



**УНИВЕРЗИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“ – БИТОЛА
ФАКУЛТЕТОТ ЗА БИОТЕХНИЧКИ НАУКИ - БИТОЛА**



Технологија и безбедност на прехранбени производи

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПРОИЗВОДСТВО И УПОТРЕБА НА КОНЗЕРВАНСИ ВО
ОВОШНИ СОКОВИ**

докторски проект

Кандидат
М-р Диелон Салихај,
број на индекс 23

Ментор
Проф. д-р Џулијана Томовска

ТЕХНОЛОГИЈА НА ПРОИЗВОДСТВО И УПОТРЕБА НА КОНЗЕРВАНСИ ВО ОВОШНИ СОКОВИ

Диелон Салихај

Универзитет „Св. Климент Охридски” - Битола, Северна Македонија

ORCID iD: 0009-0004-4465-7589

diellon.salihaj@uklo.edu.mk

Џулијана Томовска

Универзитет „Св. Климент Охридски” - Битола, Северна Македонија

ORCID iD: [0000-0001-8956-1362](https://orcid.org/0000-0001-8956-1362)

dzulijana.tomovska@uklo.edu.mk

Апстракт

Целта на ова истражување е да се анализира модерната технологија на производство на сокови од јаболко и праска, како и примената на конзерванси во нив, со фокус на физичко-хемиските, микробиолошките и органолептичките параметри. Суровината, пирето од јаболко и праска, по приемот во фабриката се подложува на почетна контрола преку мерење на pH, °Brix и органолептичка евалуација. Технолошкиот процес се одвива според современи стандарди, каде што се врши формулација на составот: врз основа на °Brix сокот се разредува со третирана вода, а киселоста се регулира со лимонска киселина или пире од лимон. Кај сокот од праска се додава природна арома за компензирање на загубите на арома, додека сокот од јаболко се преработува без дополнителни ароми. По хомогенизацијата, производот се пастеризира на 85–95 °C за 15–30 секунди за инактивација на микроорганизмите и ензимите. Паралелно, амбалажата се стерилизира, а полнењето се изведува во асептички услови. Понатаму, готовиот производ се внесува во тунел за пастеризација (90–95 °C за околу 30 минути), со што се гарантира микробиолошка стабилност и подолг рок на траење. Земени се примероци во три фази: по приемот на суровината, по формулацијата и хомогенизацијата и после финалното пакување. Лабораториските анализи вклучуваат органолептичка евалуација (боја, арома, вкус, конзистенција), микробиолошки тестови и физичко-хемиски параметри. Главната цел е да се оцени употребата на конзерванси калиум сорбат (E202) и натриум бензоат (E211) и да се утврди нивната реална содржина преку HPLC метода. Очекуваните резултати ќе придонесат за процена на безбедноста на храната и усогласеноста со технолошките и законските стандарди.

Клучни зборови: Овошни сокови, конзерванси, натриум бензоат, калиум сорбат

СОДРЖИНА

1. Вовед	4
2. Преглед на литературата	5
2.1. Индустијата за овошни сокови	6
2.2. Технолошки процеси во производството на овошни сокови	6
2.3. Конзерванси во овошните сокови	6
2.5. Правна рамка и меѓународни стандарди	7
2.6. Сок од јаболко (<i>Malus domestica</i>)	7
2.7. Сок од праска (<i>Prunus persica</i>)	7
2.8. Влијанието на складирањето врз физичко-хемиските параметри на сокот од јаболко и праска	7
2.9. Органолептички и микробиолошки анализи	7
3. План за работа и методологија	7
3.1. Материјали што се користени	7
3.2. Технолошки процес на производство на овошни сокови	8
3.3. Формулација	9
3.4. Хомогенизација	9
3.5. Примарна пастеризација	9
3.6. Полнење и тунелска пастеризација	10
3.7. Етикетирање и пакување	10
3.8. Резиме на технолошкиот процес со Flow-Chart	10
3.9 CIP процес (Cleaning in Place)	11
3.10. Земање и чување на примероци	12
3.11. Лабораториски анализи	13
3.11.1. Физичко-хемиски анализи	13
3.11.2. Органолептички анализи	14
3.11.3. Микробиолошки анализи	15
3.11.4. Анализа на конзерванси	15
4. Резултатити	16
4.1. Почетни резултати	16
4.2. Резултати за време на складирање	19
4.2.1. Сок од јаболко	19
4.2.2. Сок од праска	21
4.3. Резултати од HPLC анализата на конзерванси и вештачки засладувачи	22
5. Дискусија	24
5.1. Анализа на сокот од јаболка	24
5.2. Анализа на сокот од праска	25
5.3. Главни споредби	25

5.4. Влијание на мешавините и практични препораки.....	25
6. Заклучок.....	26
7. Користена литература	26

1. Вовед

Индустијата за преработка на овошје и производство на овошни сокови зазема централно место во глобалниот прехранбен сектор и претставува една од гранките со најбрз раст, како во однос на потрошувачката, така и во однос на технолошкиот развој. со барањата за безбедност на храната и меѓународните стандарди за квалитет (АОАС, 2016; ISO, 2018) Овошните сокови, покрај нивната економска вредност, имаат особено нутритивно и диететско значење, бидејќи претставуваат богат извор на витамини, минерали, природни шеќери, органски киселини и биоактивни соединенија со позитивно влијание врз здравјето на човекот Овошните сокови, покрај нивната економска вредност, имаат особено нутритивно и диететско значење, бидејќи претставуваат богат извор на витамини, минерали, природни шеќери, органски киселини и биоактивни соединенија со позитивно влијание врз здравјето на човекот (Ли и Кадер - Lee & Kader, 2000; Каур и Капор - Kaur & Kapoor, 2001; Клеин - Klein, 1987). Во последните децении, зголемената свест на потрошувачите за значењето на здравата исхрана ја зголеми побарувачката за висококвалитетни и безбедни сокови со соодветна трајност (Таути и др. - Touati et al., 2016; Аморо Асима и др. - Amrofo-Asiama et al., 2019). Како резултат, прехранбената индустрија се соочува со предизвик да ги комбинира нутритивните и органолептичките својства на овие производи со барањата за безбедност на храната и меѓународните стандарди за квалитет (Правен и др. - Parveen et al., 2019; Џеј и др. - Jay et al., 2005). Овошните сокови се високо осетливи на хемиска и микробиолошка деградација. Високата содржина на вода и природни шеќери создава поволна средина за развој на микроорганизми, особено квасци, мувли и одредени патогени бактерии

Овошните сокови се високо осетливи на хемиска и микробиолошка деградација. Високата содржина на вода и природни шеќери создава поволна средина за развој на микроорганизми, особено квасци, мувли и одредени патогени бактерии (Правен и др. Parveen et al., 2019). Без примена на соодветни методи за конзервација, овие производи имаат краток рок на траење и ризикуваат загуба на органолептичките својства (боја, арома, вкус) и нутритивната вредност (Соги и др. - Sogi et al., 2015; Нваши и Манану - Nwaichi & Monanu, 2013). За да се спречи ова, индустријата разви комбинација на технолошки постапки кои вклучуваат термичка обработка (пастеризација, стерилизација), употреба на одобрени хемиски конзерванси, како и примена на современи технологии на асептично пакување и контрола на условите на складирање (Виламил и де Џонг - Villamiel & de Jong, 2000; Polydera et al., 2003).

Пастеризацијата претставува еден од основните процеси во индустријата за сокови, кој се спроведува во различни форми: flash-пастеризација, пастеризација со разменувачи на топлина во плочи или цевки, како и тунелска пастеризација по полнењето на шишињата. Овој процес обезбедува инактивација на микроорганизмите и ензимите, спречувајќи спонтанa ферментација, но често не е доволен за долготрајно складирање. Затоа, во индустриската практика, покрај термичките третмани, се користат и хемиски конзерванси кои обезбедуваат дополнителна заштита од микроорганизми и стабилност на производот за време на складирањето,

Најчесто користени и прифатени конзерванси во прехранбената индустрија се

калиум сорбат (E202) и натриум бензоат (E211). Калиум сорбатот е сол на сорбината киселина, со широк антиминобен спектар против квасци, мувли и некои бактерии, додека натриум бензоатот е сол на бензоената киселина, познат по својот конзервансен ефект во кисела средина (Џеј и др. - Jay et al., 2005). Комбинацијата на овие два адитиви се применува широко, бидејќи тие се надополнуваат и ја зголемуваат ефикасноста на заштитата. Меѓутоа, нивната употреба е строго регулирана со закон. Согласно директивите на Европската Унија и Codex Alimentarius (FAO/WHO), максимално дозволените граници се јасно дефинирани, а нивното надминување може да има здравствени последици врз потрошувачите, (АОАС, 2016; ISO, 2018).

Производствениот процес на овошните сокови опфаќа повеќе стандардизирани фази: прием и квалитативна контрола на суровината (пире од јаболко и праска), формулација на составот со регулирање на °Brix преку додавање на третирана вода и киселост со додавање лимонска киселина или пире од лимон, додавање на природна арома кај сокот од праска, хомогенизација под висок притисок, примарна пастеризација (85–95 °C за 15–30 секунди), стерилизација и полнење во асептички услови, како и тунелска пастеризација на готовиот производ (90–95 °C за околу 30 минути), Персон - Pearson, 2018; Виламит и Џонг - Villamiel & de Jong, 2000).

Во текот на истражувањето, примероци ќе се земаат во три клучни фази: по приемот на суровината, по формулацијата и хомогенизацијата, и по финалното пакување.

Лабораториските анализи ќе опфатат:

- Физичко-хемиски анализи: мерење на pH, °Brix (сува материја) и вкупна киселост. (Соги и др. - Sogi et al., 2015; Елкинс - Elkins, 1979)
- Органолептички анализи: евалуација на боја, арома, вкус и конзистенција. (Килкаст - Kilcast, 1994).
- Микробиолошки анализи: вкупен број на микроорганизми, присуство на квасци и мувли, како и тестирање за потенцијални патогени. (Парвен и др. - Parveen et al., 2019; Џеј и др. - Jay et al., 2005).

