

ANATOMSKA GRAĐA VANJSKE EPIDERME I  
HIPODERME PLODOVA JABUKE S OSOBITIM  
OBZIROM NA STVARANJE PUKOTINA  
I VOŠTANIH TVOREVINA

Mit deutscher Zusammenfassung

ZORICA OVNIČEVIĆ i DAVOR MILIČIĆ

(Iz Visoke poljoprivredne škole u Osijeku i Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

Primljeno 5. 3. 1969.

Uvod

Plodovi jabuke bili su dosta čest objekt anatomskih istraživanja. Budući da je anatomija bilja bila već krajem prošlog stoljeća posve izgrađena nauka, nije čudno što se u razmjerno starom djelu Moellera (1905) nalaze osnovni anatomske podaci o plodu jabuke i popis važnije starije literature. Od novijih publikacija navest ćemo rad Bulatovića i dr. (1967), gdje se nalaze i fotografije poprečnih presjeka kroz periferne slojeve jabuke. Upravo ovi periferni dijelovi ploda, posebno vanjska epiderma i hipoderma, predmet su naših istraživanja.

Posebnu smo pažnju u ovom radu posvetili studiju morfologije vanjske epiderme koja ima zadebljalu i jako kutiniziranu vanjsku stijenku. Ispod te epiderme nalazi se hipoderma koja podupire funkcije epiderme, naročito mehaničku funkciju. Hipoderma pokazuje niz histoloških osobitosti po kojima se razlikuje od analognih tkiva stabla i lista.

Već na početku naših istraživanja konstatirali smo da neke strukture u vanjskoj epidermi, kao npr. voštane tvorevine, te procesi stvaranja i zacjeljivanja pukotina, nisu još dovoljno proučeni i obrađeni. Moramo naglasiti da stvaranje pukotina u epidermi ima praktičko značenje, jer može nepovoljno utjecati na održavanje plodova u skladištima. Tako npr. Smock i Neubert (1950) tvrde da je intenzitet transpiracije, odnosno opasnost od isušivanja plodova direktno ovisna o pukotinama na epidermi.

## Materijal i metode

Naša istraživanja vršena su na šest sorta jabuke: jonatan, zlatni delišes, crveni delišes, london peping, bobovac i mašanka. Plodovi ovih sorta sabrani su u Jazbini, pokusnom dobru Poljoprivrednog fakulteta u Zagrebu, i na pokusnom dobru Voćarske stanice u Osijeku. Materijal je većinom istraživao u konzerviranom stanju. Fiksiran je u smjesi od 90 ccm 70% alkohola, 5 ccm ledene octene kiseline i 5 ccm formalina; ista smjesa služila je i kao konzervirajuće sredstvo. Istraživanja su djelomično vršena i na živom materijalu.

Da bismo lakše razlikovali kutinizirane dijelove stijenke od celuloznih dijelova, obrađivali smo presjeke Javellovom lužinom (usp. *Tunman* i *Rosenthaler* 1931), a nakon toga bojali ih sa sudanom III oko pola sata. Kutinizirani slojevi poslije tog postupka obojili su se crveno, dok su celulozni dijelovi ostali bezbojni.

Prisustvo voštanih naslaga i uklopina u stijenci utvrđivali smo pomoću metoda koje je upotrebljavao *Miličić* (1956, str. 139, 140).

## Građa vanjske epiderme ploda

Vanjska epiderma jako je zadebljala i kutinizirana, slično kao u vegetativnim organima kserofita (*Linsbauer* 1930, 86). Kutinizirani slojevi mogu se pružati sve do lumena epiderme (tab. 1B), ali često unutarnji dijelovi vanjske stijenke nisu kutinizirani, nego sadrže celulozu (tab. 1A, C—F). Netačno je zbog toga nazivati kutikulom cijelu vanjsku stijenku kao što to čine neki autori. Površina vanjske stijenke prekrivena je voskom (*Amelunxen* i dr. 1967).

Vanjska stijenka epiderme ploda jabuke nejednako je zadebljala, ponekad zbog trbušastih izbočina stijenke prema lumenu (tab. 1 t) ili zbog toga što lumen u obliku klina ulazi dublje ili pliće u vanjsku stijenku (sl. 1 k). Samo smo kod sorte jonatan mogli ustanoviti da vanjska stijenka ima jednoličnu debljinu (tab. 1 E).

Plošni rast vanjske epiderme traje dugo i pri tom nastaju i nove stanice. Budući da se epidermske stanice dijele u raznim fazama rasta ploda, bočne stijenke koje su se ranije formirale postepeno odebljaju i dosegnu kod izraslih plodova veću debljinu, nego naknadno nastale stijenke (tab. 1 i 2 m, n). Zbog toga su stijenke matičnih stanica mnogo deblje od stijenki stanica-kćeri (usp. *Ulrich* 1952, sl. 40, 2). Unutar jedne matične stanice sa zadebljalim stijenkama vidi se veći broj stanica-kćeri sa tankim stijenkama tako da na plošnim presjecima ovakve grupe epidermskih stanica nalikuju na prozorska okna (*Moeller* 1905, 422).

