

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ  
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

**BAKALÁRSKA PRÁCA**

**BRNO 2016**

**KLAUDIA DUDÁŠOVÁ**



## **Mechanické vlastnosti olív ako faktor ovplyvňujúci ich akosť**

Bakalárska práca

*Vedúca práce:*  
doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.

*Vypracovala:*  
Klaudia Dudášová

## ZADANIE BAKALÁRSKEJ PRÁCE

Autorka: **Klaudia Dudášová**  
Študijný program: **Chemie a technológie potravín**  
Odbor: **Technológie potravín**  
Názov témy: **Mechanické vlastnosti olív ako faktor ovplyvňujúci ich akosť**  
Rozsah práce: **30 – 40 stran**

Zásady pre vypracovanie:

1. Preštudovanie odbornej tuzemskej a zahraničnej literatúry týkajúcej sa mechanických vlastností olív
2. Vypracovanie literárnej rešerše so zameraním na vplyvy pôsobiace na akosť a na mechanické vlastnosti olív
3. Vypracovanie literárnej rešerše so zameraním na metódy hodnotenia mechanických vlastností olív
4. Absolvovanie pravidelných konzultácií, vyhotovenie bakalárskej práce v požadovanom rozsahu a jej odovzdanie v termíne podľa pokynov vedúceho

Zoznam odbornej literatúry:

1. KILCAST, D. *Texture in food : Solid foods. Volume 2*. 1. vyd. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004. 537 s. Woodhead publishing in food science and technology. ISBN 1-85573-724-8.
2. THERIOS, I. *Olives*. Wallingford. 2008. ISBN 978-1-84593-458-3.  
URL: <http://dx.doi.org/10.1079/9781845934583.0000>.
3. SERMAN, V F. – PARERA, C. *Acta Horticulturae. : Proceedings of the VIIth International symposium on olive growing : San Juan, Argentina, September 25-29, 2012 : Volume 1 : no.1057*. Leuven: ISHS, 2014. 450 s. ISBN 978-94-6261-047-7.
4. SERMAN, V F. – PARERA, C. *Acta Horticulturae. : Proceedings of the VIIth International symposium on olive growing : San Juan, Argentina, September 25-29, 2012 : Volume 2 : no.1057*. Leuven: ISHS, 2014. 452 s. ISBN 978-94-6261-047-7.
5. *Postharvest biology and technology*. Amsterdam: ISSN 0925-5214.
6. *Journal of Horticulture*. ISSN 2376-0354.
7. *Journal of Texture Studies*. ISSN 0022-4901.

Dátum zadania bakalárskej práce: november 2015

Termín odovzdania bakalárskej práce: apríl 2016



*Dudášová*  
**Klaudia Dudášová**  
Autorka práce

*Nedomová*  
**doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.**  
Vedúci práce

*Jarošová*  
**prof. Ing. Alžbeta Jarošová, Ph.D.**  
Vedúca ústavu

*Ryant*  
**doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.**  
Dekan AF MENDELU

## Čestné vyhlásenie

Prehlasujem, že som prácu: *Mechanické vlastnosti olív ako faktor ovplyvňujúci ich akosť* vypracovala samostatne a všetky použité pramene a informácie uvádzam v zozname použitej literatúry. Súhlasím, aby moja práca bola zverejnená v súlade s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách v znení neskorších predpisov a v súlade s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Som si vedomá, že sa na moju prácu vzťahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy a použitie tejto práce ako školského diela podľa § 60 odst. 1 autorského zákona.

Ďalej sa zaväzujem, že pred spísaním licenčnej zmluvy o využití diela inou osobou (subjektom) si vyžiadam písomné stanovisko univerzity, že predmetná licenčná zmluva nie je v rozpore s oprávnenými záujmami univerzity, a zaväzujem sa uhradiť prípadný príspevok na úhradu nákladov spojených so vznikom diela, a to až do ich skutočnej výšky.

V Brne dňa:.....

.....  
podpis

### **Pod'akovanie**

Rada by som sa poďakovala doc. Ing. Šárke Nedomovej, Ph.D. za cenné rady pri písaní bakalárskej práce. Ďalej moja vďaka patrí mojej rodine a priateľom, ktorí mi boli veľkou oporou.

## **Abstrakt**

Bakalárska práca je zameraná na mechanické vlastnosti olív a faktory, ktoré ich ovplyvňujú. Úvodná časť práce je venovaná základnej charakteristike olivového plodu a technologickým procesom, ktoré ovplyvňujú textúru olív. Najväčší vplyv má dozrievanie, zber, pozberová manipulácia, doprava a spracovanie olív. Na textúru tiež vplýva anatómia plodu, preto je potrebné ju správne stanoviť. Určením mechanických vlastností sa dá obmedziť poškodenie plodov. Práca tiež zahŕňa popis jednotlivých fyzikálnych, geometrických a mechanických vlastností a spôsoby, akými sa merajú. Mechanické vlastnosti olív sa dajú stanoviť pomocou rôznych prístrojov, ako sú textúrny analyzátor, Instron, penetrometer alebo digitálne posuvné meradlo. Na meranie existujú rôzne skúšky, ako trhacia, strihová alebo tlaková skúška.

**Kľúčové slová:** Stolové olivy, mechanické vlastnosti, textúra, pevnosť, kvalita olív.

## **Abstract**

The bachelor thesis is focused in the mechanical properties of olive fruits and factors that influence them. The introductory part of the thesis deals with basic characteristics of olive fruit and technological processing influencing the texture of olives. The most influence have ripening, harvesting, postharvest manipulation, transporting and processing of olives. Anatomy of fruits also influences the texture so is necessary to design it well. Determining mechanical properties can be reducing damage of fruits. The thesis also involves a description of several physical, geometrical and mechanical properties and their measuring methods. Mechanical properties of olives can be measured by methods with different devices, such as texture analyser, Instron, penetrometer or digital calliper. For measuring there are a lot of tests, for example tensile test, cutting test or compression test.

**Keywords:** Table olives, mechanical properties, texture, firmness, quality of olives.

# OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	CIEĽ PRÁCE.....	11
3	LITERÁRNY PREHĽAD .....	12
3.1	Definícia stolových olív .....	12
3.1.1	Pôvod a produkcia olív .....	12
3.1.2	Druhy stolových olív .....	13
3.1.2.1	Obchodné prípravy stolových olív .....	13
3.1.3	Štruktúra olivy .....	14
3.1.4	Chemické zloženie olív .....	15
3.1.5	Odrody olív .....	16
3.1.6	Olivový olej .....	17
3.1.6.1	Chemické zloženie olivového oleja.....	18
3.1.6.2	Výroba olivového oleja.....	18
3.2	Technológie výroby ako faktor ovplyvňujúci textúru olív .....	19
3.2.1	Dozrievanie olív a jeho vplyv na textúru olív.....	19
3.2.2	Zber olív a jeho vplyv na textúru olív .....	19
3.2.2.1	Spôsoby zberov olív .....	20
3.2.3	Transport olív a jeho vplyv na textúru olív .....	20
3.2.4	Spracovanie olív a jeho vplyv na textúru olív .....	21
3.2.4.1	Spracovanie podľa sevillského štýlu .....	23
3.2.4.2	Spracovanie podľa gréckeho štýlu.....	23
3.2.4.3	Spracovanie podľa kalifornského štýlu .....	24
3.2.5	Vady olív .....	25
3.3	Vplyv anatómie plodov na biomechanické vlastnosti .....	26
3.3.1	Makroskopická „pletivová“ anatómia plodu .....	26
3.3.2	Mikroskopická „bunková“ anatómia plodu .....	27
3.3.3	Všeobecný vplyv pôsobiaci na biomechaniku plodov .....	27
3.3.4	Vplyv biomechaniky plodu na objem a plochu pomliaždenín .....	29
3.3.5	Stanovenie biomechaniky plodov rôznymi metódami .....	29
3.4	Textúra olív .....	32
3.4.1	Vplyvy pôsobiace na textúru olív .....	32
3.5	Fyzikálne vlastnosti olív .....	34



3.5.1	Vplyv chemického zloženia na fyzikálne vlastnosti .....	34
3.5.2	Definície fyzikálnych vlastností .....	34
3.5.3	Stanovenie fyzikálnych vlastností.....	36
3.5.4	Stanovenie geometrických vlastností.....	40
3.6	Mechanické vlastnosti olív.....	42
3.6.1	Definície mechanických vlastností .....	42
3.6.2	Stanovenie mechanických vlastností.....	42
3.6.3	Stanovenie mechanických vlastností ťahovou a strihovou skúškou .....	43
3.6.4	Stanovenie mechanických vlastností pomocou textúrneho analyzátora ...	45
3.6.5	Stanovenie mechanických vlastností pomocou trhacieho prístroja .....	48
3.6.6	Stanovenie mechanických vlastností pomocou testovacieho prístroja .....	49
3.6.7	Stanovenie plochy a objemu pomliaždenín posuvným meradlom.....	51
3.7	Senzorické hodnotenie kvality olív .....	54
4	ZÁVER.....	55
5	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY.....	58
6	PRÍLOHY .....	68
7	ZOZNAM OBRÁZKOV .....	74
8	ZOZNAM TABULIEK.....	75

## 1 ÚVOD

Olivy obľubujú milióny konzumentov po celom svete. Nie je veľmi známy fakt, že zelené olivy sú vlastne iba nezrelými čiernymi olivami. Rozdiel je ten, že zelené olivy obsahujú menšie množstvo oleja, sú trpkéjšie a tvrdšie. Trpkú chuť olív spôsobuje glykozid oleuropeínovej kyseliny. Preto sa pri spracovaní nakladajú olivy do soľného nálevu a lúhu, aby sa oleuropeín aspoň čiastočne odstránil a zjemnila sa tým celková chuť. Spracovaním sa výrazne zlepši aj textúra, čo je žiaduce pri hodnotení kvality produktu.

Sortiment olív je široký, nájdeme olivy s kôstkami alebo odkôstkované, olivy plnené paprikou, ančovičkou, lososom, syrom atd. Olivy sa najčastejšie predávajú v sáčku, skle, či plechovke. Najvyššiu kvalitu vykazujú olivy balené v plechovke, pretože nie sú vystavené svetlu, a potom olivy v skle, pretože sa nemôžu mechanicky poškodiť v porovnaní s balením v sáčku.

Olivy sú veľmi kalorické – 100 g olív obsahuje približne 150 kalórií. Konzumácia niekoľkých olív pred hlavným jedlom pomáha zvyšovať hladinu žalúdočných štiav a urýchliť tak trávenie. Obsahujú vlákninu, ďalej nenasýtené mastné kyseliny, vitamíny a minerálne látky, predovšetkým fosfor, draslík a železo. Vplývajú blahodarne na zdravie človeka, pretože znižujú hladinu LDL – cholesterolu, znižujú riziko srdcovo-cievnych chorôb a posilňujú imunitu. Majú tiež detoxikačný účinok, čo mnohí uplatňujú pri boji proti starnutiu.

Veľké využitie majú aj pri výrobe olivového oleja, ktorý sa uplatňuje, či už v studenej (panenský olivový olej), tak i v teplej kuchyni (rafinovaný olivový olej). Tento olej je zdravší a chutnejší ako populárny repkový alebo slnečnicový. Používa sa na prípravu ľahkých šalátov, smaženie a pečenie.

Mechanické vlastnosti olív sú ovplyvnené predovšetkým ich dozrievaním, zberom, a taktiež aj ich následnou manipuláciou. Veľký vplyv na textúru a procesy prebiehajúce v olivách má aj ich spracovanie. Určením týchto vlastností sa môžu optimalizovať straty a zvýšiť produktivita, a kvalita výrobkov. Na meranie mechanických vlastností sa používajú rôzne typy prístrojov, ale najčastejšími sú penetrometer, durometer, univerzálny prístroj Tiratest, univerzálny trhací prístroj Instron alebo textúrny analyzátor.

## **2 CIEĽ PRÁCE**

Cieľom bakalárskej práce bolo preštudovanie odbornej tuzemskej a zahraničnej literatúry týkajúcej sa mechanických vlastností olív. Bakalárska práca sa tiež zameriava na vplyvy pôsobiace na mechanické vlastnosti olív, na ich finálnu akosť, a rovnako aj na metódy hodnotenia mechanických vlastností olív.

### 3 LITERÁRNY PREHLAD

#### 3.1 Definícia stolových olív

V ČSN neexistuje pre olivy platná norma. Podľa CODEX STAN 66-1981 (2013) sa stolová oliva definuje ako produkt:

- a) pripravený zo zreých plodov olivovníka (*Olea europaea L.*), ktoré dosiahli požadovaný stupeň vývoja pre spracovanie a sú vybrané pre spracovanie z olív, ktorých objem, tvar, pomer dužiny ku kôstke, jemnosť dužiny, chuť, pevnosť a ľahkosť oddelenia od kôstky ich robí vhodnými pre spracovanie;
- b) ošetrovaný tak, aby bol zbavený trpkosti a zakonzervovaný prirodzenou fermentáciou a/alebo tepelným ošetrením a/alebo iným spôsobom tak, aby sa zabránilo skazeniu, a zaistila sa stabilita produktu vo vhodných skladovacích podmienkach s alebo bez prídavku konzervačných látok;
- c) balený s alebo bez vhodného kvapalného nálevu.

##### 3.1.1 Pôvod a produkcia olív

Oliva je ovocie vypestované na vždyzelenom olivovníku (*Olea europaea L.*) (obrázok 4 v prílohách). Kolíska pestovania olivovníka leží v legendách a tradíciách, pravdepodobne už pred 5000 – 6000 rokmi v krajinách východného Stredomoria a v susedných pásmach zahrňujúcich Malú Áziu, časť Indie, Afriku a Európu, kedy sa začal používať ako zdroj potravy, liekov a oleja. V súčasnosti rastie po celom svete v subtropických a horúcich oblastiach. Je to malý pomaly rastúci strom, ktorého plody sú malé zelené kôstkovice (Fernández Díez, 1971; Thompson, 2015).

Celosvetovo sa pestuje asi 850 miliónov olivovníkov na ploche približne 10,5 milióna ha (Alburquerque *et al.*, 2007). Viac než 75 % svetovej produkcie zahŕňa Európa, v ktorej sa pestuje približne 500 miliónov olivovníkov. Po nej nasleduje Ázia (13 %), Afrika (8 %) a Amerika (3 %). Svetová produkcia stolových olív je okolo 1,3 milióna t, z ktorého je 43 % spracovaných v Amerike, 36 % v Európe a 7 % v arabských krajinách. Pre výrobu olivového oleja sa spotrebuje 12 miliónov t olív, z čoho stolové olivy predstavujú len jednu desatinu svetovej produkcie. Európa je lídrom v konzumácii olivového oleja a stolových olív (Therios, 2009; Kilcast, 2004).

### 3.1.2 Druhy stolových olív

Podľa CODEX STAN 66-1981 (2013) a KES 2005/0193 (2005) sa stolové olivy klasifikujú do jedného z nasledujúcich typov podľa stupňa zrelosti plodu:

- a) zelené olivy: plody zberané počas dozrievania pred sfarbením po dosiahnutí normálnej veľkosti. Ich farba môže kolísať od zelenej po slamovo žltú;
- b) dozrievajúce olivy (meniace farbu): plody zberané vo fáze pred úplnou zrelosťou pri zmene farby. Ich farba môže kolísať od vínovočervenej po hnedú;
- c) čierne olivy: plody zberané v dobe, kedy dosiahli úplnú zrelosť alebo tesne pred dosiahnutím úplnej zrelosti. Ich farba môže kolísať od červenočiernej po fialovočiernu, tmavofialovú, nazelenalo čiernu alebo tmavú gaštanovohnedú.

#### 3.1.2.1 Obchodné prípravy stolových olív

Podľa CODEX STAN 66-1981 (2013) a KES 2005/0123 (2005) sa stolové olivy musia podrobiť nasledujúcim obchodným prípravám a/alebo procedúram:

- a) ošetrované olivy: zelené olivy, dozrievajúce olivy alebo čierne olivy musia byť podrobené alkalickému ošetrovaniu:
  - a. ošetrované zelené olivy;
  - b. ošetrované dozrievajúce olivy;
  - c. ošetrované čierne olivy;
  - d. zelené dozreté olivy.
- b) prírodné olivy: zelené olivy, dozrievajúce olivy alebo čierne olivy umiestnené priamo v slanom náleve, v ktorom prebieha kompletná alebo čiastočná fermentácia, s alebo bez pridania látok zvyšujúcich kyslosť:
  - a. prírodné zelené olivy;
  - b. prírodné dozrievajúce olivy;
  - c. prírodné čierne olivy.
- c) sušené a/alebo scvrknuté olivy: zelené olivy, dozrievajúce olivy alebo čierne olivy, ktoré podstúpili alebo nepodstúpili mierne alkalické ošetrovanie, zakonzervované v slanom náleve a čiastočne vysušené v soli a/alebo zahriatím alebo iným technologickým procesom:
  - a. sušené a/alebo scvrknuté zelené olivy;
  - b. sušené a/alebo scvrknuté dozrievajúce olivy;
  - c. sušené a/alebo scvrknuté čierne olivy.

- d) stmavnuté olivy vplyvom oxidácie: zelené olivy alebo dozrievajúce olivy zakonzervované v slanom náleve, vykvasené alebo nevykvasené, a stmavnuté vplyvom oxidácie s alebo bez alkalického nálevu. Musia byť jednotnej hnedej až čiernej farby.

Olivy stmavnuté vplyvom oxidácie musia byť uchované v hermeticky uzatvorených obaloch a sterilizované.

- e) špeciality: olivy môžu byť pripravené spôsobom odlišných od tých, ktoré sú spomenuté vyššie. Tieto špeciality môžu nosiť názov „*olivy*“, iba pokiaľ spĺňajú obecné definície stanovené v tejto kapitole. Nielen názvy použité pre tieto špeciality musia byť dostatočne jasné, aby nedošlo k zámene u kupujúceho alebo spotrebiteľa, ale aj pôvod, druh a označenie produktu.

### 3.1.3 Štruktúra olivy

Oliva je kôstkové ovocie (kôstkovica), podobné ostatným kôstkoviciam alebo jadrovým plodom. Od ostatných kôstkovíc sa oliva odlišuje v chemickom zložení kvôli relatívne nízkemu obsahu cukru (2,5 % vs. 12 %), vysokému obsahu oleja (20 – 30 % vs. 1 – 2 %) a charakteristickej silno trpkkej chuti, ktorá je spôsobená oleuropeínom (Garrido Fernández *et al.*, 1997). Dĺžka plodu je obvykle 2 – 3 cm a jej priemer 1 – 2 cm. Celková hmotnosť sa môže pohybovať od 0,5 – 20 g, ale vo všeobecnosti je v intervale 3 – 10 g (Fernández Díez, 1983).

Jednotlivé anatomické časti olivy sú epikarpová vrstva, ktorá svojou spojitou vyvinutou šupkou tvorí 1 – 3 % plodu, ďalej jedlá mezokarpová vrstva, ktorá tvorí 70 – 80 % plodu a drevnatý endokarp obklopujúci embryo. Štruktúra plodu olivy je uvedená na obrázku 5 v prílohách. Mezokarp a endokarp sa skladajú z parenchymatických buniek spojených tenkou bunkovou stenou a sú zoskupené do strednej lamely. V epikarpe sú bunky zoskupené bez medzibunkových priestorov, ktoré sú očividné medzi bunkami mezokarpu. Zmeny v štruktúrnom usporiadaní a chemickom zložení bunkových stien epikarpu a mezokarpu určujú fyzikálne vlastnosti olivového pletiva (Kilcast, 2004; Therios, 2009). Štúdie mechanických vlastností ukázali, že v ťahovej skúške je epikarp pevnejší a tuhší než mezokarp (Georget *et al.*, 2001). Epikarp je menej deformovateľnejší ako mezokarp (Kilcast, 2004).

### 3.1.4 Chemické zloženie olív

Olivy sa skladajú zo 45 – 60 % vody a majú pomerne vysoké množstvo sacharidov (13 – 30 %). Tiež obsahujú značné množstvo bielkovín (5 – 6,5 %) s esenciálnymi aminokyselinami, ako napríklad leucín, izoleucín, treonín, tryptofán atd. Ďalšou významnou zložkou sú lipidy (15 – 20 %), ktoré sú zdrojom nenasýtených mastných kyselín: kyselina olejová  $87,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , kyselina linolová  $13,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  a  $\alpha$ -linolenová  $0,8 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Obsah popolovín je veľmi premenlivý v závislosti od odrody, ale zvyčajne sa pohybuje okolo 1,5 – 2,0 %. Z minerálnych látok obsahujú predovšetkým draslík, vápnik, horčík, fosfor ( $170 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), železo ( $16,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a zinok ( $2,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Bohaté sú tiež na obsah vitamínov rozpustných v tukoch – A, D, E a K (Al-Widyan *et al.*, 2010; Bulková, 2011).

Oliva predstavuje komplex niekoľkých endogénnych enzýmov, ako napríklad pektinázy, lipázy, lipoxygenázy, hydroperoxid lyázy,  $\beta$ -glukozidázy, peroxidázy a polyfenol oxidázy (Clodoveo *et al.*, 2014). Tieto enzýmy sa uvoľňujú počas zberu, kedy sa narušia pletivá plodu mechanickým poškodením. Obsah fenolových glykozidov, enzymatická aktivita v pletivách plodu a technologické faktory počas extrakcie olivového oleja ovplyvňujú obsah fenolov v olivovom oleji (Fregapane a Salvador, 2013). Hlavnými fenolovými glykozidmi v plodoch olív u rôznych odrôd a stupňoch zrenia sú oleuropeín, ligstrozid, dimetyloleuropeín, verbaskozid, glukozid elenolovej kyseliny, luteolín-7-glukozid, apigenín-7-glukozid, rutín a quercetín-3-rutinozid (Gómez-Rico *et al.*, 2008). Tieto glykozidy sa hydrolyzujú počas extrakcie endogénnymi  $\beta$ -glukozidázami (Romero-Segura *et al.*, 2009).