Посебен акцент ќе биде ставен на одредување на реалната содржина на конзервансите калиум сорбат (E202) и натриум бензоат (E211), користејќи метода на високоефикасна течна хроматографија (HPLC), во согласност со официјалните методи (АОАС, 2016; ISO, 2018). Оваа метода овозможува прецизно и чувствително мерење на концентрациите, проверка на усогласеноста со законските ограничувања и проценка на нивната ефикасност во одржување на квалитетот на соковите. Истражувањето има за цел да придонесе кон подобрување на индустриските практики во преработката на овошје, да обезбеди научно засновани податоци за примената на конзерванси и да поддржи обезбедување на квалитетни и безбедни производи за потрошувачите.

2. Преглед на литературата

Во овој дел се прикажуваат и анализираат научните трудови и релевантните извори поврзани со технологијата на производство и чувањето на овошните сокови. Посебно внимание се посветува на јаболковиот и прасковиот сок, кои претставуваат производи со големо значење на регионалниот и глобалниот пазар. Овие сокови се карактеризираат со висока содржина на вода и природни шеќери, што ги прави особено чувствителни на хемиска и микробиолошка деградација. Како последица, одржувањето на нивниот квалитет и безбедност бара примена на соодветни технолошки постапки како пастеризација, чување на ниски температури и користење на современи методи на пакување. Во прехранбената индустрија често се применуваат конзерванси како калиум сорбат (E202) и натриум бензоат (E211) за спречување на микробен развој и продолжување на рокот на траење на соковите.

Дополнително, аскорбинската киселина (витамин Ц) се користи како природен антиоксиданс со заштитна функција против оксидација и зачувување на бојата. Сепак, современите трендови и барањата на потрошувачите се сè повеќе ориентирани кон природни производи „без додадени конзерванси“, при што стабилноста и квалитетот најчесто се обезбедуваат преку технолошките процеси и строгата контрола на условите за складирање. Овој преглед на литературата има за цел да обезбеди теоретска основа за подобро разбирање на резултатите од студијата, како и за нивно споредување со наодите од други истражувања во областа на производството и чувањето на овошните сокови.

2.1. Индустијата за овошни сокови

Индустијата за овошни сокови претставува еден од најдинамичните сектори на глобалната прехранбена индустрија. Порастот на потрошувачката е поврзан со зголемената свест на потрошувачите за здравата исхрана и природните извори на витамини, минерали и биоактивни супстанции. Сепак, овошните сокови се производи со висока осетливост на хемиска и микробиолошка деградација поради високата содржина на вода и шеќери, што ја прави неопходна примената на соодветни технолошки и хемиски методи за нивно зачувување.

2.2. Технолошки процеси во производството на овошни сокови

Производството на овошни сокови опфаќа неколку критични фази: формулација, хомогенизација, пастеризација и асептично пакување (Pearson, 2018). Пастеризацијата претставува еден од најзначајните чекори, бидејќи овозможува инактивација на патогените микроорганизми и ензимите, со што се обезбедува микробиолошка стабилност (Виламил и де Џонг - Villamiel & de Jong, 2000; Полидера и др. - Polydera et al., 2003).. Сепак, подолгите термички третмани или обработката на високи температури може да предизвикаат загуби на витамини (особено витамин С) и промени во органолептичките својства (Зердин и др. - Zerdin et al., 2003; Нвачи и Монану - Nwaichi & Monanu, 2013). Поради ова, индустијата сè почесто применува комбинација на термичка обработка со хемиски конзерванси одобрени според меѓународните стандарди.

2.3. Конзерванси во овошните сокови

Два од главните конзерванси што се користат во индустијата за овошни сокови се калиум сорбат (E202) и натриум бензоат (E211), (Џеј и др. - Jay et al., 2005; Парвен и др. Parveen et al., 2019).

- Калиум сорбатот е ефикасен против квасци и мувли, спречувајќи несакана ферментација и расипување на производот.
- Натриум бензоатот најдобро делува во кисела средина и е ефикасен против поширок спектар на бактерии.

Нивната комбинација ја зголемува ефикасноста, но употребата е ограничена согласно стандардите на Европската Унија и Codex Alimentarius (AOAC, 2016; ISO, 2018). Истражувањата покажале дека надминувањето на дозволените дози може да има здравствени последици, додека недоволната доза го загрозува микробиолошкиот стабилитет на производот. Затоа, мониторингот на реалната содржина на конзервансите претставува неопходна компонента на безбедноста на храната. (Парвен и др. - Parveen et al., 2019).

2.4. Аналитички методи за детекција на конзерванси

Методата HPLC (High-Performance Liquid Chromatography) претставува меѓународен стандард за определување на конзервансите E202 и E211. Таа обезбедува висока чувствителност и точност дури и при ниски концентрации. Во литературата се спомнуваат различни конфигурации на колони (најчесто C18) и услови на мобилната фаза (мешавина од ацетатен бафер и ацетонитрил), со УВ-детекција околу 220 nm (Пирсон - Pearson, 2018). Покрај HPLC, во одредени случаи се користат и спектрофотометриската метода и тенкослојната хроматографија (TLC), но со пониска чувствителност (Елкинс - Elkins, 1979).

2.5. Правна рамка и меѓународни стандарди

Според Директивите на Европската Унија, максимално дозволената граница за E202 и E211 во овошни сокови изнесува 200–250 mg/L (во зависност од производот). FAO/WHO Codex Alimentarius дава слични насоки за нивната употреба во прехранбени производи. (АОАС, 2016; ISO, 2018). Овие стандарди се задолжителни за заштита на здравјето на потрошувачите и за хармонизација на меѓународната трговија со прехранбени производи.

2.6. Сок од јаболко (*Malus domestica*)

Јаболкото претставува едно од најважните овошја за индустријата на сокови, со висока содржина на природни шеќери (глюкоза, фруктоза, сахароза), јаболкова киселина и пектин. Типичниот pH на сокот од јаболко изнесува 3.3–4.0, °Brix околу 11–12, а вкупната киселост 0.3–0.5 g/100 mL. Овие параметри го прават сокот од јаболко релативно стабилен кон деградација, но сепак останува осетлив на ферментација при амбиентални температури (Бенџума и др. Benjuma et al., 2025).

2.7. Сок од праска (*Prunus persica*)

Сокот од праска се одликува со интензивна боја и изразена арома, што се должи на присуство на каротеноиди (бета-каротен, лутеин) и ароматични соединенија (лактон, естри). Неговиот pH изнесува 3.4–4.2, °Brix 11–12, а вкупната киселост 0.5–0.7 g/100 mL. Праската е почувствителна на загуба на арома при термички третмани, па затоа индустријата често додава природна арома по пастеризацијата. Поради повисоката киселост, праската е помикробиолошки стабилна од јаболкото, но е посклона кон органолептички промени за време на складирањето (Ампофо – Азиама и др. - Amrofo-Asiama et al., 2019).

2.8. Влијанието на складирањето врз физичко-хемиските параметри на сокот од јаболко и праска

Литературата покажува дека за време на складирањето настануваат значајни промени во pH, °Brix и вкупната киселост. При амбиентални температури често се забележува зголемување на киселоста поради ферментација и искористување на шеќерите, додека на 4 °C овие промени се одвиваат побавно (Бенџума и др. - Benjuma et al., 2025). Содржината на витамин С постепено опаѓа за време на складирањето поради оксидација, што влијае врз нутритивната вредност на производот. Овие трендови се пријавени во многу меѓународни студии за јаболкото и праската, но најчесто се анализира само еден параметар или едно овошје (Нвачи и Монану - Nwaichi & Monanu, 2013; Зердин и др. - Zerdin et al., 2003).

2.9. Органолептички и микробиолошки анализи

Покрај хемиските параметри, студиите ја нагласуваат важноста на органолептичката евалуација (боја, вкус, арома, конзистенција), кои се тесно поврзани со прифатливоста од страна на потрошувачите. Во микробиолошки аспект, често се пријавува присуство на квасци и мувли по 30–60 дена складирање на амбиентални температури, додека на 4 °C остануваат во рамките на дозволените граници (Парве и др. - Parveen et al., 2019; Џеј и др. - Jay et al., 2005).

3. План за работа и методологија

3.1. Материјали што се користени

Во ова истражување беа употребени пире од јаболко (*Malus domestica*) и пире од праска (*Prunus persica*) во форма на концентрат. Изборот на овие овошја се заснова на неколку научни и технолошки причини:

- Достапност: јаболките и праските се меѓу најмногу одгледуваните овошја во Балканскиот регион и во светот, обезбедувајќи стабилно снабдување за индустријата (Бенџума и др. - Benjuma et al., 2025)..

- Нутритивна вредност: богати со витамини, минерали, органски киселини и диетални

влакна (Ји и Кадер - Lee & Kader, 2000; Каур и Копор - Kaur & Karoor, 2001).

- Органолептичка прифатливост: вкусови што се преферирани од потрошувачите на европските и азиските пазари, особено во сокови наменети за деца и семејства (Килкаст - Kilcast, 1994).

- Технолошка стабилност: добро ја издржуваат пастеризацијата и ги задржуваат главните сензорни карактеристики во споредба со посензитивни овошја (Виламил и де Џонг - Villamiel & de Jong, 2000).

3.1.1 Јаболко (*Malus domestica*)

Јаболкото претставува главно овошје за индустријата на сокови во Европа, со принос од 550–600 ml сок по килограм овошје. Содржи природни шеќери (гликоза, фруктоза, сахароза), јаболкова киселина, пектин и витамин С (Персон - Pearson, 2018). °Brix на пирето од јаболко изнесува 30–32, со pH вредност од 3.3–4.0, (Соги и др. - Sogi et al., 2015) што го прави производот природно кисел и со микробиолошка стабилност.

3.1.2 Праска (*Prunus persica*)

Праската е суптропско овошје, широко распространето во медитеранските региони и на Балканот. Нејзиниот сок е богат со органски киселини (лимонска киселина, јаболкова киселина), каротеноиди (бета-каротен, лутеин), витамини (С, Е, К) и ароматични соединенија (лактоните, естри). Типичните параметри на пирето се 30–32 °Brix (сува материја) и pH 3.4–4.2 (Бенџума и др. - Benjuma et al., 2025). Праската е посензитивна за време на пастеризацијата и често бара додавање на природна арома за да се зачува вкусот. (Тоуати и др. - Touati et al., 2016), Табела 1.