U epidermi svih sorta jabuka, koje smo istražili, uočili smo naknadno nastale bočne stijenke (tab. 1 i 2 n) koje obično nisu kutinizirane i jednolično su tanke po čitavoj dužini. Za razliku od toga bočne stijenke matičnih stanica (tab. 1 i 2 m) nekih sorta, kao npr. mašanke, zlatnog delišesa, crvenog delišesa i london pepinga, jako su široke u gornjem dijelu, a onda se postepeno suzuju prema donjem dijelu, tj. prema unutrašnjosti ploda (tab. 1 m). Ove su stijenke redovno jako kutinizirane (označene su crno na tab. 1 i 2); samo uzak rub stijenke s jedne ili s obje strane ne sadrži kutina, nego daje reakcije na celulozu (tab. 1 c).

Nejednolična zadebljanja bočnih stijenki zapažaju se i na plošnim presjecima (tab. 2). U sorte bobovac zadebljanja su karakteristično zao-bljena (tab. 2 B), a na bočnim stijenkama vide se veće ili manje jažice (tab. 2 B j).

Unutrašnja stijenka, koja graniči s hipodermom, relativno je tanka i obično je celulozna. Ona može biti također kutinizirana (tab. 1 A, B), i to većinom samo djelomično, pa kutinizirani dijelovi poprime različite oblike. Najviše se kutina pri tom nalazi u uglovima gdje se sastaju epidermske i hipodermne stanice, i to u onim dijelovima te stijenke koji pripadaju epidermi. Kutinizirani dijelovi obuhvaćaju ponekad čitavu dužinu unu-trašnje stijenke (tab. 1 A), samo uski rub uz lumen nije kutiniziran.

### Pukotine u stijenkama epiderme

Budući da se prilikom rasta raznih plodova unutrašnja tkiva znatno povećaju, izložena su periferna tkiva jakom rastezanju i nastaju sile napetosti, naročito u epidermi. Kao posljedica toga dolazi do stvaranja pukotina u vanjskoj stijenci epiderme (Nestler 1906, Clements 1935). Takve pukotine karakteristične su i za jabuku.

Ovu pojavu zapazio je Miličić (1956) na plodovima breskve golice (*Prunus persica* var. *nucipersica*) i ustanovio da se stvaraju dvije forme pukotina, površinske pukotine i unutrašnje pukotine. Ove posljednje pukotine zatvorene su u unutrašnjosti stijenke. Postanak obiju vrsta pukotina vezan je za napetost koja se stvara u epikarpu.

U vanjskoj epidermi jabuke zapazili smo ove obje vrste pukotina (tab. 1 p, pu). Vanjske pukotine, koje se nalaze na površini ploda i koje su otvorene prema vanjskom svijetu, u obliku klina zalaze plće ili dublje u vanjsku stijenku (tab. 1 A p). One nastaju redovno iznad zadebljanih bočnih stijenki i pružaju se sredinom tih stijenki, uzduž područja centralne lamele. One su orijentirane u raznim smjerovima, obuhvaćaju velik broj stanica i često se granaju (tab. 3 B). Uočili smo velik broj pukotina u većine istraženih sorta, jedino su kod jonatana pukotine rijetke.

I na poprečnim i na plošnim presjecima zapaža se da u epidermi nastaju i unutrašnje pukotine, i to u kutiniziranim dijelovima (tab. 1 F pu; 2 C, D). One obično zauzimaju središnji dio bočne stijenke i pružaju se također u pravcu centralne lamele. U tankim, naknadno nastalim stijen-kama epiderme nema unutrašnjih pukotina.

### Voštane naslage i uklopine

Obje forme pukotina mogu djelomično ili potpuno biti ispunjene voskom. Na taj način nastaju u vanjskim pukotinama voštane naslage, a u unutrašnjim voštane uklopine. Voštane uklopine poprimaju katkad oblik većih ili manjih grudica nanizanih po sredini stijenke. Ponekad su grudice produžene (tab. 2 C, D).

Nema sumnje da pukotine u vanjskoj ili bočnoj stijenci mogu smanjiti efikasnost epiderme kao zaštite od isušena ploda. Čini se da ta opasnost ne traje dugo, jer se pukotine odmah ili nakon nekog vremena ispune voskom. Ova se tvar inače redovno nalazi u kutiniziranim dijelovima gdje je jednolično pomiješana s drugim supstancijama stijenke, tj. s kutinom i celulozom (Denffer i dr. 1968, 87; Sitte 1965, 183).

Kad se zbog kidanja stvore pukotine u epidermi, vosak se izluči u pukotine i ispuni ih djelomično ili potpuno. Druge supstancije stijenke, tj. celuloza, kutin ili pektin, nisu sposobni za taj proces.