Horkú a trpkú chuť spôsobuje glykozid oleuropeínovej kyseliny (Bulková, 2011). Systematický názov je O –  $\beta$ -D-glukopyranóza. Chemická štruktúra oleuropeínu je uvedená na obrázku 6 v prílohe. Celkový obsah fenolov v plode sa pohybuje v rozmedzí od  $178,7$  –  $258,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  čerstvého plodu. Najviac zastúpenými organickými kyselinami v plode sú kyselina citrónová, kyselina jantárová, kyselina galakturonová, kyselina mliečna, kyselina jablčná, kyselina šťavelová a kyselina vínna. Ich priemerný obsah sa pohybuje v rozmedzí od  $3280$  –  $7088 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Arslan, 2012).

Vo všeobecnosti obsah kyseliny vínnej a kyseliny šťavelovej klesá, ak je dátum zberu posunutý, ale naopak, obsah kyseliny jablčnej výrazne stúpa. Kyselina citrónová, kyselina galakturonová a kyselina jantárová sú pri prvom zbere prítomné len v malých

množstvách, pri druhom zbere sa ich obsah zvýši, ale napokon ich hladina pri tretom zbere opäť klesá (Arslan, 2012).

### 3.1.5 Odrody olív

Všetky odrody olív sa odlišujú v chemickom zložení dužiny, hlavne v obsahu oleja, čo je ovplyvnené podnebím, pôdou a typom pestovania. Podľa základného použitia sa olivy rozdeľujú do troch skupín (Garrido Fernández *et al.*, 1997):

- plody pre výrobu stolových olív;
- plody pre extrakciu olivového oleja;
- plody pre oba účely.

Pri výrobe stolových olív záleží na chemických a fyzikálnych vlastnostiach olív, aby sa správne určila metóda spracovania. Charakteristiky, ako veľkosť plodov, pomer dužiny ku kôstke, farba šupky, textúra epikarpu a mezokarpu, scvrknutie počas vysušovania a senzorické vlastnosti finálneho produktu, sú faktormi určujúcimi správny výber odrody pre spracovanie. Pre výrobu stolových olív sú najviac vhodné odrody *Douro*, *Hojiblanca*, *Conservolia*, *Thasitiki*, *Taggiasca* a *Cassanese* (Kilcast, 2004).

Odrody olív sa tiež rozlišujú podľa miesta pôvodu:

#### Španielske odrody:

*Hojiblanca* – olivy sú veľké, ich hmotnosť je 4 – 6 g. Zberajú sa buď v zelenej fáze, alebo vo fáze dozrievajúcej, a vtedy sa spracovávajú podľa kalifornského štýlu. Používajú sa pre extrakciu olivového oleja alebo aj ako stolové olivy (Kailis a Harris, 2007).

*Manzanilla* – tieto olivy majú hmotnosť 4 – 6 g. Ich zber prebieha buď v zelenej alebo v čiernej fáze dozrievania a využíva sa tiež na výrobu oleja alebo stolových olív (Kailis a Harris, 2007).

#### Talianske odrody:

*Nocellara del Belice* – zber týchto olív prebieha v zelenej fáze dozrievania, kedy majú hmotnosť 4 – 6 g. Spracovávajú sa ako stolové olivy (Kailis a Harris, 2007).



*Cassanese* – tieto olivy majú hmotnosť približne 4 g. Zberajú sa v plnej fáze dozrievania, a vyrábajú sa z nich stolové olivy alebo olivový olej. Obsah oleja v dužine môže dosiahnuť až 18 – 20 % (monnaoliva.it, online).

*Taggiasca* – plody sú malé, majú hmotnosť približne 2,2 g. Používajú sa na extrakciu olivového oleja alebo aj ako stolové olivy (Kilcast, 2004).

### **Grécke odrody:**

*Conservolea* – sú to olivy o hmotnosti 4 – 6 g. Zber nastáva počas ktorejkoľvek fáze dozrievania a využíva sa tiež na extrakciu olivového oleja alebo výrobu stolových olív. Majú vysoký pomer dužiny ku kôstke, ale sú citlivé na mäknutie počas spracovania a skladovania (Kailis a Harris, 2007; Kilcast, 2004).

*Thasitiki/ Thassou* – olivy pestované na ostrove Thassos, preto sa niekedy nazývajú ako odroda *Thassos*. Spracovávajú sa ako čierne olivy na výrobu stolových olív alebo na extrakciu olivového oleja – obsahujú ho až 20 % v dužine (Therios, 2009).

### **Turecké odrody:**

*Gemlik* – sú to olivy o hmotnosti 2 – 4 g. Používajú sa na extrakciu olivového oleja alebo na výrobu stolových olív (Kailis a Harris, 2007).

*Memecik* – ich hmotnosť sa pohybuje v rozmedzí 4 – 6 g a používajú sa na spracovanie stolových olív. Zberajú sa aj v zelenej, aj v čiernej fáze dozrievania (Kailis a Harris, 2007).

*Domat* – olivy tejto odrody majú hmotnosť väčšiu ako 6 g. Zberajú sa v zelenej fáze dozrievania a využitie majú v spracovaní na stolové olivy (Kailis a Harris, 2007).

### **3.1.6 Olivový olej**

Olivový olej je v podstate šťava získaná z dužiny plodov olív mechanicky alebo inou cestou. V plode môže dosiahnuť až 30 % z celkovej hmotnosti čerstvého plodu. Najväčšia akumulácia oleja v plode je na konci jesene, kedy sa syntetizuje 40 mg oleja v jednom plode týždenne. Konečný obsah pohybuje medzi 5 – 30 % hmotnosti surového plodu v závislosti od odrody. Zloženie mastných kyselín olivového oleja je ovplyvnené stupňom zrenia, odrodou a prostredím, kde olivy dozrievajú (Nath *et al.*, 2014; Kailis a Harris, 2007). Olej získaný za studena sa radí medzi

najkvalitnejšie. Používa sa ako potravinu a v medicíne. Olej získaný z plodov už trochu skvasených a s kôstkami sa používa pre technické účely a v kozmetickom priemysle (Mladá a Procházka, 1987).

### **3.1.6.1 Chemické zloženie olivového oleja**

Obsah mastných kyselín v plode je dôležitý z hľadiska nutričného. Najvyššie zastúpenie majú mononenasýtené mastné kyseliny (55 – 83 %), z ktorých hlavnou mastnou kyselinou je kyselina olejová – predstavuje okolo 75 % z celkového množstva mastných kyselín. Významný je obsah polynenasýtených mastných kyselín (4 – 20 %), predovšetkým obsah esenciálnej kyseliny linolovej (7,1 %). Olivový olej neobsahuje kyselinu linolenovú. Zvyšok (8 – 14 %) tvoria nasýtené mastné kyseliny, kyselina palmitová a kyselina stearová. Počas vývoja plodu sa hromadia dôležité metabolity, ako napríklad chlorofyly, karotenoidy, polyfenoly, steroly a terpenoidy. Olivový olej tiež obsahuje značné množstvo vitamínu E (3 – 8 mg/ 100 g) (Nath *et al.*, 2014; Frohn, 2002).

### **3.1.6.2 Výroba olivového oleja**

Na kvalitný olej sa spracovávajú dokonale vyzreté plody. Po zbere sa nechávajú asi 10 dní zvädnúť, a potom nastáva lisovanie celých plodov spolu so semenami. Prvé lisovanie sa vykonáva pri nižšom tlaku a teplote (20 – 25 °C), čím sa získava najkvalitnejší, tzv. panenský olej, ktorý je takmer bezfarebný, príjemnej chuti, pre ktorú je viac cenený ako olej rafinovaný. Pre dočistenie sa používajú výhradne mechanické operácie. Ďalším lisovaním pri vyššej teplote a tlaku sa získava potravinársky olej, ktorý je svetložltej farby so slabým zákalom, preto sa rafinuje – takto sa získava rafinovaný olej. Zvyšky plodov, ktoré zostali po vylisovaní, sa dajú ďalej spracovať na výrobu technického oleja. Zmiešaním panenského a rafinovaného oleja získame produkt označovaný ako prírodný/ stolný olej (Valíček *et al.*, 1989; Frohn, 2002).

## **3.2 Technológie výroby ako faktor ovplyvňujúci textúru olív**

### **3.2.1 Dozrievanie olív a jeho vplyv na textúru olív**

Proces dozrievania trvá približne 14 dní (Frohn, 2002). Behom tejto doby sa postupne mení farba povrchu plodu zo zelenej na bledozelenú, slamovo žltú, ružovú, fialovo-ružovú („cherry“ olivy) až čiernu. Obvykle dosiahnu plody ich maximálnu veľkosť, keď zmenia farbu zo slaboružovej na fialovo-ružovú alebo čiernu. Počas vývoja a dozrievania sa dejú rôzne chemické zmeny, ako napríklad nárast obsahu oleja, úbytok vody a redukcia cukrov (Coimbra *et al.*, 1994; Coimbra *et al.*, 1995).

Zmeny v textúre olivy sú spôsobené degradáciou enzýmov bunkovej steny. Ich najväčšia aktivita je počas farebných zmien plodu (Fernandez-Bolaños *et al.*, 1995). Dochádza aj k významným zmenám v polysacharidoch bunkovej steny počas dozrievania. Bunkové steny olivovej dužiny sú zložené hlavne z pektínových polysacharidov bohatých na arabinózu, glukuronoxylány a celulózu, ale môžu obsahovať aj nepatrné množstvo xyloglukánov, manánov a glykoproteínov (Coimbra *et al.*, 1994; Coimbra *et al.*, 1995). Na začiatku zrenia, kedy sa oliva mení zo zelenej v „cherry“, sú pektíny menej rozvetvené (Huisman *et al.*, 1996).

Štúdie polysacharidov bunkovej steny dužiny z dvoch odlišných zberov ukázali, že zmeny pri dozrievaní nie sú vždy zreteľné zo zelenej k „cherry“ a čiernej farbe. Rozdiel medzi dvomi zbermi bol zaznamenaný v rozdielnom rozsahu zmien a degradácii polysacharidov (Kilcast, 2004). Je to spôsobené tým, že antokyaníny sa hromadia v šupke a v dužine až po štádium zrenia, kedy černejú. Sfarbovanie začína na šupke väčšinou na špičke olivy a prechádza postupne až k stredu plodu. U niektorých odrôd začína sfarbovanie priamo v strede plodu. Ak je produkcia plodov na výhonku vysoká, syntéza antokyanínov sa čiastočne inhibuje na ružovočervenej farbe, ktorá sa môže alebo nemusí ďalej zmeniť na fialovočiernu farbu (Kailis a Harris, 2007).

### **3.2.2 Zber olív a jeho vplyv na textúru olív**

Plody sa zberajú postupne podľa dozrievania, ale najneskôr na začiatku decembra, aby nedochádzalo ku stratám a poškodeniu opadaním. Priemerný výnos z jedného stromu je 30 – 50 kg, ale je možný výnos až 200 kg (Mladá a Procházka, 1987).

Zrelosť pri zbere závisí od veľkosti plodu a farby šupky. U stromov, ktoré sa pravidelne zavlážujú, môže byť veľkosť plodov dokonca až dvojnásobne väčšia

než u nezavlažovaných. Je to spôsobené difúziou vody cez šupku do dužiny olivy (Kailis a Harris, 2007). Obsah oleja, ktorý rastie počas dozrievania, môže byť použitý ako indikátor pri analýze vzoriek. Keď je jeho obsah dostatočne vysoký, nastáva zber všetkej úrody zo sadu (Hulme, 1971). K detekcii neúplných kôstok v olivách sa používa obraz z magnetickej rezonancie (Chen *et al.*, 1989). Zo zberu sa 90 % spracováva na olej a 10 % slúži ako pochutiny (Bulková, 2011). Počas zberu by nemalo pršať, pretože olivy na vlhkosť reagujú zvýšením kyslosti. Vlhkosť totiž urýchľuje fermentáciu, čím sa zvýši obsah mastných kyselín. Medzi zberom a lisovaním by nemala byť dlhšia časová doba ako 5 dní, pretože čím dlhšie sa olivy skladujú, tým sa vytvorí viac kyselín (Frohn, 2002).

### 3.2.2.1 *Spôsoby zberov olív*

Pri zbere olív sa najčastejšie uplatňujú nasledujúce metódy (Frohn, 2002):

- a) **Ručné česanie** (taliansky nazývané „*brucatura*“) – najnákladnejšia metóda zberu, ale najviac šetrí plody. Olivy zozbierané touto metódou poskytujú najlepší olej.
- b) **Otlkanie olív dlhými tyčami** (tzv. „*bacchiatura*“) – princíp tejto metódy spočíva v padaní plodov do siete z nylonovej gázy, ktorá je rozprestretá pod stromom. Potom sa olivy pozbierajú a skladujú do doby, kedy sa budú lisovať.
- c) **Zber opadaných plodov** (tzv. „*raccatura*“) – tieto olivy neposkytujú veľmi kvalitný olej, pretože sú už prezreté a skazené alebo sa pri páde poškodili.
- d) **Mechanizovaný zber** (tzv. „*pettinatura*“) – táto metóda využíva drevené hrebene, ktorými sa očesávajú jednotlivé vetvy stromu.

### 3.2.3 **Transport olív a jeho vplyv na textúru olív**

Olivy by sa mali po zbere ihneď previesť do spracovateľského zariadenia, aby mohlo spracovanie začať čo najskôr. Aby sa zabránilo pozberovému poškodeniu plodov, musia byť zabalené a prepravované v plytkých vetraných debnách, ktoré umožňujú cirkuláciu vzduchu, ale nikdy nie v uzavretých debnách alebo vreciach. Na dlhé vzdialenosti sa preferuje transport v noci. Prepravky je nutné pred použitím vyčistiť, aby boli hygienicky nezávadné. Olivy sú balené a prepravované v debnách

o hmotnosti 250 – 500 kg s perforovanými stenami. Je väčšia pravdepodobnosť poškodenia a zhoršenia ich kvality, keď sú prepravované vo väčších ako v menších debnách (Kailis a Harris, 2007).

### 3.2.4 Spracovanie olív a jeho vplyv na textúru olív

Keďže čerstvé plody olív nie sú vhodné chuťovo na priamy konzum, musia sa konzervársky spracovať. Pred spracovaním je vhodné vytriediť poškodené plody (obrázky 7 a 8 v prílohách).

Olivy sa zaradujú do nakladaných produktov, ktoré sú definované ako produkty, ktorých príprava a konzervácia je vykonaná kombináciou solenia, fermentácie a okyslenia (Garrido Fernández *et al.*, 1997). Kombinovaný efekt soli, nízkeho pH a organickej kyslosti často povoľuje konzerváciu bez tepelného ošetrenia. Prirodzená trpkosť ovocia môže byť eliminovaná alebo pri najmenšom zredukováná pri spracovaní tak, aby bola akceptovateľnejšia pre konzumenta. Spracovanie je tiež rozhodujúce pri stupni tvrdosti dužiny – žiaduca je mäkká dužina. Problém však nastane, ak je dužina príliš mäkká alebo príliš tvrdá u neupraveného plodu. Druh a rozsah spracovania by mali vyhovovať charakteristikám neupraveného plodu za účelom dosiahnutia vhodného senzorického profilu vo finálnom produkte (Kilcast, 2004).

### Lúhovanie

Lúhovanie má dva účinky – spôsobuje degradáciu a úbytok polysacharidov, a zároveň zlepšuje ich zadržiavanie v bunkových stenách. Toto zadržiavanie môže byť tiež spôsobené ionizáciou hydroxylových skupín celulózy. Konečná tepelná úprava, sterilizácia, spôsobuje pokles polysacharidov hemicelulózy a celulózy (Kilcast, 2004).

U prírodných olív, ktoré neboli ošetrené alkalickým lúhom, trvá fermentácia dlho, pretože difúzia rozpustných látok cez šupku je pomalá. V roztokoch vody a soli rastie rôznorodá mikroflóra, aj keď baktérie mliečneho kvasenia (najviac zastúpený rod *Lactobacillus plantarum*) a kvasinky sú prítomné v určitej miere v prirodzenej mikroflóre šupky plodu (Lanza a Amoruso, 2016).

## Vysoľovanie

Tento tradičný spôsob spracovania spočíva v umiestnení olív do betónových nádrží s hrubou vrstvou NaCl v pomere 40 dielov soli na 100 dielov olív (w/w). Soľ spôsobuje vysoký osmotický tlak, kvôli ktorému olivy strácajú vodu a ďalšie rozpustené látky, vrátane oleuropeínu, a stávajú sa postupne menej trpkými a vrásčitými. Po 30 – 60 dňoch sú pripravené ku konzumácii. Sucho solené olivy majú aktivitu vody 0,75 – 0,85, pH 4,5 – 5,5, obsah oleja 35 – 39 % , obsah vody 30 – 35 % , úbytok cukru 2 – 3 % a obsah NaCl 4 – 10 % v dužine. Nízka aktivita vody/ vysoký obsah soli produktu môže zaistiť mikrobiálnu nezávadnosť počas skladovania (Cardoso *et al.*, 2008).

## Vysúšanie v peci

Spracovanie pomocou vysušania v peci surových olív alebo olív uložených do soľného nálevu pozostáva v blanširovaní po dobu 6 min, osolenia plodov s 8 – 10% roztokom NaCl po dobu troch dní, a nakoniec sušenia plodov na drevených mrežiach v teplovzdušnej peci pri teplote približne 50 °C, aby sa odstránila prebytočná voda z finálneho výrobku. Pri tomto spôsobe spracovania bol zaznamenaný pokles kyseliny urónovej a arabinózy, ktoré sú hlavnými cukornými zložkami pektínových polysacharidov. Neboli pozorované žiadne významné rozdiely v cukorných reziduách hemicelulózy, akými sú napríklad xylóza alebo glukóza (Marsilio *et al.*, 2000).

Tepelný záchrev spôsobuje neprípustné zmeny v štruktúre parenchymatického pletiva ako dôsledok zmien v chemickom zložení strednej lamely, čo ovplyvňuje adhézne vlastnosti – vedie to k separácii bunkových stien. Skúška zameraná na porušenosť povrchu ukázala, že väčšina buniek zostala neporušená. K poškodeniu pletiva prišlo prasknutím buniek, z čoho vyplýva pokles pevnosti olivového plodu a vytvorenie rozpustných pektínových polysacharidov. Tepelný záchrev spôsobuje úbytok pevnosti v porovnaní so surovými olivami, zatiaľ čo počas solenia nastáva mierny nárast pevnosti. Vysušanie v peci pomáha pri zvýšení pevnosti pletiva (Marsilio *et al.*, 2000).

Pre prípravu stolových olív sa používajú tri hlavné metódy (Kilcast, 2004):

- zelené olivy nakladané v soľnom náleve, spracované podľa sevillského štýlu;
- čierne olivy v soľnom náleve, spracované podľa kalifornského štýlu;
- prirodzene čierne olivy v soľnom náleve, spracované podľa gréckeho štýlu.

### 3.2.4.1 Spracovanie podľa sevillaského štýlu

Spracovanie zelených nakladaných olív podľa sevillaského štýlu je využívané hlavne v Portugalsku a Španielsku. V tejto procedúre sa plody zbierajú až vo vyzretej zelenej fáze, a potom sú ošetrené bez prístupu vzduchu ponorením do lúhu NaOH po dobu niekoľko hod, aby sa odstránil trpký oleuropeín. Toto ošetrenie je žiaduce z hľadiska inaktivácie všetkých biochemických pochodov. Sila zásady (približne 2 %) závisí na veľkosti plodu, teplote a fáze zrenia. Ošetrenie končí, keď sú dve tretiny dužiny nasiaknuté zásadou. Potom sú olivy niekoľkokrát premývané vodou a podriadené mliečnej fermentácii v soľnom roztoku (7 – 10 % NaCl) po dobu dvoch až štyroch mesiacov. Po fermentácii sú zelené olivy balené na predaj (Fernández-Diéz *et al.*, 1985).

Hlavné štruktúrne zmeny v bunkovom matrixe so spracovaním zelených nakladaných olív sú spôsobené degradáciou pektínových polysacharidov. Tieto modifikácie sú odzrkadlené v pektínových polysacharidoch spojených s Ca<sup>2+</sup> iónmi a v pektínových polysacharidoch rozpustných v alkalickej roztoku, čo môže byť základným faktorom v zmene textúry olivovej dužiny pri spracovaní (Coimbra *et al.*, 1996).

### 3.2.4.2 Spracovanie podľa gréckeho štýlu

Prirodzene čierne olivy v soľnom náleve podľa gréckeho štýlu sú získané z plodov zozbieraných v plnej fáze zrenia alebo tesne pred dosiahnutím plnej zrelosti. Olivy sa umiestnia do roztoku NaCl o koncentrácii 8 – 14 %, čo povoľuje samovoľnú a pomalú fermentáciu. Difúzia zložiek cez šupku je veľmi pomalá. Ak sa pri ošetrení nepoužije žiadny lúh, oleuropeín a iné zložky sú len čiastočne extrahované do soľného nálevu. Počiatočná mikroflóra je spočiatku zložená z gram-negatívnych baktérií, kvasiniek, plesní a niekedy sú prítomné aj baktérie mliečneho kvasenia. Počas prvých dní fermentácie gram-negatívne baktérie zmiznú, zatiaľ čo kvasinky dosiahnu najvyšší stupeň (Garrido Fernández *et al.*, 1997). To, či bude prebiehať mliečne kvasenie alebo nie, závisí od odrody, teploty a koncentrácii soli (Tassou *et al.*, 2002). Proces je považovaný za ukončený, keď sa vyčerpá skvasiteľný substrát. Vo väčšine regiónov Grécka sa to stane po ôsmich mesiacoch alebo neskôr. Avšak táto perióda závisí na niekoľkých faktoroch, akými sú odroda a veľkosť olivy, koncentrácia soli a teplota. Po fermentácii sú olivy vystavené vzduchu pre zlepšenie farby (Kilcast, 2004).

