

バナナの熟成に関する研究

Studies on the Ripening of Banana Fruits

加 藤 保 子
友 松 滋 夫

わが国のバナナの輸入状況は昭和35年に4万2,387トンであったものが、昭和38年に自由化されてからは、昭和40年に35万8,000トン、昭和41年に41万6,246トンと輸入量は著しく増加して最近では、りんご、みかんと並んで3大果実の座を占めつつあり、われわれの日常の食生活においても、単に果物としての利用だけでなく、調理時のサラダに、洋菓子の材料などに、その利用法が広がりつつある。^{1,2)}このように著しい量が利用されているにもかかわらず、バナナについての研究報告は比較的少く、バナナの長距離輸送法や追熟法³⁾、貯蔵法また果皮の色素に関する報告⁴⁾がわずかに見られる。

バナナは南方産地より船内において、温度11~13°C、湿度90~95%で輸送され、港に荷上げ後は、いわゆる「むろ室」に運ばれ24~36時間かけて温度を23~27°Cに上げて1~2日間追熟加工後、16~18°Cに冷却して市場に送り出しているが、この輸送、追熟などの諸条件時に起きる生理的变化について邨田らは報告している。またLoesecke⁴⁾は追熟加工にともなうバナナ果皮の色調の変化について、その色素成分を追究した結果、バナナ果皮組織中のクロロフィルが分解されてキサントフィル、カロチノイドとなり黄色が出現するため、果皮の色調が緑色から黄色に変化することを指摘している。さらに、揚ら⁵⁾は果肉中のでんぷんがフォスフォリラーゼによって加リン酸分解され、未熟果肉中では22.1%から含有されていたでんぷんが過熟時には0.3%までに減少することを、また、邨田ら⁶⁾は追熟加工時の果肉中の糖質、アスコルビン酸、アルコール、アルデヒドなどの化学成分の変化について観察している。

以上のような研究報告がされているが、その熟成の程度を経験的に判断して食用に供しているにすぎないので、果皮の色調と食べ頃についての関係をさらに明確にするために、果皮の色調が変化するにつれて果肉中の還元糖量がいかに変化するものかを測定し、また組織形態学的に貯蔵細胞内のでんぷん粒の消長を経時的に観察したので報告する。