Kao što je bilo poznato iz istraživanja ploda breskve, tako su i ova istraživanja pokazala da voštane naslage i uklopine imaju karakterističnu prugastu strukturu. Orijentacija ovih pruga podudara se i kod jabuke sa smjerom djelovanja sila napetosti, pa se čini da ove sile određuju strukturu voska. Zbog toga smatramo da se bar jedan dio voska mora nalaziti u pukotini već prilikom njena formiranja. Prugasta struktura je i kod breske i kod jabuke uvijek okomita na smjer pružanja pukotina.

Istraživanja polarizacijskim mikroskopom pokazala su da voštane uklopine jabuke imaju negativan karakter dvoloma s obzirom na orijentaciju pruga. Prema tome se i karakter dvoloma voštanih uklopina jabuke podudara sa karakterom dvoloma uklopina breskve (usp. Miličić 1956, 139).

### Orijentacija pukotina

Pukotine na plodu jabuke razlikuju se od pukotina breskve po tome što su drukčije orijentirane u odnosu na bočne stijenke. Iz istraživanja na breskvi proizlazi da se pukotine redovno stvaraju i proširuju u smjeru koji je okomit na smjer pružanja bočnih stijenki epiderme (Miličić 1956). To je sigurno posljedica toga što je to područje mehanički najslabije u breskve.

Za razliku od toga, pukotine se kod jabuke stvaraju i šire u smjeru pružanja centralne lamele, tj. u smjeru pružanja bočnih stijenki, dakle okomito na smjer u kom se pojavljuju pukotine na plodovima breskve. Da se pukotine na jabuci stvaraju tako da slijede granice epidermskih stanica, zapazio je već Clements (1935). Čini se da je to područje u plodu jabuke mehanički najslabije.

### Građa hipoderme

Ispod epiderme nalazi se hipoderma; ona se sastoji od 5 do 8 slojeva stanica, a zatim postepeno prelazi u parenhim. Hipodermske stanice su spljoštene. Na poprečnim se presjecima vidi da su stijenke hipoderme, koje su položene uspredno s površinom ploda, jako zadebljale, a okomite stijenke ponekad tanke (tab. 1 C, D). Na plošnim se presjecima zapaža da su stijenke zadebljale i okrugle u uglovima (tab. 3 C) gdje se često nalaze i veliki okrugli intercelulari (tab. 3 C i). Osim toga se u debljim stijenka vide i brojne jažice. Iz ovih svojstava stijenke može se zaključiti da tkivo ima mehaničku funkciju.

Miličić (1950) je našao slično tkivo u perikarpu sremze i nazvao ga parakolenhim (parenhimski kolenhim). Naime, od običnih kolenhima tkivo se razlikuje potpunim pomanjkanjem prozenhimskim elemenata i prisustvom brojnih jažica. Slični parakolenhim ispod vanjske epiderme plodova nalazi se i kod breskve (Miličić 1949) i trnine (Miličić 1953), a vrlo vjerojatno i kod mnogih drugih sočnih plodova. Ovaj parakolenhim može se usporediti sa subepidermskim kolenhimom stabla i lista. Zbog velike sličnosti parakolenhima plodova roda *Prunus* i plodova jabuke mogu se slojevi hipoderme jabuke također smatrati parakolenhimom.

Stanice prvog sloja hipoderme jabuke, koji se prostire neposredno ispod epiderme, obično su manje od stanica ostalih slojeva hipoderme.

## Diskusija

Ova istraživanja anatomije jabuke dopunjuju ranije radove Miličića (1953, 1956) koji je detaljno proučio kidanje epiderme i stvaranje voštanih naslaga i uklopina u plodovima breske. Kao što proizlazi iz ovoga rada, slične voštane tvorevine i pukotine nastaju i na plodovima jabuke. O pojavi pukotina na plodovima jabuke izvijestio je Zschokke (1897), a na plodovima *Aesculus* i *Cucumis* Meissner (1952). Nedavno je Plavšić-Gojković (1967) na plodovima šljive opisala pukotine koje se pružaju preko velikog broja stanica. Većina navedenih plodova imaju u vanjskoj stijenci epiderme dobro razvijene kutinizirane slojeve.

Nestler (1906) je mišljenja da je upravo jaka kutinizacija vanjskih stijenki epiderme uzrok postanka pukotina, jer su kutinizirani slojevi manje sposobni za rastezanje od celuloznih dijelova. Zbog toga su pukotine plodova s početka uglavnom vezane uz kutinizirane dijelove i teže prelaze na površinske dijelove koji imaju celulozne stijenke.

Kada su pukotine prazne i stoje u direktnoj vezi s vanjskim svijetom, plod je izložen većoj transpiraciji i opasnosti od isušivanja. No većina se pukotina u toku razvoja ploda više ili manje ispuni voskom, što znatno smanji tu opasnost.