Pre spracovanie prirodzene čiernych olív v soľnom náleve sa môžu použiť odrody *Conservolia* a *Taggiasca*. Tieto dve odrody umožňujú mliečne kvasenie pri vhodných teplotných podmienkach a koncentrácii NaCl (Kilcast, 2004).

Pri tejto metóde spracovania sa stáva epikarp pevnejší a tuhší ako mezokarp. Tiež sa znižuje aktivita polygalakturonáz, pektínmetylesteráz, celuláz a proteolytických enzýmov (Kilcast, 2004).

### 3.2.4.3 Spracovanie podľa kalifornského štýlu

Pre spracovanie čiernych olív v kalifornskom štýle sa najčastejšie používajú zelené olivy a „cherry“ olivy, ktoré sú uložené v soľnom náleve s 5 – 10 % NaCl po dobu dvoch až šiestich mesiacov, záleží od potreby výroby. Soľný nálev môže byť okyslený na pH 4 s kyselinou mliečnou alebo kyselinou octovou a olivy musia byť uchovávané pri anaeróbných alebo aeróbných podmienkach. Počas tejto fáze sa môže pridať  $\text{CaCl}_2$  pre zlepšenie textúry. Len čo sa roztriedia čerstvé alebo už uskladnené plody, sú ošetrené zriedeným roztokom hydroxidu sodného. Medzi jednotlivými úpravami sú olivy vystavené vzduchu. V USA sa zvyčajne používa tri až päť lúhov, zatiaľ čo v Portugalsku a Španielsku stačia dva až tri. Ošetrovanie lúhom spočíva v postupnom vsiaknutí šupkou, postupne cez dužinu až po dosiahnutie kôstky. Vo všeobecnosti sa koncentrácia lúhu pohybuje od 1,5 – 2,0 %. Spočiatku má lúh najvyššiu koncentráciu. Dĺžka trvania a koncentrácia lúhovania musí byť prispôbená teplotným podmienkam a použitým plodom, t.j. predchádzajúcemu uchovaniu v soľnom náleve, dĺžke a stupni dozretia. Po každom alkalickom ošetrovaní sú plody uložené do vody, kde sa oxidujú vzduchom vstrekaným pod tlakom do ponorených olív. Po lúhovaní a oxidácii sú olivy niekoľkokrát premývané vodou, aby sa odstránili zvyšky lúhu a dosiahlo hodnoty pH 7. Pri poslednom premývaní sa do vody pridáva 0,1% glukonan železnatý pre stabilizovanie čiernej farby vytvorenej oxidáciou polyfenolov počas vstrekovania vzduchu. Potom sa olivy vložia do 3 – 5% soľného nálevu po dobu 1 – 3 dní, aby sa vyrovnal obsah NaCl v dužine. Následná pasterizácia inhibuje aktivitu niektorých aeróbných baktérií. Posledným procesom výroby je balenie a sterilizovanie (Garrido Fernández *et al.*, 1997).

Štúdie, ktoré skúmali zelené olivy odrody *Douro* spracované v tomto štýle, ukazujú, že uložením do soľného nálevu sa zvýšil obsah pektínových polysacharidov, glukuronoxylánov a celulózy (Mafra, 2002). Uchovanie polysacharidov bunkovej steny



v roztoku NaCl obsahujúcom  $\text{CaCl}_2$  môže byť dôsledkom stabilizácie spôsobenej  $\text{Na}^+$  a  $\text{Ca}^{2+}$ , ale hlavne schopnosťou  $\text{Ca}^{2+}$  vytvárať komplexy s pektínmi (Jiménez *et al.*, 1997). U „cherry“ a čiernych olív došlo tiež k stabilizácii pektínových polysacharidov, a tiež pokles obsahu celulózy, čo je spôsobené vyššou biosyntetickou aktivitou zelených olív (Mafra, 2002).

### 3.2.5 Vady olív

Vady olív, ktoré majú vplyv aj na mechanické vlastnosti, sú nasledujúce (Kailis a Harris, 2007):

- *Vady na šupke* – povrchové znaky na šupke, ako sú pomliaždeniny, praskliny a škrvrny, ktoré vznikli pri česaní vetiev. Tieto vady neprenikajú do dužiny a nepovažujú sa za chorobu plodu. Vznikajú pri zbere, pozberovom spracovaní, skladovaní a preprave.
- *Poškodenie dužiny* – nedokonalosť alebo poškodenie dužiny, ktoré môže alebo nemusí byť spojené s povrchovými vadami. Vznik tejto vady je pri rovnakých operáciách ako u porúch šupky olivy.
- *Zvráštenie* – olivy sú vrásčité, vzhľad plodov je podstatne ovplyvnený. Výnimkou je prípad, kedy sa zvráštené olivy používajú na výrobu sušených olív. Vyhnúť sa tomu môžeme pri pozberovej manipulácii, skladovaní a preprave.
- *Mäkkosť* – olivy sú príliš mäkké v dôsledku neskorej doby zberu, nesprávneho pozberového spracovania, skladovania a prepravy.
- *Vláknitosť alebo tvrdosť* – olivy sú príliš vláknité alebo tvrdé v závislosti od pestovanej odrody a doby zberu.
- *Neprirodzená farba* – farba olivy je odlišná od charakteristickej zelenej, dozrievajúcej alebo čiernej.
- *Deformovaný plod* – plod deformovaný nedostatočnou výživou a zlým pestovaním.

### 3.3 Vplyv anatómie plodov na biomechanické vlastnosti

Ovocie je dužinatej štruktúry a spojené kôstkou, či semenami. Má sladkú chuť a je jedlé v surovom stave, ako napríklad jablká, pomaranče, grepy, jahody, borievky, rajčiny a banány (Martin, 2010). V súčasnosti hrá čerstvé ovocie významnú rolu pri diétach vďaka vysokému obsahu vlákniny, vody, vitamínu C a prírodných cukrov. Vonkajšie sily, ktoré presahujú medzu pre pretrhnutie pletiva, zapríčiňujú mechanické poškodenie plodov počas mechanického zberu, triedenia, čistenia, balenia a dopravy (Linden *et al.*, 2006). Pre obmedzenie a prevenciu mechanického poškodenia sa robia rôzne výskumy, ktoré skúmajú efekt biomechaniky plodov na náchylnosť k pomliaždeninám. Biomechanika plodu je tiež považovaná za kvantitatívny indikátor textúry plodu (Li *et al.*, 2013).

#### 3.3.1 Makroskopická „pletivová“ anatómia plodu

Plod sa skladá z perikarpu a semien, a perikarp je zložený z troch vrstiev: exokarp, mezokarp a endokarp (Cutler *et al.*, 2008). Tieto tri vrstvy majú vždy značné rozdiely v hrúbke a chemickom zložení u jedného plodu. Exokarp, ktorý obklopuje perikarp, je zložený z kutikuly, epidermisu a 1 – 2 vrstiev subepidermálnych parenchymatických buniek. V nezrelej fáze sú parenchymatické bunky exokarpu bohaté na chloroplasty. Keď plod dozreje, väčšina chloroplastov sa pretvorí na chromoplasty bohaté na karotenoidy. Štruktúra exokarpu je zobrazená v prílohách na obrázku 9. Mezokarp, ktorý je strednou vrstvou perikarpu, je parenchymatické pletivo zložené z buniek obsahujúcich anorganické a organické zložky. Tiež predstavuje základné pletivo jedlej časti plodu. Veľa druhov ovocia má obrovské rozdiely vo fyzikálnych vlastnostiach pletiva mezokarpu. Niektoré druhy majú mezokarp dužinatý a šťavnatý, ako napríklad jablká, broskyne, marhule a rajčiny, a u iných typov je bohatý na cievne zväzky, ktoré tvoria sieť, napríklad u pomaranča. Endokarp, ktorý tvorí vnútornú vrstvu perikarpu, priamo obklopuje kôstku. Podobne ako u mezokarpu sa aj endokarp líši vo fyzikálnych vlastnostiach u rôznych druhov ovocia. Endokarp môže byť membránový (citrusové ovocie), kde je konzumovaná iba táto časť, alebo hrubý a pevný (kôstkové ovocie – broskyne, čerešne, marhule, olivy a slivky) (Khan, 2001).

### 3.3.2 Mikroskopická „bunková“ anatómia plodu

Plod je zložený z jednotlivých buniek, u ktorých prebiehajú rozličné procesy, ako delenie buniek, diferenciácia buniek, endoreduplikácia buniek, expanzia buniek a metabolické zmeny (Génard *et al.*, 2007). Bunky pletív exokarpu, mezokarpu a endokarpu majú vždy značné rozdiely v tvare, veľkosti, počte a usporiadaní (Li *et al.*, 2013).

Bunky sa skladajú z bunkovej steny a protoplastu. Bunková stena obklopuje protoplast a poskytuje ochranu jeho štruktúre. Skladá sa z troch vrstiev, a to zo strednej lamely, primárnej bunkovej steny a sekundárnej bunkovej steny. Stredná lamela, ktorá spája primárne bunkové steny priľahlých buniek, je tenká a bohatá na pektín; primárna bunková stena je tenká a bohatá nielen na pektín, ale aj na hemicelulózu a celulózu, a sekundárna bunková stena je hrubá a bohatá na celulózu. Bunkové steny pletív plodov sú bohaté na protopektín v nezrelej fáze. Obsah nerozpustného protopektínu postupne klesá počas dozrievania, zatiaľ čo obsah rozpustného pektínu rastie, a preto plod počas dozrievania mäkne (Li *et al.*, 2013).

Predpoklad, že plod je lineárne elastický, homogénny a izotropický, musí byť potvrdený pred stanovením mechanických parametrov materiálu a vypočítaním z rozličných testovacích metód podľa národného štandardu. Predpoklad je vždy považovaný za akceptovateľný pre kovové a plastické materiály, ale je veľmi ťažké ho určiť pre biomateriály podľa anatómie plodov. Biomateriál plodu je zložitý multičasticový komplex (Li *et al.*, 2013).

### 3.3.3 Všeobecný vplyv pôsobiaci na biomechaniku plodov

Biomechanika plodov je mechanické správanie biomateriálu (plodu) pod vonkajšími silami, ktoré sú vždy vyjadrené ako stres, tlak alebo časový efekt. Plody sú zvyčajne charakterizované pevnými alebo kvapalnými vlastnosťami a nazývajú sa viskoelastickými orgánmi (Barbosa-Canovas, 2009). Ich deformačné správanie sa mení nielen s rýchlosťou deformácie, ale tiež s výškou pôsobiaceho tlaku. Plody sú anizotropické v prírode a ich mechanické vlastnosti sa môžu líšiť podľa smeru namáhania (Kılıçkan a Güner, 2008; Li *et al.*, 2011). Biomechanika plodov je charakterizovaná tlakovou, trhacou a šmykovou skúškou (Vincent, 1990). Keďže sa malé deformácie vykonávajú testovaním, plody ukazujú približne rovnú priamku

na deformačnom diagrame, ktorého sklon je modulom pružnosti. Bežnými biomechanickými parametrami plodov sú tlak a napätie na porušenie, energia porušenia, modul pružnosti a Poissonova konštanta pre biomateriály plodov. V skutočnosti sú tieto parametre vypočítané z krivky sila-natiahnutie získanej pri skúškach (Li *et al.*, 2013).

Maximálna sila, pružná a plastická deformačná energia, miera pružnosti a smer zaťažovania plodu v odlišných úrovniach stlačiteľnosti počas zaťažovacieho, či odťažovacieho testu prasknutia a stlačiteľnosť sú tiež považované za biomechanické parametre plodu. Je to kvôli tomu, že plody majú nepravidelný guľovitý tvar, a styčná plocha medzi sondou a plodom sa mení plynule počas zaťažovania, teda je zložitá určiť štandardné biomechanické parametre, zatiaľ čo určiť neštandardné biomechanické parametre v testoch vyjadrujú nepriamo biomechaniku plodu. Biomechanika plodu je potrebná pre určenie kvality, spracovania, prístroja a predovšetkým odhad mechanického poškodenia počas zberu, balenia, prepravy a následnej manipulácie (Li *et al.*, 2013).

Makroanatomické faktory, ktoré ovplyvňujú biomechaniku plodov, sú odroda, stupeň dozrievania, výrobná oblasť, pestovanie, doba zberu a podmienky skladovania. Vskutku je len domnienkou, že biomechaniku ovplyvňujú veľkosť, počet, tvar, usporiadanie, štruktúra a chemické zloženie buniek; veľkosť, štruktúra a chemické zloženie bunkovej steny; kvantita a veľkosť intracelulárnych priestorov, stupeň degradácie pektínu a turgor buniek – tieto vlastnosti sú založené na mikroanatómii plodu. Bunkové steny sú hlavnou štruktúrnou zložkou, ktorá ovplyvňuje biomechaniku plodu. Efekt všetkých makroanatomických faktorov sa dá vysvetliť pomocou mikroanatómie plodu (Li *et al.*, 2013).

Značný efekt podmienok skladovania na mechanické vlastnosti je spôsobený zmenou fyziologickej činnosti plodu a odlišnosťou chemického zloženia pletiva (Ding *et al.*, 2006). Dôvodom, prečo deformačná krivka pletiva ukazuje dvojfázové správanie, môže byť spôsobené intracelulárnymi priestormi (Alamar *et al.*, 2008).

Textúra plodu je vo všeobecnosti definovaná ako celkový dojem, ktorý vyvoláva plod v ústach. Skladá sa z viacerých charakteristík, ktoré sa vyhodnocujú dotykom, ako napríklad tvrdosť, súdržnosť, viskozita, pružnosť a príľnavosť (Sams, 1999). Viacrozmerné charakteristiky ovplyvňujú nielen prijateľnosť konzumentom, ale majú tiež výrazný vplyv na celkovú kvalitu, životnosť na regáli a dopravu (Guiné *et al.*, 2011). Biomechanika plodu je vždy považovaná za základnú kvantitatívnu analýzu pre senzorické vlastnosti plodu vzťahujúce sa k textúre. Stanovené parametre

v mechanických vlastnostiach sa testujú meraním textúrnych charakteristík plodu. Napríklad analýza textúrneho profilu (TPA), ktorá je najbežnejšou metódou hodnotenia textúry ovocia, koreluje s inštrumentálnou analýzou a senzorickým hodnotením textúry. V krivke TPA je tvrdosť definovaná ako maximálna sila na prvom kompresnom cykle a súdržnosť je definovaná ako podiel kladnej silovej plochy pod prvým a druhým stlačením (Bourne, 2002). Popri tom sú priľnavosť, pružnosť a viskozita delené na ďalšie tri podjednotky: krehkosť, gumovitosť a žuvateľnosť, ktoré sú tiež definované použitím vybraných parametrov z krivky TPA. V tlakovej skúške sa stanoví miera pružnosti meraním pružných charakteristík plodu (Li *et al.*, 2010). Modul pružnosti je považovaný za index pevnosti plodu. Dá sa teda povedať, že kvantitatívne meranie biomechaniky plodu poskytuje základné poznatky pre objektívne hodnotenie textúry plodu (Li *et al.*, 2013).

### **3.3.4 Vplyv biomechaniky plodu na objem a plochu pomliaždenín**

Mechanické parametre plodu majú značný efekt na objem pomliaždenín, vrátane rýchlosti zaťažovania, pevnosti, maxima sily pri kontakte a energie dopadu. Iným aspektom je efekt biomechaniky plodu na náchylnosť k pomliaždeninám. Tá je ovplyvnená pevnosťou šupky plodu, pevnosťou pletiva, silou vpichu a energiou dopadu. Biomechanika plodu tiež súvisí so závažnosťou pomliaždenín, na ktorú vplývajú energia dopadu, stlačiteľnosť a rýchlosť zaťažovania (Li *et al.*, 2013).

### **3.3.5 Stanovenie biomechaniky plodov rôznymi metódami**

#### **1. Tlaková skúška na celom plode**

Celý plod, ktorý je homogénny sféroid, je umiestnený na kovovú základnú dosku a je stlačený pohyblivým paralelným diskom textúrneho analyzátora alebo univerzálneho testovacieho zariadenia, pokým šupka plodu nepraskne v určitom stupni stlačiteľnosti (Goyal *et al.*, 2007). Deformačná krivka je zaznamenávaná v reálnom čase počas zaťažovania. Mechanické parametre, ako maximálna sila, pružná a plastická deformačná energia, miera pružnosti, rýchlosť zaťažovania plodu v rozličných stupňoch zaťažovania, energia a sila prasknutia, a stlačiteľnosť plodu pri prvotnom prasknutí sa dajú zistiť z každej zaznamenatej krivky (Li *et al.*, 2013).

Použitím tejto metódy skúmali Kılıçkan a Güner (2008) mechanické parametre u plodu olivy odrody *Gemlik*.

Plod stlačený z rozličných smerov zaťažovania vykazuje rozdiely v mechanických vlastnostiach, čo môže byť zapríčinené predovšetkým nepravidelným guľovitým tvarom a vnútornou štruktúrou plodu, a tiež tým, že malé dutiny sú obklopené perikarpom. Rozdiely v mechanických vlastnostiach sú tiež spôsobené rozličnou odrodou plodu, pretože jednotlivé odrody sa odlišujú v chemickom zložení (Zykwinska *et al.*, 2008). Hodnota určitého parametru sa u odlišných typov plodov veľmi nelíši a pohybuje sa v určitom rozmedzí, pretože všetky biomateriály majú podobné hlavné fyzikálno-chemické zloženie – odlišujú sa len v obsahu jednotlivých zložiek (Jamilah *et al.*, 2011; Narain *et al.*, 2001).

## **2. Mikromechanický test na celej vzorke olivy**

Plod je považovaný za multičasticový komplex, a predpokladá sa, že každé pletivo je homogénny materiál. Pletivo sa rozdelí na jednotlivé štandardné vzorky použitím vzorkovača podľa štandardu. Testovací prístroj, ako textúrny analyzátor alebo univerzálny testovací prístroj, musí mať príslušnú sondu pre určitý typ skúšky, ktorou môže byť tlaková, trhacia, šmyková alebo ohybová skúška (Singh a Reddy, 2006). Geometrická veľkosť vzorky je meraná s elektronickým digitálnym meradlom pred a po teste. Deformačná krivka vzorky pletiva je zaznamenaná v reálnom čase počas testovania. Nakoniec sa štandardné mechanické parametre, ako modul pružnosti, napätie na porušenie, tlak na porušenie a energia porušenia vypočítajú použitím príslušných vzorcov (Fidelibus *et al.*, 2002). Uvádza sa, že podľa esovitého tvaru krivky napätia pletiva (získanej z deformačnej krivky) môže byť modul pružnosti označený sklonom prvej a druhej časti krivky (Alamar *et al.*, 2008; Matas *et al.*, 2005). Okrem toho Harker *et al.* (2006) a Pitts *et al.* (2008) poukázali na trojbodový ohyb ako alternatívnu experimentálnu metódu pre meranie modulu pružnosti v ťahu.

## **3. Mikromechanický test na jednej bunke olív**

Plod je hierarchicky usporiadaný celok zložený z buniek z rozličných pletív (Génard *et al.*, 2007). Pri testovaní sa najprv pripraví testovacia vzorka, ktorou je kúsok pletiva plodu o hrúbke 2 – 5 buniek. Následne sa mikrovpichový test vykoná na univerzálnom testovacom prístroji a získajú sa záznamy z tenkej paralelne umiestnenej sklenenej sondy, snímača zaťaženia a odchýliek. Test je ekvivalentný

penetrácii bunkových stien počas každého testu. Mechanické parametre bunkovej steny, ako penetračná energia a teoretická energia, sa posudzujú podľa zaťažovacieho cyklu každej steny postupne vyššou odchýlkou až po porušenie (Hiller *et al.*, 1996).

Iná metóda spočíva v tom, že sa na začiatku odoberie suspenzia jednotlivých buniek a stlačí sa medzi dvomi paralelnými plochami mikromanipulačného zariadenia, a vygeneruje sa deformačná krivka. Potom sa určí sila potrebná k deformácii a rozbitiu bunky (Blewett *et al.*, 2000).

Pri ďalšej metóde sa skúmaná bunka získa z vnútorného pletiva jemným praním plodu. Predpokladá sa, že to je guľa naplnená tekutinou so stlačiteľnými lineárne elastickými stenami. Zaťažovací a odťažovací test každej bunky sa vykoná vysokonapäťovým mikrotlakovým testerom a získa sa záznam z deformácie. Medzitým snímač sníma počiatočnú výšku a šírku každej bunky a monitoruje neustálu deformáciu bunky počas testu. Výsledkom je, že záznam z deformácie súhlasí so záznamom z mechanického modelu stlačenia bunky a vlastnosti bunkovej steny, ako je počiatočný stupeň napnutia, limit pružnej deformácie a Youngov modul, sa získajú ich odvodením (Wang *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 2006).

Plod je zložený z rozličných pletív, a to exokarpu, mezokarpu a endokarpu, a každé pletivo má veľa mikroskopických zložiek, ako sú bunky, stredná lamela a intersticiálne priestory podľa anatómie plodu (Dintwa *et al.*, 2011). Keďže je plod nepravidelného tvaru, má komplikovanú štruktúru a je limitovaný počet inštrumentálnych a meracích techník, je zložité určiť mechanické vlastnosti každej zložky plodu, ako napríklad pletiva endokarpu alebo strednej lamely (Li *et al.*, 2013).