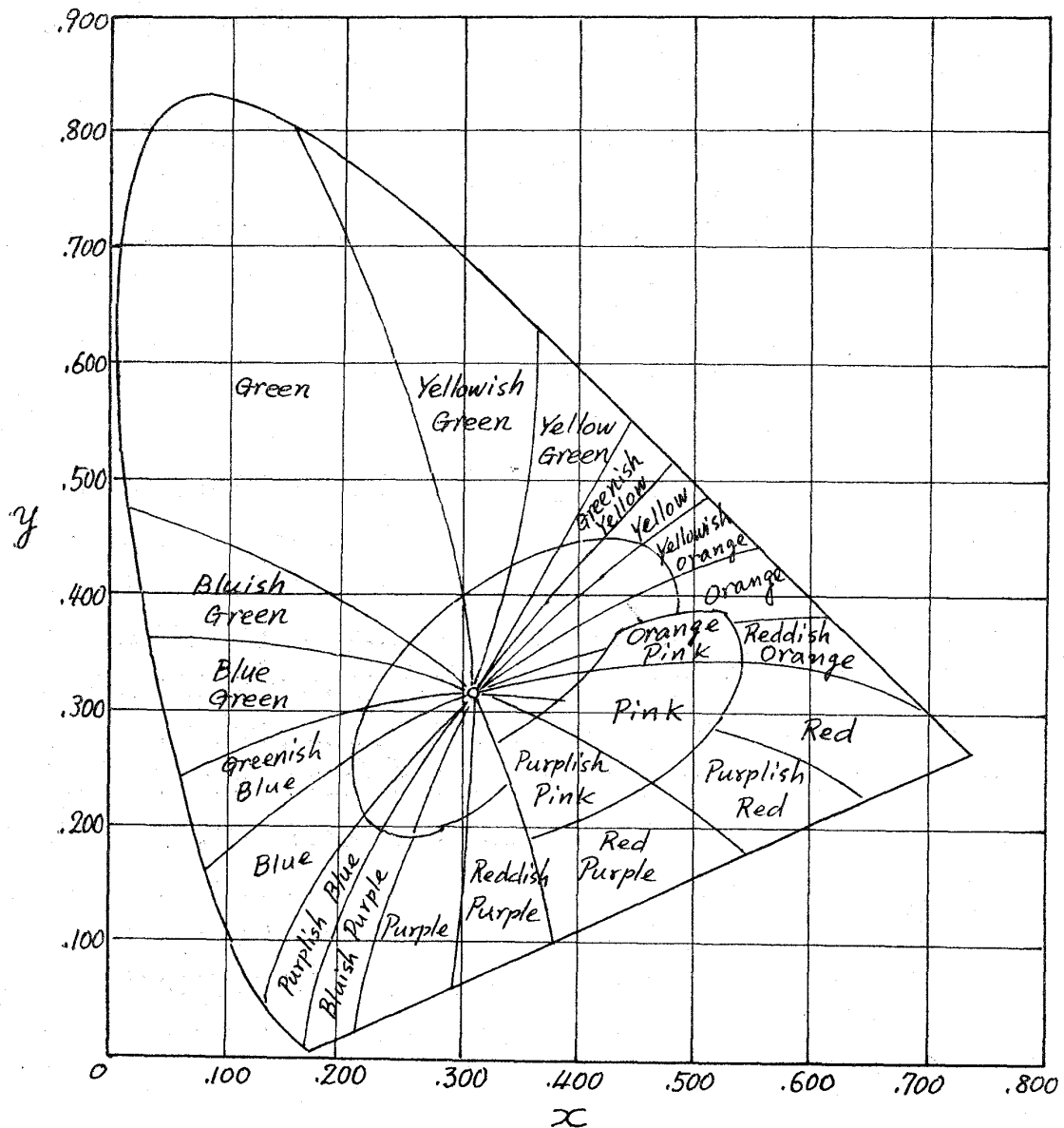
実験材料および方法

この実験には台湾南部の高雄産のバナナ、海豊輪種の追熟処理をしたものと、無処理のバナナの二種類をバナナ加工業者から入手して使用した。

この二種のバナナについてそれぞれ次のような三通りの測定、観察をおこなった。即ち

(1) 果皮の色調の測定

果実の中央部の果皮を長さ 30 mm, 巾 15 mm, 厚さ 1 mm の大きさにはぎ取って試料を準備した。この試料を反射測定装置をつけたスペクトロニック20光電比色計(島津)にかけて、酸化マグネシウム白板を標準として 415~685m μ の波長で測定した。試料の色調はこの測定値を第1図に示す Kelly の色名分布図にあてはめてその色名をみちびく C. I. E. 法でおこなった。



第1図 Kelly の色名分布図

(2) 果肉中の還元糖量の測定

果肉中の糖量測定用の試料として果肉の中央部10gを採取し、ホモブレンダーにて粉碎し、水 100ml に溶解させ、これに飽和中性酢酸鉛液 20ml を加えて、タンパク質、有機酸を除い

た。次いで蓚酸ナトリウム末を加えて鉛を除き、さらに水を加えて試料溶液を 250ml に調整した。この試料溶液 10ml を用いてソモギーの変法により測定をおこなった。

