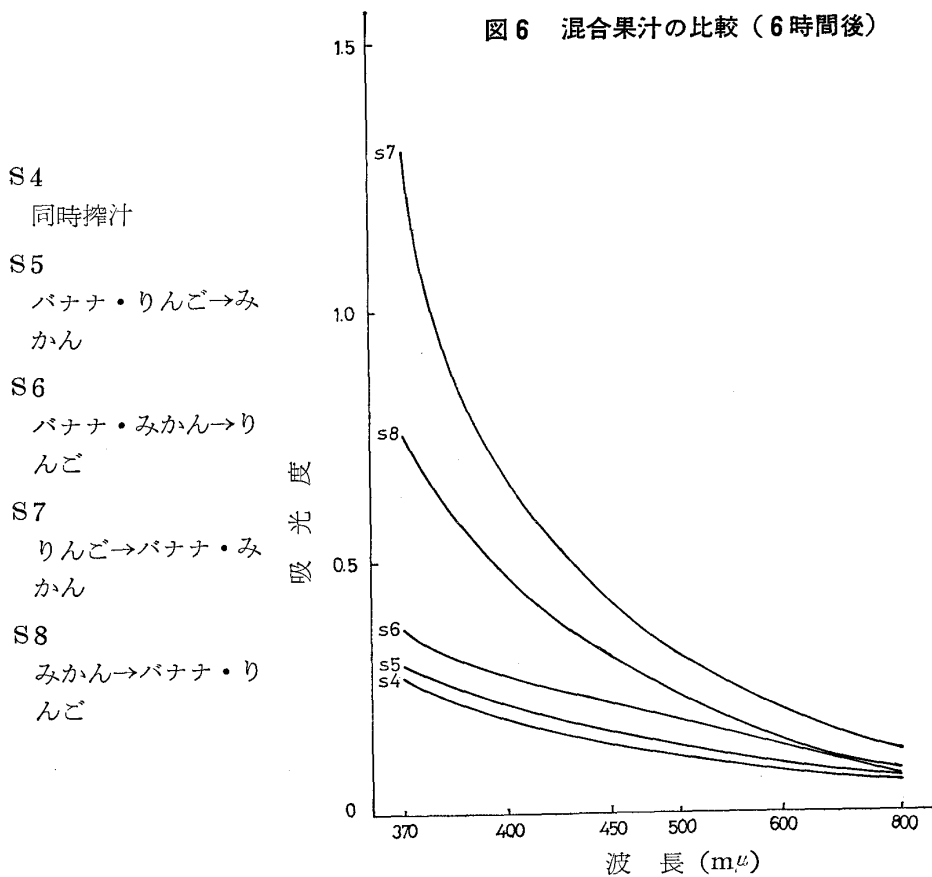
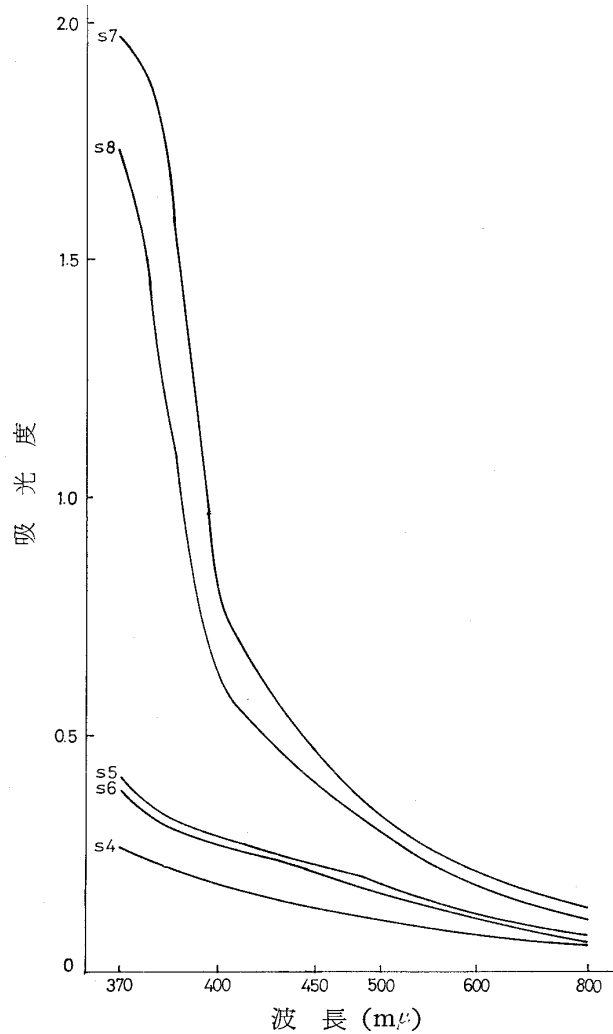


