

## ANALITIČKE METODE ZA ODREĐIVANJE STEPENA ZRELOSTI RAJČICA

### U V O D

Određivanje kvalitete rajčice kod različitih stepena zrelosti od naročite je teoretske i praktične vrijednosti. Postoji više metoda, no mnoge pokazuju relativno znatna kolebanja i ne pružaju neposredan uvid u stepen zrelosti.

M. A. Filjukov (Cerevitinov) (1) ukazuje na povećanje šećera sa stepenom zrelosti, smanjenje stepena kiselosti i surovih vlakana. F. V. Cerevitinov (1) je pokazao, da biološka vrijednost rajčice ovisi o stepenu zrelosti plodova. Zreli plodovi sadrže manje kiseline. Sadržaj šećera ne razlikuje se bitno kod plodova različitih stepena zrelosti. U početku zrelosti plod sadrži najveću količinu šećera, koja opada s povećanjem stepena zrelosti. Istraživanja F. M. Albaharija (2) pokazuju da se u toku sazrijevanja rajčice bjelančevine razgrađuju u amino kiseline. Stepen kiselosti i sadržaj ugljikohidrata (škrob) i sadržaj surovih vlakana pada sa povećanjem stepena zrelosti. I. O. Mavis i W. A. Gould (3) određuju intenzitet boje rajčice objektivnim metodama. Služe se određivanjem intenziteta reflektiranog svjetla. G. B. Brown (4) je istraživao djelovanje osvjetljenja na sadržaj vitamina C u rajčici. Osvjetljenjem biljaka povećao se sadržaj vitamina C. Stepen zrelosti odnosno najpovoljnije vrijeme berbe rajčica određuje A. A. Kattan (5) na osnovu tvrdoće plodova. Pokazao je da je najpovoljnije vrijeme berbe kada je rajčica ružičaste boje. H. P. Georgiev (6) je istraživao kvalitet rajčice u toku zriobe. Pokazao je da je najveći sadržaj šećera i vitamina C u vrijeme maksimalnog perioda. Taj je period u Bugarskoj u mjesecu augustu. Plodovi ubrani prije i iza toga vremena, pokazivali su manji sadržaj askorbinske kiseline i šećera.

Zadatak naših istraživanja bio je da se ustanovi biološka vrijednost rajčica u različitim stepenima zrelosti na osnovu dobivenih analitičkih rezultata. Činilo se vjerojatnim da će obojenost plodova rajčica biti najkarakterističnija za biološku vrijednost, pa su naročito istražene mogućnosti određivanja objektivnih metoda intenziteta obojenosti.

### METODIKA RADA

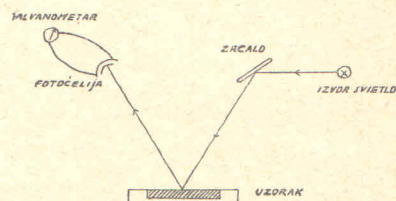
Istraživanja su vršena na sorti rajčica Zarja Komet. Plodovi su uzeti iz staklenika u različitom stepenu zrelosti. Analizirani su bili plodovi:

1. zeleni, starosti 35 dana
2. u transportnoj zrelosti, starosti 45 dana
3. ružičasti, starosti 50 dana
4. crveni (normalni), starosti 55 dana
5. prezreli, starosti 60 dana

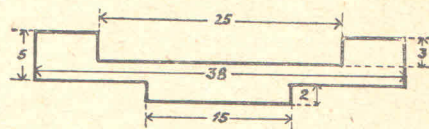
U plodovima rajčica je određivana:

