

## A banányümölcs barnulási folyamatának leukométeres vizsgálata

KÁDAS LAJOS\* ÉS BÁNKI GYÖRGY\*\*

Érkezett: 1971. szeptember 18.

Közismert jelenség, hogy a sérült burgonya, alma, gomba, banán, és számos más növényi rész szöveti felülete rövid idő alatt megbarnul. Ezt a bennük található fenolos vegyületek polifenoloxidáz (E. C. 1.10.3.1.) általi enzimátikus oxidációja okozza (1, 2).

A barnulási folyamat tanulmányozására jelenleg alkalmazott eljárások (3, 4) lényege abban áll, hogy a sejtpartikulumokban – mitokondriumokban, ill. plasztiszkezdeményekben – lokalizált (5) vagy sejtfalhoz kötött (3) enzimet a homogenizált szöveti résztől detergenssek alkalmazásával elválasztják, majd tisztítják. Az így nyert tiszta enzimműködéshez adják a szubsztrátumot és a színváltozást spektrofotometrikan mérnek.

A jelenségnek ezen módszerrel való vizsgálata azonban nem minden esetben mutat reális képet. *Patil és Zucker* (6) kutatásai szerint ugyanis az enzim különböző szubsztrátokkal szemben mutatott aktivitása a tisztítás során megváltozik, másrészt pedig a pigment képződés során az enzimműködéstől függetlenül kémiai folyamatok is lejátszódnak (pl. polimerizáció).

Munkánkban olyan módszert dolgoztunk ki, amelyben a pigmentképződést az adott szöveti rész fényabszorpció változásának meghatározásával tudtuk nyomonkövetni.

### Kísérleti rész

A vizsgálatokhoz kimetszett szöveti rész és szövethomogenizátum egyaránt alkalmazható.

Előző esetben a műszer mintatartó edényének megfelelő nagyságú (45 mm) korongot metszettünk ki a vizsgálandó növényből és ennek a fényelnyelését határoztuk meg.

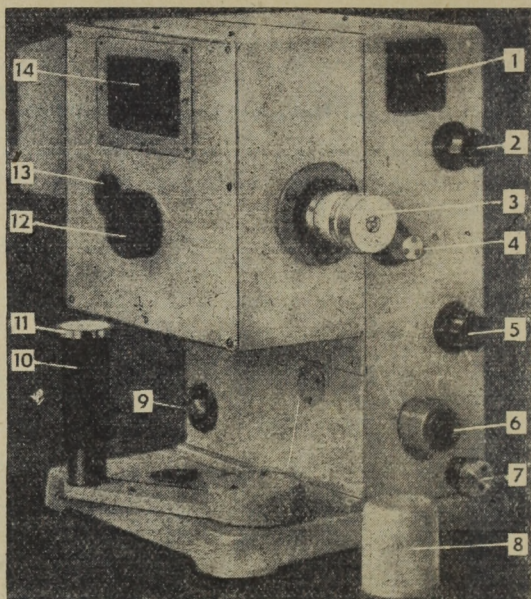
Szöveti homogenizátum vizsgálata esetén svájci gyártmányú turmixgépben (Turmix AG Küsnacht/ZH) 3 percig roncsolt gyümölcsvelővel dolgoztunk.

### A fényelnyelés meghatározása

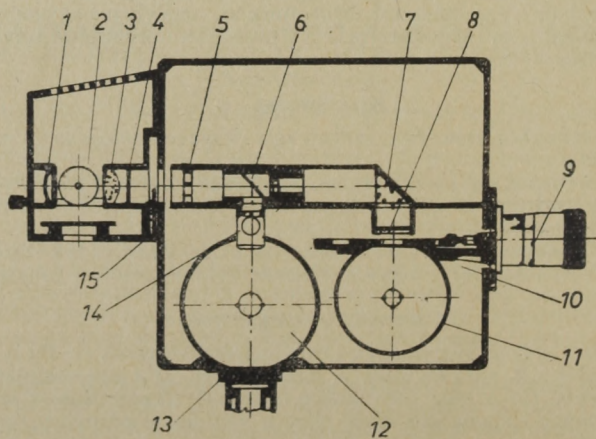
A méréseket Zeiss gyártmányú Leukométerrel végeztük (1. ábra). A műszer működési elvét a 2. ábra mutatja. A főizzó fényét (2) a kondenzorlencse (3) és a homorútükör (1) a félig áteresztően tükrözött síkpárhuzamos lemezre (6) irányítja. Onnan a fénynyaláb egyik része a mintatartó csészében levő vizsgált

\* Kereskedelmi és Vendéglátóipari Főiskola (Budapest,

\*\* Kereskedelmi Minőségellenőrző Intézet (Budapest)



1. ábra  
A Zeiss Leukométer képe



2. ábra  
A műszer működési elvének vázlatja



objektumra (13) esik, amely a fényt a nagyobb gömbbe minden irányba visszaveri. A figyelőnyíláson (14) keresztül a minta végig megfigyelhető a vizsgálat során. A fénynyaláb másik a (6) lemez által áteresztett része a (7) prizmán keresztül áthalad az osztótárcsával állítható mérődiafragmán (10) és a második kisebb gömb (11) megvilágítását adja.