Prema zapažanjima Miličića (1956), voštane naslage i uklopine breske izgrađene su od igličastih elemenata koji su položeni paralelno i gusto jedan do drugoga. Ove iglice su uzrok prugaste strukture voštanih tvorevina. Naša istraživanja na jabuci potvrdila su zapažanja Miličića (1956) da su pruge u voštanim tvorevinama uvijek orijentirane u smjeru u kom djeluju sile napetosti na površini ploda.

Sorte jabuka, koje smo istražili u ovom radu, razlikuju se po građi epiderme, hipoderme kao i pojavi pukotina. Sigurno je da svaka pojedina sorta ima svoje vlastite strukturne karakteristike kojima se razlikuje od drugih sorta.

## Zaključak

U ovom radu opisali smo anatomsku građu perifernih dijelova ploda od šest sorta jabuke, i to: jonatan, zlatni delišes, crveni delišes, london peping, mašanka i bobovac. Ustanovili smo da vanjska epiderma ima vrlo jako kutiniziranu i nejednako zadebljalu vanjsku stijenku. Isto su tako jako kutinizirane i bočne stijenke matičnih stanica, a ponekad i unutrašnje stijenke. Osim toga proučili smo i strukturu hipoderme koja pokazuje niz anatomskih osobitosti.

Posebnu pažnju posvetili smo morfologiji vanjskih i unutrašnjih pukotina te voštanih naslaga i uklopina. Ove voštane tvorevine se tek naknadno obrazuju, tj. poslije stvaranja pukotina, i ispune pukotine često potpuno. Proces zacjeljivanja pukotina pomoću voštanih izlučina može biti ekološki koristan. Izlučeni vosak smanji transpiraciju koja se znatno povećava kad se formiraju pukotine. Na kraju smo ukazali na veliku sličnost koje imaju ove tvorevine jabuke s analognim tvorevinama u breskvi golic (*Prunus persica* var. *nucipersica*).

## Opis tabla — Tafelerklärung

### Tabla 1

Poprečni presjeci kroz vanjsku epidermu i hipodermu ploda jabuke. *A* mašanka, *B* crveni delišes, *C* london peping, *D* bobovac, *E* jonatan, *F* zlatni delišes; *c* celulozni dio stijenke (označeno bijelo), *h* hipoderma, *j* jažica, *k* klinasta udubina, *ku* kutinizirani dio stijenke (označeno crno), *l* lumen epidermske stanice, *m* bočna stijenka matične stanice, *n* naknadno nastala bočna stijenka, *p* vanjska pukotina, *pu* unutarnja pukotina, *t* trbušasta izbočina.

### Tafel 1

Querschnitte durch die Außenepidermis und Hypodermis der Apfelfrucht. *A* Mašanka, *B* Red Delicious, *C* London Pepping, *D* Bohnenapfel, *E* Jonathan, *F* Golden Delicious; *c* zellulosiger Teil der Zellwand (weiß), *h* Hypodermis, *j* Tüpfel, *k* keilartiger Einschnitt in der Zellwand, *ku* kutinisierte Teil der Zellwand (schwarz), *l* Lumen der Epidermis, *m* Seitenwand einer Mutterzelle, *n* Seitenwand einer Tochterzelle, *p* äußerer Riß, *pu* innerer Riß, *t* bauchartiger Vorsprung der Außenwand.

### Tabla 2

Vanjska epiderma ploda jabuke gledana odozgor. *A* crveni delišes, *B* bobovac, *C* i *D* zlatni delišes, *E* jonatan. Oznake kao i na tabli 1.

### Tafel 2

Außenepidermis der Apfelfrucht in Flächenansicht. *A* Red Delicious, *B* Bohnenapfel, *C* und *D* Golden Delicious, *E* Jonathan. Bezeichnungen wie in Tafel 1.

### Tabla 3

Vanjska epiderma (*A*, *B*) i hipoderma (*C*, *D*) ploda jabuke gledane odozgo. *A* nakon obradivanja presjeka vrelim alkoholom vide se okrugle pukotine u području centralne lamele (zlatni delišes). *B* vanjska pukotina s uloženim voskom; vidi se prugasta struktura voska koja je okomita na smjer pružanja pukotine (zlatni delišes). *C* mašanka, *D* jonatan; *i* intercelular u zadebljalim uglovima hipoderme.

### Tafel 3

Außenepidermis (*A*, *B*) und Hypodermis (*C*, *D*) der Apfelfrucht in Flächenansicht. *A* nach dem Kochen des Präparats im Alkohol sind rundliche Risse im Bereich der Zentrallamelle gut sichtbar (Golden Delicious). *B* Außenriß mit angelagertem Wachs; eine streifige Struktur, senkrecht auf die Erstreckungsrichtung des Risses orientiert, ist sichtbar (Golden Delicious). *C* Mašanka, *D* Jonathan; *i* Interzellular in verdickter Ecke der Zellwand.

### Tabla 4

Vanjska epiderma ploda jabuke sorte bobovac gledana odozgo. Povećanje 800 ×.

### Tafel 4

Außenepidermis der Bohnenapfelfrucht in Flächenansicht. Vergr. 800 ×.