図7 混合果汁の比較 (24時間後)

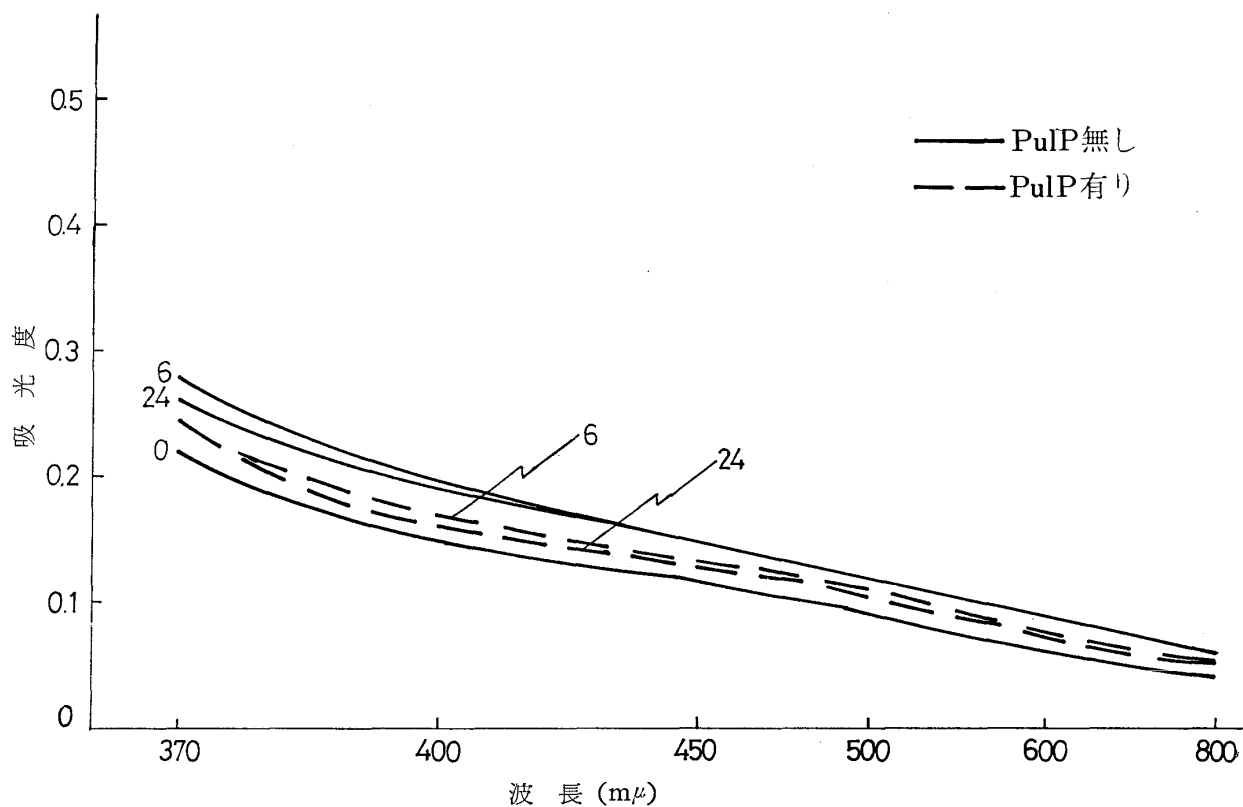


同時搾汁の④は他試料に比較して、直後・6時間後・24時間後ともに最も吸光度が低い。すなわち褐変が少ない。アスコルビン酸の存在している間は褐変しない⁵⁾と云われるところから、アスコルビン酸含量の多いみかんが最初から入っているため、初期における褐変度が少ないのであろう。