Porovnaním týchto stanovených metód a výsledkom z biomechaniky plodu, rovnaký plod, pletivo alebo bunka majú pozorovateľné rozdiely v hodnotách mechanických parametrov pri testovacích metódach. Môže to byť prisúdené domnienke, že biologický materiál (plod, pletivo, či bunka) sa správa ako lineárne a elastické kontinuum. Dýchacia činnosť u plodu pokračuje aj po zbere, aby si zachoval neporušená bunkovú mikroštruktúru. Mikroskopické histologické a bunkové znaky, akými sú typ pletiva, geometrické vlastnosti bunky, prítomnosť adhezívnej strednej lamely medzi jednotlivými bunkami, bunkový vodný potenciál, mechanické vlastnosti bunkovej steny a prítomnosť medzibunkových priestorov, určujú mechanické vlastnosti plodu a pletiva, a tiež aj to, ako sa správajú pri zaťažovaní počas pozberovej manipulácie (Mebatsion *et al.*, 2008). Získané údaje o mechanických vlastnostiach majú len približné hodnoty, pretože je veľmi zložité ich presne určiť (Li *et al.*, 2013).

### 3.4 Textúra olív

Za kinestetické vnemy považujeme všetky vnemy vznikajúce pri deformovaní alebo drobení potraviny v ústach, prípadne silové vnemy vznikajúce pri jej hryzení, žuvaní a prehltaní (Neumann *et al.*, 1990). Inak povedané, je to celkové vnímanie mechanických vlastností plodu v ústnej dutine. Tento termín je synonymom k termínu „*textúra*“, ktorá sa dá definovať aj ako súbor reologických (súvisiacich s tokom a deformáciou hmoty) a štruktúrnych (s geometrickými a povrchovými) vlastností produktu, ktorý vnímame mechanickými, hmatovými, a v niektorých prípadoch vizuálnymi a sluchovými receptormi (Saeleaw a Schleining, 2011; Taniwaki a Kohyama, 2012).

Je prevzatá zo slova „*texere*“, čo znamená „*tkat'*“. Pojem textúra sa zaužíval v sensorickej analýze potravín. Môžeme ju určiť opticky pomocou mikroštruktúry a makroštruktúry potraviny, mechanicky jej správaním sa proti deformácii a sensoricky pri dotyku, tlaku, žuvaní a hltaní. Dá sa teda povedať, že je to znak opisujúci a hodnotiaci akosť výrobku. K textúre patria aj viaceré čiastkové znaky, napr. tvrdosť, pružnosť, plasticosť, šťavnatosť, chrumkavosť, jemnosť, vláknitosť, natierateľnosť a lepivosť (Neumann *et al.*, 1990).

Pri hryzení, prežúvaní a prehltaní môžeme rozoznať až 20 rôznych fyzikálnych vlastností. Rozdeľujeme ich do troch hlavných kategórií (Neumann *et al.*, 1990):

- mechanické vlastnosti – tvrdosť, súdržnosť častíc (kohézia), príľnavosť (adhézia), hustota, viskozita, lámavosť, žuvateľnosť, gumovitosť;
- geometrické vlastnosti – veľkosť častíc a štruktúrácia vláken;
- iné vlastnosti – vyplývajúce z obsahu vody a tuku.

#### 3.4.1 Vplyvy pôsobiace na textúru olív

Textúra je jedna z organoleptických vlastností, na ktoré najviac vplýva spracovanie olív. Je závislá predovšetkým na **sile bunkovej steny**, a preto sú zmeny v tejto fyzikálnej vlastnosti spojené s modifikáciou polysacharidov bunkovej steny (Cardoso *et al.*, 2008). U zelených olív sú tenké steny parenchymatických buniek uniformné a usporiadané tesne vedľa seba. Porušenie pletiva zahŕňa pretrhnutie bunkovej steny v epikarpe a mezokarpe, ale separácia bunky na úrovni strednej lamely nie je pozorovaná. Pukliny na povrchu „cherry“ olív sú zložené z porušených a separovaných buniek, a neporušených buniek. U čiernych olív je rozsah porušených



buniek menší a vyskytujú sa iba v epikarpe, a v prvej vrstve mezokarpu (Mafra *et al.*, 2001). V prílohách nájdeme obrázky (10 – 15) mikroskopickej štruktúry u jednotlivých olív zobrazenú pomocou skenového elektronického mikroskopu.

Textúra dužiny je veľmi premenlivá v závislosti od odrody, obsahu oleja, fáze zrelosti, typu pestovania, pôdy, podnebia a iných faktorov ovplyvňujúcich chemické zloženie ovocia. Chemické zloženie a fyzikálne vlastnosti olív sú dôležitým faktorom pri určovaní akosti finálneho produktu, a sú silne ovplyvnené typom a obdobím zberu (Kilcast, 2004).

Textúru plodu rôzne ovplyvňuje **použitie sodných iónov** v závislosti na podmienkach spracovania, ako je pH a koncentrácia soli. Olivy v soľnom náleve sú spracovávané tak, že sa uskladnia do roztoku chloridu sodného o koncentrácii  $40 - 120 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$  po dobu niekoľko mesiacov. Jiménez *et al.* (1995) zaznamenali značný nárast pH u olív, u ktorých bolo uskladnenie v soľnom náleve vykonané po alkalickom ošetrení (pH dužiny 11 – 12). Tento efekt je však minimálny, ak je uskladnenie v soľnom náleve vykonané po fermentácii plodu (pH 3 – 4). U čiernych olív bolo zaznamenané zlepšenie textúry po uskladnení v soľnom náleve.

**Vápnik** má veľmi silný efekt na spomalenie zmäkčovania olivy počas skladovania. Pektínové polysacharidy strednej lamely sú sieťovito spojené s vápenatými iónmi do štruktúry nazývanej model „egg-box“ (Brett a Waldron, 1996). Jiménez *et al.* (1997) skúmali kombinovaný efekt  $\text{Ca}^{2+}$  iónov,  $\text{Na}^{+}$  iónov a pH na textúru olív spracovávaných v sevillskom štýle. Ukázalo sa, že zvýšením  $\text{Ca}^{2+}$  iónov pri pH 11 sa logaritmicky zvýši pevnosť, ktorá sa lineárne mení pri pH 3.  $\text{Na}^{+}$  ióny zvyšujú pevnosť lineárne pri pH 11, ale sú neúčinné pri pH 3. Vysoká koncentrácia  $\text{Na}^{+}$  iónov pri pH 11 lineárne koreluje so zvýšením pevnosti spôsobenej  $\text{Ca}^{2+}$  iónmi. Prítomnosť  $\text{Na}^{+}$  iónov spôsobuje minimálne nahradenie  $\text{Ca}^{2+}$  iónov, zatiaľ čo  $\text{Na}^{+}$  ióny sú nahradené  $\text{Ca}^{2+}$  iónmi. Schopnosť  $\text{Ca}^{2+}$  iónov tvoriť komplexy s pektínovými polysacharidmi umožňuje efektívnejšiu stabilitu bunkových stien. Ošetrenie  $\text{CaCl}_2$  spôsobuje absorpciu  $\text{Ca}^{2+}$  iónov v dužine olív, čo má pozitívny efekt na zlepšenie textúry. Ďalším parametrom je vplyv teploty počas fermentácie. Zvýšenie teploty na  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  urýchli proces, kedy sa olivy stávajú menej trpkými.

### 3.5 Fyzikálne vlastnosti olív

Fyzikálne vlastnosti potravín sú podmienené mikroskopickou a makroskopickou stavbou a súdržnosťou potraviny v závislosti od pôsobenia vonkajších síl (Neumann *et al.*, 1990). Vlastnosti, ako sú veľkosť, tvar, hustota, objem, merná hmotnosť a štruktúra povrchu sú dôležitými ukazovateľmi pri analýze správania produktu a pri následnej manipulácii (Ibrahim, 1992). Dĺžka, priemer a hmotnosť olivového plodu sú priamo úmerné vlastnostiam jeho kôstky (Hatem *et al.*, 2005).

#### 3.5.1 Vplyv chemického zloženia na fyzikálne vlastnosti

Za značné zníženie obsahu fenolových látok v oleji, ktorý sa získal z olív skladovaných pri 20 °C, môže fakt, že vysoké teploty skladovania ovplyvňujú fyziologické procesy v olivových plodoch, a tak urýchľujú proces dozrievania. Okrem toho sa olivy stávajú mäkkšími a majú väčšiu citlivosť na mechanické poškodenie. Tiež je riziko pomnoženia patogénnych mikroorganizmov, ktoré sú schopné metabolizovať širokú škálu aromatických zložiek, ako aj fenol a jeho deriváty (Watanabe *et al.*, 1996). Avšak chladením pri 4 °C môžeme inhibovať procesy v plode, čím sa ovplyvnia fyzikálne, chemické a sensorické vlastnosti. Olej získaný z chladených olív vykazuje dobré organoleptické a nutričné vlastnosti. Okrem toho majú nízke teploty bakteriostatický účinok (Clodoveo *et al.*, 2007). Skladovaním sa znižuje obsah aldehydov a esterov, čo je priaznivé pre arómu olív (Kalua *et al.*, 2007).

#### 3.5.2 Definície fyzikálnych vlastností

**Hmotnosť kôstky** sa pohybuje v rozmedzí 0,39 – 0,79 g (0,393 g) a u dužiny je to od 0,92 – 2,51 g (1,758 g) (Arslan, 2012; El-Soaly, 2008).

**Hmotnosť tisícich plodov** je približne 4 583,96 g (Mirzabe *et al.*, 2013).

**Veľkosť** – Olivy sa rozdeľujú podľa hmotnosti na malé a veľké, kedy 60 – 70 plodov/ kg vážia veľké olivy, zatiaľ čo u malých je to až 381 – 410 plodov/ kg (Kailis a Harris, 2007). Veľkosť, odroda a doba zberu výrazne ovplyvňujú fyzikálne vlastnosti olív (Lavasani *et al.*, 2011). Priemerná dĺžka plodu je 20,32 mm, jeho priemer

je 12,44 mm. Dĺžka kôstky je 15,78 mm a má priemer 6,63 mm. Hrúbka dužiny je približne 2,64 mm (El-Soaly, 2008).

**Guľatosť** plodu je vlastne index jeho okrúhlosti. Pre asférické častice sa guľatosť vypočíta ako pomer plochy povrchu ekvivalentnej guli ku ploche povrchu plodu (Jain a Bal, 1997). Hodnota guľatosti pre olivu je 281,074 % (Mirzabe *et al.*, 2013).

Priemerná hodnota **indexu tvaru** je 1,64 (El-Soaly, 2008).

**Pomer dužiny ku kôstke** je odvodený od hmotnosti dužiny a hmotnosti kôstky. Ideálny pomer u olív je 5:1. So spracovaním olív môže byť tento pomer použitý ako ukazovateľ nutričnej kvality. Ak poznáme tento pomer a hmotnosti jednotlivých častí, môžeme správne určiť požadovanú dobu spracovania. Menšie olivy s menším pomerom dužiny ku kôstke sa spracujú rýchlejšie ako väčšie olivy. Väčšie plody by sa mali rozrezať, odkôstkovať, prasknúť alebo pomliaždiť pre uľahčenie spracovania (Kailis a Harris, 2007).

Priemerná hodnota pre **pomer dužiny k plodu** je 66,914 % (El-Soaly, 2008).

Priemerný **objem** olivy je 1,645 cm<sup>3</sup> (El-Soaly, 2008).

**Objemová hmotnosť** a **skutočná hustota** olivy hrajú dôležitú rolu pri vysúšaní a uskladnení v sile alebo úchovných nádržiach, pri separácii od nežiaducich materiálov, a tiež pri triedení (Mohsenin, 1970). Na základe mernej hmotnosti sa môže odlišiť aj rozdielna zrelosť plodov ich ponorením do soľného roztoku o vhodnej koncentrácii (Hulme, 1971).

Objemová hmotnosť je pomer hmotnosti vzorky plodu k jeho celkovému objemu vrátane pórov a vzdušných medzier (Kılıçkan a Güner, 2008). Pohybuje sa v rozmedzí 590,784 kg·m<sup>-3</sup> – 646,508 kg·m<sup>-3</sup>, skutočná hustota je vyššia – až 1062 kg·m<sup>-3</sup> (Mirzabe *et al.*, 2013; Kılıçkan a Güner, 2008).

**Porozita** alebo pórovitosť je pomer objemu všetkých pórov v plode k celkovému objemu plodu (thefreedictionary.com, online).

U zelených a „cherry“ olív je obsah **vlhkosti** okolo 77 % a u čiernych 61 % (Mafra *et al.*, 2001).

### 3.5.3 Stanovenie fyzikálnych vlastností

Olivy sa zberajú z najmenej troch sádov, v ktorých sa pestovali rovnakým spôsobom. Po zbere sa plody uchovávajú v chlade ( $4 \pm 0,5$  °C) po dobu 5 dní. Pred meraniami sa musia skladovať pri pokojovej teplote 30 min (Arslan, 2012). Index dozrievania (z *anj. ripening index = RI*) olivového plodu sa stanoví na základe farby šupky a dužiny (Artajo *et al.*, 2006).

Plody a kôstky sa potom manuálne očistia, aby sa odstránili cudzie zložky ako prach, špina a listy. Pre stanovenie veľkosti plodu a kôstky, sa náhodne vyberie 100 vzoriek, ktoré sa rozdelia do desiatich skupín. Z každej skupiny sa vyčlení desať plodov a desať kôstok, a zmerajú sa pomocou mikrometra s presnosťou na 0,01 mm ich lineárne rozmery, a to pozdĺžna os cez hilus (*hilum = pupok*) udávajúca dĺžku ( $L$ ), priečna os udávajúca šírku ( $W$ ) a priečna os udávajúca hrúbku ( $T$ ) (Çalışır *et al.*, 2005a; Haciseferoğlu *et al.*, 2005). Pozdĺžna os a priečne osi sú zobrazené na obrázku 16 a ich meranie pomocou vreckového mikrometra na obrázku 17 v prílohách.

**Hmotnosť** plodu a kôstky sa meria na elektronických strojoch na vyvažovanie s presnosťou na 0,01 g. Pre stanovenie hmotnosti sa zváži 100 náhodne vybraných vzoriek. Výsledkom je priemer ich hmotností (ASAE Standards, 2002).

**Hmotnostné vlastnosti** – pre stanovenie hmotnostných vlastností jednotlivých plodov sa náhodne vyberie 100 vzoriek a merajú sa na digitálnom vyvažovadle s presnosťou na 0,0001 g. Pri stanovení hmotnosti 1000 plodov sa náhodne vyberie 500 plodov, rozdelia sa do piatich zásobníkov tak, aby každý obsahoval 100 plodov. Potom sa zváži každý zásobník a priemerná hmotnosť sa vynásobí  $\cdot 10$  pre získanie výsledku (Mirzabe *et al.*, 2013).

**Geometrický priemer** ( $D_g$ ) a **aritmetický priemer** ( $D_a$ ) plodu sa určujú podľa nasledujúcich vzorcov (Mohsenin, 1978):

$$D_g = \sqrt[3]{LWT},$$

$$D_a = \frac{L+W+T}{3}.$$

Aritmetický priemer je vo všeobecnosti menší ako geometrický priemer (Mirzabe *et al.*, 2013).

**Gul'atost' ( $\phi$ )** semien a plodu sa stanoví podľa nasledujúcich rovníc a výsledok sa vyjadrí v % (Khazaei *et al.*, 2008; Jain a Bal, 1997):

$$\Phi_1 = \frac{\sqrt[3]{LWT}}{L} \cdot 100,$$

$$\Phi_2 = \sqrt[3]{\left[\frac{B(2L-B)}{L^2}\right]} \cdot 100,$$

$$\Phi_3 = \sqrt[3]{\left[\frac{B(2L-B)}{L}\right]} \cdot 100,$$

kde  $B = (WT)^{0,5}$ .

**Index tvaru** sa stanoví ako priemer 100 vzoriek olív a vypočíta podľa vzorca (Buyanov a Voronyuk, 1985):

$$I = \frac{i}{d},$$

kde  $I$  je index tvaru,  $i$  je dĺžka ovocia v mm,  $d$  je priemer plodu v strede jeho dĺžky v mm.

**Pomer dužiny ku kôstke** sa vypočíta podľa vzorca (Mohsenin, 1986):

$$\frac{(W_f - W_p)}{W_p},$$

kde  $W_f$  je hmotnosť plodu v g,  $W_p$  je hmotnosť kôstky rovnakého plodu v g.

**Pomer dužiny k plodu** sa vypočíta podľa nasledujúceho vzorca a udáva sa v % (Mohsenin, 1986):

$$\frac{(W_f - W_p)}{W_f} \cdot 100.$$

Teoretický výpočet pre **objem** plodu olivy je (Mohsenin, 1986):

$$V_1 = \left(\frac{\pi}{6}\right) \cdot L \cdot D^2,$$

kde  $V_1$  je teoretický objem plodu v  $\text{mm}^3$ ,  $L$  je dĺžka plodu v mm,  $D$  je priemer plodu v mm.

Baryeh (2002), Kibar a Öztürk (2008), a Tabarsa *et al.* (2011) použili pre výpočet objemu olivy nasledujúce vzorce:

$$V_2 = \left(\frac{\pi D_g^3}{6}\right) \text{ a } V_3 = \frac{\pi B^2 L^2}{6(2L-B)}.$$

**Objemová hmotnosť** ( $\rho_b$ ) sa stanoví na detektore, ktorý je kalibrovaný v kilogramoch na hektoliter (Kılıçkan a Güner, 2008). **Skutočná hustota** ( $\rho_t$ ) sa meria buď digitálnym hustomerom, alebo sa určuje toluénovou vytesňovacou metódou. Namiesto vody sa používa toluén ( $C_7H_8$ ), pretože je absorbovaný materiálom v menšej miere. Tiež má aj menšie povrchové napätie, čo zabezpečí menšiu rozpustnosť (Milani *et al.*, 2007).

**Porozita** sa vypočíta z nasledujúcej rovnice a pre výpočet sa použijú výsledky objemovej hmotnosti a skutočnej hustoty (Mohsenin, 1970):

$$\varepsilon = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t}\right) \cdot 100.$$

Obsah **vlhkosti** v dužine olivy sa stanoví vysúšaním vzorky drvenej dužiny o hmotnosti 5 g v sušiarňi pri  $102 \pm 2$  °C po dobu 4 hod (Mafra *et al.*, 2001).

**Trecia vlastnosť** posudzuje faktor statického trenia plodu ( $\mu$ ), ktorý bol stanovený metódou nakláňania povrchu. V praxi sa vyskytujú tri typy povrchov, a to oceľ, hliník a drevo. Na plochu sa umiestni horizontálne 50 plodov tak, aby ich konečná dĺžka bola 1 m. Povrch sa potom nakláňa s postupným zvyšovaným uhlom o 5°, až pokým sa plody nedostanú po úplný okraj povrchu. Výsledný uhol sa zaznamená. Tento postup sa opakuje pre každú odrodu dvakrát, výsledkom je uhol uvedený ako priemer z dvoch meraní. Faktorom statického trenia je tangens výsledného uhlu. Faktor statického trenia plodov sa medzi jednotlivými povrchmi veľmi nelíši. U mäkkej ocele sa hodnoty pohybujú od 0,20 – 0,30, u hliníkového povrchu od 0,21 – 0,29 a u mäkkého dreva od 0,22 – 0,33. Tieto hodnoty spadajú do všeobecných rozmedzí hodnôt biologických materiálov (Al-Widyan *et al.*, 2010).

*Faktor vonkajšieho statického trenia* sa stanoví s použitím preglejky, gumovej plochy, železného plechu a pozinkovaného plechu. Na povrch sa umiestni bezodná kovová nádoba, ktorá sa naplní vzorkami olív. Povrch sa postupne zvyšuje uťahovaním skrutky na nádobe. Horizontálna a vertikálna výška sa zmeria pomocou pravítka a digitálneho posuvného meradla (obrázok 18 v prílohách), keď sa olivy začnú klzať po povrchu (Mirzabe *et al.*, 2013). Faktor statického trenia sa následne vypočíta pomocou rovnice (Milani *et al.*, 2007):

$$\mu_s = \tan \alpha,$$

kde  $\mu_s$  je faktor vonkajšieho statického trenia a  $\alpha$  je uhol vonkajšieho statického trenia.

Statický **násypný uhol** sa určuje nalievacou metódou, pretože guľatost' olivového plodu je veľmi vysoká (Fraczek *et al.*, 2007). Násypný uhol vzorky plodu sa stanoví s použitím bezodného kovového valca o výške 25 cm a priemere 15 cm. Valec sa umiestni na vodorovný povrch a naplní vzorkami olív. Plocha valca sa zvyšuje veľmi pomaly. Výška a polomer kužeľa sa zmeria pomocou digitálneho posuvného meradla a násypný uhol sa potom stanoví použitím nasledujúcej rovnice (Razavi *et al.*, 2007):

$$\theta_f = \text{Arc tan } \frac{2 \cdot h}{d},$$

kde  $\theta_f$  je násypný uhol,  $h$  je výška kužeľa a  $d$  je priemer kužeľa.

Mohsenin (1970) vypočítal hodnotu násypného uhla podľa vzorca:

$$\theta = \frac{\tan^{-1} \cdot h}{0,5 \cdot x},$$

kde  $h$  je výška kužeľa a  $x$  je priemer základne kužeľa.

Hodnoty násypného uhlu stanovené nalievacou metódou sú medzi rozdielnymi povrchmi odlišné. U preglejky je to 22,51°, u gumeného povrchu 25,72°, u železného povrchu 26,05° a u pozinkovaného povrchu 24,15°. Tieto výsledky súvisia s výsledkami pre faktor statického trenia podľa skúšaného povrchu. Hodnoty násypného uhlu u pozinkovaného povrchu sú menšie ako u iných povrchov, pretože u tohto povrchu sú zaznamenané aj menšie hodnoty pre faktor statického trenia (Mirzabe *et al.*, 2013). Priemerný násypný uhol pre plod olivy je 27.7° (El-Soaly, 2008).