1. Suha tvar metodom sušenja na 105°C. Suha tvar soka refraktometrom po Zeissu.
2. Refraktometrička vrijednost soka rajčica refraktometrom po Abbeu u prolaznom svjetlu. Temperatura 24°C (ultratermostat)
3. Pepee. Spaljivanjem kod temperature od 550°C.
4. Surova vlakna metodom Weende.
5. Surove bjelančevine (mikrokjedahl).
6. Invertni šećer – Meissl – Hilner (7)
7. Stepen kiselosti titiranjem sa n/10 otopinom natrijeve lužine uz indikator fenolfalein. Stepen kiselosti dan je u % limunske kiseline.
8. Vitamin C. Određen je titiranjem sa 2,6 diklorfenolindofenolom. Sadržaj vitamina C dan je u mg %.
9. Kalij iz solno kisele otopine pepela na plamenom fotometru Zeiss – PMQ II (vodik, kisik) duljine vala  $\lambda = 768 \text{ m } \mu$ . Sadržaj kalija dan je kao  $\text{K}_2\text{O}$  u % suhe tvari.
10. Natrij iz solno kisele otopine pepela na plamenom fotometru Zeiss – PMQII (vodik, kisik) kod duljine vala  $\lambda = 589,3 \text{ m } \mu$ . Sadržaj natrija dan je kao  $\text{Na}_2\text{O}$  u % suhe tvari.
11. Fosfor iz solne kiseline otopine pepela kolorimetrički metodom po A. O. A. C (7) na fotometru po Langeu uz narandžasti filter.
12. Intenzitet reflektiranog svjetla. On je trebao dati objektivnu vrijednost zrelosti plodova. Kao standard uzeto je mliječno staklo baždareno prema  $\text{MgO}$ . Intenzitet reflektiranog svjetla mliječnog stakla podešen je na otklon skale propusnosti 80. Uzorak, kojemu se trebao odrediti intenzitet reflektiranog svjetla a time i stepen zrelosti ploda, stavljen je nakon usitnjenja (homogeniziranjem u mikseru) u predložak. Predložak je bio prevučen tankom aluminijskom folijom i zatim napunjen analiziranim uzorkom. Pri homogeniziranju stvarala se u pulpi rajčice pjena koja je bila uspješno uklanjana uz dodatak

nekoliko kapi etera. Princip određivanja intenziteta reflektiranog svjetla pokazan je na slici 1. Dimenzije predloška dane su u slici 2.



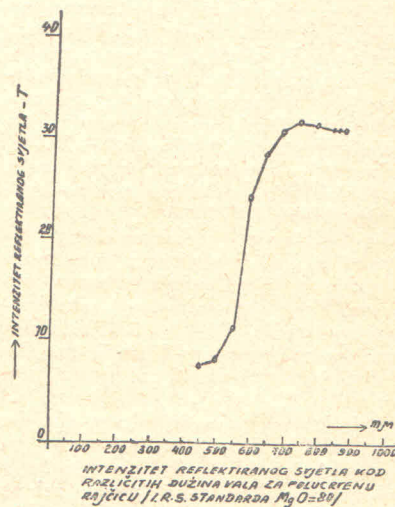
Sl. 1



Sl. 2

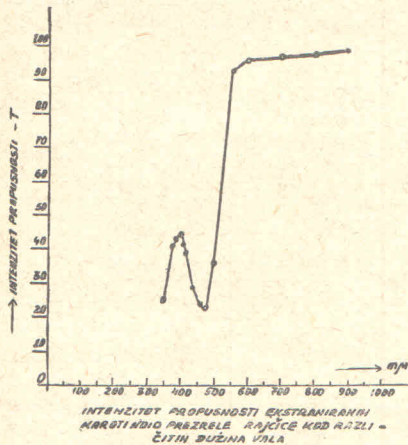
Mjerenja su vršena na spektrofotometru Zeiss-PMQII sa »Re-missionansatz RA 2«.

Najpovoljnija duljina vala određena je za boju polucrvene rajčice i bila je kod  $\lambda = 700 \text{ m } \mu$ . Intenzitet reflektiranog svjetla polucrvene rajčice kod različitih duljina vala prikazan je na slici 3. Iz slike se vidi da je maksimalni intenzitet reflektiranog svjetla kod  $700 \text{ m } \mu$ , a iza toga neznatno pada.



Sl. 3

13. Fotometrička vrijednost (ekstinkcija), ekstrahiranih karotinoida. Karotinoidi su ekstrahirani iz 5 g uzorka u tikvici s povratnim hladilom sa 50 ml etilnog alkohola. Trajanje ekstrakcije 30 minuta. Ohlađeni se ekstrakt filtrira preko filter papira u odmjernu tikvicu od 100 ml i nadopuni do znaka sa etanolom. Određivanje intenziteta propusnosti ekstrahiranih karotinoida vršeno je kod različitih dužina vala kako je prikazano na slici 4.



Sl. 4

Minimalna propusnost određena je kod 470 m  $\mu$ . Mjerenje je ekstinkcije kod određivanja relativnog sadržaja karotinoida u plodovima različitih stepena zrelosti vršeno kod dužina vala od 440 m  $\mu$ .

