

Pakalpojuma līgums Nr. 151/2016 (no 22. 12. 2016.g.)

**Atskaite par paveikto
(periodā 22.12.2016. – 01.02.2017.)**

**Atskaiti sagatavoja: DI pētniece Karina Juhņeviča-Radenkova
Apstiprināja: DI vadošā pētniece Dalija Segliņa**

Dobele 2017

Pārskata periodā:

1. Sagatavots literatūras apskats, izvērtētas un salīdzinātas augļu gatavības noteikšanas metodes, pamatojoties uz ābolu cietību, hlorofila saturu (DA-Meter), šķīstošās sausas saturu, joda-cietes, sēklu krāsu testu un citiem ietekmējošiem faktoriem;
2. Iekārtots praktisks izmēģinājums ar 8 ābolu šķirnēm.

LITERATŪRAS APSKATS

1. Ābolu gatavības noteikšanas metodes un to ietekmējošie faktori

Ābolu gatavības pakāpe un glabāšanās kvalitāte ir cieši saistīti jēdzieni. No augļu gatavības pakāpes ir atkarīga to glabāšanās spēja un kvalitāte realizācijas laikā. Nav pieļaujama negatavu jeb „zaļu” augļu uzglabāšana, jo tādi āboli ļoti strauji elpo un ātri zaudē mitrumu, kā arī tie cieš no fizioloģiskām slimībām, it īpaši no mizas brūnēšanas (Saevels et al., 2003). Arī pārgataviem āboliem ir slikta kvalitāte, tie ir ar zemāku uzturvērtību, jūtīgi pret zemām temperatūrām un ļoti ātri noveco, kļūst mīksti un miltaini (Saevels et al., 2003; Juhneviča et al., 2013). Nosakot ābolu gatavību jāpamatojas uz vairākiem *kritērijiem*: endogēnā etilēna sintēzi, elpošanas intensitāti, joda - cietes testu, ābolu sēklu krāsu, garšu, virskrāsu, aromātisko vielu sintēzi, mīkstuma cietību, šķīstošās sausas saturu, kopējo skābumu, dienu skaitu pēc pilnzieda. Lai precīzi noteiktu ābolu gatavību, ir ieteicams lietot vienlaicīgi vairākus kritērijus. Tomēr visbiežāk gatavības pakāpi nosaka pēc ābolu elpošanas un/vai etilēna izdalīšanās intensitātes, kā arī šķīstošās sausas un skābju satura, joda-cietes testa, sēklu krāsas, mīkstuma cietības, krāsojuma, augļu lieluma, organoleptiskiem rādītājiem. Katra no šīm pazīmēm individuāli nevar tikt izmantota kā pilnīgi drošs gatavības pakāpes kritērijs, tādēļ gatavības noteikšanai jāizmanto pazīmju kopa.

Ir nedestruktīvās un destruktīvās gatavības noteikšanas metodes. Ir metodes, kuras balstītas uz fenoloģiskajiem vai vizuālajiem novērojumiem, fizikālajiem mērījumiem, ķīmiskajām analizēm. Tiek rēķināti arī gatavības indeksi. Ļoti labi augļu gatavību raksturo indeksi: Streifa indekss (gatavības indekss), De Jagera indekss un FARS indekss¹. Gatavības indekss ir kvantitatīvs komplekss rādītājs, kurš norāda ābolu gatavības pakāpi, pēc kura nosaka optimālo ražas novākšanas laiku. Streifa indeksa (gatavības indekss) aprēķināšanai izmanto rādītājus: augļu cietība, joda- cietes tests un šķīstošās sausas saturs (Alegre et.al., 2006). Vairākos pētījumos secināts, ka ar Streifa indeksa palīdzību var precīzi prognozēt optimālo augļu ražas novākšanas termiņu. Statistiski tika apstiprināts, ka, nosakot gatavības indeksu āboliem, var veiksmīgi prognozēt ražas novākšanas laiku un iegūtos datus var izmantot ražas novākšanas laika modelēšanai (Stajenko et al., 2009; Castro-Giráldez. et al., 2010). Zinātnieki norāda par optimālo gatavību var uzskatīt gatavības indeksa rādītājus no 0.30 līdz 0.08 atkarībā no šķirnes (Saevels et al., 2003).

$$Sreifa_indekss = \frac{S}{\bar{S} * CI},$$

¹How to Know When to Pick Apples. *Pieejams*: http://www.ehow.com/how_2279691_pick-apples.html (skatīts 15.01.2017.).

Informācija par De Jagera un FARS indeksa pielietošanu augļu gatavības noteikšanai ir niecīga, kā norada zinātniece Skic un kolēģi var izmantot ābolu gatavības noteikšanai, bet tās nav izmantojams komerciāli (Skic et al., 2016).

De Jagera indeksa aprēķināšanai izmanto tos pašus radītājus, ko Streifa indeksa noteikšanai un papildus vēl konstantu skaitli 11 (Alegre et al., 2006).

$$De_Jagera_indekss = \frac{S * (11 - CI)}{\check{S}S}$$

FARS indeksa aprēķināšanai nepieciešams zināt augļu cietību, joda-cietes testa rezultātus, šķīstošās sausas un skābju saturu (Molina et al., 2006).

$$Fars_indekss = \frac{(S * TS)}{(\check{S}S * CI)}$$

S – cietība, N,

ŠS – šķīstošās sausas saturs, ° Brix,

CI – cietes indekss,

TS – titrējamais skābums, %.

Ābolu gatavības pakāpes noteikšanai vislabāk vienlaikus izmantot mīkstuma cietības radītājus, joda - cietes testu, sēklu un mizas krāsojuma izmaiņas. Labs rādītājs ir arī šķīstošās sausas satura radītāji.

1.1. Mīkstuma cietība

Mīkstuma cietība ir svarīgs radītājs, kas var būt gan novākšanas kritērijs, gan arī glabāšanas kvalitātes indikators. Tāpat, kā joda - cietes tests, tā ir viena no pasaulē visplašāk lietotajām metodēm augļu gatavības noteikšanai (Quast 2000). Nogatavošanās un glabāšanas laikā pakāpeniski samazinās hemicelulozes un kopējā pektīna saturs šūnapvalkos. Tiek uzskatīts, ka viens no ābolu mīkstināšanās cēloņiem ir saišu starp hemicelulozēm un pektīniem šūnapvalkos fermentatīva sašķelšana (Siddiqui et al., 1996). Augļu mīkstināšanās glabāšanas laikā saistīta ar protopektīna hidrolīzi, kā rezultātā protopektīns pāriet pektīnā.

Populārākā mīkstuma cietības noteikšanas metode ir penetrometrija. Āboliem šim nolūkam visbiežāk lieto Effegi FT (kg/cm² vai N), tipa penetrometru ar diametra 11 mm uzgali. Mērījumu veikšanai pārsvarā tiek analizēti 10 āboli no katras šķirnes. Auglim nogriež mizu aptuveni 3 cm² laukumā, paraugu novieto uz pamatnes un mīkstajos audos iespiež penetrometru. Šīs ābolu gatavības noteikšanas paņēmieni ir ātrs, lēts un vienkāršs. Nepieciešamības gadījumā mērījumus iespējams veikt arī dārzā. Tomēr penetrometra lietošana prasa zināmu kvalifikāciju un treniņu. Stacionārai mīkstuma cietības mērīšanai tiek lietoti arī elektroniskie mērītāji (Electronic Pressure Tester), ar kuriem var procesu pilnīgi automatizēt.

Diemžēl ābolu cietības noteikšanas metodei ir vairāki trūkumi. Vākšanas laiku pēc cietības rādītāja var izmantot tikai tur, kur ir aptuveni izlīdzināti laika apstākļi bez krasām svārstībām, kas augļu gatavošanās periodā veicina nepārtrauktu vienmērīgu augļu attīstību (Kelts 1981). Kļūdas metodes lietošanā var rasties arī nepareizi izvēloties analizējamās paraugus. Galvenais priekšnoteikums - tiem jābūt pietiekami lieliem, vismaz 2-3 kg. Datu precizitātei paraugiem jābūt izlīdzinātiem pēc lieluma, jābūt vienmēr no vieniem un tiem pašiem kokiem, ar līdzīgiem apgaismojuma apstākļiem. Testēšanu veic ar 4-7 dienu intervālu tik ilgi, kamēr rezultāti sasnieguši šķirnei konkrētajā audzēšanas vietā atbilstošo robežvērtību (Fetkenheuer un Kuhn 1989).

Cietība, kaut gan ir būtiska gatavības pazīme, tomēr ne vienmēr korelē ar augļa faktisko gatavību (De Jager and Roelofs 1996). Vadoties tikai pēc ābolu cietības mērījumiem, pastāv liels risks augļus novākt par agru. Katrai šķirnei optimālajā

vākšanas gatavībā raksturīgs savs, tai specifisks mīkstuma cietīgums. Nemainoties laika apstākļiem, tas arī maz mainās pa gadiem (De Jager and Roelofs 1996).