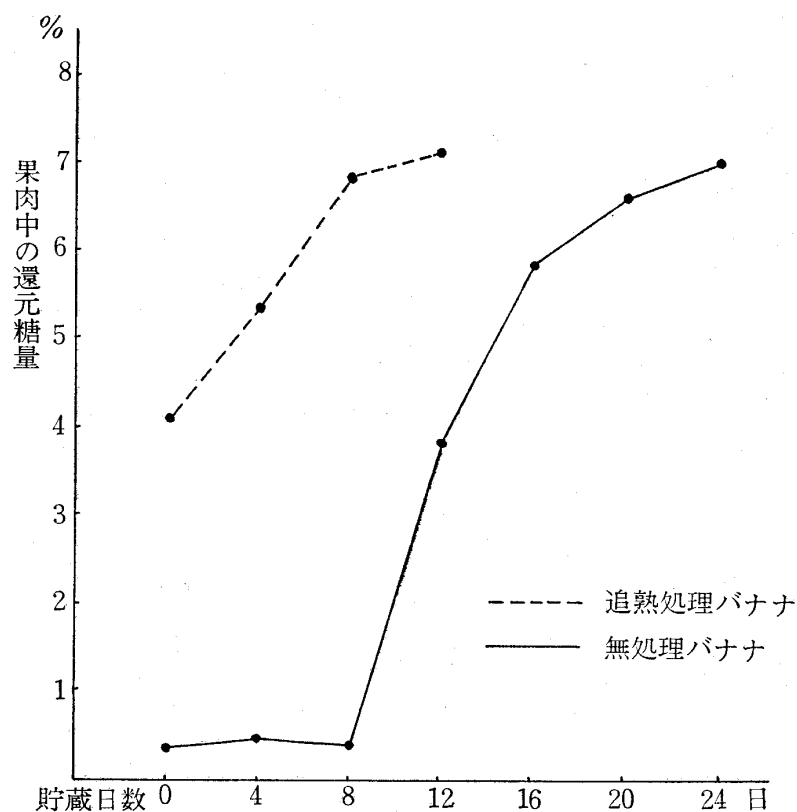
(3) 果肉組織の観察

果肉の中央部から 5 mm 立方の試料を採り、10%ホルマリン液で固定したものを、水洗後アルコール系列で脱水、パラフィン包埋したもので 6 μ 切片を作り、サフラニン・ライトグリーンによる二重染色標本とヨウ素ヨウ化カリウム液による染色標本の二種の標本を準備し、組織像およびデンプン粒を観察した。⁷⁾

実験結果

(1) 果皮の色調の変化

無処理のバナナと追熟処理をしたバナナの果皮の色調の変化は第 表に示すような結果が得られた。すなわち無処理のバナナは、入手時肉眼的には濃緑色をしていたが、測定色調名は greenish yellow であった。その後日時の経過につれて次第に黄味を増し、16日目には、ye-



追熟処理 バナナ	yellow	yellowish orange	orange				
無処理 バナナ	greenish yellow	yellowish green	yellow green	yellow green	yellow	yellow	yellow

第 2 図 追熟処理バナナと無処理バナナの果肉の還元糖量と果皮の色調

low の色調となった。その後24日目まで yellow と同じ色調を示した。

追熟処理バナナは入手時に、すでに黄色調で測定結果は yellow であった。入手後4日目も yellow を示したが、8日目には yellowish orange, 12日目には orange と変化した。

追熟処理バナナは入手時すでに黄色調であり、無処理バナナは入手後16日目以降で始めて黄色調を呈した。それらの色調は類似したものであったが、追熟処理バナナは赤味を帯びた色調に変わるところが異なっていた。

(2) 果肉中の還元糖量の測定

同じ日時に入手したバナナでもその果肉中の還元糖量はバナナ処理の有無によって、糖量の変化に遅速がみられた(第2図)。

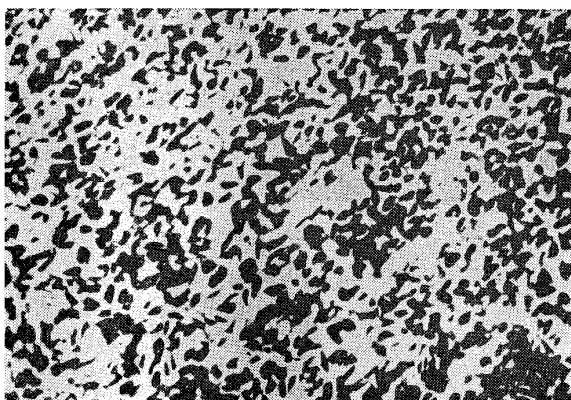
無処理バナナの果肉中の還元糖量は入手してから8日目まで約0.14%と非常に低い値を示していたが、8日目を過ぎると著しく増加し始め、12日目には3.82%、16日目には5.8%と増えた。さらに20日目に6.55%、24日目には7.0%と増加がみられたが、16日以降、すなわち黄色調がでてからの糖量の増加は0.65~0.45%と小さくなっていった。