**Medzná rýchlosť** olivového plodu a kôstky sa meria s použitím veterného stĺpca. Vzduch prúdi cez priehľadnú trubicu umiestnenú vertikálne, ktoré smeruje 70,3 mm vnútorným priemerom. Pre vytvorenie vzduchu sa používa Rootsovo dúchadlo (rotačný kompresor). Prietok vzduchu je regulovaný nastavením rýchlosti dúchadla motorom s frekvenčným meničom. Pri testovaní spadne vzorka do prúdu vzduchu z vrcholu vzduchového stĺpca. Vzduch sa vháňa smerom nahor, aby sa zastavila vzorka v prúde vzduchu. Rýchlosť vzduchu sa meria v blízkosti zastavenia vzorky elektronickým anemometrom (Tabak a Wolf, 1998; Song a Litchfield, 1991; Çalışır *et al.*, 2005b). Medzná rýchlosť pre každý plod a kôstku sa meria desať krát a výsledok sa priemeruje (Kılıçkan a Güner, 2008).

V tabuľke 1 sú uvedené vybrané hodnoty fyzikálnych vlastností u odrody *Gemlik* (Kılıçkan a Güner, 2008).

Tab. 1: Hodnoty fyzikálnych vlastností pre plod a kôstku olivy odrody Gemlik (Kılıçkan a Güner, 2008).

Vlastnosť	Plod	Kôstka
Vlhkosť [%]	60	30
Dĺžka [mm]	25,25 ± 2,31	16,73 ± 1,50
Šírka [mm]	22,00 ± 1,96	8,89 ± 0,69
Hrúbka [mm]	18,06 ± 1,74	7,75 ± 0,41
Aritmetický priemer [mm]	14,45 ± 1,19	11,12 ± 0,71
Geometrický priemer [mm]	21,57 ± 1,87	10,47 ± 0,62
Gul'atosť [%]	85,35 ± 3,15	62,83 ± 3,56
Objem [mm <sup>3</sup> ]	3,80 ± 1,74	1,00 ± 1,19
Jednotná hmotnosť [g]	4,15 ± 1,50	0,74 ± 0,69
Objemová hmotnosť [kg·m <sup>-3</sup> ]	556,00 ± 3,28	979,00 ± 5,71
Skutočná hustota [kg·m <sup>-3</sup> ]	1062,00 ± 4,55	2295,00 ± 5,54
Porozita [%]	47,65 ± 0,71	57,33 ± 0,41
Medzná rýchlosť [m·s <sup>-1</sup> ]	21,20 ± 0,47	15,37 ± 0,87
	Plocha [mm <sup>2</sup> ]	
os X	-	77,80 ± 0,17
os Y	284,00 ± 0,94	109,80 ± 0,51
os Z	182,00 ± 0,47	96,40 ± 0,41

### 3.5.4 Stanovenie geometrických vlastností

Al-Widyan *et al.* (2010) skúmali na plode olivy geometrické vlastnosti, ako napríklad hmotnosť, hustotu, zhust'ovací faktor na štyroch odrodách olív uvedených v tabuľke 2.

Španielske olivy a španielske čierne olivy vykazujú podobné geometrické vlastnosti okrem okrúhlosti a gul'atosti. Podobné výsledky boli aj pri vylepšenej odrode *Nabali* a *Nabali Baladi*. Tieto výsledky sú logické, vzhľadom k tomu, že každá z dvoch podobných odrôd má podobný tvar a veľkosť, čo je dôležité pre hmotnosť plodu. Výsledky uvedené v tabuľke 2 ukazujú, že medzi odrodami nie sú rozdiely v hustote, zatiaľ čo hodnota zhust'ovacieho faktora u vylepšenej odrody *Nabali* sa líši od ostatných odrôd.



Tab. 2: Fyzikálne a geometrické vlastnosti u štyroch skúmaných odrôd (Al-Widyan et al., 2010).

Vlastnosť	Odroda			
	Španielske olivy	Španielske čierne olivy	Vylepšená odroda Nabali	Odroda Nabali Baladi
Hmotnosť [g]	8,60 ± 1,19	7,12 ± 0,68	3,39 ± 0,37	2,22 ± 0,43
Hustota [g·ml <sup>-1</sup> ]	1,23 ± 0,08	1,10 ± 0,07	1,13 ± 0,06	0,89 ± 0,04
Zhust'ovací faktor [λ]	0,50 ± 0,03	0,52 ± 0,04	0,43 ± 0,02	0,50 ± 0,02
Hlavný priemer $D_c$ [mm]	30,21 ± 1,48	31,64 ± 1,80	22,59 ± 0,77	21,75 ± 2,41
Vedľajší priemer $D_i$ [mm]	22,70 ± 0,96	19,04 ± 1,02	16,32 ± 0,80	13,26 ± 0,91
Predpokladaná plocha $A_m$ [cm <sup>2</sup> ]	5,13 ± 0,93	5,40 ± 0,45	2,86 ± 0,26	2,25 ± 0,36
Ohraničujúca plocha $A_c$ [cm <sup>2</sup> ]	7,19 ± 0,70	7,89 ± 0,88	4,01 ± 0,27	3,76 ± 0,83
Plocha povrchu $A_s$ [cm <sup>2</sup> ]	26,81 ± 2,88	23,42 ± 2,59	10,82 ± 1,17	8,50 ± 1,30
Okrúhlosť	0,71 ± 0,09	0,69 ± 0,06	0,71 ± 0,05	0,62 ± 0,09
Guľatosť	0,75 ± 0,03	0,60 ± 0,05	0,72 ± 0,03	0,61 ± 0,05

Predpokladaná plocha sa určila odhadom požadovanej plochy plodu na kalibrovanom grafickom papieri a výpočtom. Plocha povrchu sa vypočítala podľa pásikovej metódy, tiež známej ako obal'ovacej a lúpiacej metódy. Princípom tejto metódy je obalenie povrchu plodu adhezívnou páskou alebo iným materiálom, napríklad silikónovým kaučukom, následným odstránením (olúpaním) obalu a umiestnením na papier. Potom sa opatrne zachytí obal a stanoví plocha plodu. Okrúhlosť a guľatosť sa vypočítajú ako pomer  $D_i/D_c$  a  $A_m/A_c$  (Stroshine, 2003).

Hmotnosť jednotlivých plodov sa merala pomocou digitálneho vyvažovadla (1,000 ± 0,01 g) a objem sa stanovil pomocou vodnej vytesňovacej metódy, ktorá je zjednodušeným typom pyknometra (Stroshine, 2003). Desať vzoriek plodov sa umiestnili do nádrže naplnenej vodou, čo spôsobilo čiastočné vyliatie vody z nádrže. Objem vytlačenej vody sa zmeral odmernou kadičkou a určil sa celkový objem plodov. Priemerná hustota sa potom vypočítala ako hmotnosť na jednotný objem. Mimo toho sa vypočítal zhust'ovací faktor ako pomer celkového objemu plodov k objemu nádrže.

## 3.6 Mechanické vlastnosti olív

### 3.6.1 Definície mechanických vlastností

**Tvrdosť** označuje mechanickú textúrnu vlastnosť, ktorá súvisí so silou potrebnou k dosiahnutiu deformácie výrobku alebo s objektom, ktorý chceme, aby prenikol do produktu (Catania *et al.*, 2015).

**Pevnosť** olivy je vlastne jej odolnosť k trvalej deformácii alebo prasknutiu (Ashby *et al.*, 1995).

**Vláknitosť** je geometrická textúrna vlastnosť vo vzťahu k vnímaniu tvaru a orientácii častíc vo výrobku. Vlákňitosť sa vzťahuje na pretiahnuté konformácie častíc, ktoré sú orientované v rovnakom smere (Catania *et al.*, 2015).

**Krehkosť** definujeme ako kinestetický senzorický vnem charakterizovaný malým odporom, ktorý kladie potravina pri jej zmenšovaní, hryzení a žuvaní (Neumann *et al.*, 1990). Táto vlastnosť sa vzťahuje k hluku, ktorá vzniká v dôsledku trenia alebo prasknutia medzi dvomi povrchmi. Súvisí aj so silou potrebnou k zlomeniu produktu zubami a je určená stlačením plodu medzi stoličkami (Catania *et al.*, 2015).

**Chrumkavosť** je definovaná ako haptický a akustický senzorický vnem, ktorý vzniká pri žuvaní potraviny (Neumann *et al.*, 1990).

**Pružnosť** charakterizuje vlastnosť potraviny po skončení pôsobenia deformujúcej sily zaujať pôvodný tvar. Je čiastkovým znakom konzistencie (Neumann *et al.*, 1990).

**Plastickosť** je vlastnosť potraviny nezaujať úplne pôvodný tvar po zrušení pôsobiacej sily. Je čiastočným znakom konzistencie (Neumann *et al.*, 1990).

### 3.6.2 Stanovenie mechanických vlastností

**Tvrdosť** sa vyhodnocuje stlačením výrobku medzi zubami (pevné látky) alebo medzi jazykom a podnebíom (polopevné látky) (Catania *et al.*, 2015). Iným spôsobom, ako sa dá merať tvrdosť dužiny, je pomocou penetrometra na päťdesiatich vzorkách plodov olív. Priemerná hodnota pre plod je 2,392 kg·cm<sup>-2</sup>. Tvrdosť kôstky sa vyjadruje ako sila potrebná k prelomeniu kôstky olivy v Newtonoch [N]. Meria sa pomocou páky nastavenej s penetrometrom. Priemerná tvrdosť kôstky je 265,843 N (El-Soaly, 2008).

**Pevnosť** olív je možné merať na dvoch prístrojoch: tlakovým prístrojom (durometrom), alebo vpichovým prístrojom (penetrometrom), ktorý je na obrázku 19 v prílohách. Durometer meria tlak olivy s plochým valcovým piestom, ktorý má priemer 1 cm. Používa sa čas záťaž o hmotnosti 1 kg a testovacia rýchlosť 30 s. Piest je elektricky odpojený a padá, čím sa dostáva do kontaktu s plodom, umiestneným horizontálne na stole. Hodnota sa vyjadruje ako pomer poklesu výšky dužiny plodu k počiatočnej výške plodu v mm. Penetrometer meria silu v N potrebnú ku vpichu sondou o priemere 2 mm do hĺbky dužiny 5 mm. Mezokarp je narušený v ekvatoriálnej oblasti a je umiestnený zvisle. Ak sa vykonáva viac meraní, všetky musia byť vykonané v rovnakej vzdialenosti od pokožky (Mafra *et al.*, 2001). Zaznamenané hodnoty z merania sú uvedené v tabuľke 3.

Tab. 3: Hodnoty namerané durometrom [mm] a penetrometrom [N] v rôznych stupňoch zrelosti (Mafra *et al.*, 2001).

Stupeň zrelosti	Deformácia [mm]	Sila [N]
Zelené olivy	1,09 ± 0,65	3,61 ± 0,38
„Cherry“ olivy	2,68 ± 0,44	1,11 ± 0,20
Čierne olivy	7,52 ± 0,35	0,25 ± 0,09

Meranie penetračnej pevnosti je bežnou metódou pre posúdenie mäknutia pletív dužinatých plodov. Pri tomto meraní sa určia dve hodnoty – pevnosť šupky a pevnosť dužiny, pričom sa predpokladá veľká zhoda medzi oboma hodnotami pre jeden plod. Údaje o pevnosti šupky slúžia pri posúdení mäknutia plodu. Pevnosť šupky sa vyjadruje v kPa (Goliáš a Bataille, 1994).

**Vláknitosť** sa hodnotí medzi jazykom a podnebíom pri žuvaní olivy (Catania *et al.*, 2015).

### 3.6.3 Stanovenie mechanických vlastností ťahovou a strihovou skúškou

Vo všeobecnosti platí, že mechanické skúšky pre testovanie olív, ako je napríklad posuvná tlaková skúška, používajú niekoľko plodov a merajú len priemernú hodnotu nejakej vlastnosti. Z tohto dôvodu v tomto výskume Georget *et al.* (2001) vykonávali

strihový test jednotlivo na celom plode s cieľom oddeliť šupku od dužiny a vypočítať strihovú odolnosť pre šupku a dužinu. Tuhosť a pevnosť pletiva sa meria tiež jednotlivo za použitia ťahovej skúšky. V rámci tohto výskumu sa skúmali dve rozličné odrody zo Španielska a Portugalska (*Hojiblanca* a *Douro*) v troch odlišných fázach zrenia, a to v zelenej, „cherry“ a čiernej fáze. Po zbere boli uskladnené v chladničke (pri 4 – 5 °C) po dobu 6 – 15 dní. Pred meraním sa nechali pri izbovej teplote 30 minút.

### **Použitie ťahovej skúšky pre stanovenie mechanických vlastností olív**

Georget *et al.* (2001) posudzovali jednotlivé ťahové vlastnosti šupky a dužiny počas dozrievania na vzorkách s vopred definovanými geometrickými vlastnosťami. Zo šupky plodu sa zlúpila štvrtina pozdĺžnym rezom, ktorý bol 5 mm široký, 20 mm dlhý a 0,05 – 0,2 mm hrubý. Pre získanie vzorky dužiny sa plod prekrojil na polovicu a odrezal sa pás paralelne s pozdĺžnou osou kolmo na šírku plodu. Hrúbka pásiku dužiny bola 1 – 2 mm. Kraje pásikov boli prilepené k dvom kovovým doskám kyanoakrylátovým lepidlom s odstupom 14 mm medzi doskami.

Pevnosť plodu sa vypočítala podľa vzorca (Georget *et al.*, 2001):

$$\sigma = \frac{F_{max}}{(w-a) \cdot t},$$

kde  $F_{max}$  je maximálna sila potrebná k poškodeniu,  $w$  je šírka pásiku,  $a$  je dĺžka zárezu a  $t$  je hrúbka pásiku.

Tlak na poškodenie sa vypočítal (Georget *et al.*, 2001):

$$\varepsilon = \frac{\Delta l_{max}}{l},$$

kde  $\Delta l_{max}$  je zmena dĺžky pri  $F_{max}$  a  $l$  je počiatočná dĺžka.

### **Použitie strihového testu pre stanovenie mechanických vlastností olív**

Strihový test sa na rozdiel od ťahovej skúšky vykonáva na celej olive. Georget *et al.* (2001) najprv zrezali plod pozdĺžne tak, aby bol umiestnený na plochej strane. Použitím mikrometra sa zmerala os po dĺžke a po šírke pre výpočet plochy prieniku. Čepel bola radená rovnobežne s krátkou osou plodu. Celková hĺbka prieniku sa stanovila na 3 – 4 mm pred experimentom, ale zistilo sa, že geometria plodu sa líši u jednotlivých odrôd a fázach dozrievania. Vo všeobecnosti boli vzorky odrody *Hojiblanca* väčšie ako u odrody *Douro*, a čierne olivy boli väčšie než zelené.

Strihová energia šupky sa vypočítala:

$$R_{\text{šupky}} = \frac{\text{plocha pod silou/ohybová čiara pri } F = F_{\text{max}}}{\text{plocha prieniku}}.$$

Strihová energia dužiny sa vypočítala:

$$R_{\text{dužiny}} = \frac{\text{plocha pod silou/ohybová čiara pri konštantnej sile}}{\text{plocha prieniku}}.$$

Testovacia rýchlosť bola  $0,05 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Zistilo sa, že **pevnosť** šupky a dužiny klesá s dlhšou dobou dozrievania u odrody *Hojiblanca*, zatiaľ čo u odrody *Douro* klesá alebo rastie paralelne s dozrievaním. Zistilo sa, že pokles pevnosti, resp. celkové zmeny v mechanických vlastnostiach, spôsobuje zvýšená aktivita celuláz a glykozidáz. Šupka plodu je pevnejšia ako dužina približne 30 – 100 krát. Rozdiely medzi pevnosťou šupky a dužiny sú spôsobené iným zložením bunkových stien. Šupka je zložená z niekoľkých kutikulárnych vrstiev tvorených mastnými kyselinami s dlhým reťazcom a aromatickými látkami, zatiaľ čo dužinu tvorí parenchymatické pletivo zložené z tenkostenných pektocelulózových buniek.

**Tlak na poškodenie** šupky a dužiny klesá spolu s dozrievaním, aj keď nie výrazne. Vo všeobecnosti je menší pre šupku ako pre dužinu.

Zistilo sa, že **tvrdosť** šupky a dužiny klesá počas dozrievania, ale u odrody *Douro* tvrdosť šupky rastie.

**Strihová energia** šupky a dužiny klesá počas dozrievania. Dužina odrody *Hojiblanca* bola nepatrne odolnejšia ako dužina odrody *Douro*. Šupka vyžadovala väčšiu námahu pre plochu prieniku v porovnaní s dužinou. Odolnosť závisí na odrode a fáze dozrievania.

#### 3.6.4 Stanovenie mechanických vlastností pomocou textúrneho analyzátora

Cardoso *et al.* (2008) a Catania *et al.* (2015) študovali mechanické vlastnosti plodu olivy na šupke a dužine, narezané na pásiky 5 mm široké a približne 20 mm dlhé, ktorých hrúbka sa pohybovala v rozmedzí 0,05 mm – 0,3 mm. Pásiky sa umiestnili medzi dve kovové dosky jedného textúrneho analyzátora a zaťažili silomerom o hmotnosti 5 kg. Testovacia rýchlosť bola  $0,05 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Tabuľka 4 ukazuje, že hrúbka a hmotnosť mezokarpu tvoria približne 55 % a 86 % celého plodu. Spracované suchosolené olivy majú pletivo približne 4,5 krát silnejšie, a tiež viac deformovateľnejšie ako surové olivy.

Tlaková sila stúpa s hrúbkou mezokarpu, ktorá dosahuje najvyššiu hodnotu v blízkosti kôstky – približne 5,66 mm od šupky. Zistilo sa, že olivy balené ihneď po spracovaní nezmäknú hneď, zatiaľ čo olivy balené o šesť mesiacov neskôr majú o dosť väčšiu dužinu. Nižšia pevnosť plodov je spôsobená dlhším kontaktom so soľným nálevom počas skladovania (Catania *et al.*, 2015).

Tab. 4: Priemery a hmotnosť plodu olivy (Catania *et al.*, 2015).

<b>Parameter</b>	<b>Hodnota</b>
Priemer plodu [mm]	20,99 ± 0,91
Priemer kôstky [mm]	9,55 ± 0,49
Hrúbka mezokarpu [mm]	11,44 ± 0,94
Hmotnosť plodu [g]	6,78 ± 0,86
Hmotnosť kôstky [g]	0,96 ± 0,12
Hmotnosť mezokarpu [g]	5,82 ± 0,85

V tabuľke 5 sú zosumarizované mechanické vlastnosti šupky a dužiny u surových a soľou sušených olív. Ukázalo sa, že dve pletivá vykazovali rozdielne textúrne znaky podľa ich zloženia. Šupka olivy sa skladá z vrstvy parenchymatických buniek, ktoré sú pokryté viacerými kutikulárnymi vrstvami bohatých na vosk, zatiaľ čo parenchymatické pletivo dužiny je tenkostenné a bohaté na pektínové polysacharidy, hemicelulózu a celulózu. Rozdiely v štruktúre a zložení bunkových stien týchto pletív, rovnako ako aj turgor buniek, prispievajú k ich špecifickým mechanickým vlastnostiam. Ponorením olív do soľného nálevu sa zvyšuje pevnosť dužiny, ale zároveň sa zníži pevnosť šupky (Cardoso *et al.*, 2008).

Tab. 5: Porovnanie mechanických vlastností u surových a suchosolených olív (Cardoso *et al.*, 2008).

	Pokožka		Dužina	
	Surové	Vysušené soľou	Surové	Vysušené soľou
<b>Pevnosť [MPa]</b>	1,81 ± 0,35	2,03 ± 0,79	0,013 ± 0,002	0,059 ± 0,013
<b>Tlak na porušenie [Pa]</b>	0,086 ± 0,005	0,116 ± 0,015	0,092 ± 0,019	0,259 ± 0,021
<b>Tvrdosť [N]</b>	43,3 ± 15,3	30,6 ± 4,2	0,139 ± 0,027	0,199 ± 0,038

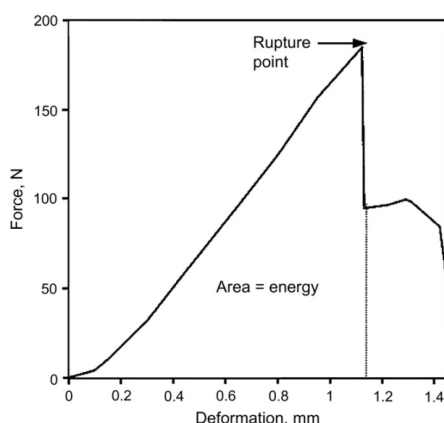
Celkové množstvo polysacharidov nie je príliš ovplyvnené spracovaním, ale dochádza k miernym zmenám v pektínových polysacharidoch. Vyššie množstvo galakturonánov a nižšie množstvo arabinánov v pektínových polysacharidoch po spracovaní dokazuje, že vysušenie soľou s NaCl stabilizuje pektínové polyméry bohaté na galakturonány. V porovnaní s extrahovaným materiálom zo surových olív boli pozorované menšie straty. Sodík zlepšuje stabilitu týchto polysacharidov v bunkových stenách tak, že znižuje elektrostatické odpudzovanie ich kyslých skupín. Naopak, sušenie soľou vyvolalo vyššie rozpúšťanie polymérov bohatých na arabinány, v dôsledku čoho je obnovenie týchto polysacharidov nižšie. V priebehu dialýzy sa môžu vyskytnúť ďalšie straty (Cardoso *et al.*, 2008).