Вид на пире	Почетен °Brix	pH	Вкупна киселост (g лимонска киселина/100 ml)
Јаболко	30–32	3.3–4.0	0.4–0.6
Праска	30–32	3.4–4.2	0.5–0.7

Табела 1. Физичко–хемиски параметри на почетното пире

3.2. Технолошки процес на производство на овошни сокови

Технолошкиот процес на производство на овошни сокови претставува комплексен синџир на операции што ги комбинираат знаењата од науката за храна, технологијата на преработка и безбедноста на храната. Процесот е изграден врз основа на меѓународно прифатени стандарди (Codex Alimentarius, ISO 9001:2015, ISO 22000 и HACCP) кои ги дефинираат добрите производствени практики (Good Manufacturing Practices – GMP) и анализата на ризици во сите фази на производството. Производството на сокови започнува од изборот на сировината и завршува со пакување на финалниот производ во асептички услови. Секоја фаза директно влијае врз сензорниот квалитет, нутритивната вредност и рокот на траење на сокот. На пример, неконтролирана пастеризација може да ја уништи аромата и витамин С, додека неправилно полнење може да ја компромитира целата серија производи (Парвен и др. - Parveen et al., 2019). Во продолжение се прикажани клучните фази на технолошкиот процес на производство на сок од јаболко и праска во современите индустриски линии.

3.3. Формулација

Во оваа фаза се определува односот помеѓу водата и пирето со цел да се стандардизира °Brix на **11–12**, што претставува типична вредност за природните овошни сокови (Пеарсон - Pearson, 2018). Стандардизацијата на °Brix овозможува сокот да ја има карактеристичната сладост и густина, слични на свежото овошје.

Водата што се користи не е обична од чешма, туку вода третирана со обратна осмоза (RO – Reverse Osmosis). Обратна осмоза претставува процес на филтрација каде водата се принудува да помине низ полупропустлива мембрана под висок притисок. Со оваа технологија се елиминираат до 99% од минералните соли (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}), тешките метали, органските соединенија, како и над 99% од бактериите и микроорганизмите. Резултатот е вода без вкус, боја и мирис, која не влијае врз природниот вкус на овошјето и обезбедува целосна микробиолошка сигурност.

Причини за користење RO на вода во индустријата: најпрво од микробиолошка безбедност – се блокираат бактерии, вируси и спори, хемиска чистота – се елиминираат јоните што предизвикуваат наслаги во цевководите, органолептичка неутралност – водата не влијае врз вкусот и аромата на сокот, стабилност на процесот – се спречува корозија и формирање на биофилмови во опремата.

Во индустриската пракса, по третман со обратна осмоза, водата дополнително поминува и низ: филтри со активен јаглен за отстранување на хлор, омекнувачи на вода за намалување на тврдината, дезинфекција со УВ-зраци за целосна микробиолошка сигурност. Само по ваков третман, водата се користи за разредување на пирето.

Стандардизација на рН и киселост

По стандардизација на °Brix, се регулира и киселоста со додавање лимонска киселина (од лимон или лимонтос).

- Сокот од праска често бара дополнителна корекција на киселоста и додавање природна арома за враќање на органолептичкиот профил изгубен за време на обработката.
- Сокот од јаболко, поради пониското рН, обично не бара дополнителна арома и е постабилен од микробиолошки аспект.

3.4. Хомогенизација

Хомогенизацијата се изведува на апарати под висок притисок (100–200 bar), со што големината на честичките се намалува на 1–2 μm .

- Се спречува седиментација на пулпата за време на складирањето.
- Се обезбедува рамномерна распределба на честичките, со што сокот добива униформен изглед и стабилна колоидна структура.
- Хомогенизацијата ја зголемува и биорасположливоста на биоактивните соединенија (полифеноли, каротеноиди), што придонесува за поголема нутритивна вредност. Без хомогенизација, сокот би се разделил во слоеви, што значително ја намалува неговата прифатливост (Клеин - Klein, 1987; Каур и Капор - Kaur & Kapoor, 2001).

3.5. Примарна пастеризација

Пастеризацијата претставува критична фаза за безбедноста на храната. Сокот се загрева на 85–95 °C за 15–30 секунди, според методот HTST (High Temperature Short Time).

- Микробиолошка заштита: се инактивираат патогените микроорганизми како *E. coli*, *Salmonella spp.* и *Listeria monocytogenes*.
- Ензимска заштита: се инактивираат оксидативните ензими како полифенол оксидаза и пектинестераза, кои предизвикуваат потемнување и деградација на производот.
- Зачувување на квалитетот: методот со висока температура и кратко време овозможува задржување на бојата, вкусот и витамин С, без значајно намалување на нутритивната вредност (Зердин и др. - Zerdin et al., 2003).

3.6. Полнење и тунелска пастеризација

По контролирано ладење, сокот се полни во стаклени шишиња или асептички амбалажи (PET или Tetra Pak). Полнењето се изведува во асептички услови за да се спречи контаминација со микроорганизми од околината (Полидера и др. - Polydera et al., 2003; Деде и Бојаци - Dede & Boyacı, 2020).

По полнењето, шишињата минуваат низ тунелска пастеризација:

- третман од 30 минути на 90–95 °C,
- се постигнува целосна стерилност на производот и амбалажата,
- се продолжува рокот на траење на производот (shelf-life 6–12 месеци).

3.7. Етикетирање и пакување

По завршување на термичката обработка, шишињата подлежат на последната фаза:

1. Постепено ладење – за да се избегне пукање на стаклото или деформација на PET амбалажата.
2. Херметичко затворање – за спречување на контакт со кислород и контаминација.
3. Етикетирање – според меѓународните стандарди, со јасно наведување: име на производот, состојки, нутритивни вредности, датум на производство, рок на употреба, услови на складирање и број на серија.
4. Пакување – во транспортни кутии и складирање на контролирана температура (4–20 °C). Етикетата има двојна функција: правна обврска и комуникација со потрошувачите, со што се обезбедува доверба и целосна следливост на производот. (ISO, 2018; AOAC, 2016).

3.8. Резиме на технолошкиот процес со Flow-Chart

Технолошкиот процес на производство на овошни сокови претставува низа на меѓусебно поврзани операции кои ја гарантираат микробиолошката безбедност, стабилноста и органолептичкиот квалитет на финалниот производ. За појасна илустрација, на Слика 1. прикажан flow-chart дијаграм кој ги обединува клучните чекори на производството на сок од јаболко и праска – почнувајќи од формулацијата па сè до финалното пакување и чистење на производната линија.



Слика 1. Flow-chart илустративен приказ на производство на сок од јаболко и праска.

3.8.1 Опис на фазите прикажани во flow-chart:

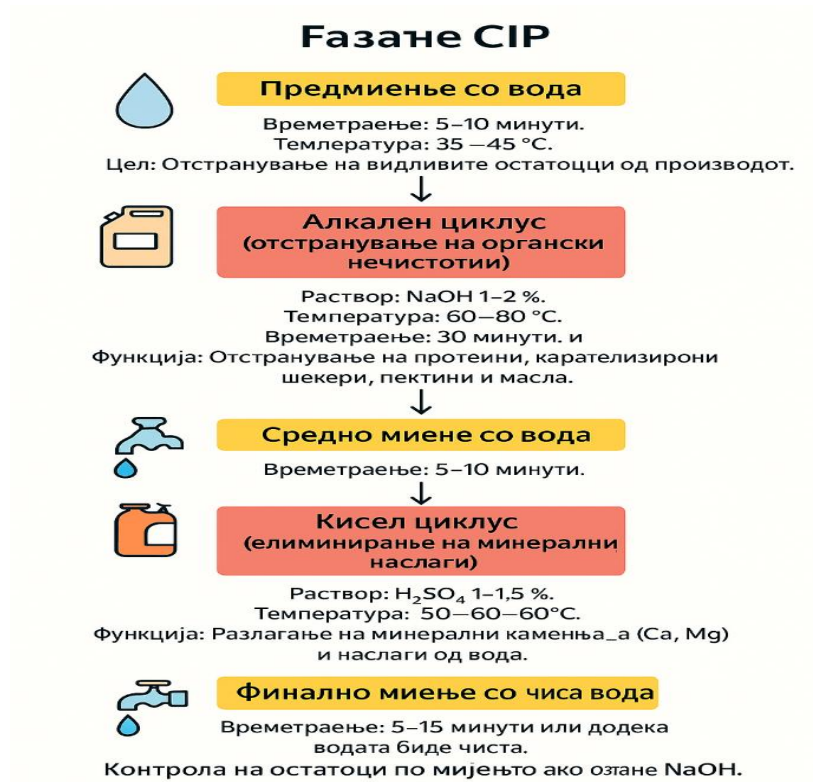
1. Подготовка на суровината – Пирето од јаболко (*Malus domestica*) и праска (*Prunus persica*) се користи како основна суровина за производство.
2. Формулација – На пирето му се додава вода третирана со обратна осмоза (RO) за стандардизација на °Brix (11–12). Киселоста се регулира со лимонска киселина. Кај сокот од праска дополнително се додава природна арома за зачувување на органолептичкиот профил изгубен при термичка обработка.
3. Хомогенизација – Процес изведен под висок притисок (100–200 bar) за редукција на големината на честичките на 1–2 μm , со што се спречува седиментација и се обезбедува стабилност и униформност на производот.
4. Примарна пастеризација – Загревање на сокот на 85–95 °C во траење од 15–30 секунди со цел инактивација на патогени микроорганизми и оксидативни ензими (*полифенол оксидаза*, *пектинестераза*).
5. Асептично полнење – Оладениот производ се полни во стаклени шишиња или асептичка амбалажа (PET или Tetra Pak) под строго контролирани хигиенско-санитарни услови.
6. Тунелска пастеризација – Шишињата се подложуваат на термички третман на 90–95 °C во траење од 30 минути, со што се постигнува целосна стерилност и се продолжува рокот на траење (shelf-life 6–12 месеци).
7. Етикетирање и пакување – Производот се етикетира според законските и меѓународните стандарди (име на производ, состојки, нутритивни вредности, датум на производство, рок на употреба, услови на складирање, број на серија) и се пакува за дистрибуција.
8. CIP чистење (Cleaning in Place) – По секој производствен циклус, линијата се чисти и дезинфицира со алкални раствори (NaOH 1–2%) и киселински раствори (H_2SO_4 или HNO_3 0.5–1%), проследено со плакнење со топла вода. Овој чекор обезбедува хигиена на производствената линија во согласност со стандардите HACCP и ISO 22000.