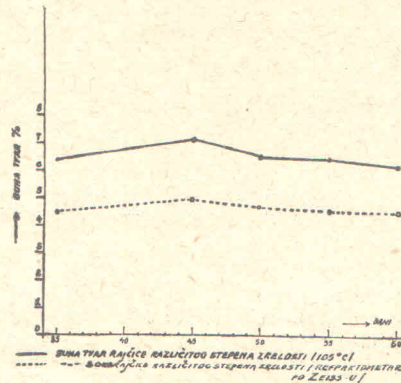
14. pH određivan je u 5 g homogeniziranog uzorka uz dodatak 5 ml H<sub>2</sub>O, na jonometru po Lantenschlägeru. Platinska elektroda, uz kinhidron.

### REZULTATI I DISKUSIJA

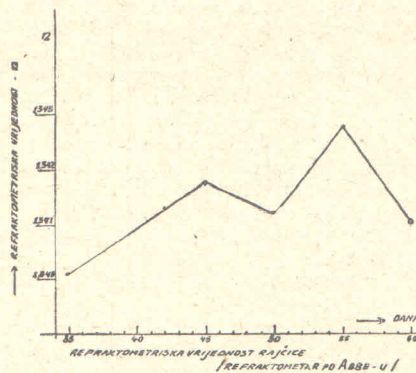
Suha tvar rajčice u plodovima bila je najniža u prezrelim plodovima a najviša u početku zrelosti (transportna zrelost), starosti ploda od 45 dana. Sadržaj suhe tvari u zelenom plodu bio je skoro jednak onom u ružičastom i normalno crvenom stepenu zrelosti. Analizirani uzorci pokazuju kretanje suhe tvari između 6.18 - 7.14%. Nakon 45 dana starosti sadržaj suhe tvari pokazuje praktički linearno opadanje. (Slika 5.)

Isto opažanje i zakonomjernost dobiveno je kod određivanja suhe tvari u soku rajčice refraktometrom po Zeissu. Vrijednost suhe tvari soka kretala se između 4.5 - 5.00%. Dobivene su vrijednosti (Slika 6) za oko 2% niže od vrijednosti suhe tvari ploda.

Refraktometrijska vrijednost (indeks loma  $\mu$ ) (Sl. 6) soka rajčice varira između 1.340 - 1.343. Najniža vrijednost dobivena je kod soka ploda zelene rajčice. Na osnovu dobivenih rezultata nije se moglo zaključiti na zakono-



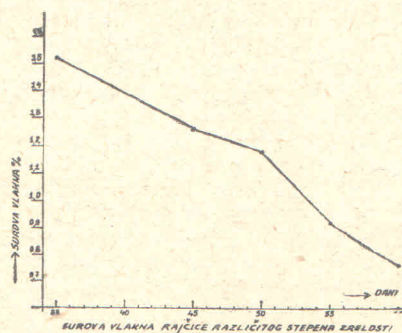
Sl. 5



Sl. 6

mjernost niti na signifikantnost utjecaja stepena zrelosti na refraktometrijsku vrijednost indeksa loma.

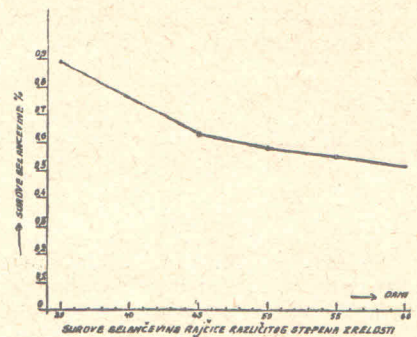
Surova vlakna rajčice bitno su se mijenjala u toku sazrijevanja plodova. Sadržaj surovih vlakana je praktički linearna funkcija starosti plodova. (Slika 7). Najveći sadržaj surovih



Sl. 7

vlakana (1.52%) imao je zeleni plod starosti 35 dana, najniži (0.76%) prezrela rajčica starosti 60 dana. Dobiveni se rezultati poklapaju sa istraživanjima M. A. Filjukova (1). Obzirom na praktičnu konstantnost suhe tvari moralo je doći, s obzirom na smanjenje sadržaja surovih vlakana, do hidrolize surovih vlakana u plodovima rajčica većeg stepena zriobe.