試料⑤と⑥を比較すると、試料⑥は搾汁直後と24時間後に低い吸光度を示す。試料⑤はバナナとりんごを先に搾汁したものであり、試料⑥はバナナとみかんを先に搾汁したものである。みかんはりんごに比べてアスコルビン酸含量が多く、酸化褐変をおさえる力が強いため、試料⑥のように、先にみかん果汁が存在するとバナナの変色が抑制されるものと推定される。試料⑤・⑥ともに経時的变化は比較的安定しているが、搾汁直後が一番高く、時間が経過した試料は低い値を示す。これは自然褪色であろうか。

試料⑦と⑧を比較すると、試料⑦は常に⑧より高い吸光度を示す。試料⑦はりんごを先に搾汁したものであり、試料⑧はみかんを先に搾汁したものである。搾汁直後にみられる大きい差は、りんご果汁中にアスコルビン酸含量が比較的少なく、搾汁中にジュースによりほとんど

図8 ④混合果汁における pulp 有無の比較

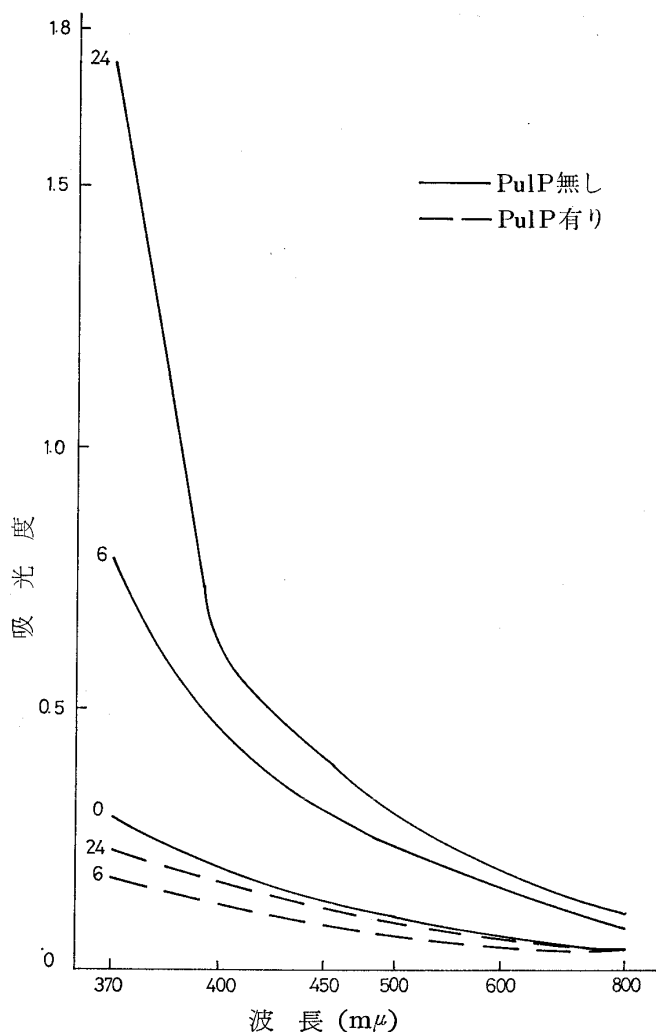


破壊され⁵⁾, りんご自体もポリフェノールオキシダーゼを持っていることが一因をなしているものと推定される。経時的にみると6時間後・24時間後と時間がたつにしたがって、試料⑦・⑧とも急激に褐変が進行し高い吸光度を示す。すなわちアスコルビン酸の消失にともなう酵素的褐変並びにアミノカルボニル反応の進行と思われる。しかし反面試料⑦・⑧との差は少なく