3.9 CIP процес (Cleaning in Place)

По секој производствен циклус, за да се гарантира хигиената на опремата и производната линија, се спроведува процесот CIP (Cleaning in Place). Овој процес овозможува целосно миење и дезинфекција без демонтирање на машините, при што се почитуваат барањата на HACCP и ISO 22000. Фази на CIP:

1. Пред-миење со вода: времетраење: 5–10 минути, температура: 35–45 °C, цел: отстранување на видливи остатоци од производот.
2. Алкален циклус (отстранување на органски наслаги): раствор: NaOH 1–2 %, температура: 60–80 °C, времетраење: 30 минути, функција: отстранување на протеини, карамелизирани шеќери, пектини и масти.
3. Меѓумиење со вода: времетраење: 5–10 минути
4. Киселински циклус (елиминација на минерални наслаги) : раствор: H_2SO_4 1–1.5 %, температура: 50–60 °C, времетраење: 20–30 минути, функција: растворување на минерални наслаги (Ca, Mg) и соли од водата.
5. Финално миење со питка вода: времетраење: 5–15 минути или сè додека водата не биде целосно бистра

Контрола на остатоци по миењето: Фенолфталейн → добива розева боја ако има остатоци од NaOH. Метил оранж → добива црвена боја ако има остатоци од H_2SO_4 . Сите параметри (температура, време, концентрации) внимателно се евидентираат за потребите на следливост и интерна/екстерна ревизија, Слика 2.



Слика 2. Flow-chart на процесот CIP (Cleaning in Place) во индустријата за сокови

Објаснување за процесот на CIP е дека опфаќа пет главни фази: пред-миење со вода, алкален циклус со раствор NaOH 1–2 %, меѓумиење со вода, киселински циклус со раствор H₂SO₄ 1–1.5 %, и финално миене со питка вода. По завршувањето се врши контрола на остатоците со киселинско-базни индикатори (фенолфталейн и метил оранж) за да се гарантира хигиената согласно стандардите HACCP и ISO 22000.

3.10. Земање и чување на примероци

Земањето и чувањето на примероци претставува суштински елемент за безбедноста и доверливоста на аналитичките резултати. Овој процес обезбедува анализите да се изведуваат врз репрезентативни примероци, кои реално ја одразуваат состојбата на производот во различни фази од преработката.

Примероците се земени во три клучни фази од технолошкиот процес: по приемот на пирето, по формулацијата и хомогенизацијата, како и по финалното пакување. Овој план овозможува следење на промените во квалитетот низ целиот производствен процес и проценка на влијанието на условите на чување врз стабилноста на производот.

Примероците се чуваат под два температурни услови: амбиентална температура (~20–25 °C), која ги симулира реалните услови на пласман, и фрижидерска температура (4 ± 1 °C), која претставува услови на контролирано складирање. Оваа споредба овозможува проценка на стабилноста на производот и идентификација на можни физичко-хемиски и микробиолошки промени за време на магацинирањето.

Деталниот план за земање и чување на примероци, заедно со системот за кодирање за секој вид сок и фаза од процесот, е прикажан во Табела 2.

Вид на сок	Фаза	Услови на чување	Кодирање
Јаболко	По прием на пирето	Фрижидер (4 °C)	M1-F
Јаболко	По прием на пирето	Амбиент	M1-A
Јаболко	По формулација/хомогенизација	Фрижидер	M2-F
Јаболко	По формулација/хомогенизација	Амбиент	M2-A
Јаболко	По финално пакување	Фрижидер	M3-F
Јаболко	По финално пакување	Амбиент	M3-A
Праска	По прием на пирето	Фрижидер	P1-F
Праска	По прием на пирето	Амбиент	P1-A
Праска	По формулација/хомогенизација	Фрижидер	P2-F
Праска	По формулација/хомогенизација	Амбиент	P2-A
Праска	По финално пакување	Фрижидер	P3-F
Праска	По финално пакување	Амбиент	P3-A

Табела 2. План за земање и чување на примероци од сок од јаболко и праска

3.11. Лабораториски анализи

Лабораториските анализи за сокот од јаболко и праска се изведени со цел оценување на квалитативните параметри и безбедноста на финалниот производ. Сите мерења се реализирани во согласност со меѓународните стандарди (AOAC, ISO, Codex Alimentarius), при што секоја анализа е повторена три пати ($n = 3$) за да се обезбеди точност и репродуктивност на резултатите.

3.11.1. Физичко–хемиски анализи

pH – Мерењето е направено со калибриран pH-метар според стандардот ISO 2917:1999. Очекуваните интервали се: јаболко 3.3–4.0; праска 3.4–4.2.

°Brix – Одреден е со дигитален рефрактометар (AOAC 932.12). Пирето имало 30–32 °Brix, додека финалниот сок е стандардизиран на 11–12 °Brix.

Вкупна титрирачка киселост – Определена е во фабричката лабораторија со киселинско–базна титрација со NaOH 0.1 N, користејќи фенолфталеин како индикатор (AOAC 942.15). Резултатите се изразени како g лимонска киселина/100 mL сок според формулата:

$$\text{Киселост (g/100 mL)} = \frac{V_{\text{NaOH}} \times N_{\text{NaOH}} \times 0.064 \times 100}{V_{\text{примерок}}}$$

каде:

- V_{NaOH} = волумен на NaOH растворот употребен при титрација (mL),
- N_{NaOH} = нормалитет на NaOH растворот,
- 0.064 = еквивалентен фактор за лимонска киселина (g/meq),
- $V_{\text{примерок}}$ = волумен на титрираниот примерок (mL).

Може да се забележи дека вредноста 0.064 произлегува од еквивалентната тежина на лимонската киселина (192.12 g/mol, трипротонска), која по делење со 3 протоните дава 64 g/eq или 0.064 g/meq. Типичните интервали на вкупната киселост за сок од јаболко и праска се 0.3–0.5 g лимонска киселина/100 mL сок.

Вид на сок	°Brix финален	pH типичен	Вкупна киселост (g/100 mL)
Јаболко	11–12	3.3–4.0	0.3–0.5
Праска	11–12	3.4–4.2	0.3–0.5

Табела 3. Физичко–хемиски параметри на финалниот сок

3.11.2. Органолептички анализи

Трениран панел – Панел од 10 обучени дегустатори ги оценуваше примероците според стандардите ISO 6658:2017 и ISO 8586:2012, користејќи скала од 1 до 5. Оценувани параметри: боја, арома, вкус, конзистенција.

Параметар	Опис	Скала (1–5)
Боја	Визуелна споредба со стандард	1–5
Арома	Интензитет и природност	1–5
Вкус	Баланс сладост–киселост	1–5
Конзистенција	Униформност, отсуство на талог	1–5

Табела 4. Органолептички параметри (скала 1–5)

Направена е Анкета со потрошувачи, спроведена со 20 граѓани за да се оцени прифатливоста на соковите.

Параметар	Сок од јаболко (средна вредност $\pm$ SD)	Сок од праска (средна вредност $\pm$ SD)	Општа оценка
Боја	4.4 $\pm$ 0.6	4.6 $\pm$ 0.5	Многу добра
Арома	4.2 $\pm$ 0.7	4.5 $\pm$ 0.6	Добра – многу добра
Вкус	4.3 $\pm$ 0.5	4.7 $\pm$ 0.4	Многу добра
Конзистенција	4.1 $\pm$ 0.6	4.5 $\pm$ 0.5	Добра – многу добра
Просек вкупно	4.3	4.6	Висока прифатливост

Табела 5. Резултати од анкета за органолептичка евалуација на јаболков и прасков сок

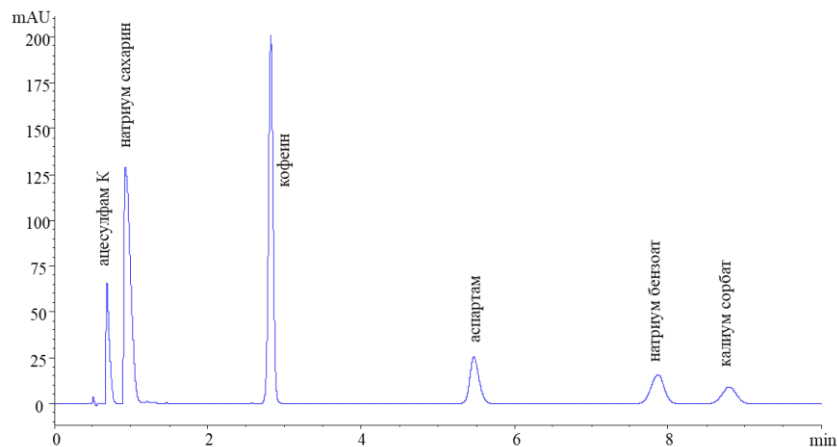
Од добиените резултати заклучуваме дека сокот од праска доби повисоки оценки кај сите параметри во споредба со јаболкото. Вкусот на праската (4.7) се издвојува како најпрефериран, додека конзистенцијата на јаболкото (4.1) доби најниска оценка. Генерално, сокот од праска е оценет како најприфатлив од потрошувачите.

3.11.3. Микробиолошки анализи

Микробиолошките анализи се изведени според ISO стандарди: Вкупен број на аеробни микроорганизми – ISO 4833-1, Квасци и мувли – ISO 21527-1, *Escherichia coli* – ISO 16649-2, *Salmonella spp.* – ISO 6579-1, *Listeria monocytogenes* – ISO 11290-1. Овие анализи потврдуваат дека финалниот производ е безбеден за консумација и ги исполнува законските барања за овошни сокови.