Ābolu šķirņu mīkstuma cietību var modificēt potcelms, agrotehnika, apstrāde ar dažādiem ķīmiskiem preparātiem, dārza mikroklimats (Ripoll et al., 2014). Pārmēslojot augsni ar magniju, augļu mīkstuma cietība būtiski palielinās, tas samazinās lēnāk un vairs neatbilst augļu gatavības rekomendācijām (Boudabous et al., 2009). Maza raža un retināšana parasti saistīta ar paaugstinātu mīkstuma cietību (Stow 1995). Nozīmīga ir augļu ķīmiskā apstrāde veģetācijas laikā vai pēc novākšanas. Mīkstuma cietības izmaiņas var modificēt daži augļizmetņu retināšanai paredzētie preparāti. Ja lietots preparāts CyLex kopā ar naftiletiķskābi, tad jārēķinās ar lēnāku mīkstuma cietības samazināšanos gan vākšanas gatavības sasniegšanas laikā, gan arī vēlāk glabātavā (Bound et al., 1997). CaCl_2 smidzinājumu uz lapām dārzā vai vakuuma infiltrācijas augļos rezultātā augļiem novērojams paaugstināts mīkstuma cietīgums. (Siddiqui un Bangerth 1995). Mīkstuma cietība vākšanas brīdī var būt paaugstināta, ja pēc ziedēšanas aprūsinājuma novēršanai vai zemzemes rūgtās korķplankumainības profilaksei veikti $\text{Ca}(\text{OH})_2$ smidzinājumi kopā ar $\text{Cu}(\text{OH})_2$ vai katru atsevišķi (Brown et al., 1996).

Augļi ar augstu slāpekļa saturu ir sulīgāki, bet ar zemu cietību (Ernani et al., 2008). Cietības ietekmējošs faktors ir temperatūras režīms. Parasti pēc siltām vasarām cietības radītāji nav precīzi, jo pārāk strauji norisinās temperatūras pazemināšanās. Cietības radītāji ir atkarīgi arī no augļu novietojuma kokā. Saules pusē augošajiem augļiem tas ir zemāks, bet ēnas pusē augstāks. Nedrīkstas aizmirst, ka tikai kompleksa metožu pielietošana dod iespēju precīzāk noteikt ābolu gatavības pakāpi.

1.2. Joda - cietes tests

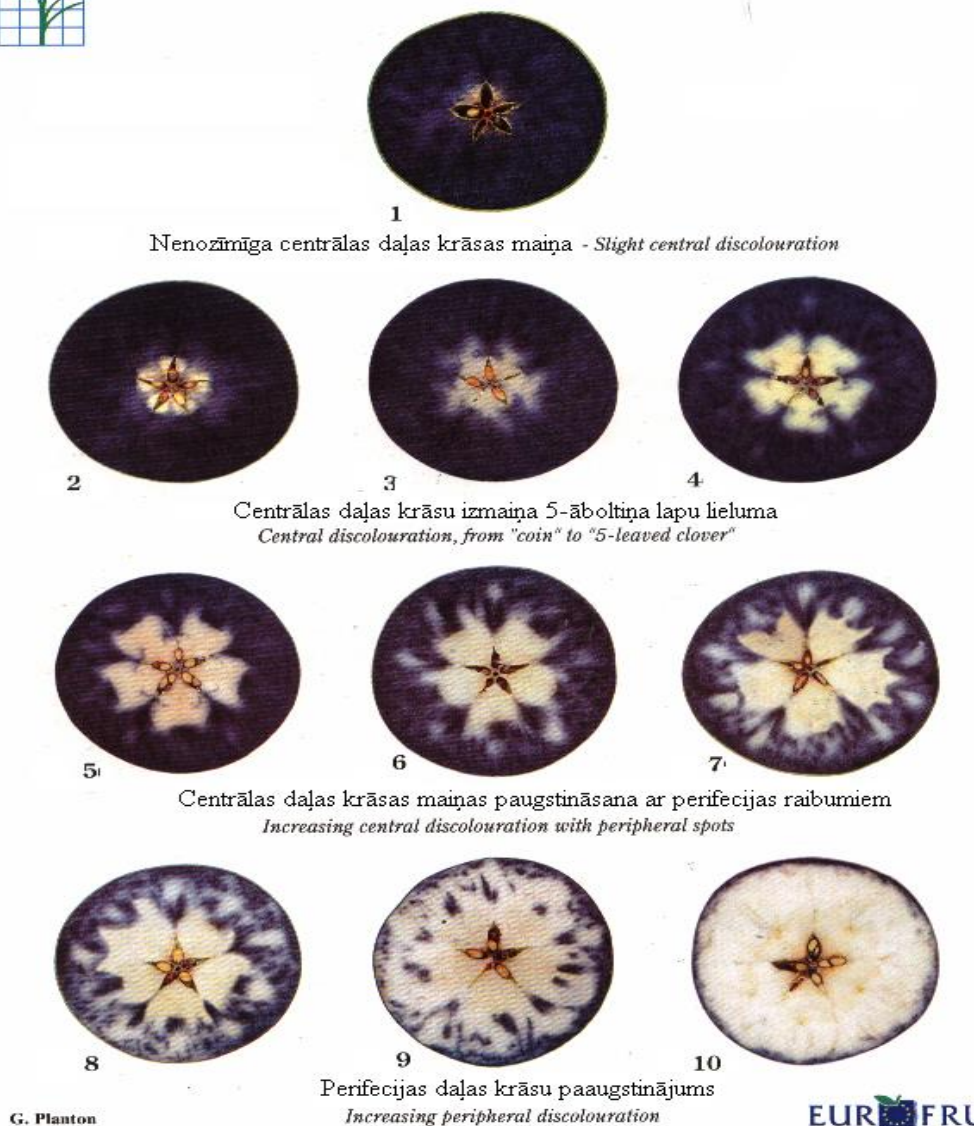
Par svarīgu kritēriju ābolu gatavības noteikšanai tiek uzskatīta cietes hidrolīzes pakāpe (t.s. joda - cietes tests). Joda-cietes testa pamatā ir joda reakcija ar cieti, veidojoties zilam krāsojumam. Ābolos vasarā uzkrātā ciete uzglabāšanas laikā pakāpeniski pārveidojas par cukuriem, kas ar jodu nereaģē un zilo krāsojumu nedod (Tahir, 2006; Gawęda un Ben, 2010). Standarta joda-cietes testa skalas diapazons, ko izmanto vairākās Eiropas valstīs, ir 10 punkti (1. attēls.). Par ābolu optimālo vākšanas gatavību var runāt tad, kad šī testa rezultāti ir no 4 līdz 7 ballēm. Ja krāsojuma pakāpe pārsniedz 7 balle, var teikt, ka āboli sāk pārgatavoties, bet, ja diapazons ir 1–3, tad augļi ir negatīvi jeb zaļi. Joda- cietes testa rezultāti ir atkarīgi arī no šķirnes (Werner, 2005; Guz, 2009). Novērtējot krāsojuma pakāpi punktos, pēc īpašas skalas nosaka augļa gatavības pakāpi: 10 augļus pārgriež uz pusēm, uzsmidzina Lugola šķīdumu (10 g KJ un 3 g J L⁻¹+1L H₂O) un pēc 5 minūtēm novērtē rezultātus.

Joda - cietes testa noteikšana nav īpaši sarežģīta, tā ir ātra, neprasa dārgus reaģentus un laboratorijas iekārtas. Šī testa priekšrocība ir tā, ka to var veikt arī dārzā, kas norāda uz metodes plašo pielietojumu.

Normāli attīstītiem āboliem cietes hidrolīze sākas no serdes sēklu cirkšņiem un izplatās perifērijas virzienā (Thammawong un Arakawa 2010). Šis tests ir piemērotāks negatīvības pakāpes novērtēšanai, nekā gatavībai². Nozīmīgs ir testa veikšanas ātrums. Vēlams to darīt tūlīt pēc parauga savākšanas, pats vēlākais - nākošajā dienā, jo novāktos augļos cietes pārveidošanās ātrums pastiprinās. Tomēr, katrai šķirnei ir tai specifiskas robežvērtības nosakot gatavību ar joda-cietes testu, kuras sasniedzot var sākties augļu novākšana (Kitemann et al., 2015). Ir šķirnes, kurām jau drīz pēc nogatavošanās

² Evaluating Maturity of Empire, Idared and Spartan Apples *Pieejams:*
<http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/00-027.htm> (skatīts 15.01.2017.).

sākuma parādās atkrāsoti laukumi visā mīkstumā, līdz ar to ir grūti definēt vajadzīgo gatavības pakāpi (Streif 1984).