表2 混合試料の pH 値

試料	経過時間					
	直 後	2 時間後	4 時間後	6 時間後	24 時間後	
試料 ④	4.15	4.29	4.11	4.11	4.15	
試料 ④' (加熱)	4.14	4.25	4.11	4.11	4.16	
試料 ⑤	4.15	4.15	4.13	4.17	4.17	
試料 ⑥	4.12	4.13	4.11	4.11	4.15	
試料 ⑦	4.16	4.21	4.21	4.18	4.59	
試料 ⑧	4.38	4.38	4.37	4.38	4.62	

図9 ⑦混合果汁における pulp 有無の比較



なってゆく。試料⑦・⑧と試料⑤・⑥を比較して、6時間後・24時間後の何れも⑦・⑧が⑤・⑥よりも高い値を示すのは、表2にみられるように pH 値が⑦・⑧の方がやや高く、⑤・⑥よりも酵素酸化が進行し易かったのではなからうか。

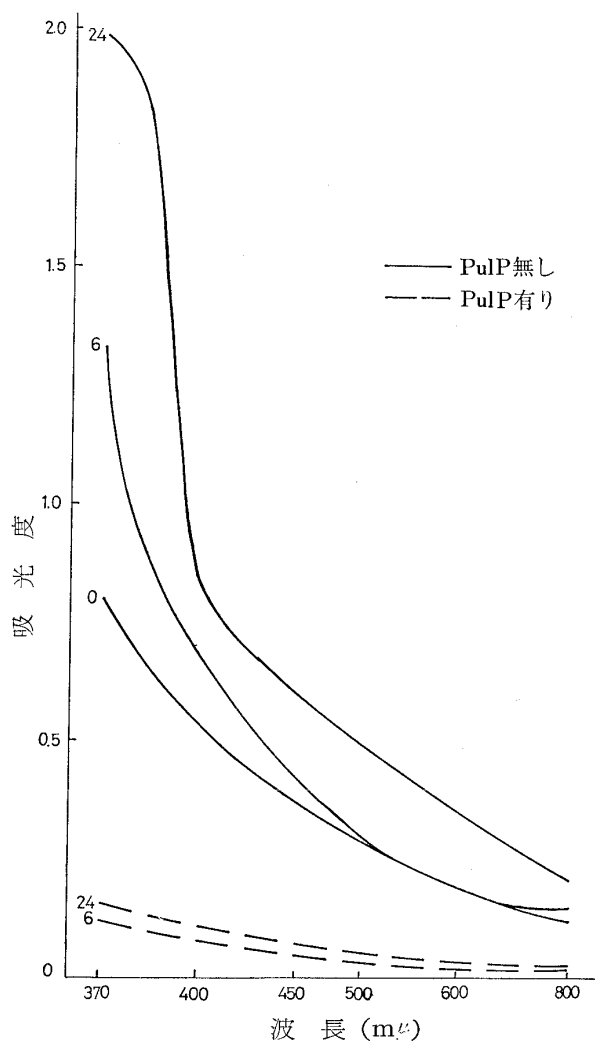
以上の結果から pulp 除去果汁においては、同時混合搾汁試料④が吸光度も一番低く色調は安定していて、pH 値も表2にみられるごとく最も安定している。順次搾汁の試料⑤・⑥は若干高い吸光度を示すが、試料⑦・⑧よりも安定している。試料⑦と⑧は褐変が大である。すなわち個々の果実を1種類ずつ搾汁するよりも、はじめから混合して搾汁する方法が褐変が少なく、三者を混合して全く同時に搾汁する方法が最も褐変を抑制するという結果が得られた。

