



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

Ана М. Радовановић

УТВРЂИВАЊЕ НУТРИТИВНЕ ВРЕДНОСТИ ПРОИЗВОДА
КОЈИ САДРЖЕ *Helianthus tuberosus* L., *Asteraceae*

Докторска дисертација

Крагујевац, 2013. година

Ова докторска дисертација плод је оригиналног ауторског рада на формулацији и производњи иновативних производа биљног порекла применом технологије екструзије и карактеризацији добијених производа. Током њене израде била сам подржана саветима многих стручњака из различитих области без чије помоћи ова дисертација не би добила финални облик. Овим путем желим да изразим велику захвалност свима који су помогли реализацију ове докторске дисертације.

Посебну захвалност упућујем свом ментору, *доц. др Снежани Цупари*, на указаном поверењу, разумевању, саветима, усмеравањима и подршци у кључним тренуцима истраживања и без чије несебичне помоћи не бих успела да савладам све недоумице и проблеме које носи истраживачки рад.

Захваљујем се *проф. др Валентини Стојческој* са Манчестер Метрополитен Универзитета без чијег великог залагања не би била могућа производња екструдованих производа и њихова хемијска анализа, а тиме ни израда ове докторске дисертације.

Захваљујем се још:

Проф. др Слободану Јанковићу који ме је својим саветима и искуством подржао у постављању дизајна клиничке студије

Проф. др Драгану Миловановићу на подршци и корисним сугестијама у раним фазама истраживања

Доц. др Срђану Стефановићу на смерницама током статистичке обраде резултата

Проф. др Нели Ђонових на стручним саветима из области исхране

Асист. Снежани Бранковић са Природно – математичког факултета у Крагујевцу на смерницама из области ботанике

Доц. др Бојани Боровићанин са Природно – математичког факултета у Крагујевцу на помоћи у израчунавању гликемијског индекса

Милану Павловићу на софтверској подршци у израчунавању гликемијског индекса

Ову дисертацију посвећујем својој породици, оцу Миловану, мајци Добрили, брату Аци, момку Гојку који су ме са пуно разумевања подржавали у току израде ове тезе.

САДРЖАЈ

1. УВОД	6
1.1. Чичока (<i>Helianthus tuberosus</i> L.).....	6
1.1.2. Морфолошке карактеристике чичоке.....	7
1.1.3. Хемијски састав чичоке	9
1.1.3.1. Хемијски састав надземних делова биљке	9
1.1.3.2. Хемијски састав подземних делова биљке	10
1.1.3.3. Инулин.....	11
1.1.3.4. Примена инулина у прехранбеној индустрији.....	13
1.1.3.5. Медицинска употреба инулина.....	15
1.1.4. Значај употребе чичоке у хуманој исхрани	15
1.1.4.1. Инулин као пребиотик	16
1.1.4.2. Утицај инулина на минералну апсорпцију	17
1.1.4.3. Утицај инулина на кардиоваскуларни систем.....	19
1.1.4.4. Утицај инулина на дијабетес тип 2.....	20
1.1.4.5. Утицај инулина на функцију гастро- интестиналног система.....	20
1.1.4.6. Утицај инулина на имуни систем и превенцију канцера	21
1.1.4.7. Примена инулина у педијатрији	22
1.1.4.8. Остала дејства инулина.....	22
1.2. Технологија екструзије у преради намирница	23
1.3. Гликемијски индекс и гликемијско оптерећење	25
1.3.1. Гликемијски индекс	25
1.3.2. Гликемијско оптерећење	26
1.3.3. Значај примене концепта гликемијског индекса и оптерећења.....	26
1.4. Научни допринос истраживања	28
2. ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА	30
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ	32
3.1 Припрема биљног материјала	32
3.2. Одређивање хемијског састава биљне дроге	32

