



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**



**Департман за фитомедицину и
заштиту животне средине**

Александра Тодић

дипл. инж. пољопривреде

**ВИРУЛЕНТНОСТ ИЗОЛАТА *NEOFABRAEA ALBA* НА
РАЗЛИЧИТИМ СОРТАМА ЈАБУКЕ У УСЛОВИМА
СКЛАДИШТЕЊА**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2023.



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**



**Департман за фитомедицину и
заштиту животне средине**

Кандидат

Александра Тодић

Ментор

проф. др Вера Стојшин

**ВИРУЛЕНТНОСТ ИЗОЛАТА *NEOFABRAEA ALBA* НА
РАЗЛИЧИТИМ СОРТАМА ЈАБУКЕ У УСЛОВИМА
СКЛАДИШТЕЊА
МАСТЕР РАД**

Нови Сад, 2023.

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ	3
2.1. ЈАБУКА	3
2.1.1. Сортимент јабуке	5
2.2. СКЛАДИШНИ ПАТОГЕНИ ЈАБУКЕ	6
2.2.1. <i>Neofabraea</i> spp.	7
2.2.2. <i>Neofabraea alba</i>	8
2.2.3. Морфолошке одлике <i>Neofabraea alba</i>	10
2.3. ТИПОВИ ХЛАДЊАЧА ЗА ЧУВАЊЕ ЈАБУКА	12
2.4. УТИЦАЈ ИНФЕКЦИЈЕ И СКЛАДИШТЕЊА НА ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛОДА ЈАБУКЕ	14
3. ЗАДАТАК И ЦИЉ РАДА	16
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА	17
4.1. ИЗОЛАТ ФИТОПАТОГЕНЕ ГЉИВЕ	17
4.2. СОРТЕ ЈАБУКЕ КОРИШЋЕНЕ У ОГЛЕДУ	18
4.3. ИСПИТИВАЊЕ РЕАКЦИЈЕ СОРТИМЕНТА ЈАБУКЕ УСЛЕД ВЕШТАЧКЕ ИНОКУЛАЦИЈЕ <i>NEOFABRAEA ALBA</i>	19
4.4. УТИЦАЈ СОРТЕ ЈАБУКЕ НА РАЗВОЈ НЕКРОЗЕ И МОРФОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ <i>NEOFABRAEA ALBA</i>	20
4.5. УТИЦАЈ ВЕШТАЧКЕ ИНОКУЛАЦИЈЕ <i>NEOFABRAEA ALBA</i> НА ФИЗИЧКЕ И ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛОДА ЈАБУКЕ	21
4.5.1. Губитак масе плода	21
4.5.2. Чврстоћа плода	21
4.5.3. Садржај растворљивих сувих материја (PCM) и укупан садржај киселина плода	21
4.5.4. pH вредност плода	22
5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА	24
5.1. РАЗВОЈ НЕКРОЗЕ И МОРФОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ <i>NEOFABRAEA ALBA</i> НА СОРТАМА ЈАБУКЕ	24
5.1.1. Развој некротичног ткива на зараженим плодовима	24
5.1.2. Утицај сортимена на присуство мицелије <i>Neofabraea alba</i> на вештачки инокулисаним плодовима	25
5.1.3. Заступљеност формираних репродуктивних структура	27

5.1.4. Утицај сорте на присуство конидија <i>Neofabraea alba</i>	28
5.2. УТИЦАЈ ВЕШТАЧКЕ ИНОКУЛАЦИЈЕ ПЛОДА <i>NEOFABRAEA ALBA</i> ИЗОЛАТОМ НА ПАРАМЕТРЕ КВАЛИТЕТА СОРТИ ЈАБУКЕ.....	30
5.2.1. Губитак масе плода јабуке	30
5.2.2. Чврстоћа плода јабуке	31
5.2.3. Садржај растворљивих сувих материја и укупан садржај киселина плода јабуке	32
5.2.4. рН вредност плода	34
6. ЗАКЉУЧАК	36
7. ЛИТЕРАТУРА.....	39

ВИРУЛЕНТНОСТ ИЗОЛАТА *NEOFABRAEA ALBA* НА РАЗЛИЧИТИМ СОРТАМА ЈАБУКЕ У УСЛОВИМА СКЛАДИШТЕЊА

Александра Тодић

РЕЗИМЕ

Фитопатогена гљива *Neofabraea alba* значајан је проузроковач трулежи ускладиштених плодова јабуке широм света. Инфекција се најчешће остварује током периода вегетације, али се симптоми трулежи испољавају неколико месеци касније, током складиштења. На зараженим плодовима долази до развоја некрозе и испољавања морфолошких карактеристика *Neofabraea alba*. Појава трулежи утиче на промене квалитета плода током периода складиштења, чији интензитет је условљен типом хладњаче и сортиментом. Циљ овог рада је да се утврди реакција генотипова јабуке на вештачку инокулацију *Neofabraea alba* изолата Ј67/2, као и да се испита утицај сортимента јабуке на бујност мицелије, појаву репродуктивних структура и интензитет спорулације *Neofabraea alba* на вештачки инокулисаним плодовима, чуваним у условима нормалне атмосфере. Такође, циљ рада је и испитивање утицаја инфекције *Neofabraea alba* на нарушавање квалитета плода јабуке: утицај на физичке карактеристике (губитак масе и чврстоћу плода) и на хемијски састав плода јабуке (садржај растворљивих сувих материја, укупних киселина и рН вредност плода). Овим радом је утврђена значајна разлика у развоју некрозе, као и морфологији патогена, зависно од сортимента. Међу осам испитаних сорти, највећи пречник некрозе услед вештачке инокулације *Neofabraea alba* утврђен је на сорти ајдаред. Резултати овог рада указују на формирање два типа ацервула *Neofabraea alba*, зависно од сорте и плода јабуке. Први пут у свету утврђено је присуство микроконидија у *in vivo* условима. Резултати овог рада указују и на значајну разлику између сорти, као и вештачки инокулисаних и контролних плодова у погледу промена физичко-хемијских карактеристика плода услед инфекције *Neofabraea alba*.

Кључне речи: *Neofabraea alba*, јабука, трулеж плода, сорте, услови складиштења

VIRULENCE OF *NEOFABRAEA ALBA* ISOLATE ON DIFFERENT APPLE CULTIVARS UNDER STORAGE CONDITIONS

Aleksandra Todić

SUMMARY

The plant pathogenic fungi *Neofabraea alba* is a significant cause of stored apple fruits rot worldwide. Infection most often occurs during the growing season, but symptoms of rot appear several months later, during storage. Infected fruits develop necrosis and manifest the morphological characteristics of *Neofabraea alba*. The appearance of rot affects changes in the quality of the fruit during the storage period, the intensity of which is determined by the type of cold storage and cultivars. The aim of this study is to determine the reaction of apple genotypes to the artificial inoculation of *Neofabraea alba* isolate J67/2, as well as to examine the influence of apple cultivars on mycelial abundance, the appearance of reproductive structures and the intensity of *Neofabraea alba* sporulation on artificially inoculated fruits, stored under NA conditions. Also, the aim of this study is to examine the impact of *Neofabraea alba* infection on the deterioration of apple fruit quality: the impact on physical characteristics (weight loss and firmness of the fruit) and on the chemical composition of the apple fruit (soluble solids content, titratable acidity and pH value of the fruit). This work established a significant difference in the development of necrosis, as well as the morphology of the pathogen, depending on the cultivars. Among the eight tested cultivars, the largest diameter of necrosis due to artificial inoculation of *Neofabraea alba* was found on cultivar aidared. The results of this work indicate the formation of two types of acervulii *Neofabraea alba*, depending on the apple cultivars and fruit. For the first time in the world, the presence of microconidia in *in vivo* conditions was observed. The results of this study indicate a significant difference between cultivars, as well as artificially inoculated and controlled fruits in terms of changes in the physical-chemical characteristics of the fruit due to *Neofabraea alba* infection.

Keywords: *Neofabraea alba*, apple, fruit rot, cultivars, storage conditions

1. УВОД

Јабука (*Malus domestica* Borkh.) представља једну од најзначајнијих воћних врста по обиму производње и потрошње на светском нивоу. Годишња производња јабуке у свету премашује 90.000.000 t, при чему је Кина убедљиво највећи светски произвођач (FAOSTAT, 2021).

Захваљујући добрим агроколошким и климатским условима, у Републици Србији се обим производње и површине под јабуком стално увећавају (Магазин и сар., 2022). Према подацима Министарства пољопривреде Републике Србије за 2021. годину, по површинама на којима се узгаја, јабука се налази на другом месту међу воћним врстама, одмах иза шљиве.

Јабука је веома заступљена у исхрани људи широм света, због пријатног укуса, богато садржаја витамина и минерала, као и релативно високе хранљиве вредности. Од укупне количине произведених јабука, око 2/3 јабука потроши се у свежем стању, због чега је неопходно обезбедити добре услове складиштења (Стевановић и сар., 2022). Плодови јабуке се могу складиштити до 12 месеци у најсавременијим системима складиштења, што за циљ има продужетак животног века плода успоравањем метаболичких процеса који утичу на његово сазревање (Tahir, 2006). Јабуке се могу чувати у NA (енг. Normal Atmosphere), CA (енг. Controlled Atmosphere), ULO (енг. Ultra Low Oxygen) и DCA (енг. Dynamic Controlled Atmosphere) типу хладњаче, при чему је за одржавање квалитета плода најефикаснија DCA хладњача (Onursal и Коунсу, 2021).

Најраспрострањенији фитопатогени проузроковачи трулежи плода јабуке припадају врстама рода: *Penicillium*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Monilinia*, *Mucor*, *Fusarium*, *Alternaria* и *Neofabraea* (Rosenberg, 1990; Turechek, 2004).

Neofabraea spp. наводе се као значајни проузроковачи трулежи ускладиштених плодова јабуке широм света (Amaral Carneiro и сар., 2022). *Neofabraea alba* представља најраспрострањенију врсту овог рода која проузрокује трулеж плода јабуке у континенталној Европи (Michalecka и сар., 2016). *Neofabraea alba* формира ацервуле на опалом лишћу, местима орезивања грана, оштећеним пупољцима и трулим плодовима, у оквиру којих настају конидије (Tan и Burchill, 1972). Инфекција плода јабуке конидијама *Neofabraea alba* најчешће се одвија кроз лентицеле током вегетације, док се симптоми трулежи јављају неколико месеци након бербе (Henriquez, 2005; Neri и сар., 2009).

Сорте јабуке показују различиту реакцију према инфекцији *Neofabraea alba*, услед разлика у хемијском саставу плода (Tahir и Gustavsson, 2009). Код плодова јабуке заражених патогеном *Neofabraea* spp., долази до промена у параметрима квалитета током складиштења. Уочава се промена у чврстоћи плода, као и у хемијским карактеристикама инфицираног плода јабуке (садржаја растворљивих сувих материја, садржаја укупних киселина и рН вредности) (Cameldi и сар., 2017; Di Francesco и сар., 2019).

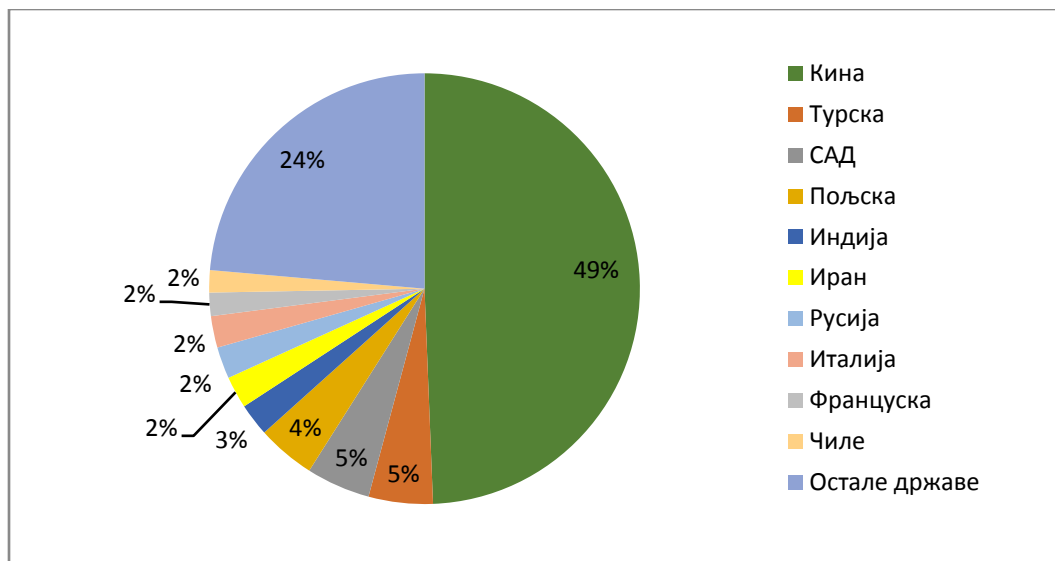
Услед повећања производње јабука у Републици Србији, као и све веће заступљености *Neofabraea alba*, испитивање реакције генотипова најзначајнијих сорти јабуке на инфекцију *Neofabraea alba* је од великог значаја. Досадашња испитивања су се превасходно заснивала на познавању и дефинисању морфолошких карактеристика *Neofabraea alba* у *in vitro* условима, док малобројна истраживања указују на утицај различитих помолошких карактеристика плода и услова складиштења на инфекцију, развој некрозе као и морфологију патогена. Поред тога, потребна су детаљнија проучавања утицаја развоја некрозе на хемијске и физичке карактеристике плода јабуке, при чему се очекује различит одговор сорте на присуство патогена.

2. ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

2.1. ЈАБУКА

Јабука (*Malus domestica* Borkh.) је економски најзначајнија врста рода *Malus*, која води порекло из централне Азије (Juniper и сар., 1996). Настанак ове врсте води порекло са планине Тјен Шан, одакле се њено узгајање проширило у Европу. Домаћа јабука је првобитно настала од дивље врсте *Malus sieversii*, након хибридизације са другим врстама рода *Malus* (*Malus baccata*, *Malus orientalis* и *Malus sylvestris*) (Cornille и сар., 2014). Она заузима централно место у култури, уметности и народном предању, а позната по својим квалитетима узгаја се од давнина (Juniper и сар., 1996). Постоји више од 30.000 варијетета јабуке у свету (Strohm, 2013). Јабука се производи у 96 земаља широм света за потребе домаћег становништва и за извоз (Vasylieva и Harvey, 2021). Поред потрошње у свежем стању, јабука се користи као сировина за индустријску прераду, при прављењу ракије, мармелада, слатког, сокова, сирћета и других производа (Максимовић, 2018).

Захваљујући способности дугог чувања и транспортабилности, јабука је доступна током целе године. Просечна потрошња јабуке по глави становника на светском нивоу износи од 20 kg до 30 kg годишње (Bohn и Bouayed, 2020). Светска производња јабука током последњих 60 година бележи стални пораст (FAOSTAT, 2021). Према подацима из 2021. године производња јабуке у свету износи 93.144.358 t. Водеће земље по произведеним количинама су Кина (45.984.858 t), Турска (4.493.264 t) и Сједињене Америчке Државе (4.467.206 t) (FAOSTAT, 2021). Међу десет највећих произвођача јабуке у свету, убрајају се државе Европе, Азије, Северне и Јужне Америке. У њима се произведе више од 75% укупне количине јабука (Графикон 1.). Повећањем приноса, површине под засадама јабуке се смањују на глобалном нивоу.



Графикон 1. Удео 10 највећих произвођача јабуке у светској производњи јабука (FAOSTAT, 2021)

Република Србија заузима 13. позицију по производњи јабука у Европи са уделом од 2,6% (FAOSTAT, 2021). Према подацима Министарства пољопривреде Републике Србије за 2021. годину, јабука се гаји на површини од 27.034 ha, док укупна производња износи 513.238 t, чиме Србија учествује са 0,6% у светској производњи јабука (РЗС, 2021). Региони у Србији који имају најразвијенију производњу јабуке су Подунавље, Срем, Северна и Јужна Бачка, Јужни Банат и Шумадија (Кесеровић и сар., 2016).

Профитабилност воћарске производње условљена је квалитетом производа и технологијом гајења воћа, који морају бити усклађени са захтевима тржишта (Милић и Булатовић, 2017). Последњих година, услед интензификације и модернизације производње јабука, долази до промене у структури произвођача. Расте број компанија чији савремени интензивни засади јабука заузимају површину од 30 ha до 250 ha, где се остварује просечан принос од 50 до 70 t/ha, са фокусом на максимални проценат јабука прве класе (РЗС, 2021). Савремени засади јабуке најзаступљени су на територији Војводине. Значајан део површина под јабукама у Србији и даље чине екстензивни засади, услед чега је обим производње много мањи од очекиваног (Магазин и сар., 2022).

Рентабилност и профитабилност јабуке се огледа кроз конкуретност на тржишту. Према вредностима извоза из Србије, јабука заузима друго место у поређењу са осталим воћним врстама. Такође, потреба за јабуком је у последњих 5 година у константном порасту, а

земље са највећим процентом увоза нашег производа су Русија (85,45% извезених јабука), као и земље Блиског и Средњег истока (Јермић и сар., 2022; Магазин и сар., 2022).

2.1.1. Сортимент јабуке

Квалитет јабуке се огледа у вредностима физичко-хемијских карактеристика. Најзначајније физичке карактеристике плода јабуке су: величина (дужина и ширина плода), облик, боја и присуство пигмента, као и чврстоћа, док се од хемијских параметара најчешће испитују: садржај растворљивих сувих материја, садржај укупних киселина и рН вредност плода (Bongers и сар., 1994). Један од пресудних фактора који утиче на одржавање квалитета и дужину чувања плода јабуке је одређивање оптималног момента бербе јабука, када се испитују следећи параметри: јодно-скробни тест, чврстина мезокарпа, садржај растворљиве суве материје, као и промена основне боје покожице плода (Кесеровић и сар., 2016). Сазревањем плод губи зелену боју услед разградње хлорофила, долази до смањења садржаја киселина и повећања садржаја простих шећера, док чврстина плода опада (Кесеровић и сар., 2016).

Значајну улогу у избору сорти јабука за производњу има тржиште, које диктира сортимент у зависности од потреба конзумног становништва. Иако постоји велики број варијетета јабуке, у свету је комерцијално значајно између 20 и 40 сорти (Strohm, 2013). Различите сорте доминирају у одређеним регионима гајења јабука. У Сједињеним Америчким Државама расте производња сорти фуџи, крипс пинк и пинк лејди, док се производња сорти црвени и златни делишес смањује (USApple, 2021). Најзаступљенија сорта јабуке у Европи је златни делишес (18,1%), док су значајне и сорте гала (13,3%), ајдаред (5,8%), црвени делишес (5,5%) и шампион (4%) (WAPA).

Према подацима Министарства пољопривреде из 2017. године најзначајније сорте у производњи јабука у Србији су: ајдаред (41% укупних површина под јабукама), златни делишес (14%), грени смит (12%) и црвени делишес (8%). Пратећи трендове у свету, Кесеровић и сар. (2016) за подизање интензивних засада јабуке у Србији предлажу клонове следећих сорти: златни делишес, грени смит, црвени делишес, јонаголд, гала и

бребурн. Захваљујући повећању броја високоинтензивних засада у нашој земљи, сортимент јабука се мења. Према Магазин и сар. (2022), произвођачи јабука у Србији прате водећи сортимент у свету и у потпуности одговарају захтевима тржишта. Као водеће сорте наводе се: гала, златни делишес, црвени делишес, група јонаголд, ајдаред, бребурн, грени смит и фуци.

2.2. СКЛАДИШНИ ПАТОГЕНИ ЈАБУКЕ

Плод јабуке садржи велику количину шећера и нутријента, што их чини погодним за развој гљива (Prasad, 2007). Јабука се може чувати и до 12 месеци у хладњачи, када услед повољних услова може доћи до развоја фитопатогених обољења (Sutton и сар., 2014). Проузроковачи трулежи ускладиштених плодова доводе до великих губитака, од 5% до 25% у развијеним земљама, док у неразвијеним губици могу да премаше 50% (Kader, 2004). Главни фактори који утичу на развој фитопатогеног обољења током периода складиштења су присуство инокулума и мере заштите у воћњаку, осетљивост сортимента јабуке, временски услови, као и време бербе (Blažek и сар., 2006; Børve и сар., 2013). Досадашња истраживања указују на постојање преко 90 врста фитопатогених гљива које проузрокују болести на плодовима јабуке, међутим утврђено је да само неколико врста узрокује економски значајне штете у складиштима (Jones и Aldwinkle, 1990; Sutton и сар., 2014). Доминантни проузроковачи трулежи ускладиштених плодова су врсте: *Penicillium expansum*, *Botrytis cinerea*, *Alternaria tenuissima* и *Mucor pyriformis*, док су заступљене и врсте *Monilinia fructigena*, *Fusarium* spp., *Neofabraea* spp., *Colletotrichum* spp., *Botryosphaeria obtusa* и др. (Konstantinou и сар., 2011; Gratina-Ievina, 2015). У поређењу са НА хладњачом, у условима хладњаче са контролисаном атмосфером редукована је појава трулежи плода јабуке проузрокована фитопатогеним гљивама. Највећи проценат трулих плодова уочен је при чувању јабука у НА условима, где су најзаступљеније врсте *Penicillium expansum*, *Monilinia fructigena*, *Neofabraea alba*, *Colletotrichum acutatum* и *Botrytis cinerea*, док је у ULO условима значајно мањи проценат појаве трулежи плода јабуке проузрокован врстама *Neofabraea alba*, *Monilinia fructigena*, *Botrytis cinerea*,

Penicillium expansum, *Fusarium avenaceum*, *Phomopsis eres* и *Mucor circinelloide* (Juhnevic-Radenkova и сар., 2016).

2.2.1. *Neofabraea* spp.

Врсте рода *Neofabraea* припадају разделу *Ascomycota*, класи *Leotiomycetes*, реду *Helotiales* и породици *Dermateaceae*. Род *Neofabraea* је уведен у таксономију 1913. године, након открића полног стадијума и идентификације врсте *Neofabraea malicorticis*, проузроковача антракнозног рака јабуке (Chen и сар., 2016). Врсте рода *Neofabraea* су познате као патогени великог броја биљних врста. Њихова појава уочена је на јабучастом воћу, тополи, јасену, кивију, цитрусима, маслинама, виновој лози и др. (Verkley, 1999; Kasanen и сар., 2002; Rossman и сар., 2002; Johnston и сар., 2004; Zhu и сар., 2012; Rooney-Latham и сар., 2013; Lengyel и сар., 2020). Инфекције врстама *Neofabraea* рода могу се испољити на плоду, листу и стаблу биљака у виду трулежи, пегавости и рак рана.

Као проузроковачи трулежи јабучастог воћа рода *Neofabraea* наводе се врсте: *Neofabraea alba* (Guthrie), *Neofabraea malicorticis* (анаморф: *Cryptosporiopsis curvispora*) (Cordley), *Neofabraea perennans* (анаморф: *Cryptosporiopsis perennans*) (Kienholz), *Neofabraea kienholzii* (анаморф: *Cryptosporiopsis kienholzii*) (Seifert, Spotts и Lévesque), *Neofabraea actinidae* и *Neofabraea brasiliensis* (Cameldi и сар., 2017; Michalecka и сар., 2016; Pešicová и сар., 2017; Johnston и сар., 2004; Sanhueza, 2015). Ове врсте на плоду јабуке проузрокују обољење познатије као “Bull’s eye rot” (“биково око“), једно од најважнијих обољења које се појављује након бербе широм Европе, Северне и Јужне Америке и Аустралије (Cameldi и сар., 2017; Gariepy и сар., 2005; Henriquez и сар., 2004; Soto-Alvear и сар., 2013; Spotts и сар., 2009; Wenneker и Thomma, 2020; Cunnington, 2004).

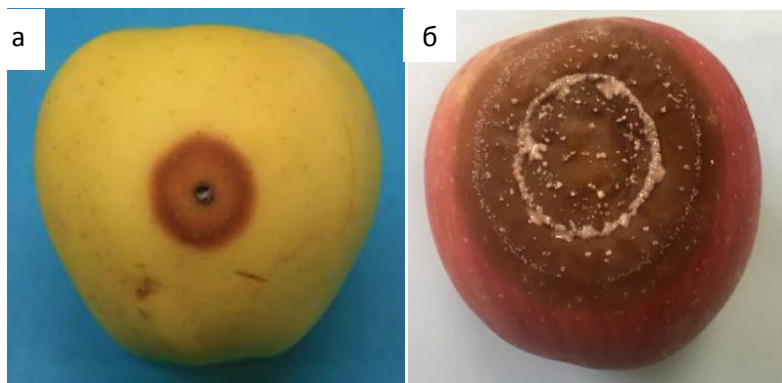
Трулеж плода јабуке проузрокована врстама *Neofabraea* spp. појављује се на већини комерцијалних сорти јабуке, са учесталošћу преко 40%, у годинама погодним за инфекцију патогеном (Cameldi и сар., 2017; Soto-Alvear и сар., 2013). На учесталост појаве трулежи ускладиштених плодова јабуке, проузроковане *Neofabraea* spp., утиче дужина периода чувања јабука у хладњачи. Чувањем плодова у периоду краћем од 4 месеца, смањује се могућност појаве симптома (Gariepy, 1994). У условима контролисане атмосфере може се спречити појава болести ускладиштених плодова. У *in vitro* условима

значајно је инхибиран развој колоније *Neofabraea alba*, услед утицаја ниског нивоа CO₂ на продукцију пектолитичких ензима патогена (Edney, 1964).

2.2.2. *Neofabraea alba*

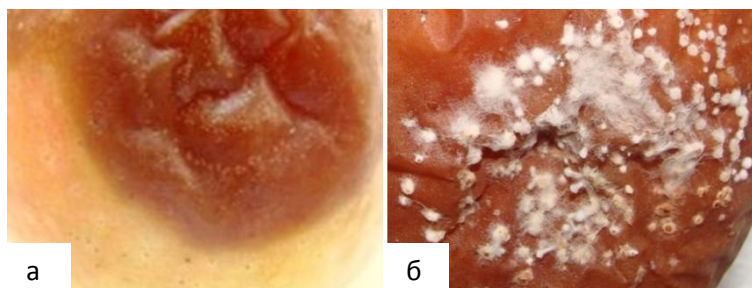
Врста *Neofabraea alba* (анаморф: *Phlyctema vagabunda* Desm.) откривена је 1847. године у Француској (Everett и сар., 2022). *Neofabraea alba* представља најраспрострањенијег патогена рода *Neofabraea* који проузрокује трулеж плода јабучастих врста у Европи (Michalecka и сар., 2016). Поред јабуке, као најзначајнијег домаћина, *Neofabraea alba* се појављује и на јасену, маслинама, врстама *Rubus* spp., *Sambucus* spp. и многим другим (Putnam и Adams, 2005; Romero и сар., 2016; Russouw, 2019). *Neofabraea alba* живи као сапрофит на мртвој кори јабуке, крушке и маслине, али и на многим дрвенастим и зељастим биљкама (Wenneker и Köhl, 2013). Присуство овог патогена уочено је и у Северној Америци (Spadaro и сар., 2020), Аустралији (Cunnington, 2004), Чилеу (Henriquez, 2005), Јапану (Sato и сар., 2021), Новом Зеланду (Johnston и сар., 2005) и Јужној Африци (Den Breeuyn и сар., 2020), док се у Кини сматра карантинском врстом (Сао и сар., 2013). У Србији је трулеж плода јабуке проузрокована врстом *Neofabraea alba* први пут забележена 2016. године (Vico и сар., 2016).