Ⅳ pulp の果汁の色に及ぼす影響

pulp 残存試料と pulp 除去試料の吸光度の比較を図8～10に示す。

同時混合搾汁試料④ (pulp 除去) と④" (pulp 残存) を比較すると、④"は常に低い吸光度を示す。順次搾汁の⑦・⑦"と⑧・⑧"においても、同じく pulp 残存試料の吸光度が低い。これは pulp 部は酸素褐変を阻害するもの、すなわちアスコルビン酸が pulp に残ってい

図10 ⑧混合果汁における pulp 有無の比較



るため酸化を抑制するのではなかろうか。また pulp 除去の場合、夾雑物が無いため酵素酸化並びにアミノカルボニル反応が速やかに行なわれるのではないかと推定される。

次に pulp 残存の各試料を比較すると、④" は搾汁直後において最も吸光度が低く、6 時間後・24 時間後がやや高くなるが、比較的経時的变化も少なく安定している。⑦"・⑧" を比べると、みかんを最初に搾汁した⑧" の変化が少ない。しかし⑦" と⑧" は6 時間後・24 時間後は搾汁直後よりも吸光度がやや低下する。これは果汁個有の色の褪色ではなかろうか。pulp 除去の場合は褪色現象を越えて褐変が著しいため、吸光度が高いのではないだろうか。

以上のことから、pulp 除去でも比較的安定している同時混合搾汁の試料④は pulp が存在してもほとんど差がみられないが、順次搾汁の試料⑦・⑦"・⑧・⑧" に関しては、pulp が存在すると褐変が抑制され、試料④・④" に近い値を示す。この結果から常に pulp が存在した状態にある生ジュースは、褐変が少なく色調も安定しており、ジュースとして適当であろうと思われる。

以上 I ~ IV の実験結果から、バナナ・みかん・りんごの三者を使用してミックスジュースを

作成する場合、三者を混合して同時にジューサーで搾汁する方法が最も褐変を防止し、また色調も安定である。順次搾汁する場合は、みかんを最初に搾るのが良好と思われる。生ジュースのごとく pulp 混合状態のものは pulp が皆無であるか、あるいは少量である市販ジュースに比較して、酵素酸化並びにアミノカルボニル反応を抑制し、色調において安定であると云えよう。

要 約

- 1) バナナ・みかん・りんごの個々の果汁の色の経時的変化、果汁の加熱による色の変化、三者のミックスジュースを作成する場合の搾汁順序による色の相違、pulp を除去した果汁としないものとの色の相違並びに経時的変化を検討した。
- 2) 個々のジュースの色は、時間の経過に従って、バナナ・みかん・りんごの何れも褐変した。
- 3) 加熱果汁は未加熱果汁に比較して、単独・混合試料の何れの果汁においても褐変が著しい。
- 4) 三者の搾汁順序による色を比較すると、同時混合搾汁が最も褐変が少く、色が安定である。順次に搾汁する場合は、みかんを最初に搾る方法が褐変をいくらか防止する。
- 5) 生ジュースのごとく pulp 混合の果汁は、pulp を除去した果汁に比較して褐変が少ない。

引 用 文 献

- 1) 中林敏郎, 鶴飼暢雄: 日本食品工業学会誌, 10, 224 (1963)
- 2) 今井 寛, 酒井宏美, 藤谷 健, 大西隆三: 農化誌, 31, 161 (1957)
- 3) Kelly S. H., Finkle B. J.: Journal of the Science of Food and Agriculture, 20, 629 (1969)
- 4) Johnson G., Donnelley B. J., Johnson D.K.: Food Technology, 23, 82 (1969)
- 5) 下田吉人, 松元文子, 元山 正, 福場博保編: 調理と化学, 朝倉書店, 東京, 157 (1971)
- 6) 松元文子編: 調理のための食品成分表, 柴田書店, 東京, 56 (1973)
- 7) 桜井芳人編: 総合食品事典, 同文書院, 東京, 289 (1968)
- 8) 農林省食糧研究所: 食糧, 2, 47 (1959)
- 9) 中林敏郎, 木村 進, 加藤博通共著: 食品の褐変とその化学, 光琳書院, 東京, 113 (1942)