Metóda vysušanim soľou ovplyvňuje textúrne vlastnosti dužiny. Pevnosť dužiny vzrástla približne 4,5 krát, stala sa viac odolnejšia k porušeniu a tuhšia. Sušením soľou sa zvýšila rozpustnosť pektínových polysacharidov bunkovej steny bohatých na arabinány, ale stabilizovali sa polyméry bohaté na galakturonány, pravdepodobne v dôsledku zníženia ich elektrostatickej odpudivosti. Zlepšenie textúry u suchosolených olív musí byť spojené s prestavbou pektínových polysacharidov bohatých na galakturonány v bunkových stenách plodu. Táto skutočnosť je pravdepodobne dôsledkom straty napätia, a tiež modifikáciou stavby bunkovej steny. Vysoľovanie spôsobuje zvýšenie pevnosti dužiny, ale tiež zníženie pevnosti šupky (Cardoso *et al.*, 2008).

### 3.6.5 Stanovenie mechanických vlastností pomocou trhacieho prístroja

Fyzikálne vlastnosti a mechanické správanie olív, ako sila prasknutia, energia prasknutia a špecifická deformácia pod tlakom zaťaženia olivového plodu a kôstky pre odrodu *Gemlik* stanovili Kılıçkan a Güner (2008). Pre stanovenie mechanických vlastností plodu a kôstky olivy odrody *Gemlik* použili testovacie zariadenie Instron (v prílohách na obrázku 20), ktoré je vyvinuté pre všetky biologické materiály. Olivové plody a kôstky sa umiestnili na základnú dosku a následne boli stlačené pohyblivou súbežnou doskou, až pokým nepraskla šupka plodu a kôstka. Zaznamenala sa silová deformačná krivka.

Mechanické správanie plodov a kôstok sa vyjadriť zo sily prasknutia, energie prasknutia a deformácie potrebnej k začiatku prasknutia. Pre každý test sa použilo desať vzoriek a každý test sa opakoval trikrát. Typická silová deformačná krivka na stlačených vzorkách je zobrazená na obrázku 1.



Obr. 1: Typická silová krivka pre stlačený plod a kôstku olivy (force = sila, deformation = deformácia, area = energy = plocha = energia, rupture point = bod prasknutia) (Kılıçkan a Güner, 2008).

Hodnoty sily prasknutia, energie prasknutia a deformácie potrebnej k začiatku prasknutia pre šupku a kôstku plodu olivy sa získalo z každej kompresnej krivky. Energia prasknutia sa stanovila priamo z nákresu meraním plochy pod silovou deformačnou krivkou s použitím digitálneho planimetra s presnosťou na  $\pm 0,2 \%$  (Güner *et al.*, 2003).

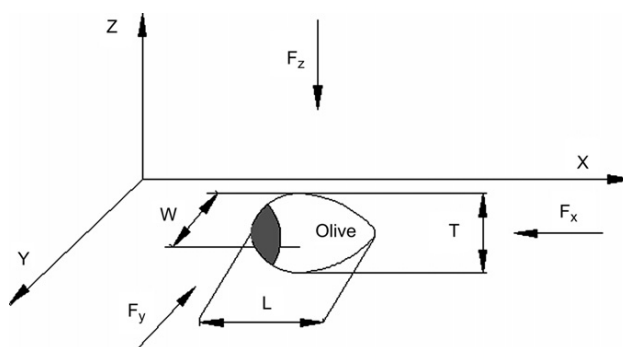
Špecifická deformácia sa vypočíta podľa nasledujúcej rovnice (Braga *et al.*, 1999):

$$S_d = 100 \cdot \frac{L_u - L_f}{L_u},$$



kde  $L_f$  je pretvorená veličina v smere kompresnej osi v mm,  $L_u$  je nepretvorená veličina v smere kompresnej osi v mm.

Pre stanovenie špecifickej deformácie, sily prasknutia a energie prasknutia sa použili kompresné osi – pre plod olivy dve ( $X$  a  $Y$ ) a pre kôstku tri ( $X$ ,  $Y$  a  $Z$ ). Os  $X$  (sila  $F_x$ ) je pozdĺžna os cez hilum a vyjadruje dĺžku  $L$ , os  $Y$  určuje šírku v správnom uhle k pozdĺžnej osi a os  $Z$  (sila  $F_z$ ) je vedľajšia os, ktorá vyjadruje hrúbku, ako je znázornené na obrázku 2.  $F_x$ ,  $F_y$  a  $F_z$  sú osové sily.



Obr. 2: Znázornenie troch osí a troch kolmých rozmerov olivového plodu a kôstky (Kılıçkan a Güner, 2008).

Sila prasknutia plodu a kôstky nepatrne vzrástla so zväčšovaním intenzity deformácie pre kompresné osi. Hodnoty sily pozdĺž osi  $X$  sú vždy väčšie ako pre ostatné osi, čo znamená, že je potrebná vyššia sila k porušeniu plodu a kôstky s vyšším stupňom deformácie. Najmenšia sila pre plod (57,38 N) a pre kôstku (320 N) sa získa pri rýchlosti  $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  pre stlačenie pozdĺž osi  $Y$ . Štatistické analýzy ukazujú značný rozdiel medzi silami prasknutia pre všetky osi pre plod (pravdepodobnosť  $P < 0,05$ ) a pre kôstku (pravdepodobnosť  $P < 0,01$ ).

### 3.6.6 Stanovenie mechanických vlastností pomocou testovacieho prístroja

Lavasani *et al.* (2011) stanovili mechanické správanie olivových plodov u odrôd *Gerd*, *Marri* a *Roghani*. Meranie prebiehalo na univerzálnom testovacom prístroji (SMT-5 model) s maximálnou kapacitou zaťaženia, čo je  $500 \text{ kg}\cdot\text{f}$ , a s rýchlosťou zaťažovania  $25 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  (ASAE Standard, 1999; Arnold a Mohsenin, 1971). Pre každú

odrodu sa náhodne vyberalo 60 vzoriek, ktoré sa umiestnili medzi dve ploché dosky testovacieho prístroja. Potom sa plody stláčali pohyblivou paralelnou doskou až po prasknutie šupky a kôstky plodu. Pre každý plod sa zaznamenala deformačná krivka vrátane mechanických parametrov, ktorými sú maximálna sila, maximálna energia, odolnosť a špecifická deformácia. Maximálna sila bola najvyššia pri prieniku do stredu olivy.

Odolnosť je definovaná ako maximálna energia rozdelená objemom vzoriek. Špecifická deformácia pre maximálnu silu ( $S_d$ ) sa získa z nasledujúcej rovnice (Bargale *et al.*, 1999):

$$[S_d]_{f_{max}} = \frac{l_u - l_f}{l_u} \cdot 100,$$

kde  $S_d$  je špecifická deformácia v %,  $f_{max}$  je maximálna sila v N,  $l_u$  je nedeformovaný rozmer a  $l_f$  je deformovaný rozmer v smere kompresnej osi v mm.

Medzi rozličnými odrodami a dobou po zbere sú značné rozdiely medzi hodnotami maximálnej sily. Maximálna energia rastie so zväčšujúcou sa veľkosťou plodu (Lavasani *et al.*, 2011). Odolnosť klesá so zväčšujúcou sa veľkosťou plodu (Kılıçkan a Güner, 2008). Hodnoty pre odrody *Gerd*, *Marri* a *Roghani* sú uvedené v tabuľke 6.

Tab. 6: Mechanické vlastnosti odrôd *Gerd*, *Marri* a *Roghani* (Lavasan *et al.*, 2011).

Parametre		Maximálna sila [N]	Maximálna energia [N]	Špecifická deformácia [%]	Odolnosť [mj·mm <sup>-3</sup> ]
<b>Odroda</b>	<i>Gerd</i>	23,241	67,122	37,023	0,029
	<i>Marri</i>	17,047	33,02	33,636	0,025
	<i>Roghani</i>	51,883	116,659	32,869	0,053
<b>Doba testovania [dni]</b>	1	27,029	65,403	28,023	0,028
	3	28,228	71,318	32,816	0,031
	5	30,873	74,432	37,161	0,038
	7	33,211	74,145	37,323	0,04
	9	34,276	76,036	37,324	0,041
<b>Veľkosť [g]</b>	malé	31,477	63,975	33,741	0,045
	stredné	29,834	70,507	34,307	0,032
	veľké	30,859	82,319	35,48	0,03

Mechanické vlastnosti olív sú závislé na dobe skladovania po zbere. Skladovanie po dobu desať dní v klimatických podmienkach má najväčší efekt na rast maximálnej

sily a odolnosti plodu a minimálny efekt na zníženie maximálnej energie. S väčšou veľkosťou sa znižuje odolnosť a zvyšuje energia plodu (Lavasani *et al.*, 2011).

### 3.6.7 Stanovenie plochy a objemu pomliaždenín posuvným meradlom

Saracoglu *et al.* (2011) skúmali dve rôzne odrody olív, *Memecik* a *Domat*, ktoré boli pestované v Turecku a ručne zozbierané v roku 2009 v zimnom období. *Memecik* je odroda, ktorá má v Turecku širokú oblasť pestovania – za správnych podmienok rastie veľmi dobre. Jeho plody sú veľké, oválne a symetrické, má dobrý výnos (Sesli a Yeğenoğlu, 2009).

Mechanické vlastnosti sa skúmali na vzorkách 600 plodov olív, ktoré sa počas prepravy uchovávali v polyetylénových vreckách s cieľom znížiť straty vody. Počiatočný obsah vlhkosti bol 63,87 g/ 100 g vzorky pre odrodu *Memecik* a 51,02 g/ 100 g pre odrodu *Domat*, preto sa museli vzorky vysušiť v peci pri teplote 70 °C do konštantnej hmotnosti (Akinci *et al.*, 2004). Zvyšný materiál sa uchovával v chladnom prostredí pri teplote 4 °C, ale všetky následné analýzy sa vykonávali pri izbovej teplote.

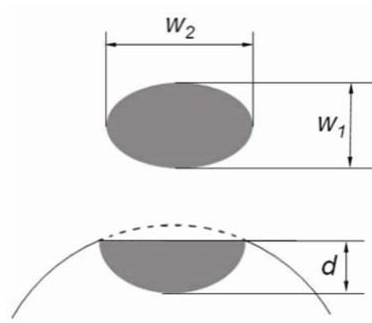
Vedľajším produktom mechanizácie pri výrobe a manipulácii s olivami je mechanické poškodenie plodov počas zberu a následnej manipulácie. Olivy pri zbere padajú z rôznej výšky na rôzne povrchy, a preto sa skúšky odolnosti proti nárazu vykonávajú pri výškach 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 1,5 m, 2,5 m, 3,5 m a 4,5 m na troch rôznych materiáloch, a to drevo, guma a nerezová oceľ. Stanoví sa tým poškodenie otlčením olivových plodov. Testy sa vykonávali tri krát pre každú výšku a materiál.

Plody sa nechali 24 hod po spadnutí odstáť, aby sa plne rozvinuli pomliaždeniny. Následne sa šírka a hĺbka pomliaždenín zmerali digitálnym posuvným meradlom s presnosťou na 0,01 mm, ako je zobrazené na obrázku 3.

Plocha pomliaždenín ( $A_b$  v  $\text{mm}^2$ ) sa následne stanoví zmeraním šírky ( $w_1$  a  $w_2$ ) za predpokladu, že sú plody eliptické a vypočíta sa podľa vzorca (Lewis *et al.*, 2007):

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot w_1 \cdot w_2,$$

kde  $w_1$  a  $w_2$  sú šírky pomliaždenín pozdĺž hlavnej a vedľajšej osi v mm.



Obr. 3: Stanovenie šírky a hĺbky pomliaždenín u olivy (Saracoglu et al., 2011).

Objem pomliaždenín ( $V_b$  v  $\text{mm}^3$ ) sa vypočíta podľa nasledujúcej rovnice (Lewis et al., 2007):

$$V_b = \frac{\pi \cdot d}{24} \cdot (3 \cdot w_1 \cdot w_2 + 4 \cdot d^2),$$

kde  $d$  je hĺbka pomliaždeniny v mm.

V tabuľke 7 sú uvedené vybrané geometrické a hydrodynamické vlastnosti vo vode u skúmaných odrôd *Memecik* a *Domat*. Hlavným znakom, ktorý odlišuje plody týchto odrôd, je výbežok na konci plodu. Rozmery sa určili pomocou dĺžky a šírky plodu; u odrody *Memecik* bola dĺžka 28,37 mm a šírka 21,99 mm, u odrody *Domat* boli tieto hodnoty 28,13 mm a 21,59 mm.

Pre odrody *Memecik* a *Domat* sa stanovili priemerný geometrický priemer (23,93 mm a 23,57 mm) a priemerná hodnota hmotnosti (6,97 g a 6,61 g) v poradí. Öztürk et al. (2009) stanovili priemerné hodnoty hmotnosti pre odrody *Butko*, *Kara Satio* a *Kizil Satio*, 2,46 g, 2,41 g a 3,13 g v poradí menovaných, z čoho môžeme usúdiť, že odrody *Memecik* a *Domat* majú naozaj veľké plody v porovnaní s inými odrodami. Priemerná hodnota predpokladanej plochy a plochy povrchu pre odrodu *Memecik* bola  $5,12 \text{ cm}^2$  a  $18,01 \text{ cm}^2$ , a pre odrodu *Domat*  $4,82 \text{ cm}^2$  a  $17,46 \text{ cm}^2$ .

Tab. 7: Vybrané geometrické a hydrodynamické vlastnosti skúmané u odrôd Memecik a Domat (Saracoglu et al., 2011).

Parameter	Odroda Memecik	Odroda Domat
Dĺžka [mm]	28,37 ± 1,64	28,13 ± 1,17
Šírka [mm]	21,99 ± 1,01	21,59 ± 0,79
Guľatosť [%]	0,84 ± 0,03	0,84 ± 0,03
Hmotnosť [g]	6,97 ± 0,91	6,61 ± 0,60
Predpokladaná plocha [cm <sup>2</sup> ]	5,12 ± 0,49	4,82 ± 0,35
Plocha povrchu [cm <sup>2</sup> ]	18,01 ± 1,62	17,46 ± 1,09
Skutočná hustota [kg·m <sup>-3</sup> ]	1100,90 ± 60,29	1051,75 ± 51,58
Objem [cm <sup>3</sup> ]	6,37 ± 1,00	6,30 ± 0,67
Medzná rýchlosť [m·s <sup>-1</sup> ]	0,10 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Gravitačná sila [N]	0,07 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Vztlaková sila [N]	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01
Unášacia sila [N]	0,006 ± 0,003	0,005 ± 0,003

Priemerná plocha a objem pomliaždenín u olivového plodu sa zväčšuje s výškou pádu a líši sa v závislosti od povrchu, na ktorý plody dopadnú. Najväčšie hodnoty plochy a objemu pomliaždenín boli zaznamenané u povrchu z nerezovej ocele. Plocha sa zvyšovala lineárne podľa výšky, z ktorej plody padali. Hodnoty pre obe odrody sú uvedené v tabuľke 8.

Tab. 8: Hodnoty plochy pomliaždenín v mm<sup>2</sup> pre odrody Memecik a Domat z rôznej výšky pádu (Saracoglu et al., 2011).

Výška pádu [m]	Memecik	Domat
0,5	3	0
1	52,4	2,6
1,5	75,1	27,7
2,5	102,3	39,7
3,5	133,9	72,2
4,5	237,3	74,1

Pri povrchoch z dreva a gumy boli tieto hodnoty nižšie. Zistilo sa teda, že limitná výška pádu, ktorá vplýva na povrch olivy, je pre odrodu *Memecik* 0,5 m a pre odrodu *Domat* 1,0 m, ak je povrchom nerezová oceľ, zatiaľ čo pri drevenom alebo gumenom povrchu je limitná hodnota 1,5 m. Pri páde z výšky 0,5 m neboli pozorované žiadne pomliaždeniny.

Medzi odrodami *Memecik* a *Domat* neboli zaznamenané žiadne významné rozdiely v skúmaných fyzikálnych vlastnostiach, a to v dĺžke, šírke, guľatosti, hmotnosti a ploche povrchu, okrem predpokladanej plochy a skutočnej hustoty. Hodnota medznej rýchlosti u odrody *Memecik* bola o 67 % vyššia ako u odrody *Domat* (Saracoglu *et al.*, 2011).

### 3.7 Senzorické hodnotenie kvality olív

Senzorická analýza výrobku má veľký význam pri posúdení celkovej akosti produktu. Posudzujú sa hlavne 4 znaky, a to vzhľad, vôňa, chuť a konzistencia (textúra). Pre objektívne stanovenie konzistencie danej potraviny sa využívajú rozličné konzistometre: penetrometre, texturometre, gélometre, plastometre, farinografy, valorigrafy (Neumann *et al.*, 1990).

Skúšanie konzistencie ústnou skúškou má tri fázy (Neumann *et al.*, 1990):

1. Prvý vnem (1. zahryznutie) – sledujeme tvrdosť, súdržnosť, hustotu alebo viskozitu a lámavosť.
2. Fáza žuvania – všímame si žuvateľnosť, príľnavosť a gumovitosť.
3. Zvyšková fáza (zmeny po rozžuvaní vrátane prehĺtania) – sledujeme v nej rozpad dávky, spôsob rozpadu, vlhnutie a povlak ústnej dutiny a jazyka.

**Ukazovatele kvality spracovaných stolových olív** (Kailis a Harris, 2007):

- *Pomer dužiny ku kôstke* – nesmie byť menší než 3 (75 % dužiny) u čiernych olív, u zelených 4 (80 % dužiny).
- *Veľkosť* – olivy musia byť jednotnej veľkosti.
- *Dužina* – jemná textúra, nie pórovitá alebo zrnitá, dobrej arómy a chute.
- *Pevnosť* – olivy musia byť dostatočne pevné, aby sa predišlo poškodeniu pri manipulácii. Ak je šupka poškodená, môžu do plodu vniknúť mikroorganizmy a zapríčiniť jeho kazenie.
- *Farba* – musí byť vhodná – zelené olivy majú sennú zelenú farbu; dozrievajúce olivy svetlo ružovú; čierne olivy čiernu alebo fialovú.
- *Kôstka* – malá a pravidelná, aby sa dala ľahko odstrániť.
- *Vzhľad* – zdravý, žiadne choroby ani vady.

## 4 ZÁVER

Olivy sú plody vypestované na olivovníku, u ktorých rozlišujeme podľa stupňa zrelosti zelené, dozrievajúce a čierne olivy. Svojou anatomickou štruktúrou sa zaraďujú medzi kôstkovice. Čo sa týka chemického zloženia, obsahujú vysoké množstvo sacharidov, lipidov, vitamínov a fenolových glykozidov, z ktorých je najdôležitejší oleuropeín – spôsobuje trpkú chuť plodov. Olivy sa rozlišujú podľa miesta pôvodu alebo podľa obsahu oleja, kedy nachádzajú olivy veľké využitie, či pre výrobu stolových olív, extrakciu olivového oleja, alebo pre oba účely. Olivový olej sa získava z dobre vyzretých plodov lisovaním a je bohatý hlavne na kyselinu olejovú.

Významnými faktormi, ktoré značne ovplyvňujú textúru olív, sú jednotlivé technologické procesy. Pri dozrievaní dochádza k zmene sfarbenia šupky a degradácii enzýmov v bunkových stenách dužiny, čo vplýva na mäknutie plodu. Keď plody dosiahnu požadovaný stupeň zrenia, nastáva zber úrody zo sadu. Nesprávna doba a spôsob zberu môžu spôsobovať porušenie textúrnych vlastností, čím sa výrazne zníži výsledná kvalita oleja alebo stolových olív. Ihneď po zbere nastáva transport v debnách do spracovateľského zariadenia. Významným krokom je konzervárenské spracovanie, kedy sa z plodov odstráni ich trpká chuť a zmäkčí sa dužina. Základnými krokmi, ktoré sa uplatňujú pri všetkých spôsoboch spracovania, sú lúhovanie a vysolovanie. V súčasnosti sa pri spracovaní používajú tri metódy, a to spracovanie podľa sevillského, gréckeho, či kalifornského štýlu. Na textúru olív vplývajú aj rôzne vady, ktoré môžu vzniknúť pri zbere, pozberovej manipulácii, skladovaní alebo preprave.

Pred stanovením mechanických parametrov olív je potrebné určiť ich vlastnosti pre správne určenie kvality, spracovania a správny odhad mechanického poškodenia spôsobeného rôznymi technologickými operáciami. Počas nich dochádza aj k zmenám v makroskopickú a mikroskopickú anatómiu plodu, čo má veľký vplyv na textúru. Plod olivy je zložený z exokarpu, mezokarpu, endokarpu a semena, pričom je každá vrstva okrem semena zložená z parenchymatických buniek pletív bohatých na pektín, celulózu, hemicelulózu a protopektín. Táto štruktúrna charakteristika je tiež jedným z vplyvov na biomechanické vlastnosti plodu. Makroanatomickými faktormi sú odroda, stupeň dozrievania, pestovanie, doba zberu a skladovanie. Sú odvodené od mikroanatomických faktorov, a to od veľkosti, tvaru, štruktúry a chemického zloženia buniek a bunkovej steny. Za biomechanické parametre sa tiež dajú označiť pružnosť a plastická energia, miera pružnosti, maximálna sila a stlačiteľnosť pri zaťažovaní plodu. Biomechanika

plodu je tiež považovaná za základnú kvantitatívnu analýzu pre senzorické vlastnosti plodu, ktoré sa vzťahujú k textúre. Najbežnejšou metódou hodnotenia textúry je analýza textúrneho profilu, pri ktorej sa meria napríklad tvrdosť, súdržnosť, pružnosť a krehkosť olív. Správnym určením biomechanických vlastností sa môže obmedziť vznik pomliaždenín plodu. Pre ich stanovenie sa používajú rôzne metódy, ako napríklad tlaková skúška na celom plode, mikromechanický test na celom plode alebo mikromechanický test na jednej bunke plodu.