追熟処理バナナ中の還元糖量は入手時すでに4.1%であった。4日目にはさらに5.4%に、8日目には6.9%と8日目まで著しい増加がみられたが、12日目には7.1%と8日目を過ぎるとほぼ一定量となった。

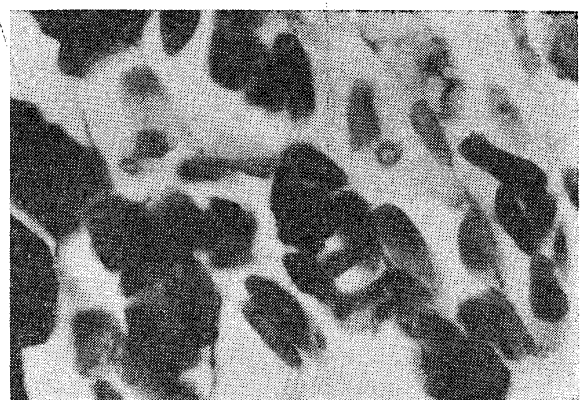
(3) 果肉組織の観察

無処理バナナの果肉を光学顕微鏡で組織形態学的に観察した結果は次のようであった。

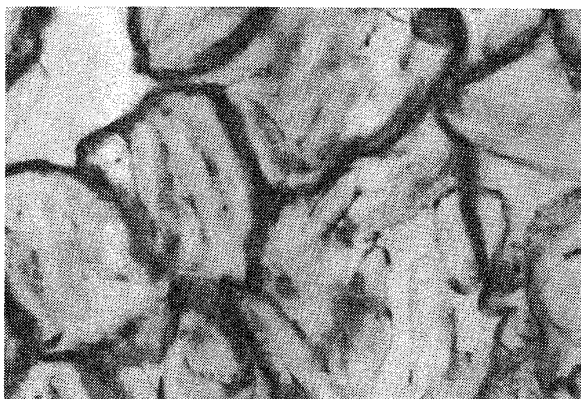
バナナ入手直後の果肉の貯蔵組織は、第3図のように、貯蔵細胞内に著しい数のデンプン粒がぎっしりつまっており、デンプン粒そのものの膨潤も全く認められず、第4図のように干渉輪がみられた。入手後4日目からデンプン粒の膨潤がみられ、やや大粒のデンプン粒となった。8日目になると、さらにデンプン粒ははふくらみ第5図のように膨潤していった。12日目には8日目と比べて著しい変化は認められなかったが、16日目になると第6図のようにデンプン粒はヨウ素によって染まり難くなる。24日目になると、第7図のように貯蔵細胞内にデンプ



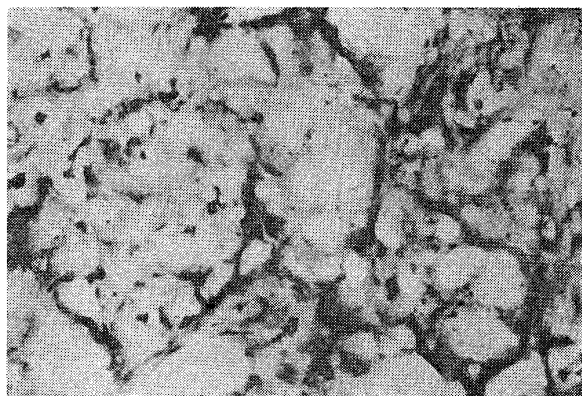
第3図 無処理バナナ，入手時の貯蔵細胞内のデンプン粒 (×100)



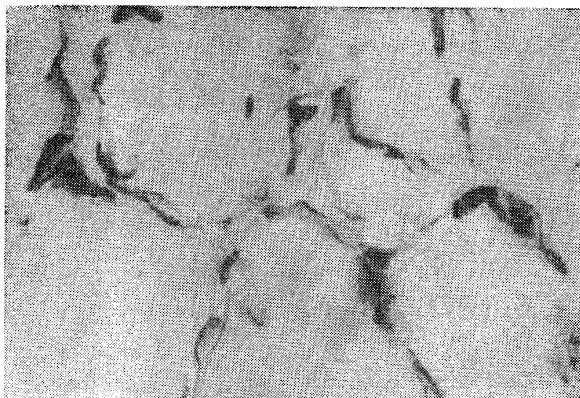
第4図 無処理バナナ，入手時の貯蔵細胞内のデンプン粒 (×100)