1. attēls. Cietes izmaiņas ābolos nogatavošanās laikā³

Joda-cietes testa rezultātus var ietekmēt audzēšanas un laika apstākļi, palēninot vai, pastiprinot cietes veidošanos un sadalīšanos. Labvēlīgi cietes uzkrāšanos augļos ietekmē koka vidējā ražība, zema auguma potcelmi, augļu novietojums galotnē, saulainā vietā, labā apgaismojumā, mērena ūdens apgāde, silts laiks, lieli augļi (Streif 1984). Karstās vasarās un (vai) vieglās augsnēs cietes sadalīšanās sākas ātrāk un notiek straujāk, tāpēc nedrīkst nokavēt ābolu novākšanu (Wilcke 2000). Cietes veidošanos nelabvēlīgi ietekmē sīki augļi, augsta ražība, spēcīga auguma potcelms, augļi no noēnotām augšanas vietām, pārāk mitra augsne, vēsa temperatūra. Lai iegūtu objektīvu priekšstatu par gatavības pakāpi, jāpārbauda vismaz 10 (vēlams vairāk) ābolu, ņemot no katra koka pa vienam vidēja izmēra ābolam. Nevar ņemt

³ Starch conversion chart for apples. Pieejams: <http://agrinox.hu/en/node/125> (skatīts 22.01.2016.).

augļus ne no īpaši labi apgaismotām vietām, ne arī no vainaga iekšienes. Tests visbiežāk viens pats nav lietojams. Tam paralēli noteikti jāizmanto arī kāda cita gatavības noteikšanas metode.

1.3. Sēklu krāsas tests

Sēklu krāsas tests vizuāli salīdzina sēklu brūnumu ar paraugskalu (2. attēls.). Aptuveni par vākšanas brīža tuvošanos var arī spriest pēc šīs metodes. Vislabāk sēklu krāsas testu pielieto rudens ābolu šķirnēm, bet vairumam ziemas šķirņu šis tests nav piemērots, sēklas sāk brūnēt, kad vākšana ir jau nokavēta (Ikase 2015). Ir daudzas šķirnes, kurām sēklu krāsojums tik ļoti variē pa gadiem, vai izmainās tik lēni, ka šai metodei nav būtiskas nozīmes. Dažām šķirnēm sēklu krāsošanās notiek jau 2-3 nedēļas pirms fizioloģiskās vākšanas gatavības, tādēļ šī pazīme nevar būt reprezentatīva visos gadījumos (Weinzeti 1988). Sēklu krāsa kā galvenais kritērijs vākšanas gatavībai tiek izmantota šķirnei 'McIntosh', kuru vāc, kad 80% sēklu ir brūnā krāsā⁴.



2. attēls. Sēklu krāsas testa vizuālā skala

Kaut arī šī testa izmantošana nav sarežģīta, ātra, neprasa materiālus ieguldījumus, to arī var veikt dārzā. Eiropas valstīs šo metodi gandrīz neizmanto tās neprecizitātes dēļ.

1.4. Šķīstošās sausas saturs

Praktiskajā augļkopībā nosakot ābolu gatavību, kā indikatoru izmanto šķīstošās sausas saturs radītājus, jo to var ātri un vienkārši noteikt arī dārzā. Metodes pielietošana neprasa dārgu aprīkojumu. Šķīstošās sausas saturu nosaka šķīstošo vielu koncentrācija (ogļhidrāti, cukuri, vitamīni, u.t.t.) augļu sulā, ko mēra ar refraktometru (Brix°). Šķīstošās sausas saturs ļoti variē atkarībā no šķirnes. Tas var norādīt, ka tuvojas vākšanas gatavība, bet precīzu vākšanas laiku tādā veidā noteikt ir problemātiski

⁴ When are apples ripe? *Pieejams*: <http://polk.uwex.edu/files/2014/02/When-are-Apples-Ripe-A3743-E.pdf> (skatīts 15.01.2017.).

(Skic et al., 2016). Lai dati būtu precīzi, augļu paraugs jāņem no visām koka vainaga pusēm un jārēķina vidējais lielums. Āboliem, kuri auguši saules pusē, šķīstošās sausas saturs vienmēr ir būtiski augstāks. Vairumam šķirņu, tuvojoties vākšanas gatavībai, šķīstošās sausas koncentrācija ir 10-12 Brix° (Ikase 2015).

Šķīstošās sausas saturu ietekmē klimats, jo tas ir siltāks, jo šķīstošās sausas saturs augstāks. Mērījumu rezultātus var ietekmēt arī ražas lielums. Lielas ražas gadījumā šķīstošās sausas līmenis ir zemāks (Gladon 1979). Nozīmīga ir arī apūdeņošana vai nokrišņi, tas var samazināt šķīstošās sausas saturu augļos. Augsts slāpekļa saturs augsnē bieži saistīts ar pazeminātu šķīstošās sausas saturu (Gladon 1979).

Precīzai augļu gatavības noteikšanai šī metode ir lietojama tikai kopā ar citām metodēm. Labs vākšanas gatavības standarts var būt šķīstošās sausas dinamikas mērījumi kopā ar mīkstuma cietības testu. Piemēram, ASV ir izveidotas speciālas skalas (šķīstošās sausas saturs + mīkstuma cietība) vairākiem reģioniem plaši audzētajām šķirnēm (Gladon 1979).

1.5. Kopējo skābju saturs

Augļiem gatavojoties titrējamo skābju saturs pastāvīgi samazinās, bet cukuru saturs pieaug. Pamatojoties uz skābju saturu, kā arī cukura/skābes attiecību var precizēt gatavības stadiju un prognozēt iespējamo augļu garšu lietošanas gatavībā (Gladon 1983).

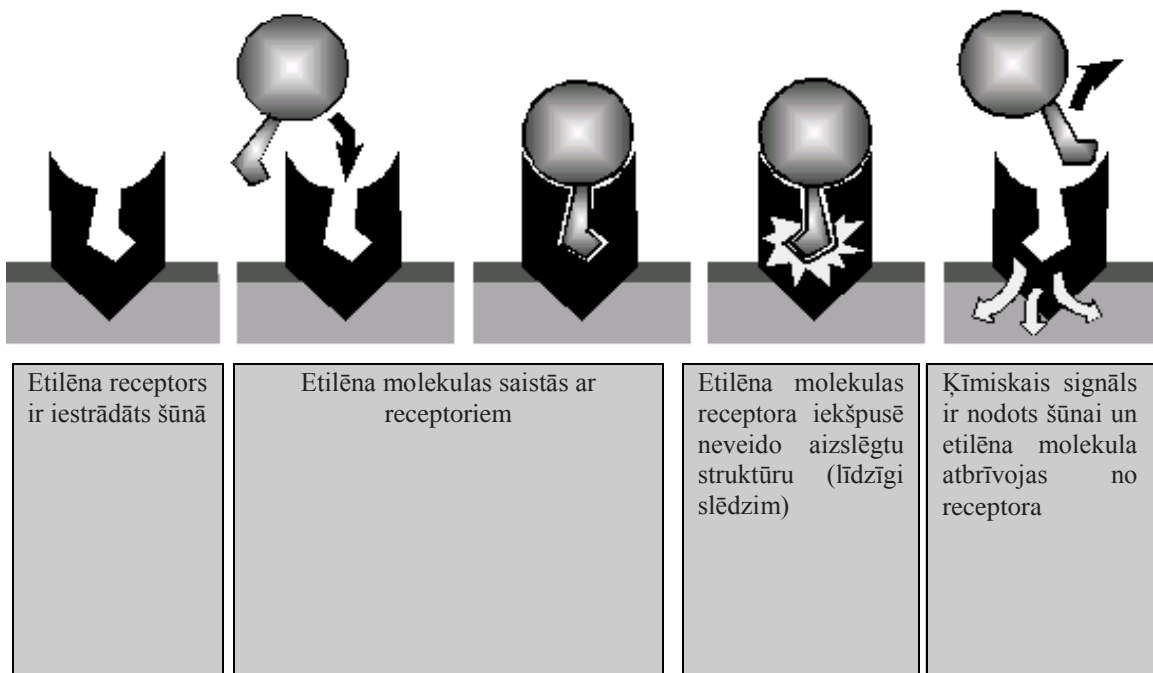
Skābju saturs var stipri variēt atkarībā no šķirnes audzēšanas zonas un konkrētā gada meteoroloģisko apstākļu īpatnībām (Olsen un Martin 1980; Little Holmes 2000). Jo vēsāks klimats, jo augstāks skābju saturs. Šī metodes pielietošana nav dārga. Galvenais šīs metodes trūkums, to nevar pielietot dārzā. Šīs metodes pielidošana tiek reti izmantota komercpraksē, metode parasti tiek veikta pētniecības projektos izvērtējot uzglabāšanas apstākļus (Hoehn et. al 2003; Rutkowski et. al 2008). Tāpat, kā citas metodes arī šo metodi jāizmanto kompleksā ar citām, lai precīzi noteikt ābolu gatavības pakāpi.