Mindkét gömbből visszaverődő fény a gömbök mögött elhelyezett egy-egy fotocellára jut, melyek a fény erősségétől függően áramot hoznak létre. A minta tónusából adódóan a két fotóáram nem egyenlő.

Ezt a különbséget egy elektrométer jelzi. Az osztótárcsa (9) forgatásával keressük a mérődiafragmának azt az állását, melynél mindkét fotócella fotóárama azonos. A tárcsáról leolvasható számadat közvetlen mértékét adja a betett minta fényvisszaverésének.

A szövethomogenizátum világosságát MgO etalonhoz viszonyítottuk, melynek reflexió értékét a műszer gyártója megadta. Ezzel kalibrálva a műszert abszolút mérést végeztünk, amikor is 100%-os fényvisszaverést ad az abszolút matt fehér felület.

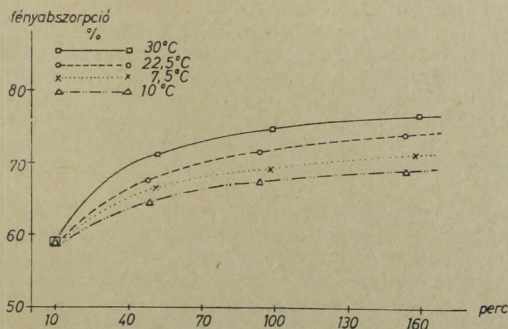
A mért adatokat 100-ból kivonva kaptuk meg a banánpulp homogenizátum fényelnyelés értékeit, melyeket az idő függvényében ábrázoltunk. Ezzel az eljárással az adott szöveti részre jellemző körülményeket jól megközelítve az eredeti enzim- és szubsztrátkoncentráció, valamint pH viszonyok mellett tanulmányozható a pigmentképződés.

Mérési módszerünket sikerrel alkalmaztuk burgonya és banánygyümölcs barnulási folyamatának nyomonkövetésére.

### Eredmények és értékelés

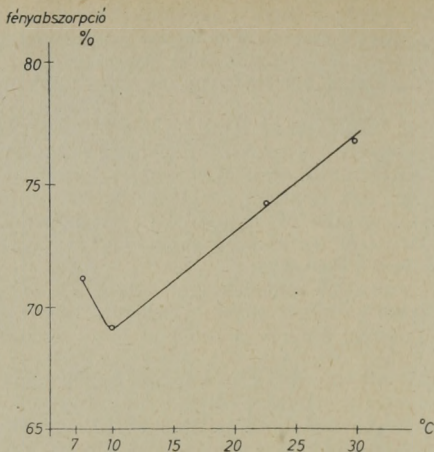
A banánygyümöccsel végzett kísérleteink során a barnulási folyamatot a hőmérséklet és a légkör gázösszetételének változásával kapcsolatosan vizsgáltuk.

A 3. ábra a banánpulp különböző hőmérsékleteken megfigyelt barnulásait mutatja. Látható, hogy a pigmentképződés mind a négy hőmérsékleten azonos jelleg szerint változik, mértéke pedig 10 °C-on a legkisebb, ennél alacsonyabb és magasabb hőmérsékleten pedig nagyobb. A banán szállítása, tárolása és érlelése során szóba kerülő hőmérsékleti intervallumban a barnulás mértéke tehát minimum görbét mutat (4. ábra). A minimum értéket jelző 10 °C alatti és fölötti hőmérsékleten a pigmentképződés eltérő ütemben növekszik; alacsonyabb hőmérsékleten gyorsabban barnul.



3. ábra

Különböző hőmérsékleteken tartott banánpulp fényabszorpciójának növekedése



4. ábra  
A fényabszorpció változása a hőmérséklet növekedésének hatására

Ennek az az oka, hogy alacsony hőmérsékleten a sejtszerkezet nagymértékben károsodik, amely egyrészt a kötött állapotban levő polifenoloxidáz enzim felszabadulását eredményezi, másrésztől megkönnyíti a reakcióhoz szükséges légköri oxigénnek a szövetekbe történő bejutását.