На плоду јабуке се симптоми трулежи појављују неколико месеци након бербе, током чувања јабука у хладњачи (Everett и сар., 2022), где се зараза не преноси са инфицираног на здрав плод (Dugan и сар., 1993). На pokožици зараженог плода јављају се кружне, равне до угнуте лезије, са карактеристичним светлосмеђим концентричним круговима окруженим тамнијим зонама (Wilkinson, 1944) (Слика 1а). На једном плоду може се уочити већи број лезија (Neri и сар., 2009). Оне се углавном појављују око лентицела, али и на месту ране и око дршке и чашице плода (Snowdon, 1991). Труло ткиво је чврсто и тешко се одваја од здравог ткива (Spotts и сар., 2009). У оквиру лезије временом се развија беличаста мицелија са масом светложутих конидија (Wilkinson, 1944; Spotts и сар., 2009) (Слика 1б).



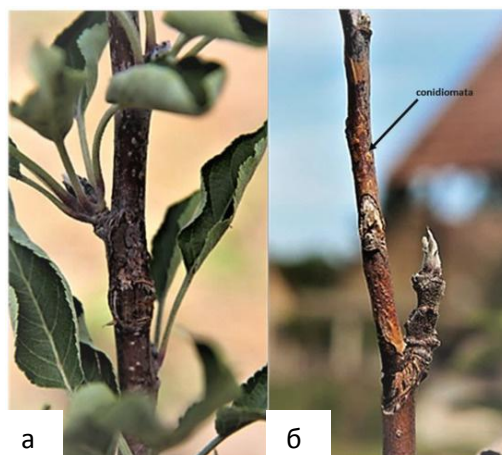
Слика 1. Симптоми трулежи проузроковани патогеном *Neofabraea* sp. на плоду јабуке: а - светлији центар и тамнији спољашњи ореол, б - појава мицелије са масом спора на зараженом плоду (Amiri, 2020)

У каснијим стадијумима развоја болести, у оквиру некротираног дела плода јабуке формирају се субепидермалне, или испупчене ацервуле у којима се стварају макрокониције и микрокониције (Cameldi и сар., 2017) (Слика 2).



Слика 2. Присуство ацервула *Neofabraea alba* на плоду јабуке: а – ситне, субепидермалне ацервуле, б – крупне, испупчене ацервуле прекривене белом мицелијом (Cameldi и сар., 2017)

Neofabraea alba формира две врсте рак рана на гранчицама јабуке: краће, утонуле, изоловане од здравог ткива, без видљивих ацервула, и дуже рак ране са различитом бојом на површини ткива и појавом црних ацервула (Vukotiћ и сар., 2022) (Слика 3).



Слика 3. Симптоми на гранчицама јабуке проузроковани *Neofabraea alba*: а - рак ране без видљивих ацервула, б - рак ране са видљивим ацервулама (Vukotić и сар., 2022)

Врсте рода *Neofabraea* spp. могу да остваре латентну инфекцију плода током вегетације, од фенофазе опадања круничних листића до бербе, при чему сазревањем плод постаје подложнији инфекцији (Aguilar и сар., 2017). Конидије које се ослобађају из ацервула, формираних на трулим плодовима и рак ранама стабла, представљају извор инокулума за заразу плода јабуке (Cameldi, 2015). До инфекције плода долази услед дисперзије конидија, путем кише, или наводњавањем, клијањем хифе најчешће кроз лентицеле на површини плода (Giraud и Vompreix, 2012). Конидије се стварају током целе године, али највећа спорулација јавља се током јесени (Henriquez и сар., 2006). Поред температуре између 15 °C и 20 °C, која је оптимална за клијање спора, неопходна је и висока влажност ваздуха. При ниској влажности, долази до затварања лентицела плода јабуке, када је он потпуно отпоран на инфекцију *Neofabraea* spp. (Vompreix, 1978).

2.2.3. Морфолошке одлике *Neofabraea alba*

Иако је обољење које проузрокује *Neofabraea alba* широко распрострањено, недовољно је информација о морфолошким карактеристикама патогена услед потешкоћа у култивацији колонија и формирању и добијању конидија у *in vitro* условима (Cameldi, 2015). Најповољнија подлога за раст *Neofabraea alba* је ОА (енг. oat-meal agar) (Hortova и сар., 2014). Узгајањем *Neofabraea alba* на ОА подлози формира се бела, равна и глатка мицелија, са кружним распоредом хифа, која временом постаје тамнија (Chen и сар.,

2016). На КДА подлози *Neofabraea alba* ствара кружне колоније правилних ивица које споро расту, при чему беличаста мицелија временом добија розикасто-смеђу боју (Нортова и сар., 2014; Вико и сар., 2016) (Слика 4).



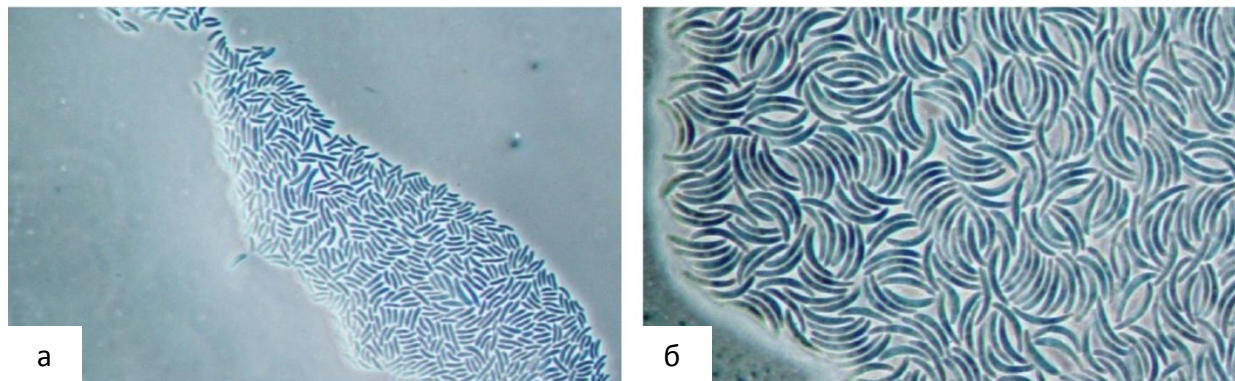
Слика 4. Изглед колоније *Neofabraea alba* на КДА подлози (Trouillas и сар., 2019)

Neofabraea alba на КДА подлози продукује асептиране, закривљене макроконидије (Gariery и сар., 2005). На вештачкој подлози појављују се веће макроконидије него у *in vivo* условима, док су микроконидије примећене само у *in vitro* условима (Verkley, 1999). У *in vitro* условима, макроконидије су асептиране, закривљене са заобљеним врховима величине $20-34 \times 2,6-4 \mu\text{m}$, док су микроконидије асептиране, равне, или закривљене са заобљеним врховима величине $10-21 \times 1-1,4 \mu\text{m}$ (Chen и сар., 2016) (Слика 5). Присуство микроконидија често није уочено (Gariery и сар., 2005; Vico и сар., 2016).



Слика 5. Макроконидије и микроконидије *Neofabraea alba* под микроскопом (Chen и сар., 2016)

Утврђена два морфотипа *Neofabraea alba* стварају конидије које се међусобно разликују. Изолати морфотипа I стварају кратке, равне конидије, док су конидије изолата морфотипа II дугачке и закривљене (Cameldi и сар., 2017) (Слика 6).



Слика 6. Изглед конидија *Neofabraea alba*: а - кратке, равне конидије (изолат морфотипа I), б - дугачке, закривљене конидије (изолат морфотипа II) (Cameldi и сар., 2017)

Појава полног стадијума *Neofabraea alba* веома је ретка. Само у *in vivo* условима уочено је формирање апотеција са аскусима величине $125-150 \times 13-24 \mu\text{m}$, док су аскоспоре, које имају од 3 до 6 септи, величине $20-30 \times 7-10 \mu\text{m}$ (Guthrie, 1959).

2.3. ТИПОВИ ХЛАДЊАЧА ЗА ЧУВАЊЕ ЈАБУКА

Након бербе јабука мали проценат плодова се конзумира одмах, док се највећи део плодова чува у хладњачама и доступно је тржишту током целе године (Ковац и сар., 2010). Како би се смањили губици, одржао квалитет и продужио период чувања плодова јабуке, неопходно је контролисати услове у складиштима (Стевановић и сар., 2015). Технологија чувања воћа у свету, као и код нас, заснована је на примени савремених хладњача. У сврху чувања јабука користе се различите врсте хладњача: хладњача са нормалном атмосфером, са непромењеним саставом атмосфере, у којима се температура одржава на $2-3 \text{ }^\circ\text{C}$ и хладњача са контролисаном атмосфером. У хладњачама са контролисаном атмосфером се, осим температуре, контролише циркулација и влажност ваздуха, као и састав атмосфере. Тиме се прецизно контролишу концентрације гасова у хладњачи. Смањена концентрација

CO₂ у СА условима складиштења утиче на смањење продукције етилена, док је у НА условима, услед постојећег стања ових гасова у атмосфери, период чувања знатно краћи (Дое, 2020). Постоје различити типови хладњача са контролисаном атмосфером: LO-СА (енг. Low Oxygen), ULO-СА и DCA.

Еколошки фактори као што су температура, релативна влажност ваздуха, и нивои O₂, CO₂ и етилена су најчешће варијабле које се контролишу коришћењем различитих техника складиштења. Манипулација температуром и атмосферским гасовима у хладњачи (O₂ и CO₂) најбољи је начин за продужење периода складиштења плода јабуке (Salveit, 2003). Температура има највећи утицај на брзину нарушавања квалитета плода јабуке након бербе. Ниска температура утиче на смањење нивоа респирације и тиме на продужење периода чувања, али истовремено повећава влажност ваздуха, што фаворизује раст патогених микроорганизама (Дое, 2020). Смањење нивоа кисеоника у хладњачи има бројне предности: смањује се продукција етилена, аеробно дисање, ензиматска оксидација, појава промене боје плода и деградација хлорофила, чиме се одржава чврстоћа плода, као и концентрација шећера, органских киселина и витамина (Wright и сар., 2015).

Хладњаче са контролисаном атмосфером у којима се смањује концентрација кисеоника са 21% на концентрацију оптималну за одређену врсту, са истовременим повећањем удела угљен-диоксида највише погодује чувању плодова јабуке. Нижи ниво кисеоника у СА хладњачама омогућава боље услове за очување квалитета плода, те се разликују LO, када је O₂ у интервалу 1,5-2%, ULO са 1-1,5% O₂ и DCA са садржајем кисеоника испод 1% (Стевановић и сар., 2015). У ULO хладњачама је релативна влажност вадуха повећана, како би се спречило исушивање и смежуравање плодова.

Након што је подигнута прва ULO хладњача у Србији 2004. године, бележи се стално повећање броја ULO хладњача, у којима је могуће чување плодова јабуке и до годину дана (Магазин и Ђуровић, 2017), што је за 3 до 6 месеци дуже него у НА хладњачама (Стевановић и сар., 2015).

Најновији тип хладњаче са контролисаном атмосфером представља DCA хладњача захваљујући којој се ниво кисеоника може смањити и до 0,4% (Магазин и Ђуровић, 2017). У DCA хладњачи концентрација кисеоника прилагођава се тренутном стању плода јабуке,

пратећи анаеробни стрес (Обрадовић и сар., 2015). Током ДСА складиштења чврстоћа плода опада спорије у поређењу са класичном СА хладњачом, што обезбеђује бољу заштиту плода од продора фитопатогених гљива и омогућава дуже чување (Ahmadi-Afzadi и сар., 2013). Истраживања показују да су ДСА хладњаче ефикасне у одржавању физичко-хемијских својстава (чврстоћа, боја, пигмент, садржај укупних растворљивих сувих материја и укупне киселости) плода јабуке (Mditshwa и сар., 2018), док чување јабука у условима нормалне атмосфере негативно утиче на облик, величину и укус плодова (Kogićanac и сар., 2019).

2.4. УТИЦАЈ ИНФЕКЦИЈЕ И СКЛАДИШТЕЊА НА ФИЗИЧКО-ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛОДА ЈАБУКЕ

Физиолошки процеси у плодовима јабуке одвијају се и након бербе, те се наставља активност ензима, респирација, као и трансформација органске материје, при чему се мења хемијски састав плодова. У току процеса дисања, у присуству кисеоника долази до оксидације органске материје, при чему се ослобађа CO_2 , водена пара и топлота дисања (Стевановић и сар., 2022). Квалитет плодова јабуке након бербе није могуће унапредити, те се адекватним чувањем може утицати на очување постојећих особина плода.

Приликом оцењивања квалитета плода, један од најважнијих показатеља је чврстоћа плода. Губитак чврстоће повезан је са смањењем садржаја воде и производњом етилена, чиме се убрзава сазревање плода, иницирајући ензиме који омекшавају ћелијски зид (Mditshwa и сар., 2018; Doe, 2020). Складиштењем у НА условима, долази до великих губитака у чврстоћи мезокарпа плода јабуке на крају периода чувања (Nadulski и сар., 2017). Смањењем садржаја воде и респирацијом плода током периода складиштења долази до губитка масе плода јабуке (Jan и сар., 2012). Већи губитак масе плода уочен је при чувању јабука у НА условима (Radenkovs и Juhnevica-Radenkova, 2018).

Укупне растворљиве суве материје плода јабуке главни су параметар квалитета који је повезан са текстуром. Садржај ових материја у плоду јабуке постепено се повећава са продужењем периода чувања. Повећање растворљивих сувих материја објашњава се разградњом скроба у просте шећере или хидролизом полисахарида ћелијског зида ћелија

плода (Jan и сар., 2012). Значајно већи садржај укупних шећера утврђен је у плодовима чуваним у НА условима него у контролисаној атмосфери, што потврђује наводе Kader (2002) да су процеси у плодовима значајно успорени у атмосфери са редукованим присуством кисеоника. При чувању плодова у условима нормалне атмосфере долази до значајнијег опадања садржаја укупних киселина и повећања рН вредности плода јабуке, у односу на ULO хладњаче, где су процеси дисања успоренији (Jan и сар., 2012; Radenkova и Juhnevič-Radenkova, 2018).