1.6. Etilēns

Kamēr augļi aug, etilēns ir niecīgā koncentrācijā, bet neilgi pirms vākšanas gatavības, etilēna sintēzes intensitāte ļoti krasi paaugstinās (Abeles et. al 1992). Šo faktu dažreiz izmanto optimālās vākšanas gatavības prognozēšanai (Ikase 2015). Kopš brīža, kad etilēna sintēzes intensitāte palielinājusies, sākas augļa nogatavošanās fāze, kas nedaudz apsteidz augļa vākšanas gatavību. Etilēns ir augšanas un nogatavināšanās hormons. Augļi elpojot izdala ūdens tvaiku, siltumu, ogļskābo gāzi un etilēnu. Etilēnam ir viena no vienkāršākajām organiskajām molekulām, kurai piemīt bioloģiska aktivitāte. Tā ir gāzveida viela, kas ir fizioloģiski aktīva arī zemās koncentrācijās – no 10 līdz 100 nL L⁻¹. Praktiski visu augu audi sintezē etilēnu un izdala to apkārtējā vidē, bet tā veidošanās ātrums ir ļoti dažāds un ir atkarīgs no audu fizioloģiskā stāvokļa un vides faktoru iedarbības. Salīdzinoši liels etilēna izdalīšanās ātrums ir raksturīgs meristemātiskajiem audiem, augļiem nogatavošanās stadijā (20 līdz 500 nL g⁻¹ h⁻¹), novecojošiem orgāniem, ievainotiem audiem, kā arī augļiem nelabvēlīgu apstākļu (stresa) ietekmē. Tā kā etilēns ir ķīmiski vienkāršs savienojums, kādu laiku tika uzskatīts, ka tas augu audos ir metabolisma blakusprodukts. Augu audus apstrādājot ar radioaktīvi iezīmētu sēru saturošo aminoskābi metionīnu, iezīmētais ogleklis parādās etilēna sastāvā, kas liecina par to, ka tas ir etilēna priekštecis. Tika uzskatīts, ka nevar runāt par “sintēzi”, ja vienkāršs savienojums veidojas sarežģītāku savienojumu

sadalīšanās rezultātā, tomēr etilēna gadījumā tā veidošanās ir atkarīga no specifisku un secīgu enzīmu darbības, kuru aktivitāte tiek regulēta ar gēnu ekspresijas līmeni. Etilēna sintēze sākas ar metionīna aktivāciju par adenozilmetionīnu ar ATF piedalīšanos. Adenozilmetionīna tālāka pārvēršanās par etilēna tiešo priekštecī 1-aminociklopropānkarbonskābi (ACKS) notiek ar ACKS sintēzes starpniecību, kas ir pirmais specifiskais posms un etilēna veidošanās ātrumu kontrolējošais enzīms. Otrs etilēna sintēzes solis ir ACKS oksidāzes katalizētā ACKS pārvēršanās par etilēnu. Šādai reakcijai ir nepieciešams skābeklis, tāpēc etilēns neveidojas audos, kam traucēta skābekļa pieplūde (Ieviņš 2016).

Etilēns noteiktā nogatavošanās stadijā saistās ar šūnās esošajiem etilēna receptoriem (3. attēls.) regulējot autokatalītiskās reakcijas, rezultātā augļi sasniedz savu gatavības pakāpi un pakāpeniski noveco (Arshad un Frankenberger, 2003).

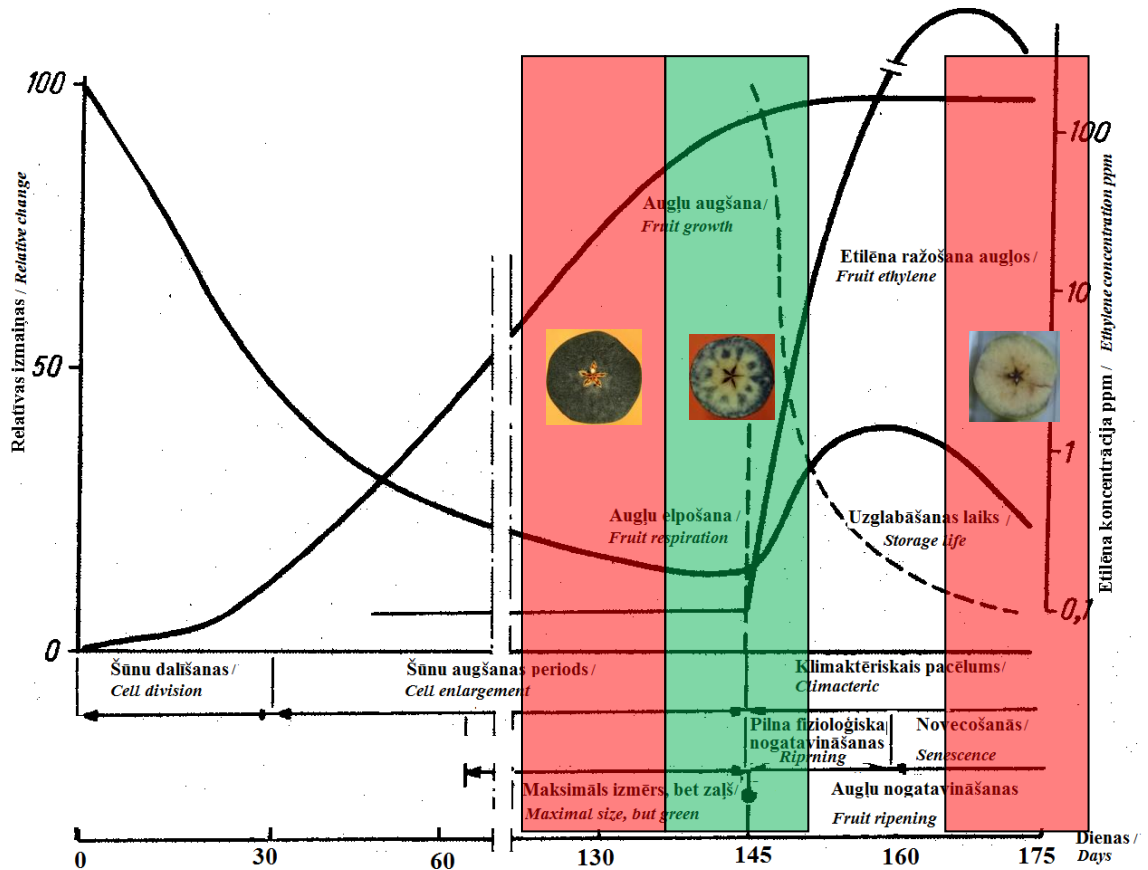


3. attēls. Etilēna molekulas saistīšanās ar etilēna receptoru augļa šūnā (Abadi et al., 2009)

Atkarībā no etilēna izdalīšanās spējas ābolus, bumbierus, persikus, nektarīnus, plūmes, tomātus, avokado, banānus, kivi, mango un aprikozes dēvē par klimaktēriskiem augļiem, bet pārējos augļus uzskata par neklimaktēriskiem. Klimaktērijs ir augļu fizioloģisko procesu beigu etaps jeb augļu nogatavošanās un augļu novecošanas sākums. Augļiem to konstatē, ja paradās pēkšņa un nepamatota intensīva elpošana un etilēna izdalīšanās (4. attēls.), kas izraisa būtiskas izmaiņas augļos: mainās to krāsa un cietība, noārdās cukuri un skābes (Sinha et al., 2012). Etilēns sintezējas šādā reakcijas ķēdē: metionīns → S-adenosilmetionīns (SAM) → 1-aminociklopropāna-1-karbonskābe (ACKS) → etilēns (Wawrzynczak et al., 2007).

Etilēna mērījumiem izmanto pārsvarā portatīvos etilēna mērītāju (ICA-56) – bet endogenu etilēnu nosaka laboratorijā ar gāzu hromatogrāfu. Metode etilēna noteikšanai, piemēram, ar iekārtu ICA-56 nav dārga, kā arī pats process nav darbietilpīgs. 1 kg augļu ievieto 4 l slēgtā traukā uz 1 stundu temperatūra 18-20 °C un nosaka etilēna uzkrāšanās mērījumus, kurus attēlo $\mu\text{l}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ (Melnyk et al., 2014). Ar šo metodi

analīzes dārzā veikt nevar un galvenais šīs metodes trūkums ir liela datu izkliede, līdz ar to maza datu ticamību.



4. attēls. Ābolu un bumbieru augšanas un attīstības stadijas⁵

Gāzu hromatogrāfija ir ļoti dārga metode, to var veikt tikai laboratorijā, toties, šī metode ir ļoti precīza (Skic et al., 2016). Pirms analīžu veikšanas ābolus jātur siltā telpā, tiem jāsasilst līdz temperatūrai 18-20 °C. Ar šļirci no sēkļu kameras izvelk 1 ml endogēna etilēna, iegūto etilēna daudzumu izlaiž kolonā un analīzē rezultātus attēlo $\mu\text{L/L}$ (ppm). Abas šīs metodes augļu gatavības noteikšanai nav izmantojamas komerciāli, viena datu neprecizitātes dēļ, otra augsto izmaksu dēļ.