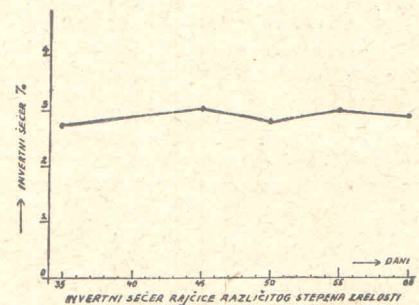
Sadržaj surovih bjelančevina (Slika 8.) u plodovima rajčica, sa poveća-



Sl. 8

njem stepena zrelosti pada. Najveći je kod zelenih plodova (0.89%) najmanji kod ploda prezrelog uzorka (0.52%).

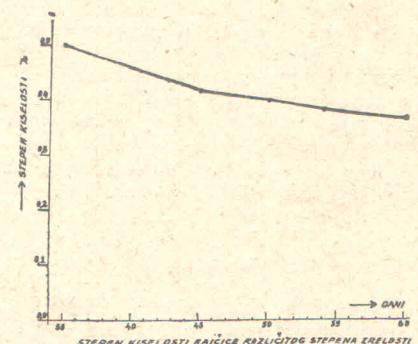
Sadržaj invertnog šećera u rajčici različitog stepena zrelosti je približno konstantan. Kreće se između 2.72 - 3.05%. (Slika 9.) Najmanji je kod ze-



Sl. 9

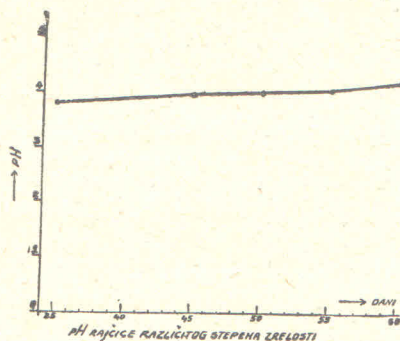
lenog ploda, najveći kod rajčice u transportnoj zrelosti. Ti su rezultati vrlo slični rezultatima Čerevitimova (1). On je našao da u početku zrelosti plod sadrži najveću količinu šećera. Sa povećanjem stepena zrelosti sadržaj šećera u plodu pada. Filjukov (1) nalazi međutim konstantno povećanje sadržaja šećera u toku sazrijevanja plodova.

Stepen kiselosti u plodu rajčice pada s povećanjem stepena zrelosti. (Sl. 10.) Stepen kiselosti (limunska kise-



Sl. 10

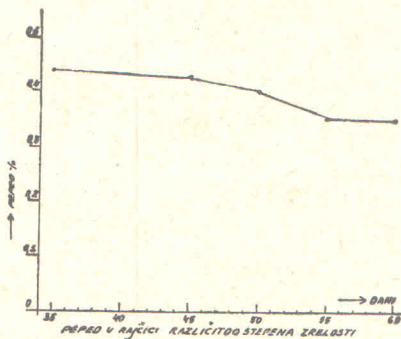
lina) najveći je kod zelenog ploda (0.51‰), najmanji kod prezrelog ploda rajčice (0.38‰). Potpuno ekvivalentnim vrijednostima raste aktuelni aciditet pH. (Sl. 11.) Najmanji je pH



Sl. 11

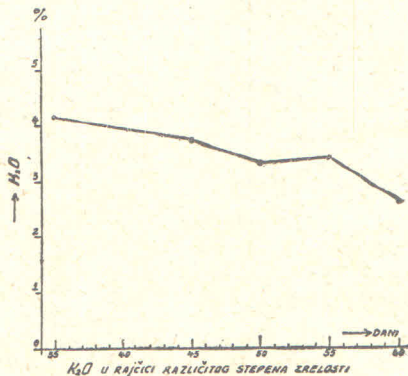
kod najveće koncentracije kiselina u plodu zelene rajčice (3,8), najveći kod najmanjeg sadržaja kiselina u prezreлом plodu rajčice (4,3).

Sadržaj pepela u rajčici mijenja se također sa stepenom zrelosti. (Slika 12.) Kreće se između 0,44‰ kod zelenog ploda, do 0,36‰ kod prezrelog ploda rajčice. Albahary (2) nalazi potpuno iste odnose u sadržaju pepela sa stepenom zrelosti, 0,45‰ pepela u zelenom plodu i 0,38‰ u prezreлом plodu.