Услед ниске рН вредности, високог садржаја воде и повољног састава хранљивих материја, плод јабуке веома је подложен трулежи услед инфекције фитопатогених гљива (Tahir и сар., 2014). На осетљивост сорте јабуке на инфекцију *Neofabraea alba* утиче бројност лентицела, зрелост плода током бербе, временски услови пре бербе, као и време бербе (Grabowski, 2021; Soto-Alvear и сар., 2013). Сорте јабуке које имају чвршћи мезокарп плода отпорније су на природну инфекцију *Neofabraea alba* (Blažek и сар., 2007). Такође, сорте јабуке које садрже веће количине антоцијана и аскорбинске киселине у плоду мање су подложне инфекцији *Neofabraea* spp. (Tahir и Gustavsson, 2009). Инфекција плода јабуке врстама *Rhizopus* sp., *Aspergillus niger*, *Aspergillus terreus*, *Trichoderma* sp. и *Mucor* sp. доводи до смањења садржаја воде и значајних нутријената (Ewekeye и сар., 2016). Инфекција врстом *Trichothecium roseum* утиче на смањење чврстоће и укупних киселина плода јабуке током складиштења (Gong и сар., 2019). Фитопатогене гљиве могу стимулирати стварање амонијака и органских киселина које утичу на промену рН вредности средине (Prusky и сар., 2013). *Penicillium expansum* доводи до ацидификације плода, док је утврђено да инфекција патогеном *Neofabraea alba* утиче на повећање рН вредности плода јабуке (Barad и сар., 2014; Cameldi и сар., 2017).

3. ЗАДАТАК И ЦИЉ РАДА

Имајући у виду распрострањеност *Neofabraea alba* врсте на територији Републике Србије, као и недовољно информација о епидемиологији самог патогена, задатак овог истраживања је да се испита утицај сортимената јабуке на развој некрозе и морфолошке карактеристике *Neofabraea alba* у условима складиштења плодова у хладњачи са нормалном атмосфером (NA). Такође, задатак рада је испитивање утицаја инфекције *Neofabraea alba* на нарушавање квалитета плода јабуке: утицај на физичке карактеристике (губитак масе и чврстоћу плода) и на хемијски састав плода јабуке (садржај растворљивих сувих материја, укупних киселина и рН вредност плода).

Циљ овог истраживања је да се дефинише реакција одабраних сорти јабуке на вештачку инокулацију *Neofabraea alba* у NA условима складиштења. Поред тога, циљ је да се испита морфологија патогена и установи разлика у бујности мицелије, појави репродуктивних структура и интензитету спорулације овог патогена, зависно од сортимената јабуке. Циљ овог рада је и утврђивање реакције сортимената јабуке на вештачку инокулацију *Neofabraea alba* изолатом у погледу промена значајних физичко-хемијских параметара плода.

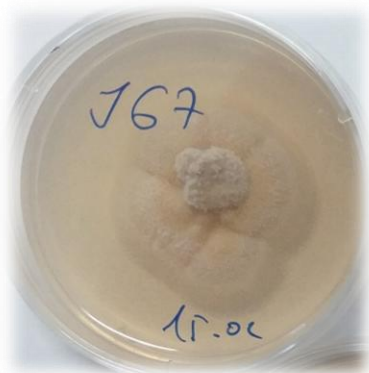
4. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживања су спроведена у Лабораторијама за фитопатологију, на Департману за фитомедицину и заштиту животне средине, као и на Департману за воћарство и виноградарство, хортикултуру и пејзажну архитектуру Пољопривредног факултета у Новом Саду. Плодови јабука су ускладиштени у хладњачи са нормалном атмосфером (NA) компаније *Atos fructum* у Малој Ремети.

4.1. ИЗОЛАТ ФИТОПАТОГЕНЕ ГЉИВЕ

Испитивање вирулентности *Neofabraea alba* на одабраним сортама обавља се вештачком инокулацијом плода исечцима мицелије *Neofabraea alba* изолата J67/2. Колоније изолата претходно се узгајају 21 дан у мраку, на КДА хранљивој подлози, која се припрема од 200 g кромпира, 20 g декстрозе, 17 g агара и дестиловане воде до запремине 1000 ml (Dhingra и Sinclair, 1995). Температура приликом узгајања колоније износи је 20 ± 1 °C.

У овом раду, за испитивање вирулентности гљиве *Neofabraea alba* на различитим сортама јабуке, коришћен је молекуларно идентификован изолат J67/2. Коришћени изолат изолован је 2017. године у Суботици из плода јабуке сорте ајдаред са симптомима трулежи и део је фитопатолошке колекције Департмана за фитомедицину и заштиту животне средине, Пољопривредног факултета, Универзитета у Новом Саду. Овај изолат има свој референтни број у светској бази података (GenBank) (ITS секвенца OM491333), где је идентификован као *Neofabraea alba* (Слика 7). Изолат *Neofabraea alba* J67/2, окарактерисан у раду Вукотић и сар. (2022) припада морфотипу I.



Слика 7. Изглед колоније *Neofabraea alba* изолата J67/2 на КДА подлози (Фото: Тодић, 2022)

4.2. СОРТЕ ЈАБУКЕ КОРИШЋЕНЕ У ОГЛЕДУ

У експерименталном раду, за испитивање утицаја сортимента јабуке на развој некрозе проузроковане *Neofabraea alba* изолатом, као и за одређивање физичко-хемијских параметара плода јабуке, коришћени су морфолошки здрави плодови осам сорти јабуке (златни делишес, црвени делишес, грени смит, гала, фуџи, ајдаред, бребурн и ред јонапринс) који су узети из хладњаче у Малој Ремети на територији АП Војводина. Укупно је испитано 240 плодова у огледу (30 плодова по сорти). На дан постављања огледа, издвојено је по 10 плодова сваке сорте за одређивање почетних вредности воћарских параметара (садржај растворљивих сувих материја, садржај укупних киселина и рН вредност плода јабуке) (Табела 1).

Табела 1. Иницијалне вредности хемијских параметара плода испитаних сорти

Сорта	Садржај РСМ плода (°Brix-a)	Садржај укупних киселина плода (%)	рН вредност плода
златни делишес	10.03	1.08	3.81
црвени делишес	10.73	1.18	3.93
грени смит	11.14	1.24	3.54
гала	9.97	1.22	4.24
фуџи	11.17	1.38	4.05
ајдаред	11	1.63	3.71
бребурн	11.13	1.24	3.84
ред јонапринс	11.73	1.5	3.82

4.3. ИСПИТИВАЊЕ РЕАКЦИЈЕ СОРТИМЕНТА ЈАБУКЕ УСЛЕД ВЕШТАЧКЕ ИНОКУЛАЦИЈЕ *NEOFABRAEA ALBA*

Преосталих 20 плодова по сорти, подељено је на два дела, која чине вештачки инокулисане и здраве (контролне) плодове. Измерена је и иницијална биомаса која је неопходна за одређивање процентуалног губитка масе плода. Пре инокулације, сви плодови су опрани, дезинфиковани 70% алкохолом и на једном месту на средини плода, за потребе вештачке инокулације, бушачем је направљено оштећење пречника 4 mm. На повређено ткиво плода јабуке нанети су исечци мицелије пречника 3 mm (Слика 8).



Слика 8. Вештачка инокулација плода јабуке *Neofabraea alba* изолатом (Фото: Тодић, 2022)

Након вештачке инокулације, сви плодови јабуке смештени су у стерилне пластичне кутије, при чему су инокулисани и контролни плодови раздвојени. Извршен је транспорт и одлагање кутија са јабукама у хладњаче са нормалном атмосфером (NA хладњаче). Период инкубације у хладњачи износи 82 дана, након чега су кутије са плодовима јабуке изнете из хладњаче и приступа се мерењу свих параметара.

4.4. УТИЦАЈ СОРТЕ ЈАБУКЕ НА РАЗВОЈ НЕКРОЗЕ И МОРФОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ *NEOFABRAEA ALBA*

Оцена некрозе извршена је мерењем пречника некрозе у два правца под правим углом и изражена је у милиметрима.

Појава мицелије *Neofabraea alba* на некротичном делу ткива оцењена је праћењем бујности и покривености, које су одређене визуелно (Табела 2).

Табела 2. Скала за мерење бујности и покривености мицелије *Neofabraea alba* на површини плода јабуке

Скала	Бујност мицелије	Покривеност мицелије
+	Слабо бујна	Појава хифа у пределу око фрагмента
++	Средње бујна	Захваћено до 50% површине некротираног дела плода
+++	Бујна	Захваћено од 50% до 75% површине некротираног дела плода
++++	Веома бујна	Захваћено од 75% до 100% површине некротираног дела плода

Након завршетка периода инкубације, испитана је и заступљеност формираних репродуктивних структура (ацервула) за сваку сорту јабуке по формули:

$$\left(\frac{\text{број плодова са формираним ацервулама} \times 100}{\text{укупан број плодова}} \right)$$

Помоћу микроскопа је утврђено присуство и величина насталих конидија *Neofabraea alba* на некротичном делу вештачки инокулисаних плодова. Величина конидија измерена је микроскопом ВТС (Lalitpur-Nepal).

4.5. УТИЦАЈ ВЕШТАЧКЕ ИНОКУЛАЦИЈЕ *NEOFABRAEA ALBA* НА ФИЗИЧКЕ И ХЕМИЈСКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ ПЛОДА ЈАБУКЕ

Испитивање утицаја вештачке инокулације *Neofabraea alba* на физичке и хемијске карактеристике плода јабуке спроведено је кроз мерење губитка масе плода, чврстоће, садржаја растворљивих сувих материја, садржаја укупних киселина и рН вредности плода.

4.5.1. Губитак масе плода

Маса инокулисаних и контролних плодова измерена је дигиталном вагом (Kern, Немачка). Како би се одредио процентуални губитак масе плода, сваки плод је измерен на дан постављања огледа и након складиштења у хладњачи. Вредности су израчунате за сваки плод појединачно по формули:

$$100 - \left(\frac{\text{маса плода након инкубације} \times 100}{\text{почетна маса плода}} \right) = \%$$

4.5.2. Чврстоћа плода

Чврстоћа мезокарпа плода јабуке, изражена у kg/cm^2 , измерена је ручним пенетрометром (di Taroni & C s.n.c 47100 FORLI, Италија), са промером убодне игле од 11 mm. На плоду јабуке, са места које није захваћено некрозом, уклоњена је покожица плода са површине 1 cm^2 и извршена је пенетрација пенетрометром. Плод је убоден пенетрометром са супротних страна и извршено је мерење у два понављања по плоду.

4.5.3. Садржај растворљивих сувих материја (PCM) и укупан садржај киселина плода

Одређивање ових хемијских параметара плода јабуке изведено је ручним дигиталним рефрактометром/ацидометром. Плодови јабуке су претходно исцеђени у блендеру и за даље испитивање је коришћен сок јабуке. Добијени сок јабуке наноси се на назначено место уређаја (Atago, Hybrid PAL-BXIACIDS) у виду капи (Слика 9). Затим је на уређају очитана вредност за укупан садржај растворљивих сувих материја изражен у °Brix-а и за

садржај укупних киселина изражен у % јабучне киселине. За сваку варијанту (инокулисани плодови сваке сорте; контролни плодови сваке сорте) је урађено по 6 понављања.



Слика 9. Уређај за мерење садржаја растворљивих сувих материја и укупних киселина плода јабуке (Фото: Тодић, 2022)

4.5.4. pH вредност плода

Лабораторијским pH-метром (Mettler-Toledo, Швајцарска), помоћу електроде која се поставља у добијени сок јабуке, одређена је pH вредност плода. Очитавање за сваку варијанту је спроведено у 3 понављања.

Резултати истраживања обрађени су у софтверском пакету *Statistica 14.0*. Резултати о развоју некрозе на вештачки инокулисаним плодовима, који ће бити приказани помоћу графикана, обрађени су једнофакторијалном анализом варијансе и Данкановим тестом за интервал поверења од 95%. Добијени подаци о морфолошким карактеристикама *Neofabraea alba* на вештачки инокулисаним плодовима биће приказани табеларно. Резултати о променама физичко-хемијских карактеристика плода одабраних сорти јабуке, услед вештачке инокулације *Neofabraea alba*, након NA услова чувања обрађени су двофакторијалном анализом варијансе и Данкановим тестом за интервал поверења од

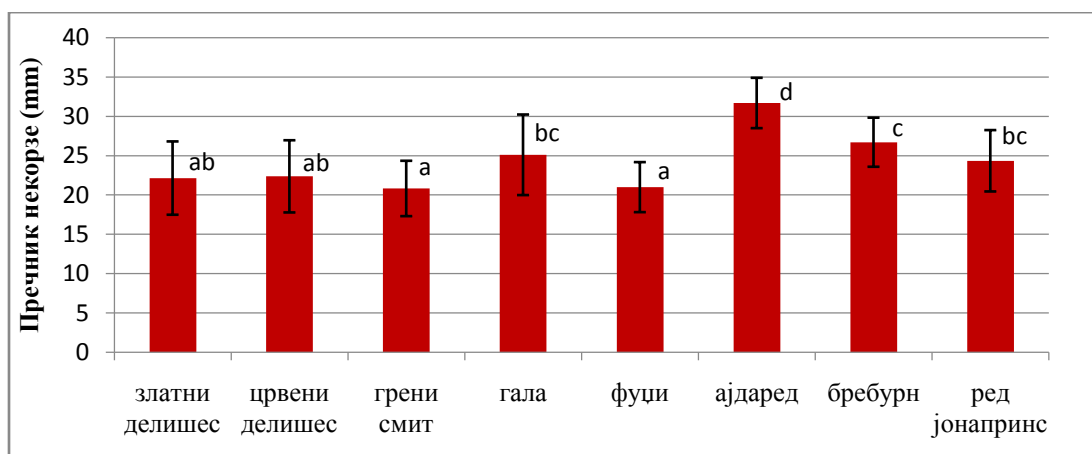
95%. Ови подаци биће приказани у виду графикана, изражени као средње вредности \pm стандардна девијација. Статистички значајне разлике приказују се различитим словима (Данканов тест, $\alpha=0,05$), док ће стандардна девијација за сваку варијанту бити представљена вертикалним дужима.

5. РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

5.1. РАЗВОЈ НЕКРОЗЕ И МОРФОЛОШКЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ *NEOFABRAEA ALBA* НА СОРТАМА ЈАБУКЕ

5.1.1. Развој некротичног ткива на зараженим плодовима

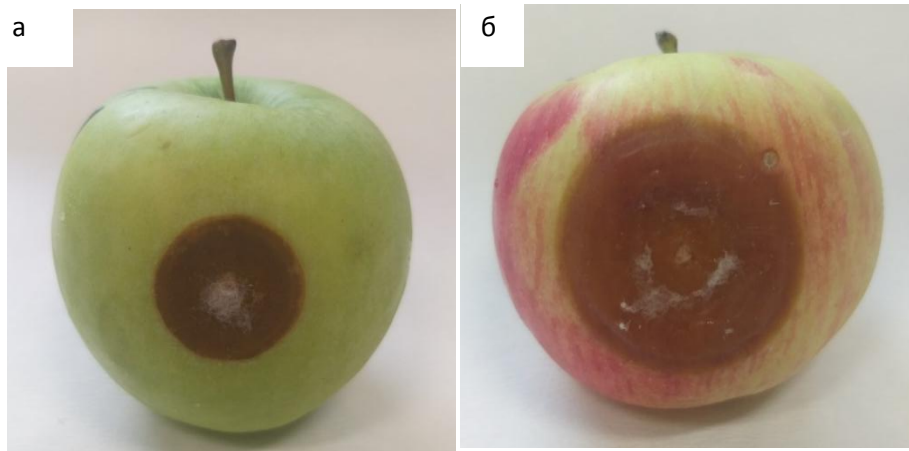
Утврђена је статистички значајна разлика у пречнику некротичног ткива плода одабраних сорти јабуке услед вештачке инокулације патогеном *Neofabraea alba*. Данкановим тестом за интервал поверења од 95% одређено је пет нехомогених група. Најмањи пречник некротичног ткива измерен је на сорти грени смит (20,83 mm), док је најагресивнији развој изолата Ј67/2 уочен на сорти ајдаред (31,7 mm) (Слика 10). На основу резултата приказаних у Графикону 2., није утврђена статистички значајна разлика у пречнику некрозе на вештачки инокулисаним плодовима сорти грени смит и фуџи, као и између сорти златни делишес и црвени делишес. Утврђено је да су сорте гала и ред јонапринс на истом статистички значајном нивоу.



Графикон 2. Вирулентност изолата Ј67/2 на различитим сортама јабуке

Испитивањем патогености изолата *Neofabraea alba*, изолованог са сорте златни делишес, Viso и сар. (2016) наводе да пречник некротичног ткива на инокулисаним плодовима сорте ајдаред износи 2-3 cm, седам дана након инкубације на 20 °C. Упоредјујући ове наводе са пречником некрозе добијених у овом раду за исту сорту (31,7 mm), закључујемо да је разлика у резултатима условљена дужином инкубације и температуром.

Di Francesco и сар. (2019) су испитали појаву трулежи услед природне инфекције патогеном *Neofabraea alba* на пет сорти (златни делишес, грени смит, крипс пинк, гала и фуци). Они наводе да је најосетљивија сорта крипс пинк, док су најотпорније фуци и грени смит, што је у сагласности са овде добијеним резултатима. Након вештачке инокулације плода сорти грени смит, златни делишес и крипс пинк патогеном *Neofabraea alba*, после месец дана инкубације на 0 °C није дошло до појаве симптома трулежи, што је у сагласности са нашим резултатима.



Слика 10. Развој некротичног ткива на плоду јабуке: а - најмањи пречник некрозе (сорта грени смит), б - највећи пречник некрозе (сорта ајдаред) (Фото: Тодић, 2022)

5.1.2. Утицај сортимента на присуство мицелије *Neofabraea alba* на вештачки инокулисаним плодовима

Утврђена је разлика у бујности и покривености мицелијом *Neofabraea alba* изолата између сорти јабуке. Оценом је установљено да на истој сорти бујност и покривеност мицелијом нису у корелацији, због чега су приказане појединачно (Табела 3 и Табела 4).

На сорти бребурн утврђен је највећи број плодова без присуства мицелије. Слабо бујна мицелија најзаступљенија је на сорти гала (25%), док је на сорти златни делишес уочена најмања појава слабо бујне мицелије међу осам испитаних сорти (5%). Највећа бујност мицелије *Neofabraea alba* међу испитаним сортама утврђена је на сорти ред јонапринс (30.7%), док на сорти ајдаред није дошло до развоја веома бујне мицелије (Слика 11).

Табела 3. Бујност мицелије *Neofabraea alba* на различитим сортама (%)

Сорта	Уочено присуство мицелије			
	+	++	+++	++++
златни делишес	5	17.4	21.1	7.7
црвени делишес	10	8.7	15.8	15.4
грени смит	10	17.4	5.25	15.4
гала	25	8.7	10.5	7.7
фуџи	20	13	10.5	7.7
ајдаред	10	17.4	21.1	0
бребурн	10	8.7	5.25	15.4
ред јонапринс	10	8.7	10.5	30.7
просек	25	28.75	23.75	16.25

Легенда: + слабо бујна, ++ средње бујна, +++ бујна, ++++ веома бујна мицелија



Слика 11. Бујност мицелије *Neofabraea alba* на плоду јабуке: а – слабо бујна мицелија (сорта гала), б – веома бујна мицелија (сорта ред јонапринс) (Фото: Тодић, 2022)

Најмања покривеност мицелијом *Neofabraea alba* на вештачки инокулисаним плодовима утврђена је на сортама златни делишес и гала, док је покривеност преко 75% некротичне површине плода најчешћа на сорти ајдаред.

Табела 4. Покривеност плода мицелијом *Neofabraea alba* на различитим сортама (%)

Сорта	Уочено присуство мицелије			
	+	++	+++	++++
златни делишес	25	5.4	15.7	13.8
црвени делишес	12.5	5.4	10.75	17.2
грени смит	12.5	21.1	10.75	6.9
гала	25	10.5	15.7	10.3
фуци	12.5	10.5	15.7	13.8
ајдаред	0	21.1	0	20.8
бребурн	0	10.5	15.7	6.9
ред јонапринс	12.5	15.5	15.7	10.3
просек	10	23.75	23.75	36.25

Легенда: + хифе у пределу око фрагмента, ++ до 50% некротичне површине, +++ 50-75% некротичне површине, +++ 75-100% некротичне површине

5.1.3. Заступљеност формираних репродуктивних структура

Након искиладиштења јабука из НА хладњаче, на 55% инокулисаних плодова уочене су формиране конидиомате, тј. ацервуле. Најмања појава ацервула примећена је на сорти бребурн (20%), док је на 90% плодова сорте ајдаред дошло до формирања ацервула. Субепидермлане ацервуле примећене су само код сорти ајдаред и црвени делишес. Процент формираних испупчених ацервула креће се од 20% (бребурн) до 80% (ајдаред) (Табела 5). Коришћени изолат *Neofabraea alba* J67/2, окарактерисан је у раду Vukotić и сар. (2022) као изолат прве морфолошке групе. Према Neri и сар. (2018), изолати морфотипа I формирају крупне, површинске конидиомате, што је у сагласности са резултатима овог истраживања. Овим радом је установљено да изолат *Neofabraea alba* може да формира два типа ацервула, у зависности од сорте и плода јабуке.

Табела 5. Заступљеност ацервула *Neofabraea alba* на зараженим плодовима јабуке (%)

Сорта	Субепидермалне ацервуле	Испупчене ацервуле
златни делишес	0	30
црвени делишес	20	50
грени смит	0	50
гала	0	70
фуџи	0	40
ајдаред	10	80
бребурн	0	20
ред јонапринс	0	70
просек	3.75	51.25

5.1.4. Утицај сорте на присуство конидија *Neofabraea alba*

Најдуже макроконидије пронађене су на сорти ред јонапринс ($23,08 \pm 0,96 \mu\text{m}$), док су најкраће уочене на плодовима сорте грени смит ($16,78 \pm 1,38 \mu\text{m}$). Закривљене макроконидије пронађене на сорти ајдаред, шире су од макроконидија насталих на плодовима других испитаних сорти (Слика 12).



Слика 12. Макроконидије *Neofabraea alba* под микроскопом (увећање 400x) (Фото: Тодић, 2022)

Разлика између најдужих (сорта бребурн) и најкраћих (сорта ајдаред) уочених микроконидија већа је од $2 \mu\text{m}$, док је највећа разлика у ширини микроконидија

формираних по сортама 0,99 μm (Табела 6). Појава микроконидија није забележена на сорти златни делишес, гала и фуџи, док се на сортама златни делишес и фуџи нису уочиле ни макроконидије.

Табела 6. Величина микроконидија и макроконидија *Neofabraea alba* на различитим сортама јабуке (μm)

Сорта	Тип конидија	Дужина			Ширина		
		Просек \pm ст.д.	мин.	макс.	Просек \pm ст.д.	мин.	макс.
златни делишес	микроконидије	/	/	/	/	/	/
	макроконидије	/	/	/	/	/	/
црвени делишес	микроконидије	9.57 \pm 0.75	7.5	12.5	3.13 \pm 0.27	2.5	3.75
	макроконидије	17.78 \pm 0.38	5	21	2.60 \pm 0.17	2.5	3.0
грени смит	микроконидије	7.94 \pm 0.80	5	10	2.35 \pm 0.11	1.25	2.5
	макроконидије	16.78 \pm 1.38	15	20	2.50 \pm 0.00	2.5	2.5
гала	микроконидије	/	/	/	/	/	/
	макроконидије	19.09 \pm 0.93	22.5	15	2.50 \pm 0.00	2.5	2.5
фуџи	микроконидије	/	/	/	/	/	/
	макроконидије	/	/	/	/	/	/
ајларед	микроконидије	7.05 \pm 0.54	5	8.75	2.41 \pm 0.13	5	3.75
	макроконидије	22.14 \pm 1.30	15	30	4.42 \pm 0.32	2.5	6.5
бребурн	микроконидије	10.00 \pm 0.90	5	12.5	2.38 \pm 0,15	1.25	2.75
	макроконидије	22.37 \pm 1.31	12.5	27.5	2.77 \pm 1.11	2.5	3.75
ред јонапринс	микроконидије	7.50 \pm 0.53	5	10	2.14 \pm 0.22	1.25	2.5
	макроконидије	23.08 \pm 0.96	20	27.5	3.22 \pm 0.26	2.5	3.75

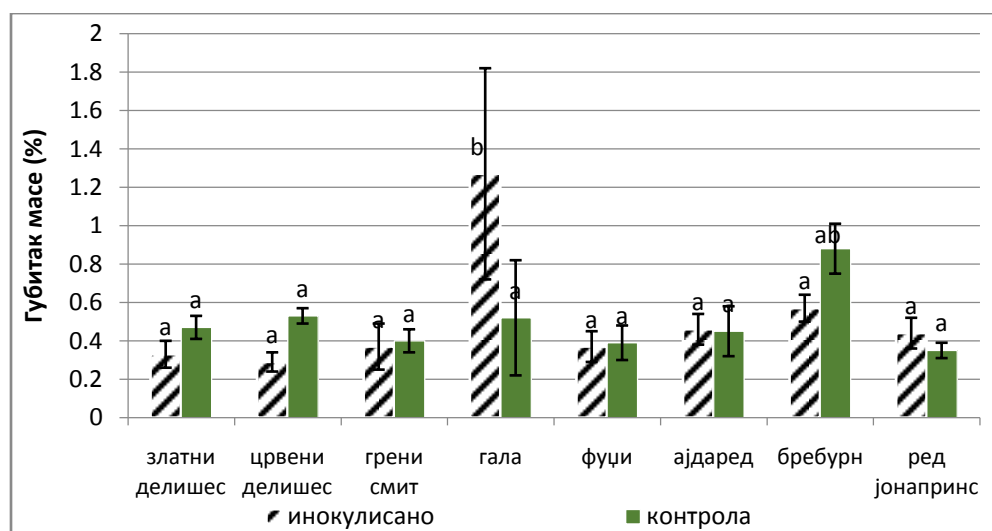
У раду Vukotić и сар. (2022), наводи се да *Neofabraea alba* изолат Ј67/2 на зараженим границама јабуке ствара конидије димензија 7,5–27 $\mu\text{m} \times 2,5\text{--}5 \mu\text{m}$. Garіеру и сар. (2005) истичу да *Neofabraea alba* на зараженом плоду јабуке продукује закривљене макроконидије димензија 17–25 $\mu\text{m} \times 3\text{--}5 \mu\text{m}$, што је у сагласности са величином макроконидија измерених у овом раду. Amaral Carneiro и сар. (2022) наводе да је на ТА (енг. tomato agar) подлози уочено присуство микроконидија *Neofabraea alba*. Формиране микроконидије су цилиндричне, заобљене на врховима, просечне дужине 10 \pm 2,8 μm .

Према Rooney-Latham и сар. (2013), *Neofabraea alba* на КДА подлози формира асептиране, веома закривљене микроконидије просечне величине $16,1 \times 0,9 \mu\text{m}$, док у другим радовима појава микроконидија често није забележена (Henriquez, 2005; Soto-Alvear и сар., 2013; Vico и сар., 2016).