Ezek alapján a banányümölcs szállítására és tárolására – egyéb paramétereket (pl. a szállítás és tárolás időtartamát) is figyelembe véve – a kevéssel 10 °C feletti hőmérséklet a legmegfelelőbb. A hazánkban érkező ecuadori banán esetében ez az érték 13–14 °C.

Ehhez közeli értékeket ajánl a szakirodalom empirikus megfigyelések alapján (7, 8, 9).

A banányümölcs érése eredményesen késleltethető a légtér CO<sub>2</sub> koncentrációjának fokozásával. Vizsgálataink szerint mennyisége 7%-os értékig növelhető, ezen túl súlyos fiziológiai = biokémiai zavarjelenségek lépnek fel, és a gyümölcs nagymértékben károsodik (10).

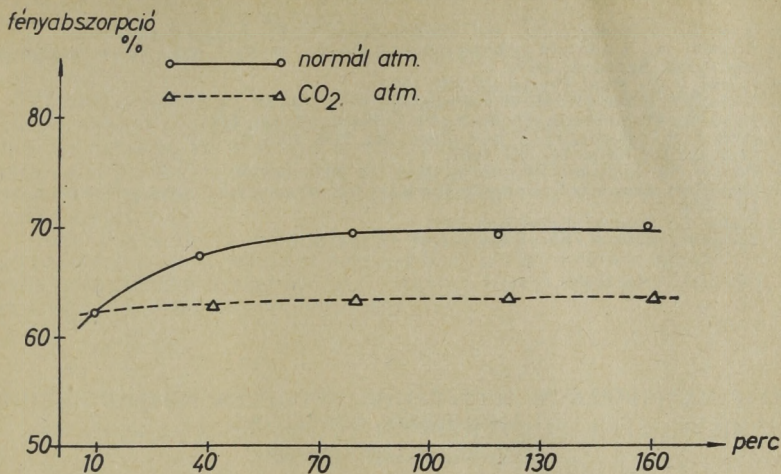
A pigmentalódást azonban csak a teljes CO<sub>2</sub> atmoszféra gátolta (5. ábra). Az általunk kritikusként talált 7%-os érték alatt a barnulási folyamat nem mutatott szignifikáns különbséget a normál összetételű atmoszférához viszonyítva, a két görbe lefutása azonos. Ennek alapján mondhatjuk, hogy a tárolás során megengedett CO<sub>2</sub> koncentrációk a barnulási folyamatát nem befolyásolják.

Ezzel szemben hatásos gátlószerek bizonyult a kénhidrogén gáz. A redukáló hatású kéntartalmú anyagok polifenoloxidáz működését gátló hatása már ismert (11).

Banányümölcs esetében azt tapasztaltuk, hogy 4%-os H<sub>2</sub>S-tartalmú gáztérben nem történt barnulás, és a kénhidrogénnek a gáztérből való kiűzése után a barnulás kisebb mértékű volt (6. ábra). Ez lehetőséget ad arra, hogy megfelelő kéntartalmú anyagokkal – főként banánkészítmények esetében – az enzimátikus barnulást csökkenteni tudjuk.

Figyelemre méltó az a tény, hogy az utólag etilénatmoszférába helyezett banánpulp fényabszorpciója csökkent. Ez arra enged következtetni, hogy az etilén nemcsak mint az érés fiziológiájának hormonja jelentős, hanem mint



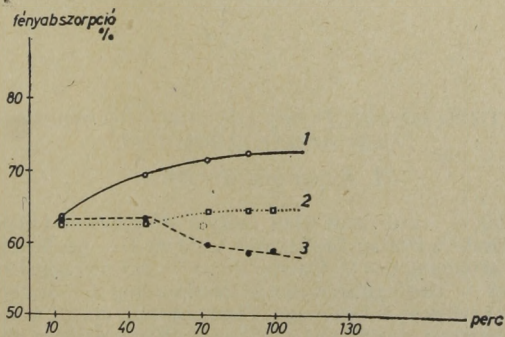


5. ábra

A pigmentképződés alakulása normál viszonyok között és széndioxid atmoszférában

kémiai anyag redox folyamatokban is részt vesz, az oxidált szubsztrátot képes visszaredukálni.

Végezetül köszönetünket fejezzük ki Dr. Frenyó Vilmos professzor úrnak az ELTE Növényélettani tanszéke vezetőjének, aki munkánkat hasznos tanácsaival támogatta.