3.3. Технологија израде тест и контролних производа.....	34
3.4. Утврђивање нутритивног састава тест производа	36
3.5. Одређивање гликемијског индекса и гликемијског оптерећења тест и контролних производа	37
3.5.1. Врста студије и популација	37
3.5.2. Дизајн студије.....	38
3.5.2.1. Узорковање крви	39
3.5.3. Промена гликемије у функцији времена.....	39
3.5.4. Израчунавање гликемијског индекса	41
3.5.5. Израчунавање гликемијског оптерећења.....	41
3.6. Статистичке методе.....	41
4. РЕЗУЛТАТИ	43
4.1. Хемијски састав дроге <i>Helianthi tuberosi tuber, Helianthus tuberosus, Asteraceae</i> ..	43
4.2. Органолептичке карактеристике тест и контролних производа	43
4.2.1. Тест производи А	43
4.2.2. Тест производи Б.....	44
4.2.3. Тест производи В.....	45
4.2.4. Контролни производи К.....	45
4.3. Нутритивни састав тест производа.....	46
4.3.1. Садржај масти у тест производима.....	47
4.3.2. Садржај протеина у тест производима.....	47
4.3.3. Садржај угљених хидрата у тест производима	48
4.3.4. Садржај инулина у тест производима	49
4.3.5. Садржај дијетних влакана у тест производима	50
4.4. Калоријска вредност тест производа.....	50
4.5. Вредности гликемије након конзумирања тест производа	52
4.6. Гликемијски индекс и гликемијско оптерећење тест и контролних тест и контролних производа	52
4.6.1. Вредности инкременталне површине испод криве (ИПИК) промене гликемије у функцији времена.....	52

4.6.2. Гликемијски индекс тест и контролних производа	53
4.6.3. Гликемијско оптерећење тест и контролних производа.....	54
5. ДИСКУСИЈА	57
6. ЗАКЉУЧЦИ.....	74
7. ЛИТЕРАТУРА.....	76

1. УВОД

1.1. Чичока (*Helianthus tuberosus* L.)

Род *Helianthus* (сунцокрети) из фамилије Asteraceae (раније називаној Compositae) броји око 50 врста, од којих се издвајају *Helianthus annuus* L. (сунцокрет) и *Helianthus tuberosus* L. (чичока) (1, 2). Род је добио назив од грчких речи „*helios*“ што значи сунце и „*anthos*“ што значи цвет, због изгледа цвасти и положаја према сунцу (2).

Шведски научник Linne је 1753. године биљци доделио биномијални латински назив (назив рода и опис врсте) - *Helianthus tuberosus*. У српском језику *Helianthus tuberosus* L. се назива чичока, али су у литератури у употреби називи морска репа, мачкурепа и слатки корен (3), док оригинални назив у преводу значи „сунчани корен“. Чичока се у свету најчешће назива Јерусалимска артичока иако нема директне везе ни са Јерусалимом ни са артичоком. Придев „јерусалимска“ сматра се да потиче од неправилног изговора италијанског назива „*girasole articiocco*“. Због потешкоћа у изговору на енглеском језику „*girasole*“ је интерпретирано као „*Jerusalem*“. Реч артичока у називу ове биљне врсте потиче од сличности укуса и текстуре скуваних кртола чичоке и плодова артичоке (*Cynara scolymus* L.). У употреби су и други национални називи за ову биљку. Под називом топинамбур постоји у Бугарској, Чешкој, Немачкој, Данској, Португалији и Пољској. У Русији је позната под називима „подсолнечник клубненосный“ (кртола сунцокрета) и „груша земляная“ (земљана крушка). У Мађарској „*csicsoka*“ значи индијски кромпир. У Шпанији - „*aguaturma*“. (4).

Историја врсте *Helianthus tuberosus* L. описана је у бројним монографијама (броје око 35), објављеним претежно на француском, немачком и руском језику. Кроз историју су постојали различити наводи о пореклу чичоке, а данас је прихваћено да потиче из Северне Америке, из долина река Охајо и Мисисипи, одакле је у XVII веку пренета најпре у Француску а затим у остале делове Европе и света. Интересовање за гајење чичоке је варијало током историје а у периоду након Другог светског рата производња чичоке у Европи је била повећана због несташице кромпира уместо кога се употребљавала (4).

Чичока расте у зонама северне хемисфере (40⁰ – 55⁰ географске ширине) и јужне хемисфере (у сличном опсегу географске ширине). Распрострањена је широм света,

нарочито у источним деловима САД-а, централној и источној Европи, где се врло често сматра коровом (4). Гаји се у северној Америци и Европи на мањим површинама, а новијег датума су подаци о узгајању у Кини, Кореји, Аустралији, Новом Зеланду и Аргентини (5). Разноликост генетских аутохтоних извора, послужила је као основа за узгајање чичоке. Неколико колекција чичоке садржи и више од 100 примерака различитих врста у Србији, САД-а, Француској и Немачкој, а највећа колекција се налази у Канади. У Европи постоји око 14 колекција од којих су највеће у Француској и Србији (5).