Textúra olivy sa dá definovať ako celkové vnímanie jej mechanických vlastností v ústach, a to tvrdosti, pružnosti, šľavnosti, súdržnosti a príľnavosti. Faktory, ktoré veľmi ovplyvňujú textúru, sú sila bunkovej steny, odroda, fáza zrelosti, použitie sodných iónov alebo chloridu vápenatého pri spracovaní.

Na textúru olivy pôsobia aj fyzikálne vlastnosti, ktoré sú dané jej makroskopickou a mikroskopickou stavbou, a súdržnosťou. Avšak pri vysokých teplotách skladovania dochádza k zmenám v chemickom zložení, čo vplyva negatívne na fyzikálne vlastnosti. Dôležitými parametrami pre určenie mechanických vlastností sú hmotnosť, veľkosť, guľatosť, hustota, či pomer dužiny ku kôstke. Najčastejšie sa stanovujú pomocou mikrometra, digitálneho vyvažovadla, či digitálneho posuvného meradla. Pri stanovovaní geometrických vlastností sa zistilo, že hodnoty sa medzi podobnými odrodami veľmi nelíšia.

Medzi mechanické vlastnosti olív zaradujeme tvrdosť, pevnosť, vláknitosť, krehkosť, chrumkavosť, pružnosť a plasticosť. Môžu sa vyhodnocovať buď ústnou skúškou alebo pomocou rôznych prístrojov, ako sú penetrometer, či durometer. Meranie penetračnej pevnosti slúži pre posúdenie mäknutia pletiva. Inými všeobecnými metódami pre meranie sú ťahová alebo strihová skúška, ktorými sa stanovujú mechanické vlastnosti pri rozličných fázach dozrievania. Mechanické vlastnosti u surových a suchosolených olív sa dajú určiť na textúrnom analyzátore pomocou strihovej skúšky. Vysolovanie výrazne ovplyvňuje textúru plodu, kedy sa zvyšuje pevnosť dužiny a stáva sa odolnejšou k porušeniu. Univerzálny ťhací prístroj Instron slúži pre stanovenie sily prasknutia, energie prasknutia a špecifickej deformácie, pričom sa zaznamenáva deformačná krivka. Na univerzálnom testovacom prístroji (v tomto prípade SMT – 5 model) sa tiež zaznamenáva deformačná krivka, ale skúmanými mechanickými parametrami sú maximálna sila, maximálna energia, odolnosť a špecifická deformácia. Keďže sú plody náchylné k porušeniu počas jednotlivých technologických krokov, je



dôležité zmerať objem a plochu pomliaždenín. Skúmaním mechanických vlastností plodu a mechanického poškodenia sa dá obmedziť prípadné mechanické poškodenie.

Veľký význam pri posúdení celkovej kvality olív má senzorické hodnotenie, kedy sa posudzujú vzhľad, vôňa, chuť a textúra. Tieto charakteristiky majú vplyv na prijateľnosť konzumentom. Mechanické poškodenie spôsobené počas zberu, manipulácie, dopravy a triedenia plodov sa považuje za hlavný faktor zníženia ich výslednej kvality.

## 5 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- AKINCI I., OZDEMIR F., TOPUZ A., KABAS O., CANAKCI M., 2004: Some physical and nutritional properties of *Juniperus drupacea* fruits. In: *Journal of Food Engineering*, 65 (3): 325 – 331. ISSN 0260-8774.
- ALAMAR M.C., VANSTREELS E., OEY M.I., MOLTÓ E., NICOLAI B.M., 2008: Micromechanical behaviour of apple tissue in tensile and compression tests: Storage conditions and cultivar effect. In: *Journal of Food Engineering*, 86 (3): 324 – 333. ISSN 0260-8774.
- ALBURQUERQUE J.A., GONZÁLVEZ J., GARCÍA D., CEGARRA J., 2007: Effects of a compost made from the solid by-product („alperujo“) of the two-phase centrifugation system for olive oil extraction and cotton gin waste on growth and nutrient content of ryegrass (*Lolium perenne* L.). In: *Bioresource Technology*, 98 (4): 940 – 945. ISSN 0960-8524.
- AL-WIDYAN M.I., RABABAH T.M., MAYYAS A., AL-SHBOOL M., YANG. W., 2010: Geometrical, thermal and mechanical properties of olive fruits. In: *Journal of Food Process Engineering*, 33 (2): 257 – 271. ISSN 0145-8876.
- ARNOLD P.C., MOHSENIN N.N., 1971: Proposed techniques for axial compression tests on intact agricultural products of convex shape. In: *Transactions of the ASAE: American Society of Agricultural Engineers*, 14 (1): 78 – 84. ISSN 0001-2351.
- ARSLAN D., 2012: Physico-chemical characteristics of olive fruits of Turkish varieties from the province of Hatay. In: *Grasas y Aceites*, 63 (2): 158 – 166. ISSN 0017-3495.
- ARTAJO L.S., ROMERO M.P., MOTILVA M.J., 2006: Transfer of phenolic compounds during olive oil extraction in relation to ripening stage of the fruit. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86 (4): 518 – 527. ISSN 1097-0010.
- ASAE Standards, 1999: Compression test of food materials of convex shape. Michigan: ASABE, S368.4.
- ASAE Standards, 2002: Moisture measurement – Peanuts. Michigan: ASABE, S410.1.
- ASHBY M.F., GIBSON L.J., WEGST U., OLIVE R., 1995: The mechanical properties of natural materials. I. Material property charts. In: *Proceedings: Mathematical and Physical Sciences*, 450 (1938): 123 – 140. ISSN 0962-8444.
- BARBOSA-CANOVAS G.V., 2009: *Food Engineering – Volume I*. Oxford: EOLSS Publications, 504 s. ISBN 978-1905839445.
- BARGALE P.C., FORD R.J., WULFSOHN D., IRUDAYARAJ J., SOSULSKI F.W., 1999: Measurement of consolidation and permeability properties of extruded soy under mechanical pressing. In: *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74 (2): 155 – 165. ISSN 1095-9246.

- BARYEH E.A., 2002: Physical properties of millet. In: *Journal of Food Engineering*, 51 (1): 39 – 46. ISSN 0260-8774.
- BLEWETT J., BURROWS K., THOMAS C., 2000: A micromanipulation method to measure the mechanical properties of single tomato suspension cells. In: *Biotechnology Letters*, 22 (23): 1877 – 1883. ISSN 0141-5492.
- BOURNE M.C., 2002: *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Academic Press, 427 s. ISBN 978-0-12-119062-0.
- BRAGA G.C., COUTO S.M., HARA T., NETO J.T.P.A., 1999: Mechanical behavior of macadamia nut under compression loading. In: *Journal of Agricultural Engineering Research*, 72 (3): 239 – 245. ISSN 1095-9246.
- BRETT C.T., WALDRON K.T., 1996. *Physiology and Biochemistry of Plant Cell Wall* [online]. London: Chapman & Hall. ISBN 0 412 58060 8.
- BULKOVÁ V., 2011: *Rostlinné potraviny*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7.
- BUYANOV A.I., VORONYUK B.A., 1985: *Physical and mechanical properties of plants, fertilizers and soils*. Washington: Kolos Publishers, 528 s.
- ÇALIŞIR S., MARAKOĞLU T., ÖĞÜT H., ÖZTÜRK Ö., 2005a: Physical properties of rapeseed (*Brassica napus oleifera* L.). In: *Journal of Food Engineering*, 69 (1): 61 – 66. ISSN 0260-8774.
- ÇALIŞIR S., ÖZCAN M., HACISEFEROĞLU H., YILDIZ M.U., 2005b: A study on some physico-chemical properties of Turkey okra (*Hibiscus esculenta* L.) seeds. In: *Journal of Food Engineering*, 68 (1): 73 – 78. ISSN 0260-8774.
- CARDOSO S., MAFRA I., REIS A, GEORGET D.M.R., SMITH A.C., WALDRON K.W., COIMBRA M.A., 2008: Effect of dry-salt processing on the textural properties and cell wall polysaccharides of cv. Thassos black olives. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88 (12): 2079 – 2086. ISSN 1097-0010.
- Cassanese. In: *Monnaoliva* [online]. [vid. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.monnaoliva.it/cultivar-cassanese.html>
- CATANIA P., VALLONE M., PLANETA D., FEBO P., 2015: Instrumental evaluation of the texture of cv. Nocellara del Belice table olives. In: *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse*, 92 (1): 43 – 51. ISSN 0035-6808.
- CLODOVEO M.L., DELCURATOLO D., GOMES T., COLELLI G., 2007: Effect of different temperatures and storage atmospheres on *Coratina* olive oil quality. In: *Food Chemistry*, 102 (3): 571 – 576. ISSN 0308-8146.
- CLODOVEO M.L., HBAIEB R.H., KOTTI F., MUGNOZZA G.S., GARGOURI M., 2014: Mechanical strategies to increase nutritional and sensory quality of virgin olive

oil modulating the endogenous enzyme activities. In: *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13 (2): 135 – 154. ISSN 1541-4337.

CODEX STAN 66-1981, 2013. In: *CODEX STANDARD FOR TABLE OLIVES* [online]. [vid. 2015\_12\_07]. Dostupné z: [http://www.fao.org/input/download/standards/243/CXS\\_066e.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/243/CXS_066e.pdf)

COIMBRA M.A., WALDRON K.W., SELVENDRAN R.R., 1994: Isolation and characterisation of cell wall polymers from olive pulp (*Olea europaea* L.). In: *Carbohydrate Research*, 252: 245 – 262. ISSN 0008-6215.

COIMBRA M.A., RIGBY N.M., SELVENDRAN R.R., WALDRON K.W., 1995: Investigation of the occurrence of xylan-xyloglucan complexes in the cell walls of olive pulp (*Olea europaea*). In: *Carbohydrate Polymers*, 27 (4): 277 – 384. ISSN 0144-8617.

COIMBRA M.A., WALDRON K.W., DELGADILLO I., SELVENDRAN R.R., 1996: Effect of processing on cell wall polysaccharides of green table olives. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44 (8): 2394 – 2401. ISSN 1520-5118.

CUTLER D.F., BOTHA T., STEVENSON D.W., 2008: *Plant Anatomy: An Applied Approach*. Oxford: Blackwell Publishing, 312 s. ISBN 978-1-4051-2679-3.

Digitálne posuvné meradlo. In: *Veos* [online]. [vid. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.veos.sk/posuvne-meradlo-150-mm-digitalne-p1152>

DING Z., TIAN S., WANG Y., LI B., CHAN Z., HAN J., XU Y., 2006: Physiological response of loquat fruit to different storage conditions and its storability. In: *Postharvest Biology and Technology*, 41 (2): 143 – 150. ISSN 0925-5214.

DINTWA E., JANCZÓK P., MEBATSION H.K., VERLINDEN B., VERBOVEN P., WANG C.X., THOMAS C.R., TIJSKENS E., RAMON H., NICOLAI B., 2011: A finite element model for mechanical deformation of single tomato suspension cells. In: *Journal of Food Engineering*, 103 (3): 265 – 272. ISSN 0260-8774.

EL-SOALY I., 2008. Some physical and mechanical properties of olive fruits. In: *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 25 (3): 899 – 909. ISSN 1687-384X.

FERNÁNDEZ-BOLAÑOS J., RODRÍGUEZ R., GUILLÉN R., JIMENÉZ A., HEREDIA A., 1995: Activity of cell wall-associated enzymes in ripening olive fruit. In: *Physiologia Plantarum*, 93 (4): 651 – 658. ISSN 1399-3054.

FERNÁNDEZ-DÍEZ M.J., 1971: The olive, s. 255 – 279. In: HULME A.C., ed. *The Biochemistry of Fruits and their Products, Volume 2*. London and New York: Academic Press, 788 s. ISBN 12-361202-0.

FERNÁNDEZ-DÍEZ M.J., 1983: Olives, s. 379 – 397. In: REHM H.J. *et al.* (eds): *Biotechnology, A Comprehensive Treatise in 8 Volumes*. Weinheim: Verlag Chemie, 631 s. ISBN 0 89573 045 6.

FERNÁNDEZ-DÍEZ M.J., RAMOS R.C., GARRIDO FERNÁNDEZ A., CANCHO F.G., PELLISÓ F.G., VEGA M.N., MORENO A.H., MOSQUERA M.I.M., NAVARRO L.R., QUINTANA M.C.D., ROLDÁN F.S., GARCÍA P.G., MILLÁN A.C.G., 1985: *Biotecnología de la Aceituna de Mesa*. Sevilla: Instituto de la Grasa.

FIDELIBUS M.W., TEIXEIRA A.A., DAVIES F.S., 2002: Mechanical properties of orange peel and fruit treated pre-harvest with gibberellic acid. In: *Transactions of the ASAE: American Society of Agricultural Engineers*, 45 (4): 1057 – 1062. ISSN 0001-2351.

FRACZEK J., ZLOBECKI A., ZEMANEK J., 2007: Assessment of angle of repose of granular plant material using computer image analysis. In: *Journal of Food Engineering*, 83 (1): 17 – 22. ISSN 0260-8774.

FREGAPANE G., SALVADOR M. D., 2013: Production of superior quality extra virgin olive oil modulating the content and profile of its minor components. In: *Food Research International*, 54 (2): 1907 – 1914. ISSN 0963-9969.

FROHN B., 2002: *Olivový olej a přírodní léčba: Prevence proti infarktu*. Olomouc: Fontána, 168 s. ISBN 80-7336-016-0.

GARRIDO FERNÁNDEZ A., FERNÁNDEZ-DÍEZ M.J., ADAMS M.R., 1997. *Table Olives: Production and processing* [online]. London: Chapman & Hall. ISBN 0 412 71810 3 [vid. 28. 3. 2016]. Dostupné z: <https://books.google.cz/books?id=uu51QbtMYLkC&printsec=frontcover&hl=cs#v=onepage&q&f=false>

GÉNARD M., BERTIN N., BOREL C., BUSSIÈRES P., GAUTIER H., HABIB R., LÉCHAUDEL M., LECOMTE A., LESCOURRET F., LOBIT P., QUILOT B., 2007: Towards a virtual fruit focusing on quality: Modelling features and potential uses. In: *Journal of Experimental Botany*, 58 (5): 917 – 928. ISSN 0022-0957.

GEORGET D.M.R., SMITH A.C., WALDRON K.W., 2001: Effect of ripening on the mechanical properties of Portuguese and Spanish varieties of olive (*Olea europaea* L.). In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81 (4): 448 – 454. ISSN 1097-0010.

GOLIÁŠ J., BATAILLE B., 1994: Hodnocení některých ukazatelů zrání jablek po skladování v řízené atmosféře. In: *Acta Universitatis Agriculturae*, IX (1-2): 69 – 76. ISSN 0524-7463.

GÓMEZ-RICO A., FREGAPANE G., SALVADOR M.D., 2008: Effect of cultivar and ripening on minor components in Spanish olive fruits and their corresponding virgin olive oils. In: *Food Research International*, 41 (4): 433 – 440. ISSN 0963-9969.

GOYAL R.K., KINGSLEY A.R.P., KUMAR P., WALIA H., 2007: Physical and mechanical properties of aonla fruits. In: *Journal of Food Engineering*, 82 (4): 595 – 599. ISSN 0260-8774.

- GUINÉ, R.P.F., ANDRADE S., CORREIA A.C., JORDAO A.M., LOPES A.D., FERREIRA D., 2011: Evaluation of textural properties in apples of regional varieties. In: *International Journal of Food Properties*, 14 (2): 331 – 338. ISSN 1094-2912.
- GÜNER M., DURSUN E., DURSUN I. G., 2003: Mechanical behavior of hazelnut under compression loading. In: *Biosystems Engineering*, 85 (4): 485 – 491. 1537-5110.
- HACISEFEROĞLU H., ÖZCAN M., DEMİR F., ÇALIŞIR S., 2005: Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.). In: *Journal of Food Engineering*, 68 (4): 463 – 469. ISSN 0260-8774.
- HARKER F.R., WHITE A., GUNSON F.A. HALLET I.C., DE SILVA H.N., 2006: Instrumental measurements of apple texture: A comparison of the single-edge notched bend test and the penetrometer. In: *Postharvest Biology and Technology*, 39 (2): 185 – 192. ISSN 0925-5214.
- HATEM M.H., MOHSEN S.M., AHMED W., EL-NASR M., 2005: Physical and engineering characteristics and oil extraction for some olive fruits varieties. In: *Misr Journal of Agricultural and Engineering*, 27 (2): 688 – 698. ISSN 1687-384X.
- HILLER S., BRUCE D.M., JERONIMIDIS G., 1996: Micro-penetration technique for mechanical testing of plant cell walls. In: *Journal of Texture Studies*, 27(5): 559 – 587. ISSN 0022-4901.
- HUISMAN M.M.H., SCHOLS H.A., VORAGEN A.G.J., 1996: Changes in cell wall polysaccharides from ripening olive fruits. In: *Carbohydrate Polymers*, 31 (3): 123 – 133. ISSN 0144-8617.
- HULME A.C., 1971: *The biochemistry of fruits and their products, Volume 2*. London: Academic Press, 620 s. ISBN 978-0123612014.
- CHEN P., MCCARTHY M.J., KAUTEN R., 1989: NMR for internal quality evaluation of fruits and vegetables. In: *Transactions of the ASAE: American Society of Agricultural Engineers*, 32 (5): 1747 – 1753. ISSN 0001-2351.
- IBRAHIM M.A., 1992: *Design an apparatus suitable for winnowing and separation wheat from stationary threshers*. In: Egypt: Alexandria University, Faculty of Agriculture, 184 s.
- Instron. In: *Ebay* [online]. [vid. 2016-04-19]. Dostupné z: <http://www.ebay.com/itm/Reconditioned-1-000-lbf-5-kN-Instron-1011-Tensile-Compression-Tester-Warranty-/220700497151>
- JAIN R.K., BAL S., 1997: Properties of pearl millet. In: *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66 (2): 85 – 91. ISSN 1095-9246.
- JAMILAH B., SHU C.E., KHARIDAH M., DZULKIFLY M.A., NORANIZAN A., 2011: Physico-chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel. In: *International Food Research Journal*, 18: 279 – 286. ISSN 1985-4668.

- JIMÉNEZ A., GUILLÉN R., SÁNCHEZ C., FERNÁNDEZ-BOLAÑOS J., HEREDIA A., 1995: Changes in texture and cell wall polysaccharides of olive fruit during “Spanish green olive” processing. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43 (8): 2240 – 2246. ISSN 1520-5188.
- JIMÉNEZ A., HEREDIA A., GUILLEN R., FERNÁNDEZ-BOLAÑOS J., 1997: Correlation between soaking conditions, cation content of cell wall, and olive firmness during “Spanish green olive” processing. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45 (5): 1653 – 1658. ISSN 1520-5188.
- KAILIS S., HARRIS D., 2007: *Producing table olives*. Australia: Landlinks Press, 344 s. ISBN 978 0 643092 03 7.
- KALUA C.M., ALLEN M.S., BEDGOOD D.R.Jr., BISHOP A.G., PRENZLER P.D., ROBARDS K., 2007: Olive oil volatile compounds, flavour development and quality: A critical review. In: *Food Chemistry*, 100 (1): 273 – 286. ISSN 0308-8146.
- KHAN A., 2001: *Plant Anatomy and Physiology*. New Dehli: Kalpaz Publications, 334 s. ISBN 978-8178350493.
- KHAZAEI J., JAFARI S., NOOROLAH S., 2008: Lognormal vs. normal and weibull distributions for modelling the mass and size distributions of sunflower seeds and kernels. In: *World conference on agricultural information and IT* [online]. University of Tehran [vid. 2016\_02\_15]. Dostupné z: <http://www.cabi.org/gara/fulltextpdf/2008/20083298151.pdf>
- KIBAR H., ÖZTÜRK T., 2008: Physical and mechanical properties of soybean. In: *International Agrophysics*, 22: 239 – 244. ISSN 0236-8722.
- KILCAST D., 2004: *Texture in food, Volume 2: Solid foods*. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd, 560 s. ISBN 1 85573 724 8.
- KILIÇKAN A., GÜNER M., 2008: Psychical properties and mechanical behavior of olive fruits (*Olea europaea* L.) under compression loading. In: *Journal of Food Engineering*, 87 (2): 222 – 228. ISSN 0260-8774.
- KOMISIA EURÓPSKYCH SPOLOČENSTIEV, 2005: Medzinárodná dohoda o olivovom oleji a stolových olivách z roku 2005. In: *Konferencia Organizácie Spojených Národov o Obchode a Rozvoji*, 2005/0193 (ACC) [online]. [vid. 2016\_04\_10]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:52005PC0463&from=sk>
- LANZA B., AMORUSO F., 2016: Sensory analysis of natural table olives: Relationship between appearance of defect and gustatory-kinaesthetic sensation changes. In: *LWT – Food Science and Technology*, 68: 365 – 372. ISSN 0023-6438.
- LAVASANI S., REZAEI B., GOLMOHAMMADI A., AFKARI A., 2011: Determination some physical and mechanical properties of three cultivars of olive fruits (*Olea europaea* L.) and providing appropriate regression models [online]. [vid.

[http://tarmek.org/bildiriler/Determination\\_Some\\_Physical\\_and\\_Mechanical\\_Properties\\_of\\_Three\\_Cultivars\\_of\\_Olive\\_Fruits\\_\(Olea\\_europaea\\_L\)\\_and\\_Providing\\_Appropriate\\_Regression\\_Models.pdf](http://tarmek.org/bildiriler/Determination_Some_Physical_and_Mechanical_Properties_of_Three_Cultivars_of_Olive_Fruits_(Olea_europaea_L)_and_Providing_Appropriate_Regression_Models.pdf)

LEWIS R., YOXALL A., CANTY L.A., ROMO E.R., 2007: Development of engineering design tools to help reduce apple bruising. In: *Journal of Food Engineering*, 83 (3): 356 – 365. ISSN 0260-8774.