1.7. Elpošanas intensitāte

Gatavības pakāpes objektīvai noteikšanai pēdējā laikā arvien plašāk tiek izmantota elpošanas intensitātes mērījumu metode⁶. Veģetācijas periodā ābolu elpošana pakāpeniski samazinās un vairākas nedēļas pirms augļu novākšanas tā sasniedz minimālo pakāpi. Ābolu gatavību raksturo liels etilēna pieaugums un elpošanas maksimums, ko sauc par klimaktērija krīzi (Abeles et al., 1992).

Zinātnieki uzskata, ja āboliem elpošanas intensitāte ir klimaktēriskā minimuma, tad augļu vākšanas laiku var uzskatīt par optimālu, jo to glabāšanās potenciāls ir augsts un organoleptiskā kvalitāte ir tuvu maksimālajai (Skic et al., 2016). Elpošanas intensitāte

⁵ The Role of Ethylene in Determining Apple Harvest and Storage Life.

Pieejams: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pages/N411C> (skatīts 19.01.2017.).

⁶ Harvest Maturity and Storage of Granny Smith Apples For Late CA and Uniform Market Quality

Pieejams: <http://postharvest.tfrec.wsu.edu/pages/N612B> (skatīts 19.01.2017.).

ātri izmainās daudzu faktoru ietekmē. Galvenais faktors kas ietekmē elpošanas ātrumu ir temperatūra. Paaugstinoties temperatūrai par katrām 10 ° C (18 ° F) elpošanas intensitāte dubultosies vai pat trīskāršosies (Erin 2010). Tādēļ ļoti svarīgi augļus pēc novākšanas ātri atdzesēt.

Lai rezultāti būtu pēc iespējas precīzāki, paraugi jāievāc ilgstošā laika periodā ar diennakts intervālu, vienmēr no tiem pašiem kokiem, cenšoties ievērot vienmērīgu augļu lielumu. Fizioloģiski pamatots novākšanas laiks ir 10-15 dienas pirms klimaktēriskā pacēluma brīža elpošanas līknē (Gladon 1979).

Analīzes veikšanas princips līdzīgs kā etilēna noteikšanas metodei, rezultātus attēlo $\mu\text{l}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}$. Šī metode ir vienlaikus darbietilpīga un dārga. To veic tikai laboratorijā, pārsvarā izmantojot gāzu hromatogrāfiju, komerciāli šī metode netiek lietota.

1.8. Aromātisko vielu koncentrācija

Diezgan precīza metode augļu gatavības noteikšanai, bet nav realizējama bez gāzu hromatogrāfijas iekārtas. Līdz ar to šī metode ir dārga un ir realizējama tikai laboratorijas apstākļos. Metodes pamatā ir fakts, ka no augļa, tam sasniedzot vajadzīgo gatavības pakāpi, sāk izdalīties butilacetāts (Golijš 1986). Aromātisko vielu koncentrācijas noteikšanai var izmantot elektronisko degunu, bet komerciālā ražošanā šo metodi neizmanto.

1.9. Garša

Organoleptiskā metode, pēc kuras var noteikt augļu gatavību. Negatīviem 'zaļiem' āboliem ir izteikta cietes garša. Kad āboli sāk nogatavoties ciete pakāpeniski pārvēršas par cukuriem. Augļiem nogatavojoties veidojas saldāka garša, cietes piegārša izzūd, krāsa un aromāts paliek izteiktāks⁷. Balstoties uz citām augļu gatavības noteikšanas metodēm kombinācijā ar organoleptiskiem rādītājiem var spriest par optimālo ābolu gatavību.

Galvenās grūtības metodes izmantošanā ir tās, ka garšas izmaiņu konstatēšana organoleptiski ir diezgan subjektīva. Grūti uztvert izmaiņas ābolu garšā pirmsnovākšanas periodā ilgi glabājamām šķirnēm. Tas ir riskanti, jo visbiežāk garša uzlabojas tad, kad āboli vairs nav spējīgi ilgi glabāties. Testēšana jāveic samērā ilgā laika posmā.

1.10. Virskrāsa

Dažām šķirnēm vākšanas gatavības noteikšanai izmanto ne tikai ar virskrāsu segto virsmas % laukumu, bet arī tās toņa pārmaiņas vai arī šķirnei specifiskas apsarmes veidošanos. Tas nav īpaši precīzs indekss. Krāsu var noteikt ne tikai vizuāli, bet arī ar krāsu analizatoru.

Vērtējums ir samērā subjektīvs un izmantojams tikai dažām šķirnēm⁸. Virskrāsas veidošanos ietekmē augļa novietojums tiešos saules staros galotnē vai daļējā noēnojumā starp lapām. Virskrāsas attīstību būtiski ietekme meteoroloģiskie apstākļi, galvenokārt temperatūras režīms (Gladon 1979). Antociānu un flavonoīdu sintēzi veicina skaidras saulainas dienas, vēsas naktis, zems relatīvais gaisa mitrums. Krāsojumu var ietekmēt

⁷When are apples ripe? Pieejams: <http://polk.uwex.edu/files/2014/02/When-are-Apples-Ripe-A3743-E.pdf> (skatīts 19.01.2017.).

⁸ RICHTLINEN FÜR DIE ERNTE UND LAGERUNG

Pieejams: http://www.agrios.it/doc/Richtlinien_Ernte_2000_deutsch.pdf (skatīts 19.01.2017.).

arī potcelms. Krāsas veidošana īpaši nozīmīgs ir sabalansēts slāpekļa mēslojums (Singh et al., 2002).

Dažas šķirnes iegūst intensīvu virskrāsu jau daudz agrāk, nekā iestājas fizioloģiskā vākšanas gatavība. Dažām ābolu šķirnēm virskrāsa veidojas daudz vēlāk - jau glabātavā (Gladon 1979). Virskrāsas attīstību un intensitāti var pastiprināt apsmidzinot augļus 2-3 nedēļas pirms vākšanas ar etefonu (etilēna sintēzi pastiprinošs aģents) vai senifosu (ar etilēna sintēzes procesiem nesaistīts produkts). Abas vielas paaugstina fenilalanīnamonijaliāzes aktivitāti. Šis ferments ir viens no būtiskākajiem komponentiem krāsojuma attīstībā. Rezultātā pastiprinās antociānu sintēze mizā. Senifosa ietekmē virskrāsas intensitāte pieaug gan, augļiem kokā esot, gan arī vēlāk glabāšanas laikā aukstuma iedarbībā. Turpretī etefons virskrāsas attīstību stimulē tikai dārzā. Ar senifosu apstrādātajos augļos ir novērots zemāks endogēnā etilēna līmenis un nogatavošanās procesu palēnināšanās, augstāks mīkstuma blīvums, mazāks šķīstošās sausas saturs (Larrigaudiere et al., 1996). Vairumā gadījumu virskrāsa var būt tikai relatīvs gatavības kritērijs. Pēc viskrāsas un apsarmes kompleksā ar mīkstuma krāsu var droši noteikt šķirnes `Spartan` vākšanas laiku, kuru vāc kad miza pie kāta kļuvusi koši sarkana un uz mizas radusies zilgana apsarme. Šķirņu skaits, kurām šis kritērijs būtu piemērots vākšanas gatavības prognozei nav liels. Biežāk, vadoties pēc virskrāsas, praktizē dalīto vākšanu. Virskrāsas attīstību būtiski ietekmē koku augums, slāpekļa koncentrācija lapās un audzēšanas reģions.

1.11. Dienu skaits no pilnzieda

Lai noteiktu ābolu gatavību, pēc šiem metodes datiem tiek reģistrēts vienai un tai pašai šķirnei pilnzieda moments. Pie iegūtā datuma pieskaita katrai šķirnei atbilstošo dienu skaitu, kas vidēji nepieciešams augļu attīstībai līdz vākšanas gatavībai. Čehijā zinātniskajos pētījumos (Kamas et al., 2010) minēts, ka optimālo ābolu novākšanas laiku var konstatēt, ņemot vērā dienu skaitu pēc pilnzieda. To ietekmē gan šķirne, gan klimatiskie apstākļi, bet visbiežāk tas ir 130 līdz 165 dienas pēc ziedēšanas. Katrai šķirnei novirzes pa gadiem var sasniegt 5-10 dienas. Precīzos datus var noteikt tikai pamatojoties uz ilggadīgiem novērojumiem attiecīgajā audzēšanas vietā. Ābelēm šo metodi lieto bieži, bet tā tomēr nav īpaši precīza (Kaack un Pedersen, 2010). Ir lielas variācijas dažādos reģionos un gados. Konstantāks tas ir no sezonas uz sezonu nekā atšķirīgās audzēšanas vietās, respektīvi dienu skaits var būt dažāds vienai un tai pašai šķirnei audzētai dārzos ar atšķirīgu mikroklimatu, augsni, apgaismojumu, potcelmu u.t.t. (Miller 1977).