TABLA 1 -- TAFEL 1

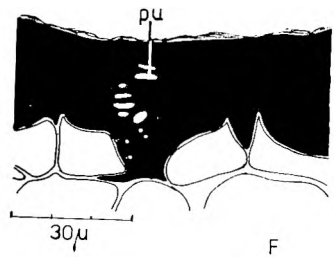
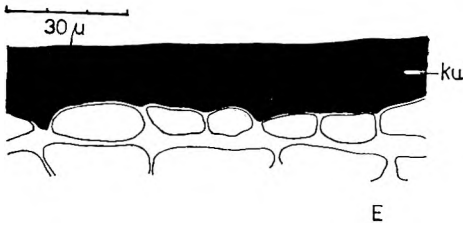
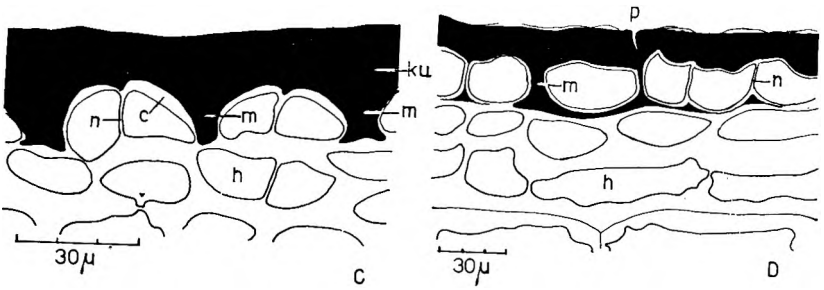
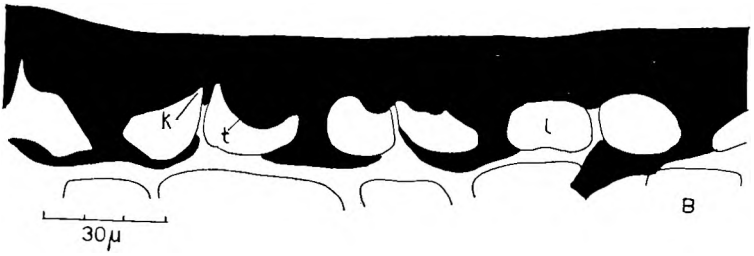
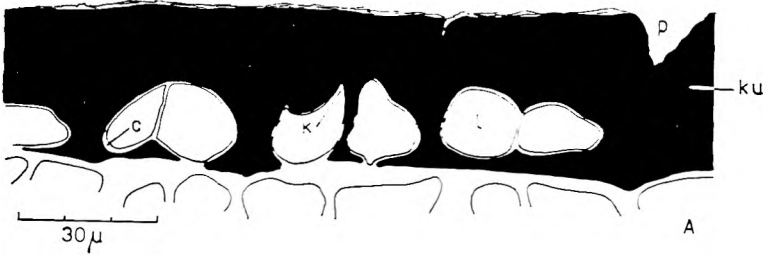
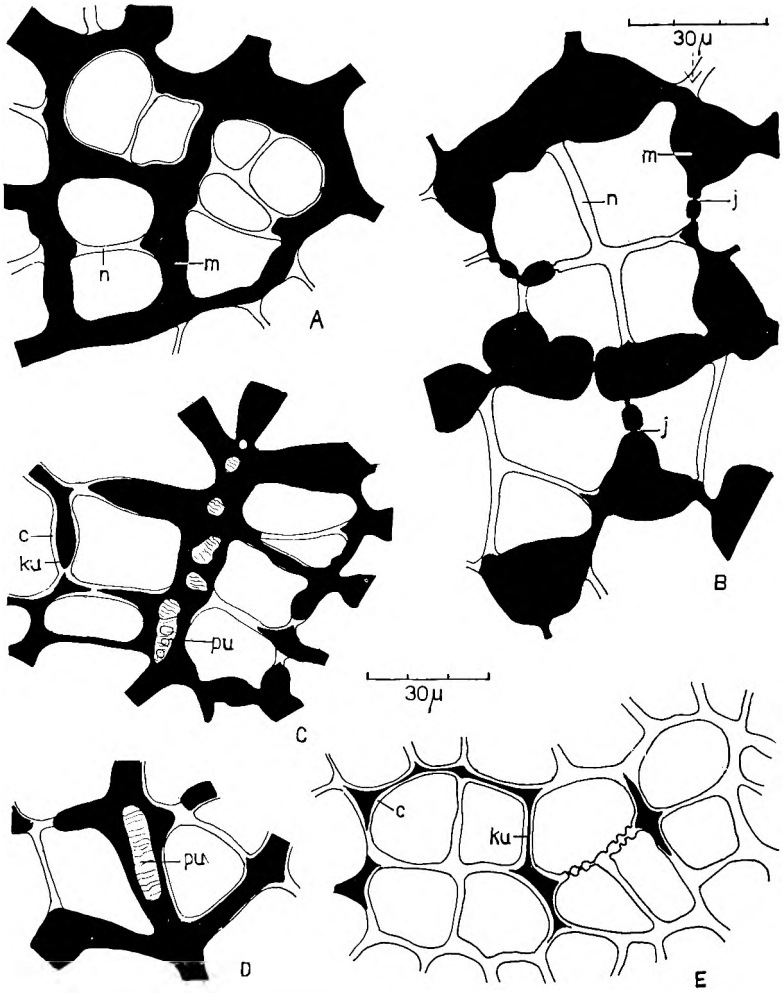