LI Z., LI P., LIU J., 2010: Effect of tomato internal structure on its mechanical properties and degree of mechanical damage. In: *African Journal of Biotechnology*, 9 (12): 1816 – 1826. ISSN 1684-5315.

LI Z., LI P., LIU J., 2011: Physical and mechanical properties of tomato fruits as related to robot's harvesting. In: *Journal of Food Engineering*, 103 (2): 170 – 178. ISSN 0260-8774.

LI Z., YANG H., LI P., LIU J., XU Y., 2013: Fruit biomechanics based on anatomy: a review. In: *International Agrophysics*, 27 (1): 91 – 106. ISSN 0236-8722.

LINDEN V.V., SCHEERLINCK N., DESMET M., BAERDEMAEKER J.D., 2006: Factors that affect tomato bruise development as a result of mechanical impact. In: *Postharvest Biology and Technology*, 42 (3): 260 – 270. ISSN 0925-5214.

MAFRA I., LANZA B., REIS A., MARSILIO V., CAMPESTRE C., DE ANGELIS M., COIMBRA M.A., 2001: Effect of ripening on texture, microstructure and cell wall polysaccharide composition of olive fruit (*Olea europaea*). In: *Physiologia Plantarum*, 111 (4): 439 – 447. ISSN 1399-3054.

MAFRA I., 2002: Effect of ripening and processing in cell wall polysaccharides of olive pulp.

MARSILIO V., LANZA B., CAMPESTRE C., DE ANGELIS M., 2000: Oven-dried table olives: textural properties as related to pectic composition. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80 (8): 1271 – 1276. ISSN 1097-0010.

MARTIN J.N., 2010: *Botany for Agricultural Students*. New York: Nabu Press, 610 s. ISBN 978-1177773133.

MATAS A.J., LÓPEZ-CASADO G., CUARTERO J., HEREDIA A., 2005: Relative humidity and temperature modify the mechanical properties of isolated tomato fruit cuticles. In: *American Journal of Botany*, 92 (3): 462 – 468. ISSN 1537-2197.

MEBATION H.K., VERBOVEN P., HO Q.T., VERLINDEN B.E., NICOLAI B.M., 2008: Modelling fruit (micro)structures, why and how? In: *Trends in Food Science & Technology*, 19 (2): 59 – 66. ISSN 0924-2244.

MILANI E., SEYED M., RAZAVI A., KOOCHEKI A., NIKZADEH V., VAHEDI N., MOEINFARD M., GHOLAMHOSSEINPOUR A., 2007: Moisture dependent physical



properties of cucurbit seeds. In: *International Agrophysics*, 21: 157 – 168. ISSN 0236-8722.

MIRZABE A.H., KHAZAEI J., CHEGINI, G.R., NEJAD M.H.A.P., 2013: Determination of some physical properties of virgin olive fruits. In: *Agricultural Engineering International: The CIRG e-journal* [online]. [vid. 2016\_02\_20]. Dostupné z: <http://www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2308/1718>

MLADÁ J., PROCHÁZKA F., 1987: *Atlas cizokrajných rostlin*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 342 s.

MOHSENIN N.N., 1970: *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 742 s.

MOHSENIN N.N., 1978: *Physical properties of plant and animal materials: Structure, physical characteristics and mechanical properties*. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 750 s. ISBN 0677023006.

MOHSENIN N.N., 1986: *Physical properties of plant and animal materials: Structure, physical characteristics and mechanical properties*. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 891 s. ISBN 0677213700.

NARAIN N., HOLSCHUH H.J., BORA P.S., VASCONCELOS M.A., 2001: Physical and chemical composition of carambola (*Averrhoa carambola* L.) fruit at three stages of maturity. In: *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, 3 (3): 144 – 148. ISSN 1696-2443.

NATH P., BOUZAYEN M., MATTOO A., PECH J.C., 2014: *Fruit ripening: physiology, signalling and genomics*. Boston, MA: CABI, 336 s. ISBN 978-1-84593-962-5.

NEUMANN R., MOLNÁR P., ARNOLD S., 1990: *Senzorické skúmanie potravín*. Bratislava: Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 352 s. ISBN 80-05-00612-8.

ÖZTÜRK I., ERCISLI S., KARA M., 2009: Chosen physical properties of olive cultivars (*Olea europea* L.). In: *International Agrophysics*, 23 (3): 309 – 312. ISSN 0236-8722.

Penetrometer. In: *Amazon* [online]. [vid. 2016-04-19]. Dostupné z: [http://www.amazon.com/SSEYL-Fruit-Penetrometer-hardness-durometer/dp/B019DBAW5O/ref=pd\\_sim\\_sbs\\_328\\_6?ie=UTF8&dpID=314gqRvH0iL&dpSrc=sims&preST=\\_AC\\_UL320\\_SR312%2C320\\_&refRID=1YSWTEZM9ASJ2TWY1Y6B](http://www.amazon.com/SSEYL-Fruit-Penetrometer-hardness-durometer/dp/B019DBAW5O/ref=pd_sim_sbs_328_6?ie=UTF8&dpID=314gqRvH0iL&dpSrc=sims&preST=_AC_UL320_SR312%2C320_&refRID=1YSWTEZM9ASJ2TWY1Y6B)

PITTS M.J., DAVIS D.C., CAVALIERI R.P., 2008: Three-point bending: An alternative method to measure tensile properties in fruit and vegetables. In: *Postharvest Biology and Technology*, 48 (1): 63 – 69. ISSN 0925-5214.

Porozita. In: *Thefreedictionary* [online]. [vid. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.thefreedictionary.com/porosity>

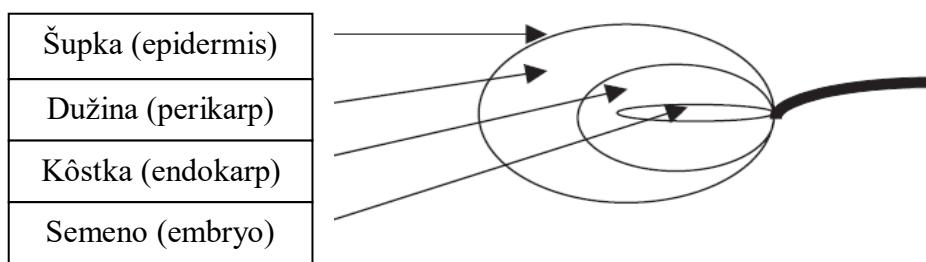
- RAZAVI S.M.A., RAFE A., MOGHADDAM T.M., AMINI A.M., 2007: The physical properties of pistachio nut and its kernel as a function of moisture content and variety. Part II. Gravimetric properties. In: *Journal of Food Engineering*, 81 (1): 218 – 225. ISSN 0260-8774.
- ROMERO-SEGURA C., SANZ C., PÉREZ A.G., 2009: Purification and characterization of an olive fruit beta-glucosidase involved in the biosynthesis of virgin olive oil phenolics. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (17): 7983 – 7988. ISSN 1520-5188.
- SAELEAW M., SCHLEINING G., 2011: A review: Crispness in dry foods and quality measurements based on acoustic-mechanical destructive techniques. In: *Journal of Food Engineering*, 105 (3): 387 – 399. ISSN 0260-8774.
- SAMS C.E., 1999: Preharvest factors affecting postharvest texture. In: *Postharvest Biology and Technology*, 15 (3): 249 – 254. ISSN 0925-5214.
- SARACOGLU T., UCER N., OZARSLAN, C., 2011: Engineering properties and susceptibility to bruising damage of table olive (*Olea europaea*) fruit. In: *International Journal of Agriculture and Biology*, 13 (5): 801 – 805. ISSN 1814-9596.
- SESLI M., YEĞENOĞLU E.D., 2009: RAPD-PCR Analysis of cultured type olives in Turkey. In: *African Journal of Biotechnology*, 8 (15): 3418 – 3423. ISSN 1684-5315.
- SINGH K.K., REDDY B.S., 2006: Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. In: *Journal of Food Engineering*, 73 (2): 112 – 120. ISSN 0260-8774.
- SONG H., LITCHFIELD J.B., 1991: Predicting method of terminal velocity for grains. In: *Transactions of the ASAE: American Society of Agricultural Engineers*, 34 (1): 225 – 231. ISSN 0001-2351.
- STROSHINE, 2003. *Unpublished work*. In: West Lafayette: Purdue University.
- TABAK S., WOLF D., 1998: Aerodynamic properties of cottonseeds. In: *Journal of Agricultural Engineering Research*, 70 (3): 257 – 265. ISSN 1095-9246.
- TABARSA T., JAHANSHAHI S., ASHORI A., 2011: Mechanical and physical properties of wheat straw boards bonded with tannin modified phenol-formaldehyde adhesive. In: *Composites Part B: Engineering*, 42 (2): 176 – 180. ISSN 1359-8368.
- TANIWAKI M., KOHYAMA K., 2012: Mechanical and acoustic evaluation of potato chip crispness using a versatile texture analyzer. In: *Journal of Food Engineering*, 112 (4): 268 – 273. ISSN 0260-8774.
- TASSOU C.C., PANAGOUE E.Z., KATSABOXAKIS K.Z., 2002: Microbiological and physicochemical changes of naturally black olives fermented at different temperatures and NaCl levels in the brines. In: *Food Microbiology*, 19 (6): 605 – 615. ISSN 0740-0020.

- THERIOS I., 2009: *Olives*. Wallingford: CABI, 425 s. ISBN 978-1-84593-458-3.
- THOMPSON A., 2015: *Fruit and vegetables: harvesting, handling and storage*. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Wiley Blackwell, 1008 s. ISBN 978-1-118-65404-0.
- VALÍČEK P. (ed.), 1989: *Užitkové rostliny tropů a subtropů*. Praha: Academia nakladatelství Československé akademie věd, 420 s. ISBN 80-200-0000-3.
- VINCENT J.F.V., 1990: Fracture properties of plants. In: *Advances in Botanical Research*, 17: 235 – 287. ISSN 0065-2296.
- WANG C.X., WANG L., THOMAS C.R., 2004: Modelling the mechanical properties of single suspension cultured tomato cells. In: *Annals of Botany*, 93 (4): 443 – 453. ISSN 0305-7364.
- WANG C.X., PRITCHARD J., THOMAS C.R., 2006: Investigation of the mechanics of single tomato fruit cells. In: *Journal of Texture Studies*, 37 (5): 597 – 606. ISSN 0022-4901.
- WATANABE K., HINO S., ONODERA K., KAJIE S., TAKAHASHI N., 1996: Diversity in kinetics of bacterial phenol-oxygenating activity. In: *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 81 (6): 560 – 563. ISSN 0922-338X.
- ZYKWINSKA A., THIBAUT J.F., RALET M.C., 2008: Competitive binding of pectin and xyloglucan with primary cell wall cellulose. In: *Carbohydrate Polymers*, 74 (4): 957 – 961. ISSN 0144-8617.

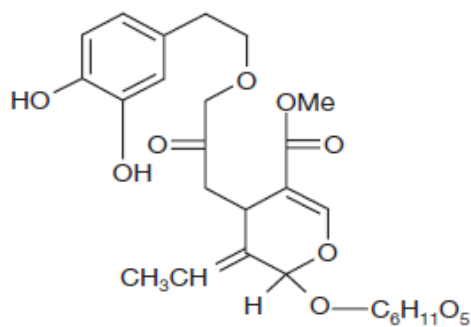
## 6 PRÍLOHY



Obr. 4: Olivovník (Kailis a Harris, 2007).



Obr. 5: Štruktúra plodu olivy (Kailis a Harris, 2007).



Obr. 6: Chemická štruktúra oleuropeínu (Kailis a Harris, 2007).



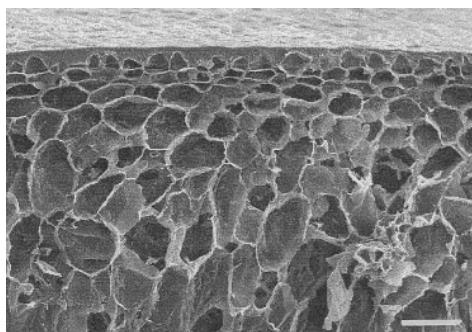
Obr. 7: Popraskané olivy, ktoré sa musia odstrániť pred spracovaním (Kailis a Harris, 2007).



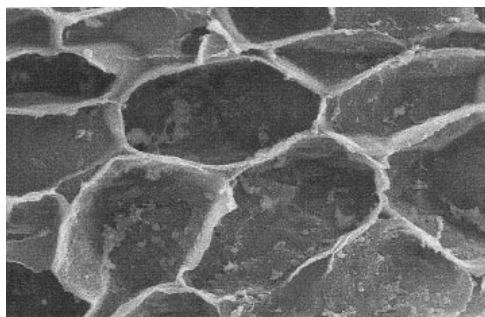
Obr. 8: Poškodené olivy, ktoré sa musia odstrániť pred spracovaním (Kailis a Harris, 2007).



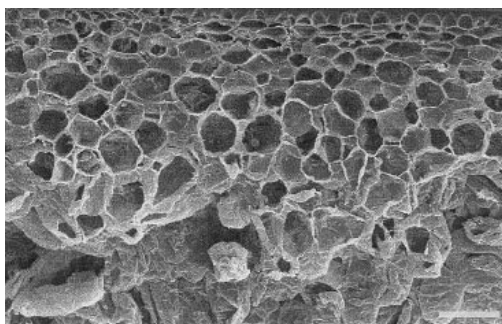
Obr. 9: Schéma exokarpu plodu olivy (Kailis a Harris, 2007).



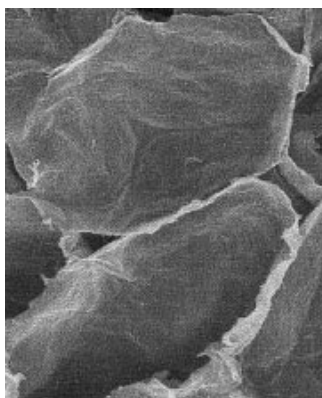
*Obr. 10: Skenová elektrónová mikroskopia porušených buniek pletiva u zelených olív (Mafra et al., 2001).*



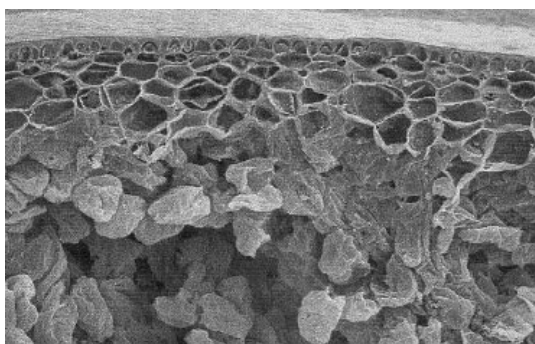
*Obr. 11: Parenchymatické bunky zelených olív (Mafra et al., 2001).*



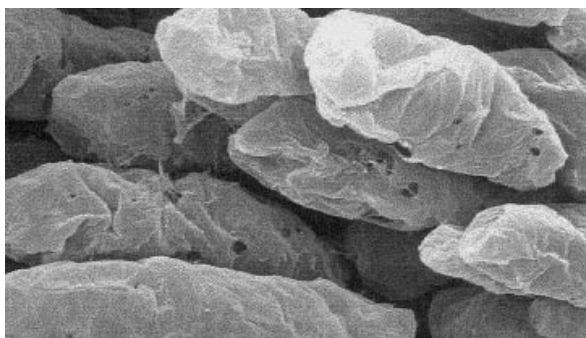
*Obr. 12: Skenová elektrónová mikroskopia začiatku separácie buniek u „cherry“ olív (Mafra et al., 2001).*



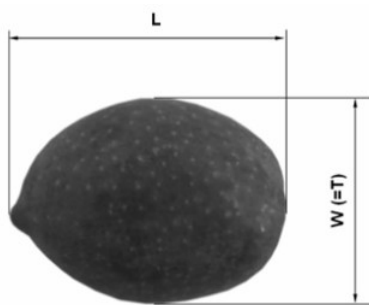
*Obr. 13: Parenchymatické bunky „cherry“ olív (Mafra et al., 2001).*



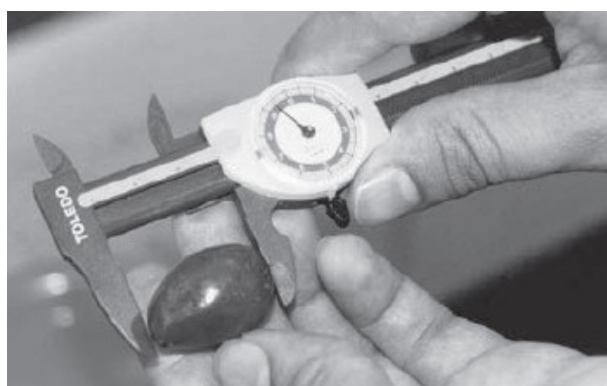
*Obr. 14: Skenová elektrónová mikroskopia pletiva štiepeného pozdĺž strednej lamely u čiernych olív (Mafra et al., 2001).*



*Obr. 15: Zánik pektínových polysacharidov parenchymatického pletiva u čiernych olív (Mafra et al., 2001).*



*Obr. 16: Meranie lineárnych rozmerov olivového plodu (Saracoglu et al., 2011).*



*Obr. 17: Stanovenie rozmerov olivy s použitím vreckového mikrometra (Kailis a Harris, 2007).*

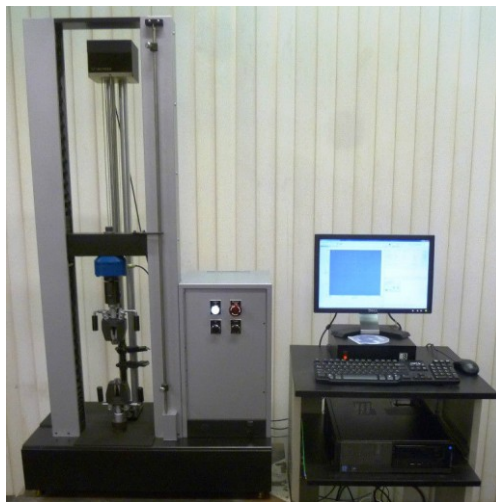


*Obr. 18: Digitálne posuvné meradlo (veos.sk, online).*





*Obr. 19: Penetrometer (amazon.com, online).*



*Obr. 20: Univerzálne testovacie zariadenie Instron (ebay.com, online).*

## 7 ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1: Typická silová krivka pre stlačený plod a kôstku olivy (force = sila, deformation = deformácia, area = energy = plocha = energia, rupture point = bod prasknutia) (Kılıçkan a Güner, 2008).....	48
Obr. 2: Znárodnenie troch osí a troch kolmých rozmerov olivového plodu a kôstky (Kılıçkan a Güner, 2008). ....	49
Obr. 3: Stanovenie šírky a hĺbky pomliaždenín u olivy (Saracoglu et al., 2011). ....	52
Obr. 4: Olivovník (Kailis a Harris, 2007).....	68
Obr. 5: Štruktúra plodu olivy (Kailis a Harris, 2007). ....	68
Obr. 6: Chemická štruktúra oleuropeínu (Kailis a Harris, 2007).....	68
Obr. 7: Popraskané olivy, ktoré sa musia odstrániť pred spracovaním (Kailis a Harris, 2007). ....	69
Obr. 8: Poškodené olivy, ktoré sa musia odstrániť pred spracovaním (Kailis a Harris, 2007). ....	69
Obr. 9: Schéma exokarpu plodu olivy (Kailis a Harris, 2007). ....	69
Obr. 10: Skenová elektrónová mikroskopia porušených buniek pletiva u zelených olív (Mafra et al., 2001).....	70
Obr. 11: Parenchymatické bunky zelených olív (Mafra et al., 2001). ....	70
Obr. 12: Skenová elektrónová mikroskopia začiatku separácie buniek u „cherry“ olív (Mafra et al., 2001).....	70
Obr. 13: Parenchymatické bunky „cherry“ olív (Mafra et al., 2001).....	71
Obr. 14: Skenová elektrónová mikroskopia pletiva štiepeného pozdĺž strednej lamely u čiernych olív (Mafra et al., 2001).....	71
Obr. 15: Zánik pektínových polysacharidov parenchymatického pletiva u čiernych olív (Mafra et al., 2001).....	71
Obr. 16: Meranie lineárnych rozmerov olivového plodu (Saracoglu et al., 2011). ....	72
Obr. 17: Stanovenie rozmerov olivy s použitím vreckového mikrometra (Kailis a Harris, 2007). ....	72
Obr. 18: Digitálne posuvné meradlo (veos.sk, online).....	72
Obr. 19: Penetrometer (amazon.com, online).....	73
Obr. 20: Univerzálne testovacie zariadenie Instron (ebay.com, online). ....	73

## 8 ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1: Hodnoty fyzikálnych vlastností pre plod a kôstku olivy odrody Gemlik (Kılıçkan a Güner, 2008). .....	40
Tab. 2: Fyzikálne a geometrické vlastnosti u štyroch skúmaných odrôd (Al-Widyan et al., 2010). .....	41
Tab. 3: Hodnoty namerané durometrom [mm] a penetrometrom [N] v rôznych stupňoch zrelosti (Mafra et al., 2001). .....	43
Tab. 4: Priemery a hmotnosť plodu olivy (Catania et al., 2015). .....	46
Tab. 5: Porovnanie mechanických vlastností u surových a suchosolených olív (Cardoso et al., 2008). .....	47
Tab. 6: Mechanické vlastnosti odrôd Gerd, Marri a Roghani (Lavasani et al., 2011). ...	50
Tab. 7: Vybrané geometrické a hydrodynamické vlastnosti skúmané u odrôd Memecik a Domat (Saracoglu et al., 2011). .....	53
Tab. 8: Hodnoty plochy pomliaždenín v mm <sup>2</sup> pre odrody Memecik a Domat z rôznej výšky pádu (Saracoglu et al., 2011). .....	53