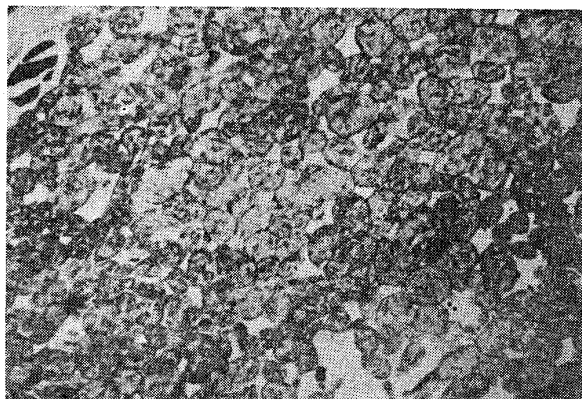
第5図 無処理バナナ，入手後8日目のデンプン粒（×400）



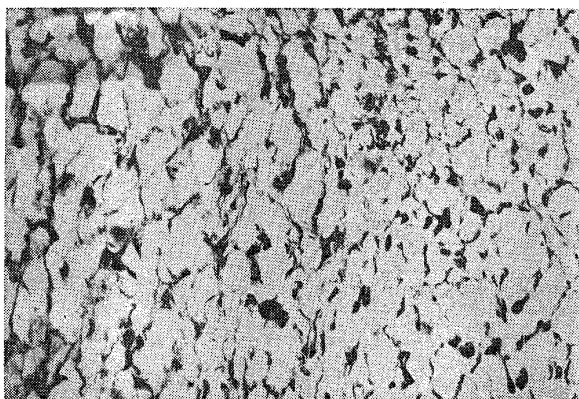
第6図 無処理バナナ，入手後16日目のヨウ素に難染になったデンプン粒（×400）