5.2. УТИЦАЈ ВЕШТАЧКЕ ИНОКУЛАЦИЈЕ ПЛОДА *NEOFABRAEA ALBA* ИЗОЛАТОМ НА ПАРАМЕТРЕ КВАЛИТЕТА СОРТИ ЈАБУКЕ

5.2.1. Губитак масе плода јабукe

Утврђена је статистички значајна разлика између сорти, као и вештачки инокулисаних и контролних плодова сорти јабукe. Данкановим тестом за интервал поверења од 95% утврђене су три нехомогене групе. Најмањи губитак масе, услед вештачке инокулације патогеном *Neofabraea alba*, регистрован је на сорти црвени делишес (0,29%), док је највећи губитак масе утврђен на инокулисаним плодовима сорте гала (1,27%). Губитак масе контролних плодова кретао се од 0,35% (ред јонапринс) до 0,88% (бребурн). На основу резултата приказаних у Графикону 3., статистички значајнији губитак масе утврђен је код сорти бребурн (контролни плод) и гала (инокулисани плод), док разлика у губитку масе на контролним и инокулисаним плодовима других испитаних сорти није статистички значајна. Како наводе Mirzwa-Mróz и сар. (2012), у плодовима инфицираним фитопатогеним гљивама долази до значајно већег губитка масе у односу на здраве плодове.

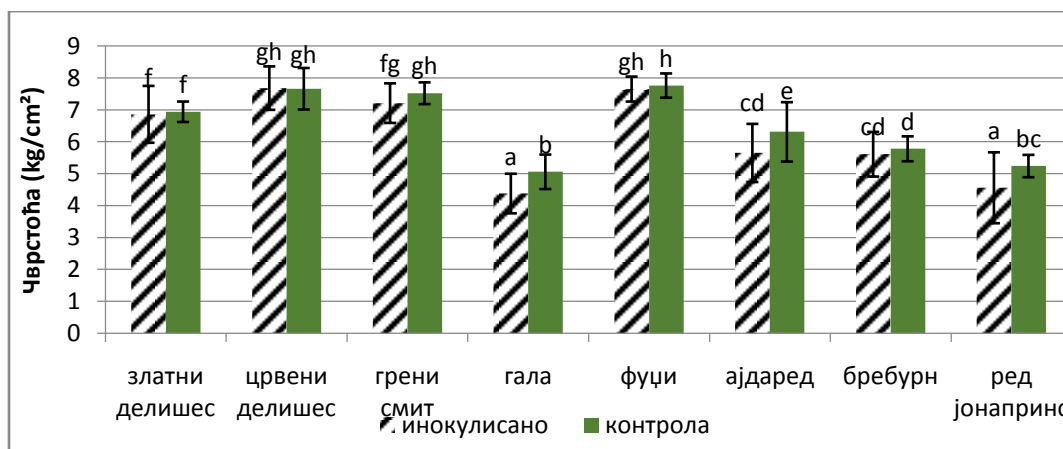


Графикон 3. Утицај сортимената на губитак масе плода у НА условима чувања

5.2.2. Чврстоћа плода јабуке

Утврђена је статистички значајна разлика у чврстоћи вештачки инокулисаних и контролних плодова. Данкановим тестом за интервал поверења од 95% одређено је десет нехомогених група. Након складиштења у НА хладњачи, највећа чврстоћа међу инокулисаним плодовима утврђена је код сорте црвени делишес ($7,68 \text{ kg/cm}^2$), док је сорта фуџи имала највећу чврстоћу међу контролним плодовима ($7,76 \text{ kg/cm}^2$). Најмања чврстоћа на инокулисаним и контролним плодовима регистрована је на сорти гала ($4,38 \text{ kg/cm}^2$ и $5,06 \text{ kg/cm}^2$, редом). Ако се упореде инокулисани и здрави плодови у зависности од сорте, закључујемо да долази до смањења чврстоће плода јабуке услед развоја некрозе *Neofabraea alba* од $0,08 \text{ kg/cm}^2$ код сорте златни делишес, до $0,68 \text{ kg/cm}^2$ код сорти гала и ред јонапринс, док је на сорти црвени делишес уочено повећање чврстоће које није статистички значајно (Графикон 4).

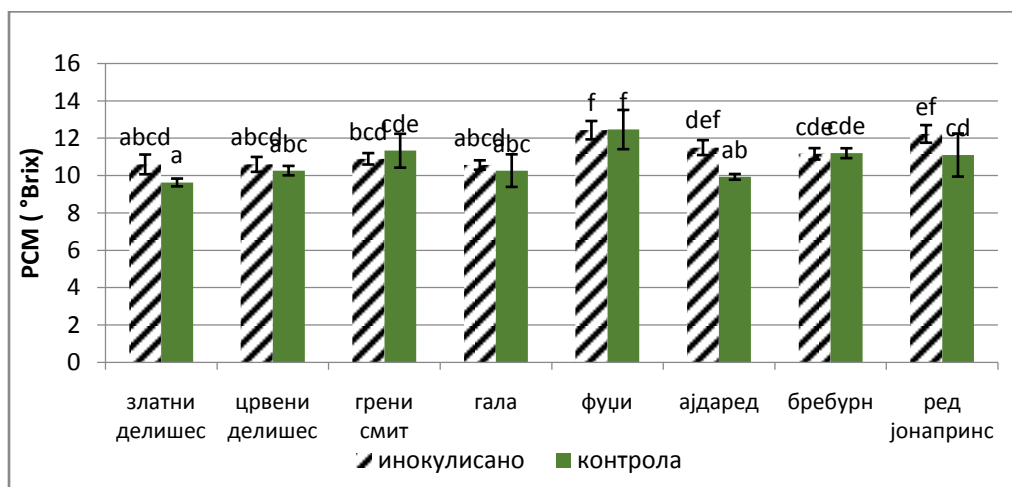
Rojas-Candelas и сар. (2021) наводе да сорте грени смит и гала имају већу чврстоћу плода, у односу на сорте златни делишес и црвени делишес, што повећава њихову отпорност. Ова тврдња је делимично у сагласности са резултатима који су добијени у овом раду. Adamiak и сар. (2012) истичу да током чувања јабука заражених врстама рода *Neofabraea*, долази до смањења чврстоће плода. Према Gong и сар. (2019), инфекција патогеном *Penicillium expansum* значајно утиче на смањење чврстоће плода јабуке сорти црвени делишес и фуџи, што није у сагласности са нашим резултатима, где инфекција патогеном *Neofabraea alba* на датим сортама не утиче на значајно смањење чврстоће плода.



Графикон 4. Чврстоћа вештачки инокулисаних и контролних плодова након чувања у НА условима

5.2.3. Садржај растворљивих сувих материја и укупан садржај киселина плода јабуке

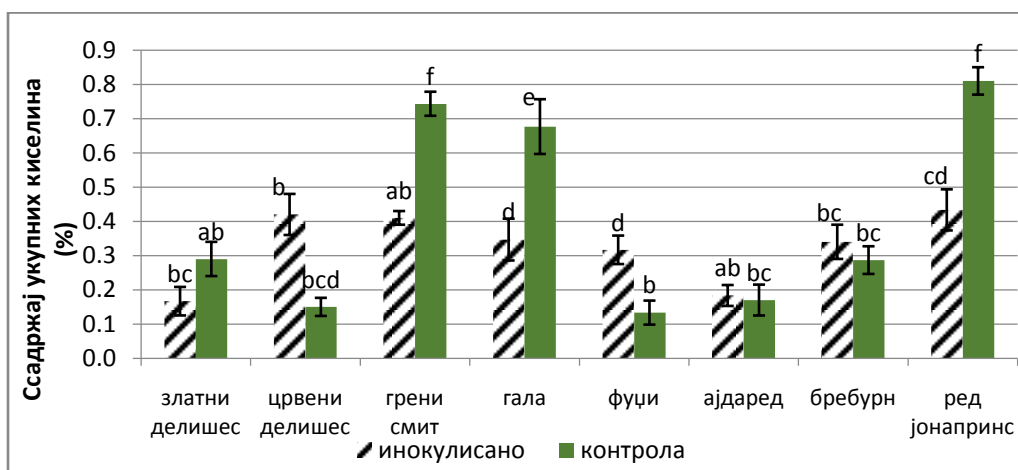
На основу резултата приказаних у Графикону 5., утврђена је статистички значајна разлика у садржају растворљивих сувих материја између сорти, као и вештачки инокулисаних и контролних плодова сваке сорте јабуке. Данкановим тестом за интервал поверења од 95% утврђено је десет нехомогених група. Највећи садржај растворљивих сувих материја међу вештачки инокулисаним и контролним плодовима примећен је на сорти фуџи (12,43 °Brix-a и 12,47 °Brix-a, редом). Најмањи садржај РСМ код контролних плодова утврђен је на сорти златни делишес (9,63 °Brix-a), за разлику од инокулисаних плодова где најмањи садржај има сорта гала (10,57 °Brix-a). Услед инфекције *Neofabraea alba* долази до повећања садржаја растворљивих сувих материја од 0,3 °Brix-a (гала) до 1,57 °Brix-a (ајдаред), док је код сорте грени смит утврђено смањење садржаја РСМ од 0,43 °Brix-a. Код инокулисаних плодова сорти бребурн и фуџи дошло је до смањења садржаја РСМ које није статистички значајно (Графикон 5).



Графикон 5. Садржај растворљивих сувих материја вештачки инокулисаних и контролних плодова након чувања у НА хладњачи

Gong и сар. (2019) истичу да услед инфекције плода јабуке сорте црвени делишес патогеном *Penicillium expansum* долази до смањења садржаја растворљивих сувих материја, што није у сагласности са нашим резултатима, где долази до повећања садржаја РСМ као последица инфекције плода сорте црвени делишес патогеном *Neofabraea alba*.

Утврђена је статистички значајна разлика у садржају укупних киселина између сорти, као и између вештачки инокулисаних и контролних плодова. Данкановим тестом за интервал поверења од 95% утврђено је осам нехомогених група. Међу инокулисаним плодовима, сорта златни делишес има најмањи садржај укупних киселина (0,17%), док је код контролних плодова најмањи садржај утврђен на сорти фуџи (0,13%). Највеће вредности укупних киселина у обе варијанте регистроване су код сорте ред јонапринс (0,43% и 0,81%, редом). Услед инфекције *Neofabraea alba*, установљено је и повећање и смањење садржаја укупних киселина, зависно од сорте. Повећање садржаја укупних киселина вештачки инокулисаних плодова, у односу на контролне плодове, креће се од 0,01% (ајдаред) до 0,27% (црвени делишес), док смањење садржаја износи од 0,12% (златни делишес) до 0,38% (ред јонапринс) (Графикон 6).

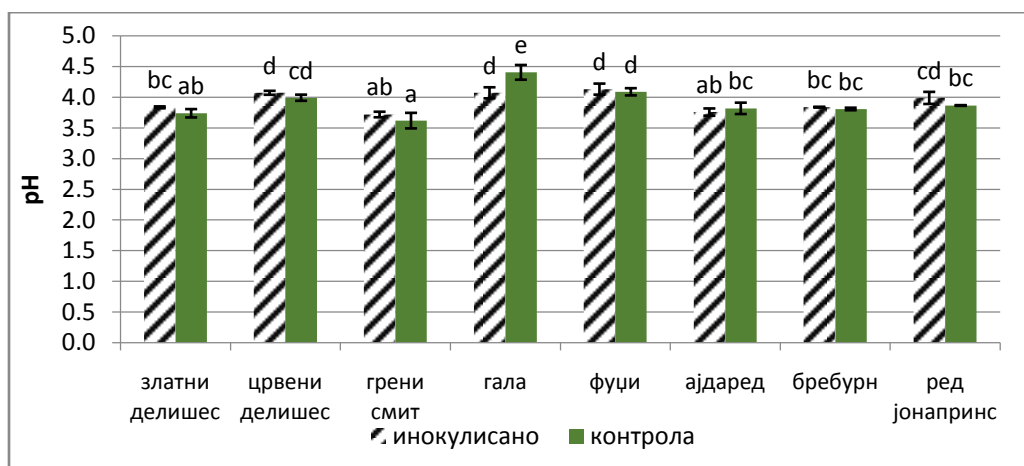


Графикон 6. Садржај укупних киселина вештачки инокулисаних и контролних плодова након чувања у НА хладњачи

Испитивањем утицаја зрелости плода (продукције етилена, интензитета дисања, садржаја РСМ и укупних киселина) јабуке на појаву трулежи услед инфекције *Penicillium expansum* у раду Janisiewicz и сар. (2008), утврђено је да је садржај киселина плода обрнуто пропорционалан јачини пропадања заражених плодова. Како наводе Gong и сар. (2019), инфекција плода *Penicillium expansum* утиче на смањење садржаја укупних киселина плода јабуке, док је нашим радом забележена појава смањења, али и повећања садржаја укупних киселина услед инфекције *Neofabraea alba*.

5.2.4. рН вредност плода

На основу резултата приказаних у Графикону 7., утврђена је статистички значајна разлика између сорти, као и између вештачки инокулисаних и контролних плодова сваке сорте јабуке. Данкановим тестом за интервал поверења од 95% утврђено је шест нехомогених група. Распон рН вредности у контролним плодовима испитаних сорти креће се од 3,62 до 4,40, док код инокулисаних плодова очитана рН има вредност од 3,72 до 4,13. Код обе варијанте, најмање рН вредности утврђене су на сорти грени смит, док су највеће вредности регистроване код сорте гала (контролни плод) и фуџи (инокулисани плод). Према нашим резултатима, инфекција патогеном *Neofabraea alba* узрокује алкализацију или ацидификацију плода, зависно од сорте. Услед инфекције *Neofabraea alba*, уочено је повећање рН вредности од 0,03 (бребурн) до 0,13 (ред јонапринс). Код плодова сорти ајдаред и гала, инфекција овим патогеном доводи до смањења рН вредности, при чему смањење од 0,33 (гала) представља највећу вредност промене рН међу инокулисаним плодовима, у односу на контролне плодове. На сорти са најмањим пречником некротичног ткива (грени смит и фуџи) инфекција патогеном *Neofabraea alba* узрокује алкализацију плода, док је код сорте ајдаред (највећи пречник некрозе) утврђена ацидификација услед вештачке инокулације плода.