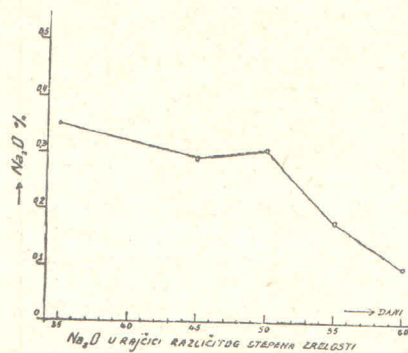


Sl. 12

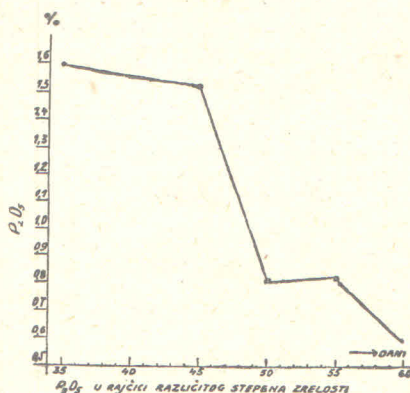
Kalij je određen kao  $K_2O$ , natrij kao  $Na_2O$ , i fosfor kao  $P_2O_5$ . Sadržaj oksida kalija, natrija i fosfora izražen je u procentima u apsolutno suhoj tvari. (Slika 13, 14, 15). Sadržaj ka-



Sl. 13



Sl. 14



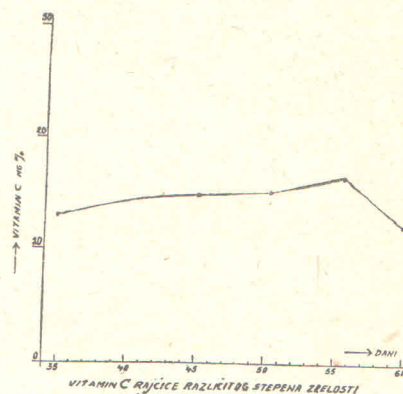
Sl. 15

lija ( $K_2O$ ) kreće se između 4,16‰ kod zelenog ploda, do 2,65‰ kod prezrelog ploda rajčice. Natrij ( $Na_2O$ ) između 0,35‰ do 0,10‰, a fosfora ( $P_2O_5$ ) između 1,59‰ do 0,59‰. Sveukupna količina pepela izražena u apsolutno suhoj masi zelenog ploda iznosila je 6,92‰. Od toga na okside kalija, natrija i fosfora otpada 6,21‰ ili u ‰ sveukupnog pepela 89,6‰. Kod ploda prezrele rajčice taj odnos je bio: 5,87‰ sveukupnog pepela i 3,34‰ sume oksida kalija, natrija i fosfora. Interesantno je konstatirati da oksidi kalija, natrija i fosfora čine u pepelu zelenog ploda 89,6‰ sveukupnih tvari, dok u prezreлом plodu oni čine tek 56,8‰. Sadržaj kalcija nije određivan, no vjerovatno je da se njegov sadržaj tokom sazrijevanja ploda rajčice povećava.

Sadržaj surovih vlakana u plodovima rajčice različitih stepena zrelosti konstantno pada. Isto to vrijedi i za sirove bjelančevine, kiseline i pepeo, dok je sadržaj invertnog šećera relativno konstantan. Razlika sadržaja surovih vlakana pri punoj zrelosti odnosno kod zelenog ploda iznosi 0,76‰. Smanjeni sadržaj surovih vlakana ne očituje se prema očekivanju u povećanju invertnog šećera. Očito je dakle, da je razgradnja surovih vlakana dala ugljikohidrate topive u vodi (nešećere) koji nisu bili određeni. Povećani sadržaj nešećera bit će prvenstveno pektini. Sadržaj pektina tvrdi M. A. Kassab (1) povećava se sazrijevanjem rajčice. On iznosi u apsolutno suhoj

tvari zelenih plodova 0,87‰ a u crveno-zrelim plodovima 2,57‰.

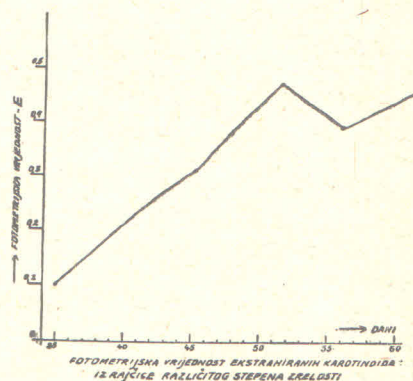
Sadržaj vitamina C (askorbinska kiselina) u plodovima rajčice različitih stepeni zrelosti prikazan je na slici 16.