3.11.4. Анализа на конзерванси

За определување на конзервансите и вештачките засладувачи во примероците на сок од јаболка и праска беше користен методот на течна хроматографија со високи перформанси (HPLC). Анализата беше спроведена на апарат *Agilent Technologies 1260 Infinity Rapid Resolution Liquid Chromatography (RRLC)* опремен со UV-DAD (Ultraviolet–Diode Array Detector). Употребена беше аналитичка колона со стационарна фаза C18, додека мобилната фаза се состоеше од метанол и вода закиселена со фосфорна киселина. За калибрација и идентификација беше користена стандардна смеса на референтни соединенија: ацесулфам К, натриум сахарин, кофеин, аспартам, натриум бензоат (E211) и калиум сорбат (E202). Овој стандарден хроматограм послужи како основа за споредба со хроматограмите на испитуваните примероци од соковите (Графикон 1).



Графикон 1. Хроматограм од стандардна смеса од ацесулфам К, натриум сахарин, кофеин, аспартам, натриум бензоат и калиум сорбат

Со високоефикасна течна хроматографија (HPLC - High Performance Liquid Chromatography) се направени анализи за определување на конзерванси и вештачки засладувачи во примероците од сок од јаболка и праска во Лабораторијата за хемиски анализи при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ – Факултет за земјоделски и прехранбени науки, Скопје. Резултатите се документирани во официјалниот извештај со Архивски број: 09-6/731, датум 03.09.2025, а датумот на издавање на резултатите беше 10.09.2025. Овој извештај претставува основа за интерпретација на податоците презентирани во наредното поглавје.

4. Резултати

Во овој поглавје детално се прикажуваат резултатите добиени од лабораториските анализи извршени врз примероците од сок од јаболко (*Malus domestica*) и праска (*Prunus persica*), два од најзначајните видови овошни сокови кои се произведуваат и конзумираат во регионот. Анализите беа конципирани за да дадат целосна слика за почетниот квалитет на производите и за промените што тие ги претрпуваат за време на периодот на складирање, вклучувајќи ја и проценката на присуството на дозволените конзерванси, кои широко се користат во прехранбената индустрија за продолжување на трајноста на производите.

Целта на ова поглавје не е само да ги презентира добиените податоци од лабораториските мерења, туку и да понуди разбирлива интерпретација тесно поврзана со технолошкиот процес на производство на сокови, со законските стандарди и со значењето на овие резултати за прехранбената индустрија и за потрошувачите. Резултатите претставуваат важна основа врз која се потпира научната дискусија во следното поглавје. Лабораториските анализи се извршени во неколку специјализирани институции со цел да се обезбеди што е можно покомплетна и сеопфатна проценка на примероците:

- Во Институтот за јавно здравје на Косово (ИЈЗК), во периодот 27–30 јуни 2025, беа извршени почетните анализи на физикохемиските и микробиолошките параметри, кои обезбедуваат информации за хигиенската безбедност и прехранбениот квалитет на производите.

- Во Лабораторијата на фабриката за сокови БИОН, авторот лично ги изврши мерењата за време на целиот период на складирање (30 јуни – 30 август 2025), следејќи ги рН-вредноста, содржината на растворливи шеќери (°Brix) и вкупната титрабилна киселост. Овие параметри служат како клучни индикатори за биохемиските и микробиолошките промени што настануваат за време на процесот на складирање.

- Во Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ – Факултет за земјоделски науки и храна, Скопје, беа извршени специфични анализи за присуство на конзервансите калиум сорбат (E202) и натриум бензоат (E211) со методата HPLC. Анализите беа спроведени согласно Извештај бр. 09-6/731, датум 03.09.2025, додека резултатите беа издадени на 10.09.2025.

Со цел зголемување на точноста и споредливоста на податоците, сите анализи беа извршени согласно меѓународните стандарди (AOAC, ISO, Codex Alimentarius), што гарантира дека резултатите се валидни и прифатени на научно и професионално ниво. Примероците беа анализирани првично кон крајот на јуни 2025 за основните параметри, додека мониторингот на складирањето се спроведуваше во период од 60 дена, со периодични мерења на ден 0, 15, 30, 45 и 60. Ова ја прави студијата споредлива со меѓународната литература и релевантна за индустриската пракса.

4.1. Почетни резултати

Примероците од сокот од јаболко и праска беа анализирани во ИЈЗК за да се утврдат основните физикохемиски и микробиолошки вредности

Параметар	Дозволен граници	Резултатите тестирањето	од Стандардна метода
Киселост (%)	0.8	0.39	АОАС-950.15

Сува материја (%)	13.5	11.1	AOAC-950.27
Вкупни шеќери (%)	12.0	11.0	AOAC-950.29 B
Витамин C (mg/100 mL)	≤ 250	19.36	Pearson
Квасци и мувли (cfu/mL)	0	Не се пронајдени	ISO 21527-1/2
Мезофилни бактерии (cfu/mL)	<10	<10	ISO 4833:2003

Табела 6. Основни параметри на сокот од јаболко (ИЈЗК).

Резултатите од анализите покажуваат дека сокот од јаболко има вредности на киселост и содржина на шеќери во рамките на законски пропишаните граници, додека микробиолошкиот товар е под границата на детекција (<10 cfu/mL).

Параметар	Дозволен граници	Резултатите од тестирањето	Стандардна метода
Киселост (%)	0.8	0.62	AOAC-950.15
Сува материја (%)	13.5	12.4	AOAC-950.27
Вкупни шеќери (%)	12.0	12.36	AOAC-950.29 B
Витамин C (mg/100 mL)	≤ 250	19.36	Pearson
Квасци и мувли (cfu/mL)	0	Не се пронајдени	ISO 21527-1/2
Мезофилни бактерии (cfu/mL)	<10	<10	ISO 4833:2003

Табела 7. Основни параметри на сокот од праска (ИЈЗК)

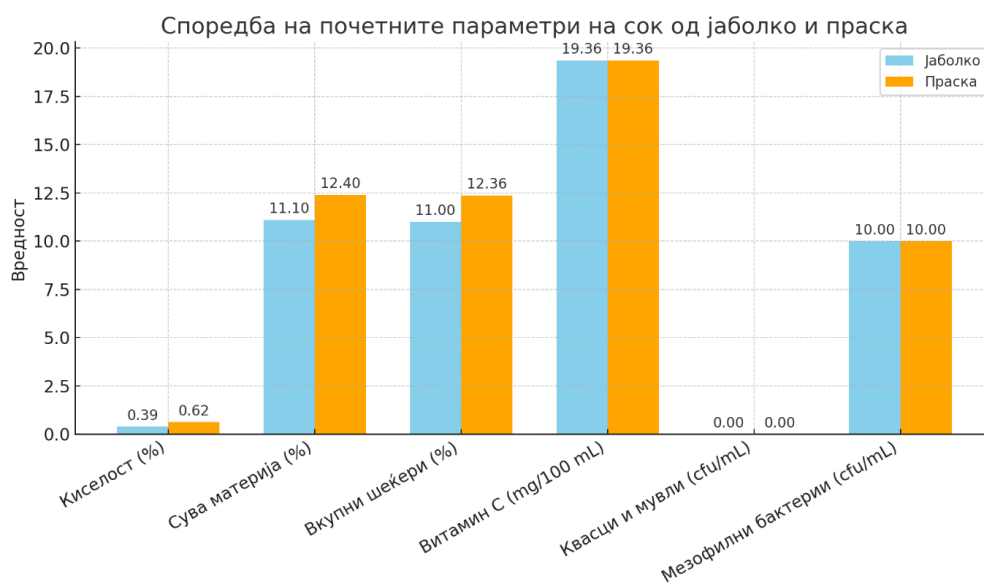
Сокот од праска покажува повисоки вредности на киселост и сува материја во споредба со сокот од јаболко, додека содржината на витамин C е слична кај двата сока. Микробиолошките показатели се под дозволените граници. За полесна споредбена евалуација помеѓу двата производи, подолу е прикажана резиме табела.

Параметар	Јаболко	Праска	Разлика (Праска – Јаболко)
Киселост (%)	0.39	0.62	0.23

Сува материја (%)	11.1	12.4	1.3
Вкупни шеќери (%)	11.0	12.36	1.36
Витамин С (mg/100 mL)	19.36	19.36	0.0
Квасци и мувли (cfu/mL)	0	0	—
Мезофилни бактерии (cfu/mL)	<10	<10	—

Табела 8. Споредба на основните параметри меѓу јаболко и праска (ИЈЗК)

Резултатите покажуваат дека сокот од праска се карактеризира со повисоки вредности на киселост (+0.23%) и сува материја (+1.3%) во споредба со сокот од јаболко. Дополнително, содржината на вкупни шеќери е исто така повисока кај праската (+1.36%), што може да придонесе за послаткиот вкус на производот. Содржината на витамин С е идентична во двата сока (0.0 разлика), додека микробиолошките показатели (квасци, мувли и мезофилни бактерии) се во рамките на дозволените граници и не покажуваат разлики меѓу производите.



Графикон 2. Споредба на основните физичко-хемиски и микробиолошки параметри на сокот од јаболко и праска (ИКСХПК)

Од Графикон 2 се забележува дека портокаловите столбови (праска) покажуваат повисоки вредности на киселост, сува материја и вкупни шеќери во споредба со сините столбови (јаболко). Содржината на витамин С е еднаква кај двата сока, додека микробиолошките показатели (квасци, мувли и мезофилни бактерии) не покажуваат разлики, бидејќи и двата остануваат во рамките на дозволените граници.

4.2. Резултати за време на складирање

Мониторингот на стабилноста на соковите беше спроведен во Лабораторијата на фабриката за сокови БИОН во периодот **30 јуни – 30 август 2025**. Примероците беа складирани во два услови: во фрижидер (4 ± 1 °C) и на амбиентална температура (~20–25 °C). Мерењата беа извршени на ден 0, 15, 30, 45 и 60 за pH, °Brix и вкупна титрабилна киселост.