Графикон 7. рН вредност вештачки инокулисаних и контролних плодова након складиштења у NA хладњачи

Проузроковачи трулежи ускладиштених плодова јабуке доводе до промена у рН вредности плода јабуке. У раду Sameldi и сар. (2017), први пут је потврђено да *Neofabraea*

alba може да утиче на повећање рН вредности средине у којој расте (*in vitro* и *in vivo*). Vilanova и сар. (2014) наводе да инфекција патогеном *Penicillium expansum* доводи до смањења рН вредности плода јабуке. Према Prusky и сар. (2013), инфекција плода јабуке патогеном *Botrytis cinerea* такође доводи до ацидификације, за разлику од инфекције врстама рода *Colletotrichum* које утичу на алкализацију плода. За разлику од наведеног утицаја инфекције плода јабуке патогеном на повећање или смањење рН вредности зараженог плода, овим радом је установљено да утицај инфекције *Neofabraea alba* изолатом на рН вредност плода није универзалног карактера, већ у зависности од сорте и развоја некрозе долази до ацидификације или алкализације плода.

6. ЗАКЉУЧАК

На основу добијених резултата могу се извести следећи закључци:

- Утврђена је различита реакција сортимента јабуке на вештачку инокулацију *Neofabraea alba* изолатом у НА условима чувања, у погледу развоја некрозе плода, као и утицаја на физичко-хемијске карактеристике плода јабуке.
- Најмањи пречник некротичног ткива утврђен је на вештачки инокулисаним плодовима сорте грени смит (20,83 mm), док је највећи пречник измерен на сорти ајдаред (31,7 mm).
- Најмања покривеност плода мицелијом *Neofabraea alba* утврђена је на сортама златни делишес и гала, док је највећа покривеност некротичног дела плода уочена на сорти ајдаред. Слабо бујна мицелија најзаступљенија је на сорти гала, док је најбујнија мицелија утврђена на сорти ред јонапринс.
- Утврђене су разлике у присуству ацервула *Neofabraea alba*, зависно од сорте. На 90% плодова сорте ајдаред дошло је до формирања ацервула. На свим сортама доминира појава испупчених ацервула, чији се распон креће од 20% (бребурн) до 80% (ајдаред), док су субепидермалне ацервуле уочене само на плодовима сорте ајдаред (10%) и црвени делишес (20%).
- Ово је први налаз формирања микроконидија *Neofabraea alba* у *in vivo* условима. Установљено је да изолат *Neofabraea alba* формира микроконидије и макроконидије, у зависности од сорте. Дужина макроконидија кретала се у распону од $16,78 \pm 1,38 \mu\text{m}$ (грени смит) до $23,08 \pm 0,96 \mu\text{m}$ (ред јонапринс), док су микроконидије дужине од 7,05

$\pm 0,54 \mu\text{m}$ (ајдаред) до $10,00 \pm 0,90 \mu\text{m}$ (бребурн). На сортама златни делишес и фуџи није се уочила појава конидија, док на сорти гала нису утврђене микроконидије.

- Највећи губитак биомасе плода услед вештачке инокулације патогеном *Neofabraea alba* утврђен је на сорти гала (1,27%), док код осталих испитаних сорти није примећена статистички значајна разлика у губитку масе на инокулисаним у односу на контролне плодове.
- Услед вештачке инокулације *Neofabraea alba*, долази до смањења чврстоће свих испитаних сорти, осим сорте црвени делишес, где се уочава повећање чврстоће које није статистички значајно. Међу инокулисаним плодовима, највећа чврстоћа утврђена је на сорти црвени делишес ($7,68 \text{ kg/cm}^2$), док су најмекши плодови сорте гала ($4,38 \text{ kg/cm}^2$).
- Вештачка инокулација *Neofabraea alba* изолатом испољава различит утицај на садржај растворљивих сувих материја плода. Највеће повећање садржаја РСМ утврђено је на сорти ајдаред (1,57 °Brix-a), док је на сорти са најмањим пречником некротичног ткива (грени смит) уочено највеће смањење садржаја растворљивих сувих материја инокулисаних у односу на контролне плодове (0,43 °Brix-a).
- Статистички значајно повећање садржаја укупних киселина вештачки инокулисаних плодова утврђено је на сорти црвени делишес (0,27%), док је статистички значајно смањење од 0,38% регистровано на сорти ред јонапринс. На сорти са највећим пречником некротичног ткива (ајдаред) дошло је до повећања садржаја укупних киселина (за 0,01%), док је код сорте са најмањим пречником некрозе (грени смит) инфекција *Neofabraea alba* изолатом утицала на смањење садржаја укупних киселина (за 0,33%).
- Највеће повећање рН вредности је на сорти ред јонапринс (0,13), док је смањење од 0,33 уочено на сорти гала. На инокулисаним плодовима са највећим пречником некротичног ткива (ајдаред) долази до смањења рН вредности плода, док се код сорте

са најмањим развојем некрозе уочава повећање рН вредности услед вештачке инокулације *Neofabraea alba*.

7. ЛИТЕРАТУРА

Aguilar, C. G., Mazzola, M., Xiao, C. L. (2017): Timing of apple fruit infection by *Neofabraea perennans* and *Neofabraea kienholzii* in relation to bull's-eye rot development in stored apple fruit. *Plant Disease*, 101(5), 800-806.

Adamiak, A., Zdunek, A., Kurenda, A., Rutkowski, K. (2012): Application of the biospeckle method for monitoring Bull's eye rot development and quality changes of apples subjected to various storage methods—Preliminary studies. *Sensors*, 12(3), 3215-3227.

Amaral Carneiro, G., Walcher, M., Storti, A., Baric, S. (2022): Phylogenetic diversity and phenotypic characterization of *Phlyctema vagabunda* (syn. *Neofabraea alba*) and *Neofabraea kienholzii* causing postharvest bull's eye rot of apple in Northern Italy. *Plant disease*, 106(2), 451-463.

Amiri, A. (2020): Bull's Eye Rot. WSU Plant Pathology.

Ahmadi-Afzadi, M., Tahir, I., Nybom, H. (2013): Impact of harvesting time and fruit firmness on the tolerance to fungal storage diseases in an apple germplasm collection. *Postharvest Biology and Technology*, 82, 51-58.

Barad, S., Horowitz, S. B., Kobilier, I., Sherman, A., Prusky, D. (2014): Accumulation of the mycotoxin patulin in the presence of gluconic acid contributes to pathogenicity of *Penicillium expansum*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 27(1), 66-77.

Blažek, J., Kloutvorová, J., Křelinová, J. (2006): Incidence of storage diseases on apples of selected cultivars and advanced selections grown with and without fungicide treatments. *Horticultural Science (Prague)*, 33, 87-94.

Blažek, J., Opatova, H., Goliáš, J., Homutova, I. (2007): Ideotype of apples with resistance to storage diseases. *Horticultural Science*, 34(3), 107.

- Bompeix, G. (1978): The comparative development of *Pezicula alba* and *P. malicorticis* on apples and *in vitro* (air and controlled atmosphere). *Journal of Phytopathology*, 91(2), 97-109.
- Bongers, A. J., Risse, L. A., Bus, V. G. (1994): Physical and chemical characteristics of apples in European markets. *HortTechnology*, 4(3), 290-294.
- Børve, J., Røen, D., Stensvand, A. (2013): Harvest time influences incidence of storage diseases and fruit quality in organically grown 'Aroma' apples. *European Journal of Horticultural Science*, 78(5), 232-238.
- Bohn, T., Bouayed, J. (2020): Apples: an apple a day, still keeping the doctor away?'. In *Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Fruits and Vegetables* (pp. 595-612). Academic Press.
- Vasylieva, N., Harvey, J. (2021): Production and trade patterns in the world apple market. *Innovative Marketing*, 17(1), 16.
- Verkley, G. J. (1999): A monograph of the genus *Pezicula* and its anamorphs. *Stud Mycol*, 44, 1-180.
- Vico, I., Duduk, N., Vasić, M., Žebeljan, A., Radivojević, D. (2016): Bull's eye rot of apple fruit caused by *Neofabraea alba*. In *III Balkan Symposium on Fruit Growing 1139* (pp. 733-738).
- Vukotić, J., Stojšin, V., Nagl, N., Petreš, M., Hrustić, J., Grahovac, M., Tanović, B. (2022): Morphological, molecular, and pathogenic characterization of *Neofabraea alba*, a postharvest pathogen of apple in Serbia. *Agronomy*, 12(9), 2015.
- Gariepy (1994): Epidemiology and molecular diagnostics of the *Neofabraea* pathogen complex associated with pome fruits. Concordia University.
- Gariepy, T. D., Rahe, J. E., Lévesque, C. A., Spotts, R. A., Sugar, D. L., Henriquez, J. L. (2005): *Neofabraea* species associated with bull's-eye rot and cankers of apple and pear in the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 27(1), 118-124.
- Giraud, M., Bompeix, G. (2012): Postharvest diseases of pome fruits in Europe: perspectives for integrated control. *IOBC-WPRS Bulletin*, 84, 257-263.

Gong, D., Bi, Y., Li, Y., Zong, Y., Han, Y., Prusky, D. (2019): Both *Penicillium expansum* and *Trichothecium roseum* infections promote the ripening of apples and release specific volatile compounds. *Frontiers in plant science*, 10, 338.

Grabowski, M. F. (2021): Incidence of postharvest fungal diseases of apples in integrated fruit production. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 20(1), 123-129.

Grantina-Ievina, L. (2015): Fungi causing storage rot of apple fruit in integrated pest management system and their sensitivity to fungicides. *Rural Sustainability Research*, 34(329), 2-11.

Guthrie, E. J. (1959): The occurrence of *Pezizula alba* sp. nov. and *P. malicorticis*, the perfect states of *Gloeosporium album* and *G. perennans*, in England. *Transactions of the British Mycological Society*, 42(4).

Den Breeyen, A., Rochefort, J., Russouw, A., Meitz-Hopkins, J., Lennox, C. L. (2020): Preharvest detection and postharvest incidence of *Phlyctema vagabunda* on 'Cripps Pink' apples in South Africa. *Plant disease*, 104(3), 841-846.

Di Francesco, A., Cameldi, I., Neri, F., Barbanti, L., Folchi, A., Spadoni, A., Baraldi, E. (2019): Effect of apple cultivars and storage periods on the virulence of *Neofabraea* spp. *Plant pathology*, 68(8), 1525-1532.

Doe, J. W. (2020): Harvest maturity, storage conditions and tree age influencing internal browning and fruit quality of Rosy Glow apple (*Malus domestica* Borkh) (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

Dugan, F. M., Grove, G. G., Rogers, J. D. (1993): Comparative studies of *Cryptosporiopsis curvispora* and *C. perennans*. I. Morphology and pathogenic behavior. *Mycologia*, 85(4), 551-564.

Everett, K. R., Pushparajah, S. I., Vergara, M. J., Hasna, L., Wood, P. N., Fisher, B. M. (2022): *Phlyctema vagabunda* is the main causal agent of apple bull's eye rot in New Zealand. *Australasian Plant Pathology*, 51(5), 519-524.

- Edney, K. L. (1964): A comparison of the production of extracellular enzymes and rotting of apples by *Pezizula alba* and *P. malicorticis*. *Transactions of the British Mycological Society*, 47(2), 215-225.
- Ewekeye, T. S., Oke, O. A., Esan, O. (2016): Studies on post harvest rot of apple (*Malus domestica* Borkh). *Indian Journal of Plant Sciences*, 5(1), 36-41.
- Zhu, L., Wang, X., Huang, F., Zhang, J., Li, H., Ding, D., Hyde, K. D. (2012): A destructive new disease of Citrus in China caused by *Cryptosporiopsis citricarpa* sp. nov. *Plant disease*, 96(6), 804-812.
- Jan, I., Rab, A., Sajid, M., Ali, A., Shah, S. T. (2012): Response of apple cultivars to different storage durations. *Sarhad J. Agric*, 28(2), 219-225.
- Janisiewicz, W.J., Saftner, R.A., Conway, W.S., Forsline, P.L. (2008): Preliminary evaluation of apple germplasm from Kazakhstan for resistance to postharvest blue mold in fruit caused by *Penicillium expansum*. *Hortscience* 43, 420–426. Jijakli, M.H., Lepoivre, P., 2004. State of the art and challenges of post
- Јеремић, М., Матковски, Б., Иванишевић, Д. (2022): Потенцијали извоза јабука из Републике Србије. XXVII Интернационални научни скуп. CM2022. Суботица.
- Jones, A. L., Aldwinkle, H. S. (1990): *Compendium of apple and pear diseases* APS Press.
- Johnston, P. R., Manning, M. A., Meier, X., Park, D., Fullerton, R. A. (2004): *Cryptosporiopsis actinidiae* sp. nov. *Mycotaxon*, 89(1), 131-136.
- Johnston, P. R., Pennycook, S. R., Manning, M. A. (2005): Taxonomy of fruitrotting fungal pathogens whats really out there. *New Zealand Plant Protection*, 58, 42-46.
- Juniper, B. E., Watkins, R., Harris, S. A. (1996).The origin of the apple.In *Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics 484* (pp. 27-34).
- Juhnevica-Radenkova, K., Radenkova, V., Seglina, D. (2016): Microbiological changes and severity of decay in apples stored for a long-term under different storage conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 103(4).

Kader, A. A. (2002): *Postharvest technology of horticultural crops* (Vol. 3311). University of California Agriculture and Natural Resources.