6. ábra

Kénhidrogén és etiléngáz hatása a barnulási folyamatra

1. Normál összetételű gáztérben mért fényabszorpció-változás

2. 45 percig 4%-os kénhidrogénes térben tartott banánpulp fényabszorpciója

3. 45 percig 4%-os kénhidrogénes térben tartott, majd etilén atmoszférába helyezett banánpulp fényabszorpciójának változása

- (1) *Boros R.*: Gyümölcsárolás. 450. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1970.
- (2) *Porpáczy A.*: A korszerű gyümölcsstermelés elméleti kérdései. 563–568. o. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1964.
- (3) *Palmer, J. K.*: *Plant Physiol.* 38, 509. 1963.
- (4) *Thomas, P. és Nair, P. M.*: *Phytochemistry* 10, 771, 1971.
- (5) *Harel, E., Mayer, A. M., Shain, Y.*: *Phys. Plant.* 17, 921, 1964.
- (6) *Patil, S. S. és Zucker, M.*: *J. Biol. Chem.* 240, 3938, 1965. ?
- (7) *Lang, O.*: *Die Kälte.* 20, 223, 1967.
- (8) *Post, R. P.*: *Guide and Data Book.* Chap. 53, 665, 1966. ?
- (9) Conditions recommandées pour l'éntreposage frigorifique des denrées périssables. *Comm. IV.* 1959.
- (10) *Kádas L.*: Doktori disszertáció 1971.
- (11) *Balogh P., Máthé P.*: *Bot. Közlemények* 57, 263, 1970.

## ЛЕУКОМЕТРИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ ПРОЦЕССА КОРЫЧНЕВЕНИЯ БАНАНОВЫХ ФРУКТОВ

*Л. Кадош и Дь. Банки*

Корычневение вызванное ферментом полифенолоксидазой наблюдается на многих овощах и фруктах. Описанный способ предоставит возможность помощью определения изменения светопоглощения следить за процессом при условиях характерных для данного участка ткани. Авторы проводили испытания леукометром производства Цейсс. Полученные результаты изображают в функциональной зависимости времени.

По данным их испытаний, образование пигментов в банановом пульпе при температуре 10°C показывает минимальную величину. Допустимая концентрация углекислоты при хранении не оказывала тормозящее действие на корычневение. Эффективным тормозящим веществом является сероводородный газ.

## LEUKOMETRISCHE PRÜFUNG DES BRÄUNUNGSVORGANGES DER BANANENFRUCHT

*L. Kádas und Gy. Bánki*

Die Bräunung – verursacht vom Enzym Polyphenoloxidase – kann bei vielen Gemüse- und Obstarten beobachtet werden. Das beschriebene Verfahren ermöglicht die Verfolgung des Vorganges unter – auf den gegebenen Gewebeteil charakteristischen – Bedingungen durch Bestimmung der Änderung der Lichtabsorption. Die Versuche führten die Versuche mit einem von der Fa. Zeiss fabrizierten Leukometer durch. Die erhaltenen Werte wurden als Funktion der Zeit abgebildet.

Nach ihren Versuchsergebnissen lieferte die Pigmentbildung des Bananenpulpes bei 10°C einen Minimumwert. Die während der Lagerung zulässliche Kohlendioxid-Konzentration hemmte die Bräunung nicht. Demgegenüber erwies sich Schwefelhydrogen Gas als wirksamen Hemmungsmittel.



# INVESTIGATION OF THE PROCESS OF BROWNING OF BANANAS. BY MEANS OF A LEUCOMETER

*L. Kádas and Gy. Bánki*

Browning caused by the enzyme polyphenoloxidase can be observed in the case of a number of vegetables and fruits. The developed procedure offers a possibility for following the browning process under conditions characteristic for the given tissue portion by determining the changes in light absorption. The investigations were carried out by means of a Zeiss leucometer. The obtained data were plotted against time.

According to the investigations, the minimum extent of pigment formation was observed at 10 °C. Browning was not inhibited by a carbon dioxide concentration still tolerable during storage. In contrast to that, hydrogen sulphide proved to be a potent inhibitor of browning.

## L'EXAMEN AU LEUCOMÈTRE DU PROCÉDÉ DE BRUNISSEMENT DES FRUITS DE BANANES

*L. Kádas et Gy. Bánki*

Le brunissement causé par l'enzyme polyphénoloxydase se fait observer chez de nombreuses espèces de fruits et de légumes. La méthode décrite permet de suivre ce procédé en déterminant le changement de l'absorption de la lumière dans des conditions caractéristiques pour la partie du tissu en question. Les auteurs ont effectué leurs examens avec un leucomètre de la compagnie Zeiss. Les résultats ont été représentés en fonction du temps.

Selon les expériences, la formation des pigments dans les pulpes de bananes a une valeur minimum à 10°C. La concentration de l'anhydride carbonique tolérée au cours de l'entreposage n'empêche pas le brunissement. Par contre, le gaz d'hydrogène sulfuré s'est avéré un inhibiteur efficace.