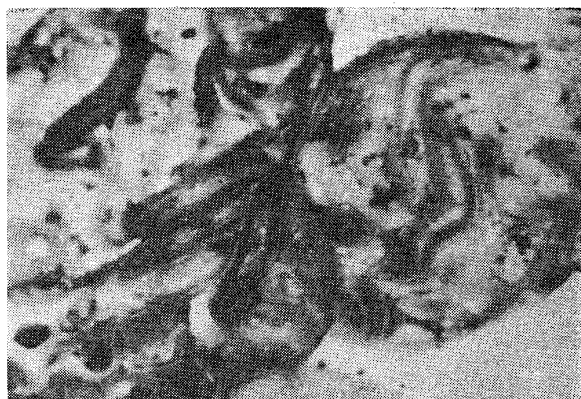
第7図 無処理バナナ，入手後24日目の貯蔵細胞（×400）



第8図 無処理バナナ，入手後4日目貯蔵細胞（×100）



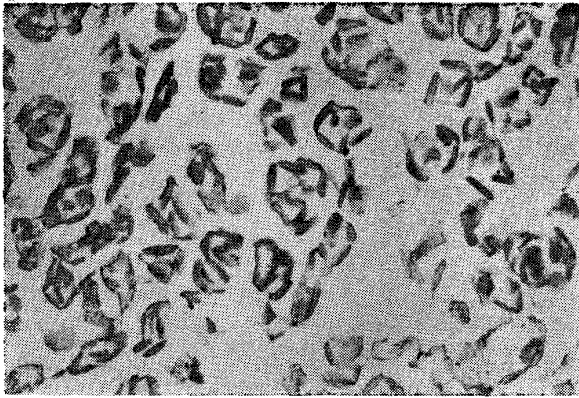
第9図 無処理バナナ，入手後24日目の貯蔵細胞（×100）



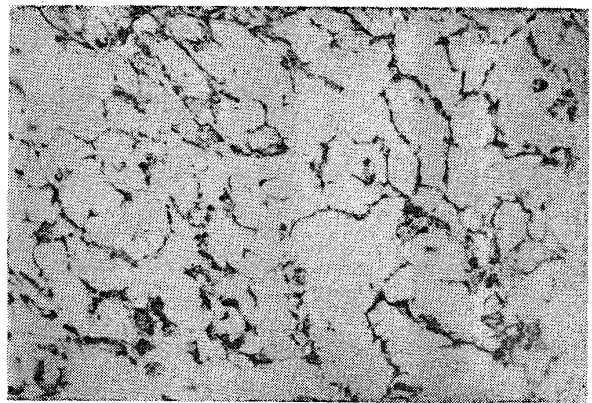
第10図 追熟処理バナナ，入手時の貯蔵細胞のデンプン粒（×400）

ン粒はほとんど認めることができなくなった。

デンプン粒を貯わえている貯蔵細胞のようすをみると，第8図のようにバナナ入手後4日目ではライトグリーン色素に染まった緑色の細胞色が明瞭に認められ，細胞内には数多くの色素体（デンプン粒）で満たされていた。8日目には細胞膜がやや膨化してくるが，組織像は4日目に比べて著しい変化を示さなかった。デンプン粒の消失する16日目頃から細胞間隙が開き始



第11図 追熟処理バナナ，入手後4日目の貯蔵細胞内のデンプン粒 (×100)



第12図 追熟処理バナナ，入手後8日目の貯蔵細胞 (×100)

め、ところどころ細胞膜は開裂し、デンプン粒も漸次狭小化し、さらには消失していった。熟成が進み24日目になると第9図のように、細胞膜は開裂し、その細胞内容も消失し、著しく傷んだ組織像がみられた。

追熟処理バナナの果肉組織は、入手時よりすでにデンプン粒の膨潤及び一部にデンプン粒の破裂(第10図)も認められ、細胞内一面にデンプン粒が広がっているが、4日目になると、デンプン粒の減少は著しく(第11図)、8日目を過ぎると第12図のようにデンプン粒はほとんど認められなくなった。

また貯蔵細胞の変化をみると、入手時には細胞膜の肥厚が認められる程度であったが、4日目には細胞膜に開裂が認められ、8日目になると、さらに細胞膜は著しく開裂し、元の細胞の形態は認め難くなり、12日目になると、貯蔵細胞は極端に傷み、全く細胞の形が認められなくなった。

考 察

実験1のバナナの果皮の色調と、実験2の還元糖量の変化の両者について合わせて考えてみると、無処理バナナでは、入手後8日目までの還元糖量は0.4%前後と著しく少なく、この時の果皮は、**greenish yellow** から **yellow green** と緑色調が残っている。その後、8日目を過ぎると還元糖量の増加が始まり、12日目にもさらに増えてくる。この比較的糖量の増加する時期であっても果皮の色調は **yellow green** と未だ緑色調を帯びている。その後16日目になるとようやく **yellow** と緑色調が消失し、糖量は5.8%となる。次いで24日目の色調も **yellow** であったが糖量はわずかに増加して7.0%となった。

追熟処理バナナでは入手時にはすでに **yellow** の色調で還元糖も4.1%であり、8日目には果皮は **yellowish orange** と赤味を帯びてきた、その時の糖量は6.9%であった。12日目は糖量は7.1%とあまり増加がみられないが果皮の色調はさらに赤味を増して **orange** となった。

以上をさらに要約してみると、無処理バナナの果皮が緑色調を帯びている間は還元糖量は

0.4%に過ぎなかったが、これが黄色調が強くなるに従い糖量は増え始め、約16日を要して最大値となる。追熟処理バナナでは入手時にすでに糖量は4%からあり、色調も黄色をしている。糖量はさらに増加し、その後8日間で最大値となる。両者とも還元糖量の最大値はほぼ7%と近似した値を示し、追熟処理の有無によって還元糖量に差が生じることはみられなかった。しかし還元糖量が最大値を示した時の果皮の色調は、追熟処理をしたものは、単なる黄色ではなくやゝ赤味を帯びた **orange** の色調になるところが無処理のものとは異なっていた。