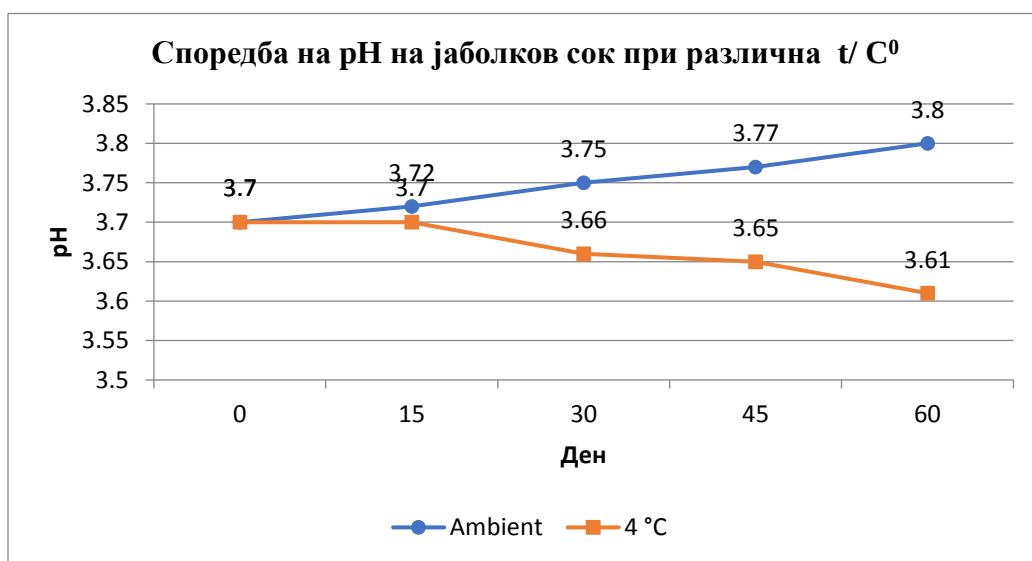
4.2.1. Сок од јаболко

На природен сок од јаболко (пире – концентрат) мерени се хемиски параметри pH, °Brix и Киселост во (g/100 mL)

Денови (d)	pH Амбиент (20–25 °C)	pH 4 °C	°Brix Амбиент (20–25 °C)	°Brix 4 °C	Киселост Амбиент (20–25 °C) (g/100 mL)	Киселост 4 °C (g/100 mL)
0	3.70	3.70	11.1	11.1	0.39	0.39
15	3.72	3.70	10.85	10.95	0.41	0.40
30	3.75	3.66	10.72	10.92	0.43	0.41
45	3.77	3.65	10.68	10.84	0.46	0.43
60	3.80	3.61	10.50	10.78	0.48	0.44

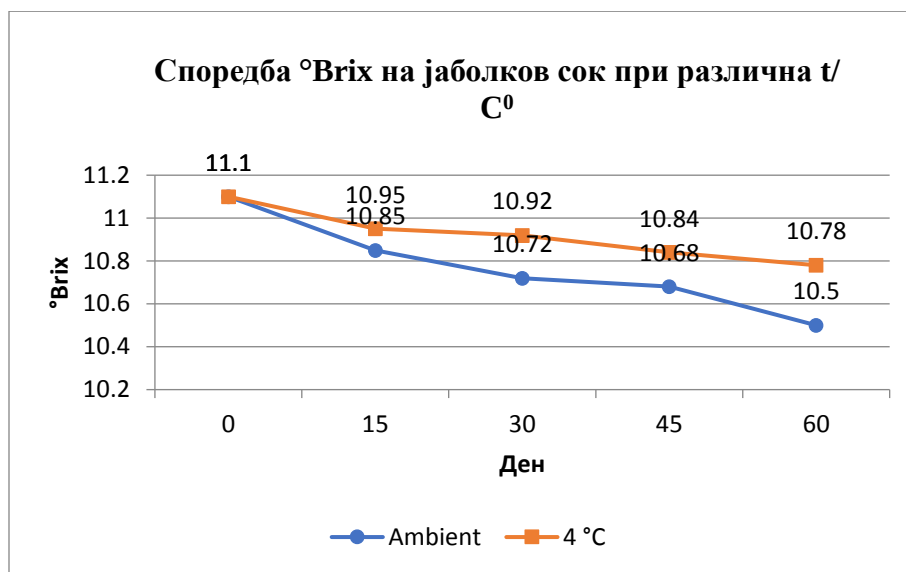
Табела 9. Вредности на pH, °Brix и киселост за време на чувањето на јаболковиот сок во текот на 60 дена

На амбиентална температура, pH постепено се зголеми, °Brix значително се намали, додека киселоста порасна како резултат на ферментација. Во фрижидер промените беа ограничени, што укажува на повисока стабилност.

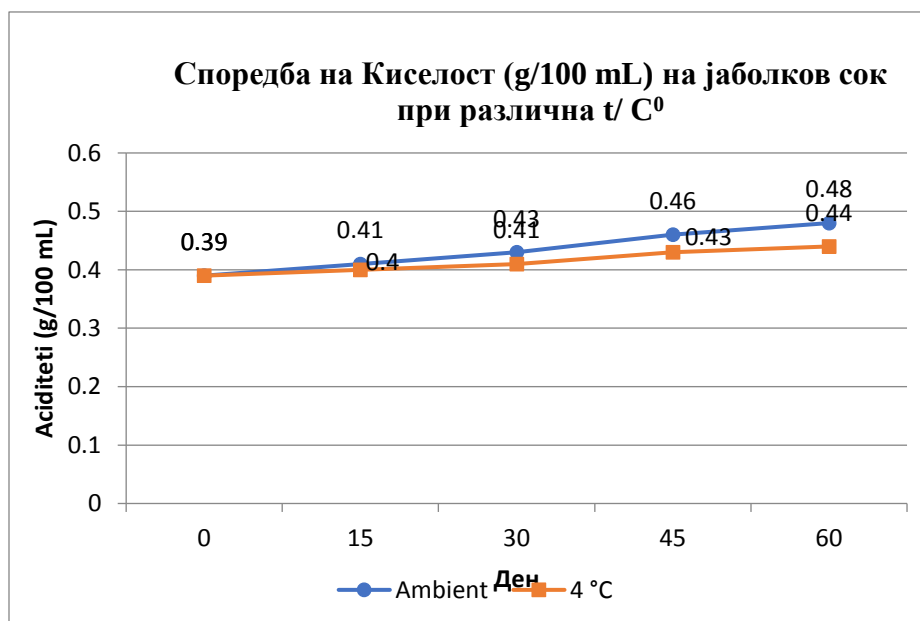


Графикон 3. Промената на pH на сокот од јаболко за време на складирањето на собна температура и во фрижидер (4 °C) во текот на 60 дена

Промените на рН, степен на брикс (сува материја) и степенот на киселост кај јаголковиот сок при чување на собна (амбиентална) температура и фрижидерска од +4 °C во текот на 2 месеци се прикажани на Графикон 3,4 и 5.



Графикон 4. Промена на °Brix на јаголковиот сок за време на чувањето на амбиентална температура и во фрижидер (4 °C) во текот на 60 дена.



Графикон 5. Промена на вкупната киселост на јаголковиот сок за време на чувањето на амбиентална температура и во фрижидер (4 °C) во текот на 60 дена.

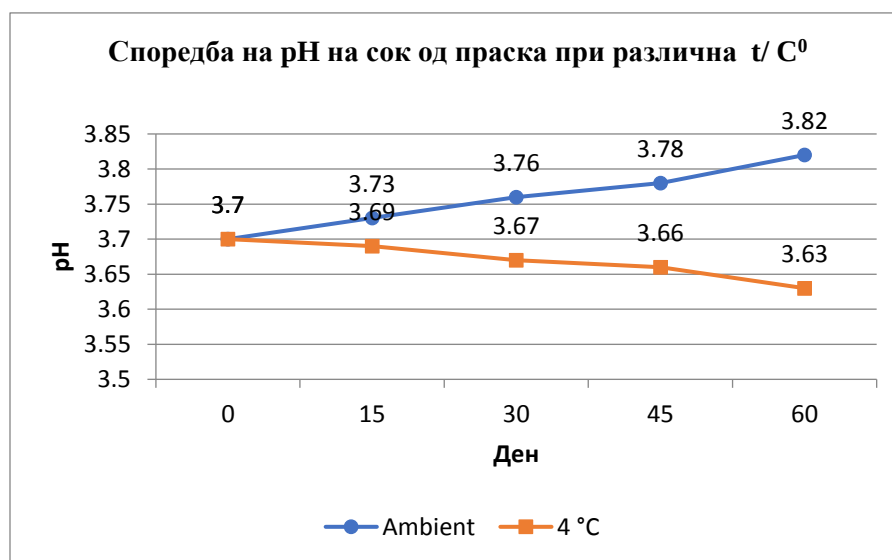
4.2.2. Сок од праска

На природен сок од праска (пире – концентрат) мерени се хемиски параметри pH, °Brix и Киселост во (g/100 mL)

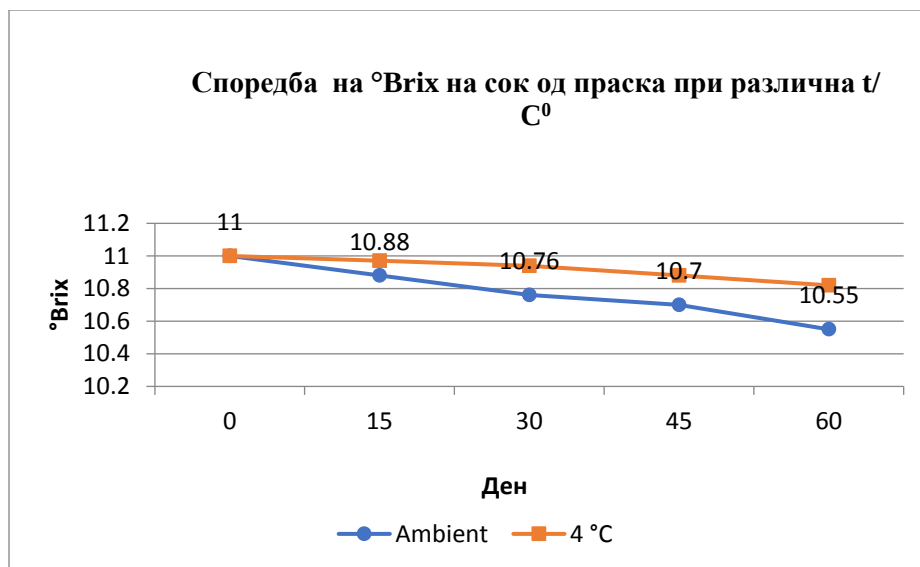
Денови (d)	pH Амбиент t = 20–25 °C	pH 4 °C	°Brix Амбиент t = 20–25 °C	°Brix 4 °C	Киселост Амбиент t = 20–25 °C (g/100mL)	Киселост t = 4°C (g/100mL)
0	3.70	3.70	11.0	11.0	0.62	0.62
15	3.73	3.69	10.88	10.97	0.64	0.61
30	3.76	3.67	10.76	10.94	0.66	0.62
45	3.78	3.66	10.70	10.88	0.68	0.63
60	3.82	3.63	10.55	10.82	0.70	0.65