Чичока успева у условима топле и континенталне климе, уз реке и потоке. Добро се адаптира на земљишту грубе структуре и не захтева плодну земљу. Кртоле које остану у земљишту могу да поднесу врло ниске температуре (до -40°C). Има велику отпорност према суши, због врло развијеног кореновог система (6). Успешно се гаји на сиромашним земљиштима, песковитим или шљунковитим, одакле је могуће лакше вађење кртола (7). Српска колекција врста чичоке се односи на дивље и култивисане (6). Као алохтона врста чичока расте у различитим крајевима Србије, уз путеве, рубове шума, на шумским чистинама, на напуштеним земљиштима, и добро подноси наше климатске услове, посебно сушу и мраз. У „Институту за ратарство и повртарство“ у Новом Саду одгаја се 155 врста *Helianthus tuberosus* L. уз проучавање особина хибридних врста (4).

1.1.2. Морфолошке карактеристике чичоке

Helianthus tuberosus L. први пут је описана од стране италијанског ботаничара Fabia Colonne 1616. године. Чичока је вишегодишња зељаста биљка. Стабљика чичоке је најчешће усправна, пречника 1,6 – 2,4 cm и може просечно да порасте од 1,5 – 3 m а у условима велике влажности и на местима заштићеним од светлости и више од 4 m. Младо стабло је зелено и меко, прекривено grubим длачицама, које временом одрвењује. У вршним деловима стабљике могућа је љубичаста пигментација. Број и распоред грана варира: гране распоређене целом дужином стабљике, гране само на нижим деловима стабљике, гране само на вишим деловима стабљике. Лишће је копљастог или копљасто-овалног облика, на зубљених ивица, дужине 10 – 20 cm, ширине 5 – 10 cm, са петелком дугом 1– 6 cm, углавном наспрамно постављено, са 3 нерва. Горња површина листова је хрпава, а доња прекривена длачицама. Боја листова је од светло–зелене до тамно–зелено–

сивкасте, док се у јесен може приметити црвенкаста нијанса која зависи од временских прилика и температуре. Идући од базе стабљике ка врху, величина листова се мења. При дну стабљике лишће је мањих димензија, на средишњем делу је веће, док се при врху стабљике поново смањује. Листићи инволукрума су зелени, ланцетасти, ушиљени, са трепљама, распоређени као цреп на крову. Цваст је слична сунцокрету, али знатно ситнија. Главица је жуте боје, пречника 7,3 – 11,4 cm састављена од мноштва малих цвастих (хермафродитних) цветова у центру, окружених са 10 – 20 жутих латица. Подземни систем је добро развијен. Чини га ризом беле боје на чијим крајевима се формирају јестиве кртоле. Број ризома на једној биљци варира, на основу чега се разликују 4 класе: збијен систем (26 ризома), умерено проширен (30 ризома), проширен (37 ризома) и врло проширен (69 ризома). Као биљна сировина искоришћава се кртола. Кртоле су примарни репродуктивни органи биљке, издуженог или неправилног, квргавог облика, пречника и дужине 1,4 cm и 16,8 cm. Формирају се у процесу дебљања ризома, а услед акумулације нутритивних састојака из земљишта (2, 4, 6). Боја епидермиса кртола може бити једнолична, бела до светло браон, а на чланцима се јавља црвенкаста или љубичаста пигментација. Након вађења кртоле попримају тамнију боју услед оксидације. Према маси кртоле се деле у 3 категорије: велике (> 50 g), средње (20 – 50 g) и мале (< 20 g) (4). Кртоле чичоке се ваде од јесени (септембра) до почетка пролећа (8).