6) 邨田らによると、バナナの熟成過程において、**pre-climacteric** 段階における還元糖量は0.13%であるが **climacteric** の状態になると、0.57—2.63%になり、**post-climacteric** になって7.94%に達すると報告している。また、**pre-climacteric** 段階の期間は30°Cでは9日間、20°Cでは13日間、15°Cでは18日間であり、果色は、**climacteric rise** の発現に伴って緑色から緑黄色に変わり、**post-climacteric** の段階で美しい黄色を示す、この時貯蔵温度が高い程果皮の変化はすみやかであるが、30°Cでは汚黄色になると報告している。

本研究においては室温(約23°C)で貯蔵した場合の糖量を調べ、貯蔵温度を種々に変えての実験は実施しなかった。しかし、バナナが熟成していく過程での還元糖量は邨田らの報告とほぼ同じような値を示した。

次に果肉の組織像と還元糖量や果皮の色調の関係についてみると、無処理バナナの入手時の糖量は0.4%と低く、果皮が緑調を帯びている間は貯蔵細胞内に大きなでんぷん粒が充満している組織像がみられるが、糖量が増え始める時期にはこのでんぷん粒のヨウ素染色性が低下し、さらに果皮の黄色調が鮮かになる頃には、貯蔵細胞内のでんぷん粒は消失し、崩壊した細胞像が果肉にみられるようになる、この時期にでんぷんのデキストリン化や糖化が起きているものと考えられる。

追熟処理バナナでは、入手時にすでに果皮は黄色を呈し、4%の糖量があり、組織像も前者とはいささか異り、貯蔵細胞内にでんぷん粒を認めるが、その数や大きさがやや小さくなっている。さらにその後、短期間ででんぷん粒の消失や貯蔵細胞の崩壊が生じた。

以上のように果肉中の還元糖量の増加する時期とでんぷん粒の消失の時期は全く一致した。また果皮の色調もこの時期に緑色調が消えて、黄色調が鮮かになってくることがわかった。さらに、われわれがバナナを店頭で購入する場合、通例追熟処理がされているので、その色調が **yellow** であるよりも **yellowish orange-orange** になったものを食用にする方がでんぷんはより多く糖化され、さらに貯蔵細胞は崩壊しているのでより消化され易い状態になっているものと考えられた。

要 約

1. 無処理のバナナと追熟処理をしたバナナについて、果皮の色調の変化、果肉中還元糖量の変化および果肉組織の変化について経時的に検討した。

2. 無処理バナナの色調は、入手時 **greenish yellow** であり、16日目に **yellow** となった。追熟処理バナナは **yellow** から8日目に **yellowish orange**, 12日目に **oranhge** と変化した。
3. 無処理バナナの還元糖量は、8日目まで0.14%と非常に低い値を示したが、8日目から16日目(5.8%)まで著しく増加した。24日目では7.0%とほぼ最大値となった。追熟処理バナナは入手時すでに4.1%の還元糖量を示し、さらに著しい増加を示し、8日目に6.9%となった。しかし以後12日目には7.1%とあまり大きな増加に認められなかった。
4. 無処理バナナの果肉組織は、入手時貯蔵細胞内に何ら損傷をうけていないデンプン粒がぎっしりつまっていたが、4日目からデンプン粒の膨潤が始まり、次第に膨潤が著しくなり、16日目にはデンプン粒がヨウ素で染まりにくくなり、貯蔵細胞の細胞間隙が開き始め、細胞膜も開裂しはじめた。24日目になると、デンプン粒はほとんど認められなくなり、著しく傷んだ組織像となった。追熟処理バナナは入手時からデンプン粒の膨潤、破損がみられ、4日目になるとデンプン粒の減少は著しく、8日目をすぎるとデンプン粒は認め難く、細胞膜の開裂もひどくなり、12日目になると細胞の形態は全く認められなくなった。

文 献

- 1) 井上吉之：日本食品事典，医歯薬出版，昭和43年
- 2) 小野誠志：食糧経済，医歯薬出版，昭和46年
- 3) 邨田卓夫：農業および園芸，**40**, 1825, (1965)
- 4) Von Loesecke, H. W. : **Banana**, (Interscience), (1950)
- 5) 揚祥発，何芳陵：中国化学会誌，**5**. 71, (1958)
- 6) 邨田卓夫，古衡山，緒方邦安：日本食品工業学会誌，**12**. 121, (1965)
- 7) 木島正夫：植物形態学の実験法，広川書店，昭和43年