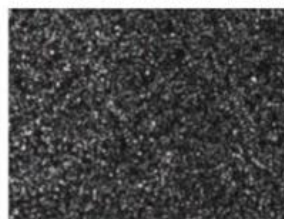
Pētījumus par gatavības noteikšanu ar šo metodi Latvijā veicis Gross. Pēc viņa novērojumiem šķirnei `Wealthy` un `Antonovka` dienu skaits no šķirnes pilnzieda līdz fizioloģiskajai vākšanas gatavībai ir 106-116 dienas (Gross 1985).

2. INOVATĪVAS AUGĻU GATAVĪBAS NOTEIKŠANA METODES

Inovatīvas (jaunas) augļu gatavības noteikšanas iekārtas (metodes), pārsvarā strādā uz viena un tā paša principa - spektrofotometrijas. Iekārtu klāsts ir ļoti plašs, atšķirība ir starp ražotājiem, nosaukumiem un darba izšķirtspējas. Darba izšķirtspēja ir atkarīga no viļņu diapazona. Jo lielāks viļņu diapazons, jo plašāku analīžu spektru var veikt, jo lielāka iekārtas cena. Piemēram, iekārtai ar viļņu garumiem no 670 līdz 720 nm cena būs ap 6000 Eur, bet iekārtai ar viļņu garumu no 350 līdz 2500 nm cena būs ap 61000 Eur. Ne visas iekārtas, kuras darbojas pēc spektrofotometrijas principa, ir izmantojamas dārzā, dažām ir vajadzīgi jaudīgi stacionāri datori ar atbilstošām programmām.

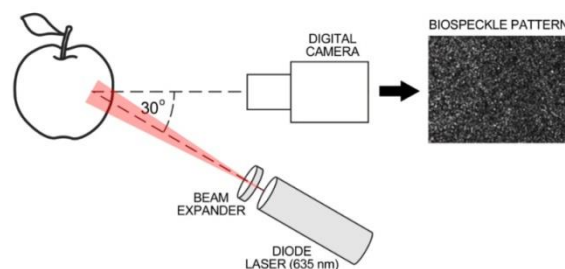
Biospekāla (Biopeckle) analīze ir salīdzinoši jauna, nedestruktīva ābolu kvalitātes un gatavības pakāpes izvērtēšanas metode. Sistēmas darbības princips balstās uz optiskām parādībām, kas notiek parauga apgaismošanas laikā ar koherentiem stariem. Izklidētu staru savstarpējas mijiedarbības rezultātā veidojas granulu veidā reģioni, kas sastāv no gaišiem un melniem punktiem. Rezultāti tiek atspoguļoti datorā (5. attēls), kas savienots ar digitālo kameru. Punktu daudzums, kustība un izvietojums norāda uz bioloģisko aktivitāti analizējamā paraugā (Xu et al., 1995; Zhao et al., 1997). Saskaņā ar Braga un kolēģu novērojumiem, ja ābolos nogatavošanās un bioķīmisko reakciju norises laikā notiek tādi procesi, kā citoplazmas kustība, organelļu pārvietošanās, šūnu augšana un dalīšanās tad biospekālā aktivitāte būs ļoti aktīva (Braga et al., 2007). Neskatoties uz metodes salīdzinoši plašo pielietojumu, tomēr, zināšanas par augļu un dārzeņu biospekālo aktivitāti, rezultātu interpretēšana ir ierobežota. Metode ir dārga, laikietilpīga, kā arī paraugu analizēšana ir iespējama tikai laboratorijā.

BIOSPECKLE PATTERN



5. attēls. Melno un gaišo punktu izkliede pēc parauga apstarošanas ar koherentiem stariem

Iespējamais biospekālas sistēmas shematiskais atspoguļojums parādīts 6. attēlā. Sistēma sastāv no diožu lāzera (8 mW, $\lambda = 635$ nm, LQC635-08C), lāzera piebarošana un kontrole notiek ar *Laser Diode Control Unit, Newport, Irvine, CA, USA* bloku, staru paplašinātājs 20x reizēs (Edmund Optics GmbH, Karlsruhe, Germany) un lādiņa saites matricas (Charge coupled device, CCD) (Monochrome FireWire Astronomy Camera DMK 21AF04.AS, The Imaging Source Europe GmbH, Bremen, Germany). Kāmerai ir 01:14 25 mm objektīvs un 20 mm pagarināšanas gredzens.



6. attēls. Biospekālas sistēmas shematiskais atspoguļojums

SCiO spektroskops jeb kabata sensors (7. attēls)⁹. Portatīvais spektroskops, detektē molekulu mijiedarbību, kā arī spēju uzņemt infrasarkanā starojumu, raksturo ķīmisko vielu koncentrāciju un sastāvu analizējamā paraugā.

Portatīvā spektrometra darbības princips balstās uz analizējamā parauga apstarošanu ar tuviem infrasarkanajiem stariem. Apstarošanas procesā infrasarkanie stari nonāk parauga iekšpusē (dziļums ir atkarīgs no materiāla īpašībām, agregātvokļa), kur tālāk tiek absorbētas ar molekulām. Datu transportēšana, apstrāde un analīze notiek reālā laikā ar

⁹Scio: This device tells you the chemical makeup of your food, drinks, and pills Pieejams: <http://venturebeat.com/2014/04/29/scio-handheld-sensor-can-decipher-the-chemical-makeup-of-food-pills-and-plants> (skatīts 20.01.2017.)

tiešsaistes sistēmas (Cloud computing) palīdzību un pēc neilga laika tiek nosūtīti ierīces lietotājam uz mobilo telefonu. Patiecoties salīdzinoši ātrai datu apstrādei un pārnesamībai (iebūvētas baterijas apjoms bez papildus uzlādēšanas ļauj lietot ierīci nedēļu ilgi) ierīci var pielāgot augļu un dārzeņu gatavības pakāpes noteikšanai. SCiO ierīce ir salīdzinoši jauna, nav dārga, bet zinātnisko rezultātu (praktiskie un teorētiskie secinājumi) trūkums neļauj pilnā apmērā raksturot ierīces stiprās un vājās puses.



7. attēls. SCiO spektrometers¹⁰

VIS/NIR portatīva iekārta (8. attēls)¹¹ ir piemērota augļu un dārzeņu gatavības un iekšējās kvalitātes noteikšanai. Ar šo iekārtu ir iespējams noteikt šādus parametrus: cukura saturs, nogatavināšanās pakāpe, sausnas saturs, cietes saturs, mīkstuma un mizas krāsa, skābums, fizioloģiskās slimības: augļa stiklošanos (ir ļoti svarīgs radītājs, jo pirms uzglabāšanas šo fizioloģiska rakstura slimību ne vienmēr var konstatēt, slimība pārsvarā strauji attīstās uzglabāšanas laikā, augļi, kuri ir saslimuši ar šo slimību neuzglabājas un ātri bojājas), augļa serdes brūnēšanu (šī fizioloģiska rakstura slimība pirms uzglabāšanas nav pamanāma, ļoti ātri attīstās uzglabāšana laikā, slimība īpaši izplatīta lietainā un aukstā veģetācijas periodā, tādai ābolu šķirnei, kā ‘Zarja Alatau’.



8. attēls. VIS/NIR portatīvais spektrofotometrs¹²

Kvalitatīvu parametru skaits ir atkarīgs no iekārtas modeļa galvenokārt viļņu garuma. Attēlā redzamajai iekārtai pamatā ir divi gaismas tipi: redzamais infrasarkanais (VIS) un tuvais infrasarkanais (NIR) starojums, ko nodrošina uzstādīta halogēnlampa ar viļņu

¹⁰ Near Infra-Red Spectroscopy at the palm of your hand. Pieejams:

<https://www.consumerphysics.com/myscio/technology/> (skatīts 20.01.2017.)

¹¹ Nir Case. Pieejams: <http://www.sacmi.com/en-US/News-Area/News-by-Business/Automation/Nir-Case.aspx?idC=61130&idO=11886&LN=en-US> (skatīts 20.01.2017.)