TABLA 2 — TAFEL 2





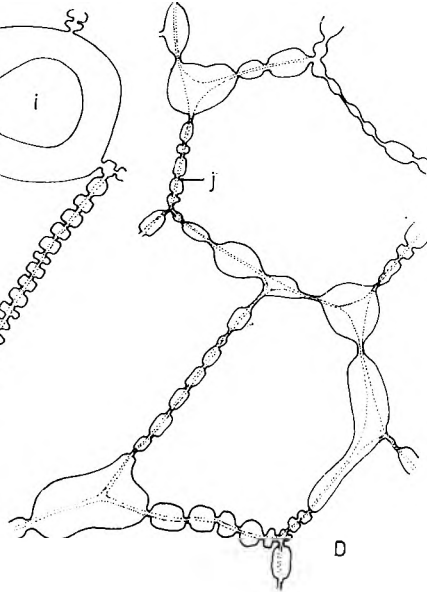
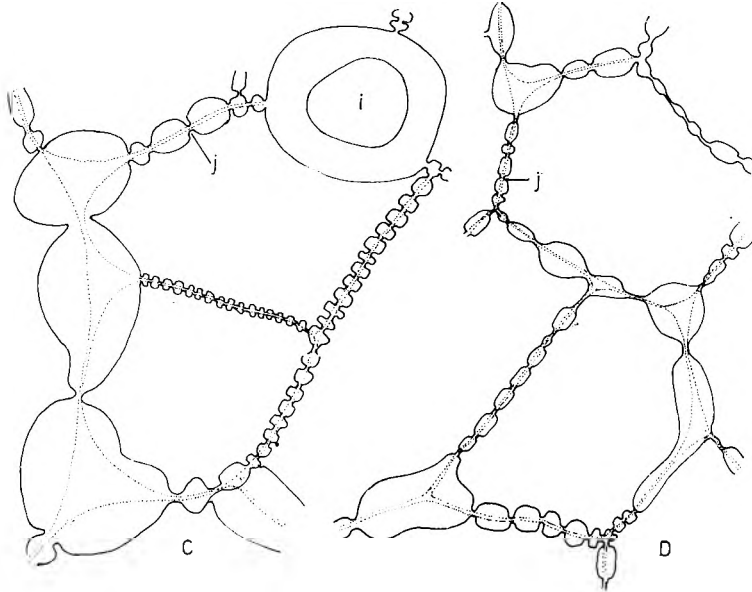
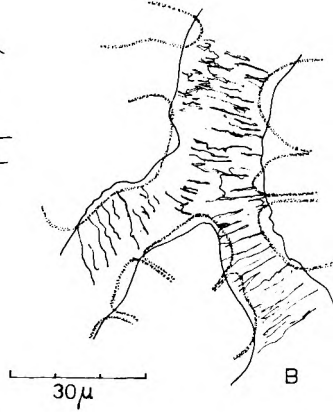
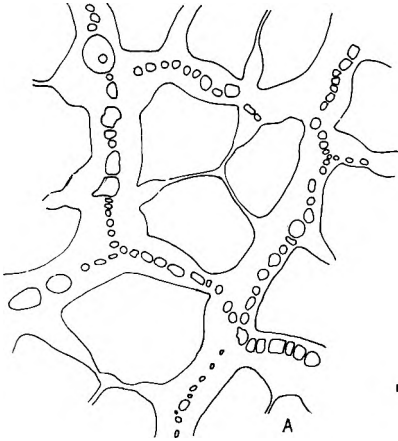
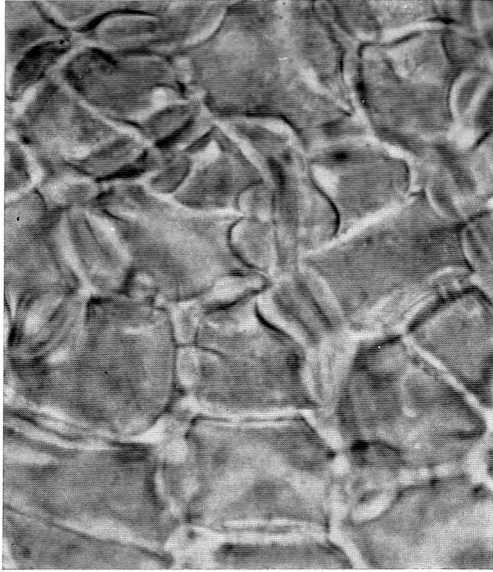