Слика бр. 1 - Чичока у цвету



Слика бр. 2 - Свежа кртола чичоке

1.1.3. Хемијски састав чичоке

1.1.3.1. Хемијски састав надземних делова биљке

Стабљика чичоке садржи инулин, фруктоолигосахариде, протеине, витамине и угљене хидрате (целулозу и хемицелулозу, а од моносахарида осим фруктозе, глукозу и сахарозу). Садржај инулина у стабљници опада од врха ка дну. Садржај глукозе у лишћу чичоке се креће од 1 – 4 %, а фруктозе до 7 % (изражено на суву материју). Протеини богати лизином и метионином, заступљени су у лишћу у 4 пута већој количини него у кртолама и 3 пута већој количини него у стабљници. Садржај азота у лишћу опада током раста – 30 % у младој биљци, 16 % у старијој биљци. У лишћу је висок садржај витамина Ц и β – каротена. Концентрација витамина је 3 – 10 пута виша у лишћу него у стабљници (4). Калијум, натријум, калцијум, магнезијум и фосфор су минерали присутни у надземним деловима биљке. Количина калцијума је 8 пута већа у надземним деловима него у кртоли, док је количина фосфора и натријума 4 – 5 пута нижа (9). У надземним деловима биљке најзаступљенији су терпеноиди – дитерпени и сесквитерпени. Из метанолног екстракта целе биљке је изоловано и идентификовано 9 биоактивних једињења, углавном из група дитерпена и сесквитерпенских лактона, гермакран типа (10). Анализом етил-ацетатног екстракта лишћа чичоке изоловано је и идентификовано 13 цитотоксично потентних једињења од којих је сесквитерпенски лактон 3–хидрокси–8b–тиглокси–1,10–дехидроаригловин први пут изолован (11). Хроматографском (ХПЛЦ) анализом лишћа чичоке потврђено је присуство хлорогених киселина: кафеоилкининске киселине, ферулоилкининске киселине и дикафеоилкининске киселине (12). Лишће чичоке је

потенцијални извор антиоксиданаса. Из етил–ацетатне фракције изоловано је укупно 6 фенолних једињења, од којих су 3–О–кафеоилкининска киселина и 1,5–дикафеоилкининска киселина присутне у највећој количини и најснажније делују на неутрализацију слободних радикала (13).

1.1.3.2. Хемијски састав подземних делова биљке

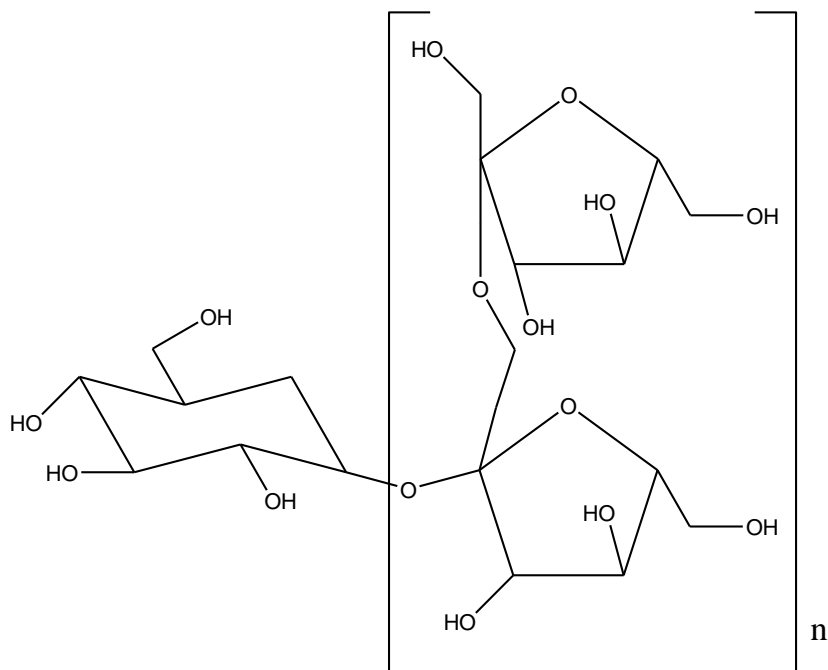
У основни састав свежих кртола чичоке улази 80 % воде, 15 % угљених хидрата, 1–2 % протеина, мало скроба, мононезасићене и полинезасићене масне киселине (присутне у траговима). Од полинезасићених масних киселина у свежој кртоли у највећој количини су присутне линолеинска (24 mg/100 g) и алфа–линолеинска киселина (36 mg/100 g). Засићених масних киселина нема (4). Протеини свеже кртоле чичоке присутни су у количини од 1,6 – 2,4 g/100 g. По садржају доминирају аминокиселине: аспартанска, глутаминска, аргинин, лизин, треонин, фенилаланин, цистеин и метионин (14). Богат минерални састав ове биљне сировине чине: гвожђе (0,4 – 3,7 mg/100 g), калцијум (14 – 37 mg/100 g), калијум (420 – 657 mg/100 g) и натријум (1,8 – 4 mg/100 g). Садржај гвожђа је три пута већи него у кромпиру. Литературни подаци указују на релативно високу количину селена (до 50 µg/100 g) (4, 15). Кртоле чичоке представљају добар извор витамина Б комплекса (тиамин, рибофлавин, ниацин, пантотенска киселина, биотин), витамина Ц и β–каротена. Иако је у надземним деловима присутна већа количина витамина Ц, садржај у кртолама није занемарљив (2 – 6 mg/100 g), у поређењу са другим кртоластим поврћем. β–каротен присутан је у количини од 0,6 – 1 mg/100 g. У кртолама чичоке резервни угљени хидрати складиште се као инулин уместо скроба, због чега се сматрају и добрим извором дијетних влакана. У свежој кртоли садржај инулина се креће од 8 – 21 %, а изражен на суву материју садржај инулина је много већи (око 50 %). Кртоле чичоке садрже сесквитерпен β–бисаболен од ког потиче мирис свежих кртола (4).