¹²Nir Case. Pieejams: <http://www.sacmi.com/System/00/01/18/11886/0632871953894062500.jpg> (skatīts 20.01.2017.)

garumiem no 100 līdz 1000 nm. Viļņu diapazons variē un ir atkarīgs no iekārtu cenas un tipa. Liels paraugu skaits var būt izanalizēts pateicoties ātram mērīšanas laikam, kas sastāda no 6 ms līdz 2 s. Pateicoties iekārtu interfeisam, iegūtie dati tiek atspoguļoti displejā, kur tālāk var pārnest uz USB *flesh* atmiņu, vai ar USB kabeļa palīdzību uz datoru. Iekārta ir portatīva, kas ļauj veikt kvalitatīvas analīzes dārzā. Saskaņā ar *ScienceDirect datubāzes pieejamiem resursiem*, 2016. gadā ir, nopublicēti vairāk, ka 20 raksti, kuros pamatā aprakstīta nedestruktīva augļu un dārzeņu kvalitatīva izvērtēšana, izmantojot VIS/NIR spektrofotometru. Raksti ir nopublicēti žurnālos ar augstu ietekmes faktora (IF) žurnālos, kas norāda par iekārtas aktualitāti un precizitāti. Vidējā cena tirgū ir 41000 EUR

DA Meter spektrofotometrs pirms deviņiem gadiem Itālijā izveidota DA Meter (sistēma (Guglielmo Costa un kolēģi, Boloņas Universitāte, patents WO/2007/017732)¹³ pasaules mērogā atrada plašu pielietojumu augļu un dārzeņu nozarē (audzēšanas, pārstrāde). Izcili rezultāti tika sasniegti strādājot ar tādām kultūrām kā āboli, bumbieri, persiki, nektarīni, aprikozes un plūmes. Pateicoties DA Meter (9. attēls) sistēmai bez papildu aprīkojuma, var ātri un precīzi noteikt augļu un dārzeņu gatavības pakāpi. DA sistēma ļauj analizēt ābolu kvalitāte ne tikai *pre-harvest* (pirms vākšanas) stadijā, bet arī uzglabāšanas laikā *post-harvest*. DA Meter darbības princips līdzīgi kā iepriekš balstās uz VIS/NIR tehnoloģiju (spektrofotometrija).



9. attēls. DA Meter portatīvais spektrofotometrs¹⁴

Viļņu garuma diapazons sastāda 670 nm, kas ir tuvu hlorofila (a) spektram. VIS/NIR apgaismojums tiek nodrošināts ar 6 diožu lampiņām. Trīs lampiņas emitē jeb izstaro starus ar viļņu garumiem 670 nm, savukārt atlikušas trīs 720 nm. Gaismas re-absorbcijas rezultātā, atstarotie gaismas viļņi atpakaļ nonāk foto diožu detektorā. Uztvertā gaisma foto diožu detektorā tālāk ar ADC (*analog-to-digital converter*) digitāla konvertera sistēmu un mikroprocesora palīdzību pārveidojas par indeksu. Izveidotais indekss norāda uz hlorofila (a) koncentrāciju mezokarpā slāni). Ziosi un līdzautori (Ziosi et al., 2008) ir atraduši ciešu, pozitīvu korelāciju ($R^2=0.979$) starp I_{AD} indeksu un hlorofila saturu, secinot, ka nektarīnu nogatavināšanās laikā samazinoties hlorofilam (a), samazinās arī I_{AD} indekss. Iekārtas precizitāte un ātrums ļauj vienā laikā analizēt lielu paraugu skaitu, savukārt pārnēsāmība nodrošina analīžu veikšanu tieši dārzā. Vidējā cena tirgū ir 5988.00 EUR.

¹³ METHOD AND APPARATUS FOR DETERMINING QUALITY OF FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS Pieejams: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2007017732> (skatīts 20.01.2017.)

¹⁴Italy: The pros of using a DA-Meter. Pieejams: <http://www.freshplaza.com/article/134487/Italy-The-pros-of-using-a-DA-Meter> (skatīts 20.01.2017.)

3. PĀRSKATA PERIODĀ VEIKTIE PRAKTISKIE PĒTĪJUMI

Pārskata periodā ierīkots izmēģinājums ar 8 ābolu šķirnēm dažādās gatavības pakāpēs:

1. Komercdārzos audzētas ābolu šķirnes: 'Zaslavskoje', 'Belorusskoje Malinovoje', 'Orlik', 'Auksis', 'Sinap Orlovskij' (2 vākšanas gatavības uz 3 potcelmiem (Pūre 1, B396, MM106). Uzglabāšanas režīmi: ULO - *ultra low oxygen* un NA - parastā atmosfērā. Pētījums iekārtots 3 atkārtojumos.
2. Komecdārzos perspektīvas ābolu šķirnes: 'Dace', 'Eksotika', 'Edīte' (2 vākšanas gatavības uz 2 potcelmiem (B396, MM106). Uzglabāšanas režīmi: ULO - *ultra low oxygen* un NA - parastā atmosfērā. Pētījums iekārtots 3 atkārtojumos.
3. Ābolu šķirnes 'Sinap Orlovskij' augļi apstrādāti ar 1-Metilciklopropēnu (1-MCP) mizas fizioloģiskās brūnēšanas novērtēšanai.

Visiem paraugiem testēta gatavības pakāpe (mīkstuma cietība, šķīstošā sausas saturs, joda-cietes tests, sēklu krāsas tests, izrēķināts Streifa indekss), noteikta ābolu masa un DA metra indekss.

Pārskata periodā uzsākts pētījums par ozonēšanas ietekmi uz ābolu kvalitāti. Pētījumā tika analizētas divas rudens ābolu šķirnes 'Auksis', 'Gita' un divas ziemas ābolu šķirnes 'Iedzenu', 'Belorusskoje Malinovoje'. Āboli tūlīt pēc augļu novākšanas 24 stundu laikā tiek atdzesēti līdz $+4 \pm 0,5$ °C temperatūrai. No katras šķirnes atlasīti 40 augļi, kuru vidējā masa ir ~6 kg. Paraugi ievietoti polipropilēna (PP) kastēs ar perforētām sienām. Pētījumā pārbaudītas divas ozona apstrādes koncentrācijas. Ābolus apstrādāja ar ozona koncentrāciju 0,8 ppm (150 mg / h, FM-300 ozona ģenerators, Baifeng Ozona Technical Co, Ltd, Guangzhou, Chine) un 3 ppm (1000 mg / h, L-1000 ozona ģenerators, Baifeng, Technical Co, Ltd, Guangzhou, Chin), uzglabāšanas telpā tika nodrošināta temperatūra $+2 \pm 1$ °C un relatīvais gaisa mitrums 85%. Kontroles paraugi tika uzglabāti dzesētavā pie identiskiem apstākļiem.

Sagatavots 31.01.2017.

Literatūras saraksts

1. Abadi D. H., Kaviani B., Hoor S.S., Torkashvand A.M., Zarei R., (2009) Quality management of cut carnation 'Tempo' with 1-MCP. *African Journal of Biotechnology*, Vol. 8, p. 5351-5357.
2. Abeles F.B., Morgan P.W., Saltveit M.E. (1992) Ethylene in Plant Biology. San Diego Academic Press; San Diego, CA, USA: p. 414.
3. Alegre S., Molina D. P., Recasens I., Casals M., Bonany J., Carbó J., Casero T., Iglesias I. (2006) Season Altrends in Harvest Indices for 'Golden Smoothee' Apples in Spain. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, Vol. 14, p. 65-75.
4. Arshad M., Frankenberger W. T. (2003) Ethylene: Agricultural Resources and Application. *Kluwer Academic/Plenum publishers*, (New York) p. 343.
5. Boudabous M., Mrabet A., Ferchichi A.(2009) Mineral Characterization of Some Tunisian Apple Cultivars. *Journal of Arid Land Studies*, Vol. 19(1), p. 197- 200.
6. Bound S.A., Jones K.M., Oakford M.J. (1997). Integrating Cytolin into a Chemical Thinning Programm for Red Delicious Apple. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. Vol. 37 (1) p. 113-118.
7. Braga R.A., Dupuy L., Pasqual M., Cardosos R.R. (2009) Live biospeckle laser imaging of root tissues. *European Biophysics Journal*, Vol. 38, p. 679–686.
8. Brown G. S., Kitchener A.E., Mcglasson W. B., Barnes S. (1996) The Effects of Coper and Calcium Foliar Sprays on Cherry and Apple Fruit Quality. *Scientia Horticulturae*, Vol.67(3), p. 219-227.
9. Castro-Giráldez M., Fito P.J., Chenoll C., Fito P. (2010) Development of a dielectric spectroscopy technique for the determination of apple „Granny Smith” maturity. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Vol.11, p. 749–754.
10. De Jager, A. and Roelofs F.P.M.M. (1996) Prediction of optimum harvest date of Jonagold, p. 21–31. In: A. de Jager, D. Johnson, and E. Hohn (eds.). Determination and prediction of optimum har-vest date of apples and pears. COST 94. The postharvest treatment of fruit and vegetables. Office for the Offic. Publ. of the European Communities, Luxembourg.
doi:10.3390/s16050661
11. Erin S. (2010) Respiration and Ethylene and their Relationship to Postharvest Handling. *Organic Agriculture*. p.2671.
12. Ernani P.R., Rogeri D. A., Proença M., M., Dias J., (2008) Addition of nitrogen had no effect on yield and quality of apples in an high density orchard carrying a dwarf rootstock. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 30(4) <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000400044>
13. Fetkenheuer W., Kuhn W. (1989) Lagerergebnisse bei ausgewählten Äpfelsorten. *Gartenbau N*, Vol. 36, p. 274 – 276
14. Gawęda M., Ben J. (2010) Dynamics of changes of starch and its components in fruitlets and maturing 'Jonagold' and 'Gala Must' apple. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, Vol. 18, p. 109-119.
15. Gladon R. J. (1979) Maturity Indices. *Horticulture 552, Postharvest Physiology*, p. 3.
16. Gladon R. J. (1983) Laboratory Experiment / Demonstration Measurement and Evaluation of Apple Maturity and Quality. *Horticulture 522, Postharvest Physiologie*. p. 5.
17. Goliš J. (1986) Zusammenhang zwischen der Aromabildung und dem Stärkeabbau während der Reife Äpfeln am Baum. *Arch. Gartenbau*, Vol, 34(5), p. 273 – 283.
18. Gross A. (1985) Augļu novākšana un transports rūpnieciskajos dārzos. 18 lpp.
19. Guz T. (2009). The use of image analysis to estimate harvest ripeness of apples. *Teka komisji motoryzacji i energetyki rolnictwa*, Vol. 9, p. 61-68.