TABLA 4 — TAFEL 4



## Literatura

- Amelunxen, F. K. Morgenroth* und *T. Picksak*, 1967: Untersuchungen an der Epidermis mit dem Stereoscan-Elektronenmikroskop. *Z. f. Pflanzenphysiol.* 57, 75—95.
- Bulatović, S., K. Hamad-Khoshnaw* i *V. Jovović*, 1967: Izučavanje kutikule, epidermisa i hipodermisa u četiri sorte jabuke. *Arhiv za poljopr. nauke* 70, 109—119.
- Clements, H. F.*, 1935: Morphology and Physiology of the Pome Lenticels of *Pyrus malus*. *Bot. Gazette* 97, 101—117.
- Denffer, D., W. Schmacher, K. Mägdefrau* und *F. Firbas*, 1967: Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Fischer Verlag, Jena.
- Linsbauer, K.*, 1930: Die Epidermis. In *Handbuch d. Pflanzenanatomie*. Verlag Bornträger, Berlin.
- Meissner, F.*, 1952: Die Korkbildung der Früchte von *Aesculus-* und *Cucumis-* Arten. *Österr. bot. Z.* 99, 606—624. 1952.
- Miličić, D.*, 1949: Anatomska građa epikarpa breskve i neke osobitosti u mezo-karpu. *Acta Bot. Croatica* 12/13, 207—230.
- Miličić, D.*, 1950: Antocijanofori u epikarpu sremze *Prunus virginiana* L. *Rad JAZU* 280, 55—75.
- Miličić, D.*, 1953: Prilozi sintezi funkcionalne anatomije plodova. Disertacija. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- Miličić, D.*, 1956: Beiträge zur Fruchtanatomie des Pfirsichs. II. Riß- und Wachsbildungen in den Membranen des Epikarps. *Acta Bot. Croatica* 14/15, 127—144.
- Moeller, J.*, 1905: *Mikroskopie der Nahrungs- und Genußmittel*. Verlag Springer, Berlin.
- Nestler, A.*, 1906: Die Rinnenbildung auf der Außenepidermis der Paprikaf Frucht. *Ber. dtsh. bot. Ges.* 24, 590—598.
- Plavšić-Gojković, N.*, 1967: Anatomska istraživanja perikarpa industrijskih paprika. *Poljoprivredna znan. smotra* 14, 3—36.
- Sitte, P.*, 1965: *Bau und Feinbau der Pflanzenzelle*. Fischer Verlag, Jena.
- Smock, R. M.*, and *A. M. Neubert*, 1950: *Apples and Apple Products*. State Coll. of Agric., New York.
- Tunmann, O.*, und *L. Rosenthaler*, 1931: *Pflanzenmikrochemie*. Verlag Bornträger, Berlin.
- Ulrich, R.*, 1952: *La vie des fruits*. Masson et Cie, Paris.
- Zschokke, A.*, 1897: Über den Bau der Haut und die Ursachen der verschiedenen Haltbarkeit unserer Kernobstfrüchte. *Landw. Jahrb. Schweiz.* 11, 153—196.

## ZUSAMMENFASSUNG

### ANATOMIE DER AUSSENEPIDERMIS UND DER HYPODERMIS DER APFELFRÜCHTE INSBESONDERE DER RISS- UND WACHSBILDUNGEN

*Zorica Ovničević und Davor Miličić*

(Aus der Landwirtschaftlichen Hochschule Osijek und dem Botanischen Institut der Universität Zagreb)

Obwohl die Apfelfrüchte sehr häufig als Objekte von anatomischen Untersuchungen dienten, so sind trotzdem einige ihrer Strukturen, wie z. B. die Wachsbildungen und die Rißbildungen in der äußeren Epidermis, noch nicht gänzlich bearbeitet worden. Deshalb haben wir folgende Untersuchungen an den peripherischen Teilen von sechs Apfelsorten: Jonathan, Golden Delicious, Red Delicious, London Pepping, Mařanka und Bohnenapfel vorgenommen. Unsere Untersuchungen ergänzen die Arbeit von Miličić (1956), der die Risse und die Wachsbildungen in der Außenepidermis von Pflirsichfrüchten eingehend untersucht hat.

Die Außenwand der Epidermis ist ungleichmäßig verdickt, da sie auf vielen Stellen keilartig eingeschnitten (Taf. 1 k) oder gegen das Lumen ausgebaucht ist (Taf. 1 B t). Nur bei der Sorte Jonathan zeigt die Außenwand eine ziemlich gleichmäßige Dicke (Taf. 1 E). Die Kutinisierung der Außenwand ist bei allen Sorten sehr intensiv; manchmal ist die ganze Wand bis zum Lumen der Zelle kutinisiert (Taf. 1 B). Häufiger sind aber seine Innenteile nicht kutinisiert, sondern sie reagieren deutlich auf Zellulose (Taf. 1 A, C-F). In unseren Taf. 1 und 2 sind die kutinisierten Zellwandteile schwarz gezeichnet, die zellulösen dagegen weiß.