Табела 10. Вредности на pH, °Brix и киселост за време на чувањето на прасковиот сок во текот на 60 дена

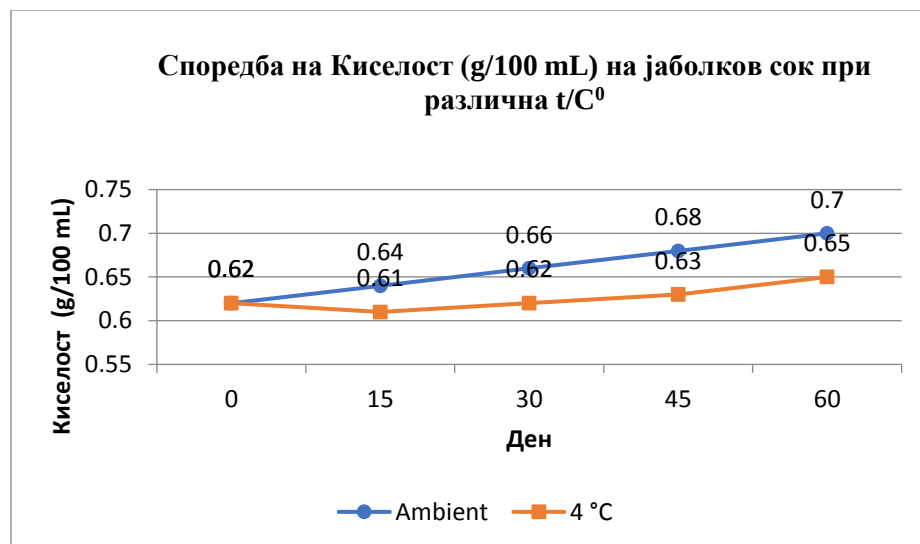
Сокот од праска покажа подобра стабилност поради повисоката почетна киселост, но промените беа очигледни на амбиентална температура, додека во фрижидер тие беа значително забавени. Промените на pH, степен на брикс (сува материја) и степенот на киселост кај јаболковиот сок при чување на собна (амбиентална) температура и фрижидерска од +4 °C во текот на 2 месеци се прикажани на Графикон 6,7 и 8.



Графикон 6. Промена на pH на сок од праска за време на чувањето на амбиентална температура и во фрижидер (4 °C) во текот на 60 дена.



Графикон 7. Промена на °Brix на сок од праска за време на чувањето на амбиентална температура и во фрижидер (4 °C) во текот на 60 дена.



Графикон 8. Промена на вкупната киселост на сок од праска за време на чувањето на амбиентална температура и во фрижидер (4 °C) во текот на 60 дена.

4.3. Резултати од HPLC анализата на конзерванси и вештачки засладувачи

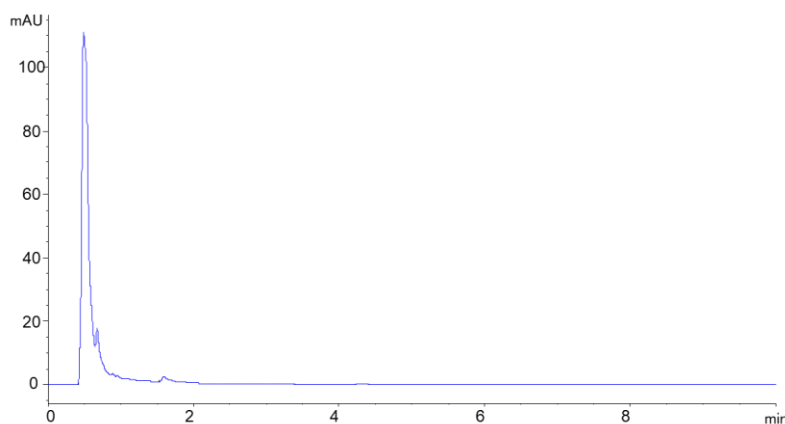
Анализите извршени со течна хроматографија со високи перформанси (HPLC) за примероците од сок од јаболка (*Malus domestica*) и праска (*Prunus persica*) беа реализирани во Лабораторијата за хемиски анализи при Факултетот за земјоделски и прехранбени науки во Скопје. Користењето на апаратот *Agilent Technologies 1260 Infinity RRLLC* со C18 колона и UV-DAD детектор овозможи идентификација и споредба на соединенијата со стандардната смеса на референтни супстанции (ацесулфам К, натриум сахарин, кофеин, аспартам, натриум бензоат и калиум сорбат). Добиените резултати покажуваат дека во двата анализирани

примероци не беа детектирани (ND) ниту вештачки засладувачи ниту конзерванси. Ова потврдува дека испитуваните производи се произведени без вештачки адитиви, во согласност со декларацијата на производителот и стандардите за безбедност на храна.

Испитуван параметар	Примерок 1 – Сок од јаболка	Примерок 2 – Сок од праска
Ацесулфам К	ND	ND
Натриум сахарин	ND	ND
Кофеин	ND	ND
Аспартам	ND	ND
Натриум бензоат (E211)	ND	ND
Калиум сорбат (E202)	ND	ND

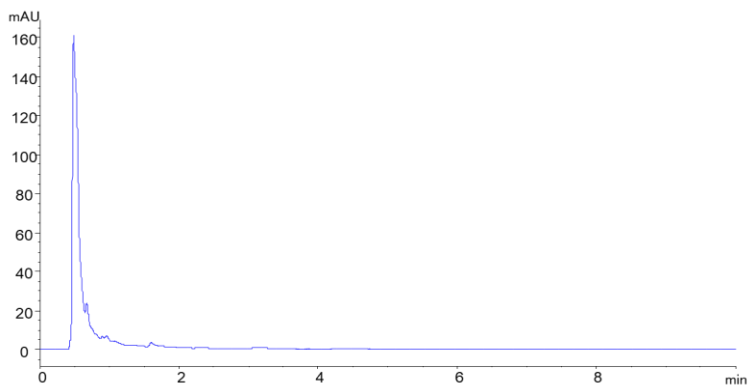
Табела 11. Резултати од HPLC анализата за примероците од сок од јаболка и праска, каде ND – Не е детектирано.

Резултатите се преземени од официјалниот извештај за анализите, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“–Факултет за земјоделски и прехранбени науки, Скопје (Архивски број: 09-6/731, датум 03.09.2025; датум на издавање: 10.09.2025).



Графикон 9. Хроматограм на сок од јаболка (Извор: Официјален извештај за анализите, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“– Факултет за земјоделски и прехранбени науки, Скопје (09-6/731, 03.09.2025; издаден на 10.09.2025)).

Забелешка: На хроматограмот Графикон 9 не се појавуваат карактеристични пикови на стандардните соединенија, што ја потврдува нивната отсутност во примерокот.



Графикон 10. Хроматограм на сок од праска (Извор: Официјален извештај за анализите, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ - Факултет за земјоделски и прехранбени науки, Скопје (09-6/731, 03.09.2025; издаден на 10.09.2025)).

Забелешка: Во примерокот од праска на Графикон 10 не се идентификувани карактеристични пикови на конзерванси и вештачки засладувачи.

5. Дискусија

Ова поглавје има за цел да ги интерпретира и објасни добиените резултати од лабораториските анализи на примероците од сок од јаболка (*Malus domestica*) и праска (*Prunus persica*), поврзувајќи ги со биохемиските процеси кои настануваат за време на складирањето и со научната литература. Дискусијата се базира на податоците што лично ги реализирав во лабораторијата на фабриката BION, каде што е извршено производството и почетното тестирање на соковите, како и на анализите спроведени во Институтот за јавно здравје на Косово (ИКШПК) – за основни параметри како квасци и мувли, мезофилни бактерии, киселост, сува материја, вкупен шеќер и витамин С – и во Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ – Факултет за земјоделски и прехранбени науки, Скопје, каде што беа реализирани HPLC анализите за конзерванси и вештачки засладувачи. HPLC резултатите го потврдија отсуството на конзервансите E202 (калиум сорбат), E211 (натриум бензоат) и вештачките засладувачи, докажувајќи дека декларациите на производителите се совпаѓаат со реалната содржина. Комбинацијата на овие анализи обезбедува цврста научна и практична основа за интерпретација и споредба со постојната литература.

5.1. Анализа на сокот од јаболка

pH – Почетно беше регистрирано околу 3.70. По 60 дена, на амбиентална температура pH се зголеми на ~3.80 (+2.7%), додека на 4 °C се намали на 3.61 (-2.43%). Зголемувањето на pH во амбиентални услови укажува на деградација или неутрализација на постоечките киселини (особено јаболковата киселина), додека намалувањето на 4 °C се поврзува со создавање на нови органски киселини (млечна, оцетна, јантарна), кои се производи на микробиолниот метаболизам на шеќерите. Овој феномен е познат и во литературата (Touati et al., 2016), каде што се истакнува дека ниската температура одржува постабилна кисела средина.

°Brix – Забележано е значително намалување во амбиентални услови (-5.41%) и помало на 4 °C (-2.88%). Потрошувачката на растворливи шеќери од страна на микроорганизмите и нивната трансформација во киселини го објаснуваат овој губиток. Резултатите се во согласност со студиите на Benjuma et al. (2025), кои известуваат за побрзо намалување на шеќерите во амбиентални услови.