20. Hoehn E.; Gasser, F.; Guggenbühl, B.; Künsch, U (2003) Efficacy of instrumental measurements for determination of minimum requirements of firmness, soluble solids, and acidity of several apple varieties in comparison to consumer expectations. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 27, p. 27–37.
21. Ieviņš G. (2016) Augu fizioloģija. Funkcijas un mijiedarbība ar vidi. LU Akadēmijas apgāds p 220.
22. Ikase L. (2015) Augļkopība, sadaļa Drudze I. Lepsis J. Juhņeviča- Radenkova K Optimālie ražas vākšanas laiki, LV augļkopības institūts APP, lpp. 461.
23. Juhneviča K., Skudra L., Skrivele M., Radenkovs V., Seglina D., Stepanovs A. (2013) Effect of 1-methylcyclopropene treatment on sensory characteristics of apple fruit. *Environmental and Experimental Biology*, Vol. 11, p. 99–105.
24. Kaack K, Pedersen HL. (2010) Prediction of diameter, weight and quality of apple fruit (*Malus domestica* Borkh.) cv. 'Elstar' using climatic variables and their interactions. *European Journal of Horticultural Science*. Vol. 75, p. 60–70.
25. Kamas J., Nesbitt M., Stein L. (2010) Apple. *Texas AgriLife Extension*, Vol. 10, p. 1-7.
26. Kelts K. 1981. Izplatītāko augļaugu šķirņu ķīmiskais sastāvs. *Dārzs un Drava*, Nr.7., 6.-8.lpp.
27. Kitemann D., McCormick R., Neuwald D.A. (2015) Effect of high temperature and 1-MCP application or dynamic controlled atmosphere on energy savings during apple storage. *European Journal of Horticultural Science*, Vol. 80(1), p. 33–38.
28. Larrigaudiere C, Pinto E., Vendrell M. (1996) Differential-Effects of Etephon and Seniphos on Color Development of Starking Delicious Apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Vol 121(4) p. 746-750.
29. Little, C.R.; Holmes, R.J. (2000) Storage Technology for Apples and Pears: A Guide to Production, Postharvest Treatment and Storage of Pome Fruit in Australia; Agriculture Victoria: Knoxfield, Australia, p 230.
30. Melnyk O., Drozd O., Boicheva N., Zhmudenko Y., Melnyk I., Khudik L. Remeniuk L., Vykhvatniuk L. (2014) Ethylene Emission of Apples Treated with 1-Methylcyclopropene During Storage. *Journal of Horticultural Research*, Vol. 22(1), p. 109-112.
31. Miller S. (1977) Determining the Optimum Harvest Data for Apples. *Fruit South*. Vol. 7, p. 168 – 169.
32. Molina D., Alegre S., Casero T., Casals M., Bonany J., Carbó J. , Puy J., Recasens I. (2006) Quality Indexs for 'Golden Smoothee' Apples in Relation to Consumer Evaluation. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, Vol. 14, p. 39-51.
33. Olsen K.L.; Martin G.C. (1980) Influence of apple bloom date on maturity and storage quality of 'Starking Delicious' apples. *American Society for Horticultural Science*. 105, 183–186.
34. Quast P. (2000) Die Bestimmung des Erntezeitpunktes und sein Einfluß auf die Qualität und Haltbarkeit von Äpfeln. *Mitt. OVR Jork*, p. 239-252.
35. Ripoll L., Urban L., Staudt M., Lopez-Lauri F., Bidel L. P.R., Bertin N., (2014) Water shortage and quality of fleshy fruits—making the most of the unavoidable. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 65(15) p. 4097-4117. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru197>
36. Rutkowski K.P., Michalczuk B., (2008) Nondestructive determination of 'Golden Delicious' apple quality and harvest maturity. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, Vol. 16, p. 39–52.

37. Saevels S., Lammertyn J., Berna A.Z, Veraverbeke E.A, Natale C.D., Nicolai B.M (2003) Electronic nose as a non-destructive tool to evaluate the optimal harvest date of apples. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 30, p. 3-14.
38. Siddiqui S., Bangerth F. (1995) Differential Effect of Calcium and Strontium on Flesh Firmness and Properties of Cell-Walls in Apples. *Journal of Horticultural Science*. Vol. 70 (6), p. 949-953.
39. Siddiqui S., Brackmann A., Streif J., Bangerth F. (1996) Controlled-Atmosphere Storage of Apples - Cell-Wall Composition and Fruit Softening. *Journal of Horticultural Science*, Vol 71 (4), p. 613-620.
40. Singh Z., Kennison K., Agrez V. (2002) Regulation of Fruit Firmness, Maturity and Quality of Late Maturing. *Acta Horticulturae*. Vol. 628, p. 277-283
41. Sinha N., Sidhu J., Barta J., Wu J., Cano M.P. (2012) Handbook of Fruits and Fruit Processing. *Wiley Blackwell*, p.14-34.
42. Skic A., Szymanska-Chargot M., Kruk B., Chylinska M., Pieczywek Piotr M., Kurenda A., Zdunek A., and Rutkowski K. P. (2016) Determination of the Optimum Harvest Window for Apples Using the Non-Destructive Biospeckle Method. *Sensors*, Vol. 16, p. 661.
43. Stajnko D., Rankun J., Blanke M.(2009) Modelling apple fruit yield using image analysis for fruit colour, shape and texture. *European Journal of Horticultural Science*, Vol.74(6), p. 260–267.
44. Stow J. (1995) The Effects of Storage Atmosphere on the Keeping Quality of Idared Apples. *Journal of Horticultural Science*. Vol 70(4), p 587-595.
45. Streif J. (1984). Jod-Stärke-Test zur Beurteilung der Fruchtreife bei Äpfeln. *Obst und Garten*, Vol. 103, p. 382–384.
46. Tahir I. (2006) Control of Pre- and Postharvest Factors to Improve Apple Quality and Storability. Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science. Department of Crop Sciences- Alnarp Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences. p. 2-65.
47. Thammawong M., Arakawa O., (2010) Starch to Sugar Conversion in "Tsugaru" Apples under Ethylene and 1-Methylcyclopropene Treatments. *Journal of Agricultural Science and Technology*. Vol. 12, p. 617-626.
48. Wawrzynczak A., Jozwiak Z., Rutkowski K. (2007) The Influence of storage conditions and 1-MCP treatment on ethylene evolution and fruit quality in 'Gala' apple. *Vegetable Crops Research Bulletin*, Vol. 66, p. 188-196.
49. Weinzeti S. (1988) Erntezeitpunktfeststellung beim Apfel. *Besseres Obst*, Vol. 33(8), p. 253-254.
50. Werner T. (2005) Wyznaczyć termin zbioru jabłek. *Hasło Ogrodnicze*, p.11.
51. Wilcke C. (2000) Ernteterminbestimmung und Qualitätsvorhersage bei Äpfeln. *Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft*. Vol. 7(8), p. 24-36.
52. Xu Z., Joenathan C., Khorana B.M. (1995) Temporal and spatial properties of the time-varying speckles of botanical specimens. *Optical Engineering*, Vol, 34, p. 1487–1502.
53. Zhao Y., Wang J., Wu X., Williams F.W., Schmidt R.J. (1997) Point-wise and whole-field laser speckle intensity fluctuation measurements applied to botanical specimens. *Optics and Lasers in Engineering*, Vol. 28, p. 443–456.
54. Ziosi V, Noferini M, Fiori G, Tadiello A, Trainotti L, Casadoro G, et al. (2008) A new index based on vis spectroscopy to characterize the progression of ripening in peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, Vol. 49(3), p. 319–29.