Da sich die Seitenwände der Epidermiszellen nicht in kurzer Zeit, sondern während einer ziemlich langen Wachstumperiode ausbilden, sind die Seitenwände in der reifen Frucht nicht gleichmäßig verdickt. Die früher entstandenen Seitenwände der Mutterzellen sind sehr dick, die aber der nachträglich entstandenen Tochterzellen ziemlich dünn (Taf. 1 und 2). Deshalb scheinen die Zellen in der Flächenansicht wie gefensterter zu sein (Moeller 1905; vgl. auch unsere Taf. 2). Außerdem sind die Seitenwände der Mutterzellen auch sehr stark kutinisiert (schwarz in Taf. 1 und 2) und im oberen Teil dicker als im unteren (Taf. 1 A—C, F). Zum Unterschied davon sind die Seitenwände der Tochterzellen gleichmäßig dünn und häufig nicht kutinisiert (weiß in Taf. 1 und 2). Bei der Sorte Bohnenapfel sind die Seitenwände in Flächenansicht charakteristisch abgerundet (Taf. 2 B, 4). Die epidermale Innenwand, die mit der Hypodermis grenzt, ist manchmal auch kutinisiert (Taf. 1 A).

Während des Fruchtwachstums vergrößern sich die inneren Gewebe sehr, so daß die äußere Epidermis eine intensive Dilatation erleiden muß, d. h. eine Ausdehnung in die Fläche. Infolge dessen entwickeln sich Spannkraftkräfte in der Epidermis, die zur Entstehung von zahlreichen

Rissen in ihrer Zellwand führen. Es bilden sich dabei zwei Arten von Rissen: äußere Risse, die im direkten Kontakt mit der Außenwelt stehen (Taf. 1 p), und innere Risse, die sich innerhalb der Zellwand bilden und die von allen Seiten mit Zellwand umgeben sind (Taf. 1 F pu, 2 C—D pu). Diese beiden Arten von Rissen wurden von Miličić (1956) bei Pfirsichfrüchten beschrieben.

Die äußeren Risse entstehen regelmäßig oberhalb der verdickten Seitenwände und erstrecken sich der Zentrallamelle von mehreren Zellen entlang, wobei sie sich auch verzweigen können (Taf. 1 und 3 B; vgl. auch Clements 1935). Bei der Sorte Jonathan sind die Risse selten; bei Bohnenäpfeln sind sie unregelmäßig verteilt, so daß sie in gewissen Fruchtbereichen fehlen; bei Mehrzahl der anderen Sorten befinden sie sich auf der ganzen Fruchtoberfläche. Es ist beachtenswert, daß sich die Risse immer zuerst in den kutinisierten Zellwandteilen bilden (Taf. 1 A).

Die Risse sind häufig mit Wachs ausgefüllt. Die Anwesenheit dieser Substanz konnten wir mit den Methoden feststellen, die bei Miličić (1956) eingehend beschrieben sind. Zum Unterschied von äußeren Rissen, die gelegentlich leer bleiben können, sind die inneren Risse regelmäßig mit Wachs ausgefüllt. Die Form des in den inneren Rissen eingeschlossenen Wachses ist in der Taf. 1 F, 2 C—D sichtbar. Die Ausfüllung dieser Risse mit Wachs ist von ökologischen Standpunkt nützlich, weil die Gefahr von Austrocknung die bei Entstehung zahlreicher Risse groß ist, durch die Anwesenheit einer lipophilen Substanz in den Rissen vermindert wird.

Wie bei der Pfirsichfrucht, so auch bei der Apfelfrucht haben die Wachseinschlüsse und -anlagerungen in Flächenschnitten eine streifige Struktur. Die Richtung der Streifung ist immer senkrecht auf die Linie orientiert, in welcher sich der Riß erstreckt. Mit dem Polarisationsmikroskop wurde festgestellt, daß diese Wachsbildungen stark anisotrop sind und daß sie einen negativen Charakter der Doppelbrechung in bezug auf die Richtung der Streifung zeigen. Diese Eigenschaften der Wachskörper bei dem Apfel stimmen sehr gut mit jenen der Wachskörper bei der Pfirsich überein, die Miličić (1956) untersucht hat.

Unter der Außenepidermis befindet sich eine mehrschichtige Hypodermis, deren Zellwände verdickt sind (Tafel 1 C—D). Die Flächenschnitte durch die Hypodermis zeigen, daß die Zellecke häufig dicker sind, als die anderen Teile der Zellwand (Taf. 3 C—D). Bei der Sorte Jonathan sind die Zellwände der Hypodermis etwas dünner als bei den anderen Apfelsorten.

Die hier beschriebenen Unterschiede in der Anatomie der sechs untersuchten Apfelsorten können verursachen, daß die Sorten gegen Austrocknung verschiedenartig resistent sind.