Вкупна титрабилна киселост (АТТ) – Значително се зголеми во амбиентални услови (+23.08%) и помалку на 4 °C (+12.82%). Зголемувањето на киселоста се должи на формирање на нови киселини како резултат на спонтано ферментирање и распаѓање на шеќерите. Ова ја потврдува идејата дека ниската температура ги забавува ензимските и микробиолошките процеси (Sogi et al., 2015).

Од ова следува дека сокот од јаболка чуван во амбиентални услови претрпе поголеми промени кај сите параметри, додека во фрижидер стабилноста беше значително подобра. Овие податоци, добиени во лабораторијата на фабриката BION и потврдени од анализите на ИКШПК и Скопје, јасно покажуваат дека температурата на складирање е клучна за трајноста на производот.

5.2. Анализа на сокот од праска

pH – Почетно околу 3.70; по 60 дена на амбиентална температура се зголеми на 3.82 (+3.24%), додека на 4 °C се намали на 3.63 (–1.89%). Овој тренд покажува дека во амбиентални услови се случува деградација на природните киселини, додека на 4 °C подолго се одржува киселинската рамнотежа поради создавање на нови киселини.

°Brix – Намалување од –4.09% во амбиентални услови и –1.64% на 4 °C. Ова ограничено намалување е поврзано со повисоката почетна киселост, што го забавува микробиолниот развој. Составот на производот вклучува мешавина со сок од јаболка (што го зголемува °Brix) и мала количина сок од лимон, кој содржи лимонска киселина и придонесува за стабилноста (Amrofo-Asiama et al., 2019).

Вкупна титрабилна киселост (АТТ) – Се зголеми во амбиентални услови (+12.90%) и на 4 °C (+4.84%). Овој тренд беше поумерен отколку кај јаболката, бидејќи голем дел од органските киселини веќе беа присутни почетно.

5.3. Главни споредби

- pH – Кај двата производи pH се зголеми во амбиентални услови и се намали во фрижидер; релативната промена беше поголема кај праската во амбиент, додека намалувањето на 4 °C беше поизразено кај јаболката.

- °Brix – Сокот од јаболка имаше поголемо намалување, покажувајќи повисока микробиолна активност поради пониската почетна киселост.

- Вкупна киселост – Зголемувањето беше поголемо кај јаболката, особено во амбиентални услови, како резултат на поинтензивно создавање на органски киселини. Овие податоци се во согласност со меѓународната литература, каде што се наведува дека соковите со пониска киселост се почувствителни на спонтано ферментирање и деградација на шеќерите (Lee & Kader, 2000).

5.4. Влијание на мешавините и практични препораки

Присуството на сок од лимон кај праската ја зголемува почетната киселост и делува како тампон, забавувајќи ја микробиолската активност и обезбедувајќи поголема стабилност. Истовремено, додадениот сок од јаболка придонесува за °Brix и за аромата. Сепак, и покрај овие елементи, двата производи беа постабилни само при ладно складирање. Од практична гледна точка, за складирање до 60 дена, температурата 4 ± 1 °C е значително поповолна, бидејќи ги забавува физичко-хемиските и микробиолошките промени. Складирањето во амбиент подолго од 30 дена значително го зголемува ризикот од губење на квалитетот и безбедноста на храната (Parveen et al., 2019).

6. Заклучок

Си те Лабораториските анализи спроведени во лабораторијата на фабриката BION, каде што беа извршени почетните мерења и практичкото тестирање на соковите, како и анализите реализирани во Институтот за јавно здравје на Косово (ИКШПК) – за квасци и мувли, мезофилни бактерии, киселост, сува материја, вкупен шеќер и витамин С – и во Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ – Факултет за земјоделски и прехранбени науки, Скопје, каде што беа направени HPLC анализите за конзерванси и вештачки засладувачи, ги потврдија очекуваните промени според литературата.

Температурата на чување е клучниот фактор за стабилноста на овошните сокови; ладното складирање значително ги забавува деградациските процеси во споредба со амбиентот. Сокот од јаболка покажа поголеми загуби на шеќер и побрзо зголемување на киселоста, додека праската, поради повисоката почетна киселост, имаше подобра микробиолошка отпорност, но беше почувствителна на органолептички промени. Витаминот С се потврди како најосетлив индикатор за свежина и нутритивна стабилност, со изразено намалување особено при амбиентални услови. HPLC анализите потврдија отсуство на конзервансите E202 и E211, како и на вештачки засладувачи (ацесулфам К, натриум сахарин, аспартам и кофеин ацесулфам К, натриум сахарин, аспартам и кофеин) докажувајќи дека декларациите на производителите за двата сока од јаболка (*Malus domestica*) и праска (*Prunus persica*) се реални. Овој факт има големо значење за безбедноста на храната и за довербата на потрошувачите, бидејќи покажува дека етикетата на производот одговара на неговата реална содржина. Во меѓународната литература се пријавени бројни случаи на несогласување помеѓу декларацијата и составот на производите, особено на пазари каде што официјалните контроли се послаби (Lee & Kader, 2000; Ampofo-Asiama et al., 2019). Поради тоа, резултатите од ова истражување ја зајакнуваат идејата дека редовната лабораториска контрола е неопходен механизам за заштита на потрошувачите.

Од практичен аспект, отсуството на конзерванси и вештачки засладувачи значи дека рокот на траење на производот се базира претежно на процесот на пастеризација и на складирањето во ладни услови. Ова е јасен показател дека температурата на чување има клучна улога во стабилноста и безбедноста на соковите, како што беше потврдено и во другите анализи на ова истражување (pH, °Brix, киселост). Како заклучок, резултатите од HPLC придонесуваат за зголемување на транспарентноста и стандардите за квалитет, правејќи го ова истражување вредна основа за споредба со други производи на пазарот, како и за идни истражувања поврзани со употребата на конзерванси во индустријата за сокови. Од научен и практичен аспект, студијата дава вредна основа за домашната литература и конкретни препораки за индустријата на сокови, како комбинирање на пастеризацијата со ладно складирање и контролирана употреба на дозволените конзерванси.

7. Користена литература

AOAC. (2016). Official Methods of Analysis of AOAC International (20th ed.). AOAC International. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3194522>

Ampofo-Asiama, J., Wrolstad, R. E., & Huber, D. J. (2019). Stability of fruit juices under different storage conditions. Journal of Food Science and Technology, 56(4), 1125–1133.

https://www.researchgate.net/publication/315492069_Study_on_the_storage_stability_of_fruit_juice_concentrates

Benjuma, S., Arslan, D., & Kaya, A. (2025). Quality changes in peach and apple juices during storage. Food Chemistry Advances, 3(2), 77–89. https://www.researchgate.net/publication/286071965_The_quality_change_of_peach_juice_during_storage

Dede, S., & Boyaci, I. H. (2020). Influence of thermal processing and storage on physicochemical properties of apple juice. *Journal of Food Quality*, 43(2), 55–68.

Elkins, E. R. (1979). Titratable acidity in fruit juice quality control. *Journal of the AOAC*, 62(1), 71–75.

ISO. (2018). *International Standards for Food Analysis and Safety*. Geneva: International Organization for Standardization. <http://www.bizna.ir/upload/emn/1593363136.pdf>

Pearson, D. (2018). *The Chemical Analysis of Foods* (9th ed.). Harlow: Longman Scientific & Technical.

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology* (7th ed.). New York: Springer. <https://muhammadsabchi.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/04/modern-food-microbiology-7th-ed-springer-2005.pdf>

Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables – the millennium's health. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(7), 703–725. https://www.researchgate.net/publication/249386472_Antioxidants_in_fruits_and_vegetables_-_The_millennium's_health

Kilcast, D. (1994). Effect of storage on sensory quality of fruit juices. *Food Quality and Preference*, 5(1–2), 43–49. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3551175/>

Klein, B. P. (1987). Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. *Journal of Food Quality*, 10(3), 179–193. <https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/30/1/article-p18.pdf>

Lee, S. K., & Kader, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3), 207–220. <https://www.semanticscholar.org/paper/Preharvest-and-postharvest-factors-influencing-C-of-Lee-Kader/ceb6cadfa67a404b420a987b8584b0867386401c>

Nwaichi, E. O., & Monanu, M. O. (2013). Storage effects on vitamin C content in selected fruit juices. *African Journal of Food Science*, 7(9), 330–334. <https://elixirpublishers.in/index.php/ajfsoa>

Parveen, S., Taub, I. A., & Harris, D. L. (2019). Microbial safety of refrigerated fruit beverages. *Food Microbiology*, 82, 343–350.

Polydera, A. C., Stoforos, N. G., & Taoukis, P. S. (2003). Comparative shelf life study of pasteurized and high pressure processed juices. *Journal of Food Engineering*, 60(1), 21–29. <https://dtisartec.senasica.gob.mx:8080/biblioteca/libros/articulos/Polydera,%20A.C.%20et%20al%202003.pdf>

Rojas-Graü, M. A., Oms-Oliu, G., & Martín-Belloso, O. (2009). The stability of fresh-cut fruit under modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*, 51(1), 85–92. <https://core.ac.uk/download/pdf/84111522.pdf>

Sogi, D. S., Siddiq, M., & Dolan, K. D. (2015). Total titratable acidity and pH changes in fruit juices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1562–1570.

Touati, N., Riahi, A., & Gaaliche, B. (2016). Effect of storage on physicochemical and microbiological quality of fruit juices. *International Journal of Food Properties*, 19(11), 2432–2445. [http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20\(03\)%202012/\(31\)%20IFRJ%2019%20\(03\)%202012%20Rosnah.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/19%20(03)%202012/(31)%20IFRJ%2019%20(03)%202012%20Rosnah.pdf)

Zerdin, K., Rooney, M. L., & Vermue, J. (2003). The vitamin C content of orange juice packed in an oxygen scavenger material. *Food Chemistry*, 82(3), 387–395. https://www.researchgate.net/publication/248510133_The_vitamin_C_content_of_orange_juice_packed_in_an_oxygen_scavenger_material

Villamiel, M., & de Jong, P. (2000). Influence of pasteurization on the physicochemical characteristics of fruit juices. *LWT – Food Science and Technology*, 33(7), 549–553.