Kader, A. A. (2004): Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce. In *V International Postharvest Symposium 682* (pp. 2169-2176).

Kasanen, R., Hantula, J., Kurkela, T. (2002): *Neofabraea populi* in hybrid aspen stands in southern Finland. *Scandinavian journal of forest research*, 17(5), 391-397.

Кесеровић, З., Магазин, Н., Милић, Б., Дорић, М. (2016): Воћарство и виноградарство (део воћарство). Универзитет у Новом Саду. Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Kovač, A., Babojelić, M. S., Pavičić, N., Voća, S., Voća, N., Dobričević, N., Jagatić, A. M., Šindrak, Z. (2010): Influence of harvest time and storage duration on “Cripps Pink” apple cultivar (*Malus × domestica* Borkh) quality parameters. *СyТА–Journal of Food*, 8(1), 1-6.

Konstantinou, S., Karaoglanidis, G. S., Bardas, G. A., Minas, I. S., Doukas, E., Markoglou, A. N. (2011): Postharvest fruit rots of apple in Greece: Pathogen incidence and relationships between fruit quality parameters, cultivar susceptibility, and patulin production. *Plant Disease*, 95(6), 666-672.

Korićanac, A., Paunović, G., Mladenović, J., Glišić, I. (2019): Promene kvaliteta plodova jabuke (*Malus domestica* Borkh.) tokom čuvanja u uslovima normalne atmosfere. *Zbornik radova 2./XXI savetovanje o biotehnologiji sa međunarodnim učesćem*.

Lengyel, S., Knapp, D. G., Karácsony, Z., Geml, J., Tempfli, B., Kovács, G. M., Váczy, K. Z. (2020): *Neofabraea kienholzii*, a novel causal agent of grapevine trunk diseases in Hungary. *European Journal of Plant Pathology*, 157, 975-984.

Magazin, N., Đurović, D. (2017): Savremene tehnologije u čuvanju svežeg voća. Zbornik apstrakata, Savetovanje "Savremena proizvodnja voća".

Magazin, N., Milić, B., Keserović, Z. (2022): Production and assortment of apple in Serbia. *Biljni lekar*, 50(6), 411-426.

Maksimović, B. (2018): Proizvodnja i izvoz voća i preradevina iz Srbije: stanje i međunarodni faktori uspeha. Institut za ekonomiku poljoprivrede, Beograd (Srbija).

- Mditshwa, A., Fawole, O. A., Opara, U. L. (2018): Recent developments on dynamic controlled atmosphere storage of apples—A review. *Food packaging and shelf life*, 16, 59-68.
- Milić, D., Bulatović, M. L. (2017): Menadžment voćarsko-vinogradarske proizvodnje. *Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad*.
- Mirzwa-Mróz, E., Dzięcioł, R., Pitera, E., Jurkowski, A. (2012): Influence of sooty blotch and flyspeck (SBFS) fungi on apple fruits during storage. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 11(1), 39-46.
- Michalecka, M., Bryk, H., Poniawska, A., Puławska, J. (2016): Identification of *Neofabraea* species causing bull's eye rot of apple in Poland and their direct detection in apple fruit using multiplex PCR. *Plant Pathology*, 65(4), 643-654.
- Nadulski, R., Wróblewska-Barwińska, K., Domagała, D., Kobus, Z., Wilczyński, K. (2017): Texture Changes in Apple Cultivars during Storage in Different Conditions.
- Neri, F., Mari, M., Brigati, S., Bertolini, P. (2009): Control of *Neofabraea alba* by plant volatile compounds and hot water. *Postharvest biology and technology*, 51(3), 425-430.
- Neri, F., Cameldi, I., Menghini, M., Pironi, A., Nanni, I. M., Collina, M., Mari, M. (2018): *Neofabraea* spp. causing apple bull's eye rot: identification and characterization of some Italian isolates. *IOBC/WPRS Bull*, 138, 55-58.
- Obradović, A., Radivojević, D., Vajgand, D., Rekanović, E. (2015): Priručnik za integralnu proizvodnju i zaštitu jabuke.
- Onursal, C. E., Koyuncu, M. A. (2021): Role of controlled atmosphere, ultra low oxygen or dynamic controlled atmosphere conditions on quality characteristics of 'scarlet spur'apple fruit. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(3), 267-275.
- Pešicová, K., Kolařík, M., Hortová, B., Novotný, D. (2017): Diversity and identification of *Neofabraea* species causing bull's eye rot in the Czech Republic. *European Journal of Plant Pathology*, 147, 683-693.
- Prasad, D. (2007). *Sustainable Pests Management*. Daya Books.

- Prusky, D., Alkan, N., Mengiste, T., Fluhr, R. (2013): Quiescent and necrotrophic lifestyle choice during postharvest disease development. *Annual Review of Phytopathology*, 51, 155-176.
- Putnam, M. L., Adams, G. C. (2005): *Phlyctema vagabunda* causes coin canker of ash (*Fraxinus* spp.) in North America. *Plant disease*, 89(7), 773-773.
- Radenkovs, V., Juhnevica-Radenkova, K. (2018): Comparison of three storage techniques for post-harvest quality preservation of six commercially available cultivars of apple. *International Journal of Fruit Science*, 18(3), 268-286.
- Републички завод за статистику (РЗС) (<https://www.stat.gov.rs/>) (приступљено: 17.03.2023.)
- Rojas-Candelas, L. E., Chanona-Pérez, J. J., Méndez, J. M., Perea-Flores, M. J., Cervantes-Sodi, F., Hernández-Hernández, H. M., Marin-Bustamante, M. Q. (2021): Physicochemical, structural and nanomechanical study elucidating the differences in firmness among four apple cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 171, 111342.
- Romero, J., Raya, M. C., Roca, L. F., Moral, J., Trapero, A. (2016): First report of *Neofabraea vagabunda* causing branch cankers on olives in Spain. *Plant Disease*, 100(2), 527-527.
- Rooney-Latham, S., Gallegos, L. L., Vossen, P. M., Gubler, W. D. (2013): First report of *Neofabraea alba* causing fruit spot on olive in North America. *Plant disease*, 97(10), 1384-1384.
- Rosenberg, D. (1990): Compendium of the Apple and Pear Diseases.
- Rossmann, A. Y., Castlebury, L. A., Adams, G. C., Putnam, M. L. (2002): *Phlyctema vagabunda* isolated from coin canker of ash trees in Michigan. *Plant Disease*, 86(4), 442-442.
- Russouw, A. (2019): Etiology and management of *Neofabraea* lenticel decay (bull's eye rot) of apples in the Western Cape of South Africa (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- Saltveit, M. E. (2003): Is it possible to find an optimal controlled atmosphere?. *Postharvest Biology and Technology*, 27(1), 3-13.
- Sanhueza, R. M. V. (2015): *Neofabraea brasiliensis* Sanhueza and Bogo, sp. nov. *Persoonia*, 35, 264-327.

- Sato, Y., Hirayama, K., Toda, T., Nara, C., Furuya, H. (2021): Previously unreported symptom of bull's-eye rot (Kigusare-byo) on apple fruits caused by *Phlyctema vagabunda* Desm. *Jap J Phytopath*, 87, 133-145.
- Snowdon, A. L. (1991): A Colour Atlas of Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits & Vegetables. Volume 1: Fruits. Wolfe Scientific Ltd, London.
- Soto-Alvear, S., Lolas, M., Rosales, I. M., Chávez, E. R., Latorre, B. A. (2013): Characterization of the bull's eye rot of apple in Chile. *Plant Disease*, 97(4), 485-490.
- Spadaro, D., Torres, R., Errampalli, D., Everett, K., Ramos, L., Mari, M. (2020): Chap. 2. Pome fruits. In: Palou, L., Smilanick, J.L. (EDS) Postharvest pathology of fresh horticultural produce. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp 55-110
- Spotts, R. A., Seifert, K. A., Wallis, K. M., Sugar, D., Xiao, C. L., Serdani, M., Henriquez, J. L. (2009): Description of *Cryptosporiopsis kienholzii* and species profiles of *Neofabraea* in major pome fruit growing districts in the Pacific Northwest USA. *Mycological research*, 113(11), 1301-1311.
- Stevanović, S., Radojević, R., Kosi, F., Marković, D., Simonović, V., Milovančević, U. (2015): Optimalni režimi za skladištenje jabuke u ULO hladnjačama. *Zbornik 46. Međunarodnog kongresa o KGH, 2015.*, 170-176.
- Stevanović, S., Marković, D., Milovančević, U., Otović, M. (2022): Uticaj čuvanja u kontrolisanoj atmosferi na kvalitet plodova jabuke. *Zbornik Međunarodnog kongresa o procesnoj industriji–Procesing*, 35(1), 55-59.
- Strohm, K. (2013): Of the 30,000 Apple Varieties Found All over the World Only 30 Are Used and Traded Commercially.
- Sutton, T. B., Aldwinckle, H. S., Agnello, A. M., Walgenbach, J. F. (Eds.). (2014): Compendium of apple and pear diseases and pests (pp. 20-21). St. Paul, MN: American Phytopathological Society.
- Tan, A. M., Burchill, R. T. (1972): The infection and perennation of the bitter rot fungus, *Gloeosporium album*, on apple leaves. *Annals of Applied Biology*, 70(3), 199-206.
- Tahir, I. (2006): *Control of pre-and postharvest factors to improve apple quality and storability* (Vol. 2006, No. 2006: 35).

- Tahir, I., Gustavsson, K. E. (2009): Improving quality and storability of apples by a combination of aluminum reflective mulch, summer pruning and controlled nitrogen fertilization. In *VI International Postharvest Symposium 877* (pp. 245-250).
- Tahir, I., Ahmadi-Afzadi, M., Nybom, H., Dey, E. (2014): Rye bran alkylresorcinols inhibit growth of *Penicillium expansum* and *Neofabraea perennans* in vitro and in vivo on different apple cultivars. *Eur. J. Hortic. Sci*, 79, 218-225.
- Trouillas, F. P., Nouri, M. T., Lawrence, D. P., Moral, J., Travadon, R., Aegerter, B. J., Lightle, D. (2019): Identification and characterization of *Neofabraea kienholzii* and *Phlyctema vagabunda* causing leaf and shoot lesions of olive in California. *Plant disease*, 103(12), 3018-3030.
- Turechek, W. W. (2004): Apple diseases and their management. *Diseases of Fruits and Vegetables Volume I: Diagnosis and Management*, 1-108.
- USApple (2021) (<https://usapple.org/>) (приступљено: 18.03.2023.)
- FAOSTAT. (2021): Statistics Data: The Food and Agriculture Organization of the United Nations. (<https://www.fao.org/faostat/en/>) (приступљено 13.04.2023.)
- Henriquez, J. L., Sugar, D., Spotts, R. A. (2004): Etiology of bull's eye rot of pear caused by *Neofabraea* spp. in Oregon, Washington, and California. *Plant disease*, 88(10), 1134-1138.
- Henriquez, J. L. (2005): First report of apple rot caused by *Neofabraea alba* in Chile. *Plant disease*, 89(12), 1360-1360.
- Henriquez, J. L., Sugar, D., Spotts, R. A. (2006): Induction of cankers on pear tree branches by *Neofabraea alba* and *N. perennans*, and fungicide effects on conidial production on cankers. *Plant disease*, 90(4), 481-486.
- Hortova, B., Novotny, D., Erban, T. (2014): Physiological characteristics and pathogenicity of eight *Neofabraea* isolates from apples in Czechia. *European Journal of Horticultural Science*, 79(6), 327-334.
- Cameldi, I. (2015): Apple latent infection caused by *Neofabraea alba*: host-pathogen interaction and disease management (Doctoral dissertation, University of Bologna).

- Cameldi, I., Neri, F., Menghini, M., Pirondi, A., Nanni, I. M., Collina, M., Mari, M. (2017): Characterization of *Neofabraea vagabunda* isolates causing apple bull's eye rot in Italy (Emilia- Romagna region). *Plant Pathology*, 66(9), 1432-1444.
- Cao, D., Li, X., Cao, J., Wang, W. (2013): PCR detection of the three *Neofabraea* pathogenic species responsible for apple bull's eye rot.
- Cornille, A., Giraud, T., Smulders, M. J., Roldán-Ruiz, I., Gladieux, P. (2014): The domestication and evolutionary ecology of apples. *Trends in Genetics*, 30(2), 57-65.
- Chen, C., Verkley, G. J., Sun, G., Groenewald, J. Z., Crous, P. W. (2016): Redefining common endophytes and plant pathogens in *Neofabraea*, *Pezizula*, and related genera. *Fungal Biology*, 120(11), 1291-1322.
- Cunnington, J. H. (2004): Three *Neofabraea* species on pome fruit in Australia. *Australasian Plant Pathology*, 33(3), 453-454.
- WAPA. The world apple and pear association. (<http://www.wapa-association.org/asp/>) (приступљено: 10.03.2023.)
- Wenneker, M., Köhl, J. (2013): Postharvest decay of apples and pears in the Netherlands. In II International Symposium on Discovery and Development of Innovative Strategies for Postharvest Disease Management 1053 (pp. 107-112).
- Wenneker, M., Thomma, B. P. (2020): Latent postharvest pathogens of pome fruit and their management: from single measures to a systems intervention approach. *European Journal of Plant Pathology*, 156, 663-681.
- Wilkinson, E. H. (1944): Bitter rot of Apples caused by *Gloeosporium album* Osterw., with special reference to the variety Allington Pippin. Bitter rot of Apples caused by *Gloeosporium album* Osterw., with special reference to the variety Allington Pippin.
- Wright, A. H., DeLong, J. M., Arul, J., Prange, R. K. (2015): The trend toward lower oxygen levels during apple (*Malus × domestica* Borkh) storage. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90(1), 1-13.
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> (приступљено: 19.04.2023.)
- <http://www.minpolj.gov.rs/> (приступљено 09.03.2023.)