Sl. 16

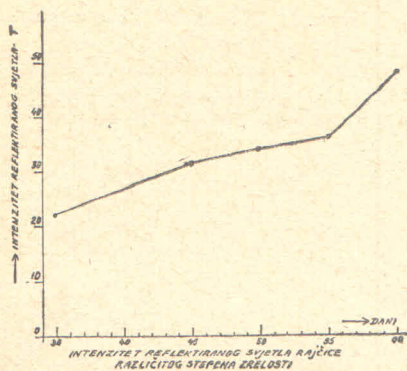
Slika prikazuje da najmanji sadržaj vitamina C ima zeleni plod 10,3 mg ‰, najveći normalno zreli plod 20,66 mg ‰. U prezreлом plodu sadržaj vitamina C je nešto manji, (17,57 mg ‰). Sadržaj vitamina C pada sa smanjenjem biološke vrijednosti ploda rajčice.

Relativna vrijednost ekstrahiranih karotinoida prikazana je na slici 17. Da-



Sl. 17

na je vrijednost ekstinkcije ekstrahiranih karotinoida. Vidi se skoro stalan porast sadržaja karotinoida u toku sazrijevanja plodova rajčice. Pojedini karotini nisu određivani. Relativna ekstinkciona vrijednost ekstrahiranih karotinoida iznosila je kod zelenog ploda rajčice 0,10 a kod prezrelog ploda rajčice 0,55. Pokazalo se da je intenzitet reflektiranog svjetla (Slika 18) objektivna metoda određivanja stepena zrelosti rajčice. Pravilnost porasta intenziteta reflektiranog svjetla je takva da se na osnovu nje može najobjektivnije zaključiti na zrelost ploda. Intenzitet reflektiranog svjetla bio je podešen na duljinu vala od 700 mm no mogli smo ga isto tako podešiti na duljinu vala zelenog svjetla. U tom slučaju kod toga bi bio mjeren



Sl. 18

stepen nedozrelosti plodova, pa bi maksimalni intenzitet reflektiranog svjetla bio dobiven kod zelenih plodova, minimalni kod crvenih. Kao standardna mjera intenziteta reflektiranog svjetla uzeto je mliječno staklo, no i ovdje je mogao biti uzet kakav drugi standard (crveno ili zeleno staklo).

Intenzitet reflektiranog svjetla baždaren na otklon skale (T 80) bio je najmanji kod zelenog ploda rajčice i iznosio je 22.5 a najveći kod prezrelog ploda 48.3.

#### 4. ZAKLJUČAK

Izvršena su istraživanja određivanja biološke vrijednosti plodova rajčice u toku sazrijevanja. Starost plodova bila je 35 (zeleni plodovi), 45 (transportna zrelost), 50 (ružičasti), 55 (normalno crveni) i 60 (prezreli) dana. U plodovima različitih stepena zrelosti pokazalo se, da suha tvar povećanjem zrelosti pada. Isto to vrijedi i za surova vlakna, surove bjelančevine, stepen kiselosti, sveukupni pepeo i okside kalija, natrija i fosfora.

Vitamin C, pH, karotinoidi i intenzitet reflektiranog svjetla rajčice pokazuju konstantan porast. Sadržaj invertnog šećera u plodu rajčice tokom sazrijevanja nije se bitno mijenjao. Refraktometrijska vrijednost rajčica

nije pokazivala neku pravilnost koja bi bila zavisna o stepenu zrelosti.

Intenzitet reflektiranog svjetla pokazao se kao najbolja mjera za određivanje stepena zrelosti plodova rajčica.

#### LITERATURA

1. F. V. Cerevitinov: *Himija svežih plodov i ovošćej* — Moskva 1933. (789—793).
2. Handbuch der Lebensmittelchemie Bd. I. 1933. (778—809)
3. J. O. Mavis and W. A. Gould: Objective color measurements of Tomato pulp (puree) — Proceedings of the American Society for Hortikultur Science — vol. 64 (1954), (379—387)
4. G. B. Brown: The Ascorbic Acid Content of Tomatoes as Related to Illumination — Vol. 65/1955, (372—349)
5. A. A. Katton: Changes in Color and Firmness During Ripening of Detached Tomatoes and the Use of a New Instrument for Measuring Firmness vol. 70/1958, (379—385)
6. H. P. Georgiev: Dinamika na natrupvane na suho veštstvo, vitamin C, zaheri i kiselini v plodovete na domatite v zavisimost od načina na otgleždane na rastenijata — Disertacija 1956 g. V. S. i »V. Kolarov« — Plovdiv.
7. *Methodes of Analysis*: A. O. A. C. — Washington — 1945.