Сечењем и озлеђивањем свежих кртола чичоке покреће се стресом узрокована екскреција полипептида сличних супероксид–дизмутази који показују цитотоксично деловање на хуманој линији ћелија канцера дојке (MDA-MB-231) (16).

1.1.3.3. Инулин

Инулин је полисахарид из групе фруктана, који су присутни у фамилијама: Asteraceae, Agavaceae, Boraginaceae, Campanulaceae, Goodenaceae, Haemodoraceae, Iridaceae, Liliaceae, Stylidiaceae (4). Врсте из фамилије Asteraceae акумулирају фруктане у подземним органима, али је само код чичоке (*Helianthus tuberosus* L.) и цикорије (*Cichorium intybus* L.) та количина довољна да се индустријска екстракција сматра исплативом (17). Фруктани су полимери молекула фруктозе, односно угљени хидрати изграђени од фруктозних мономерних јединица повезаних гликозидним везама. Молекули фруктана могу бити линеарни са $\beta(2\rightarrow1)$ гликозидним везама и разгранати са $\beta(2\rightarrow6)$ гликозидним везама (18). У фруктане или фрукто–олигосахариде убрајају се инулин и олигофруктоза, који се разликују по дужини ланца, односно броју мономерних јединица фруктозе. Инулин садржи 2 – 60 мономерних јединица док је код олигофруктозе дужина ланца је 2 – 10 јединица и добија се парцијалном хидролизом инулина (19).

Термин инулин се у литератури први пут појавио 1818. године, а чичока као извор инулина први пут се помиње 1870. године (4). Инулин ($C_{6n}H_{10n+2}O_{5n+1}$) је линеарни полимер молекула Д–фруктозе повезаних $\beta(2\rightarrow1)$ гликозидним везама који се завршава једним терминалним молекулом Д–глукозе, везаним $\alpha(2\rightarrow1)$ гликозидном везом (18). Степен полимеризације инулина се креће у опсегу од 2 – 60 и зависи од сорте, услова гајења, старости биљне врсте и других фактора (4). Инулин се на два начина екстрахује из кртола чичоке. Најчешће се врши екстракција кључалом водом из самлевених кртола, у току 10 – 15 минута, а затим упаравање воденог екстракта. Алкохолно таложење је ефикасна метода и често употребљавана у истраживачке сврхе али није економична за индустријско добијање. Екстраховани инулин се добија у облику праха, без мириса је и неутралног укуса, беле до сиве боје у зависности од степена чистоће. Умерено је растворан у води (до 10 % на собној температури). Са повећањем температуре повећава се и растворљивост (17).



Слика бр. 3 - Структура инулина

Инулин је несварљиви, ферментабилни полисахарид. Након оралне примене не подлеже ензимској дигестији – дејству алфа–амилазе и хидролитичких ензима (сахаразе, малтазе и изомалтазе), специфичних за раскидање алфа–гликозидне везе, што дозвољава да сав конзумирани инулин доспе у интактном облику у колон. У колону долази до ферментације инулина деловањем анаеробних бактерија, а као продукти ферментације настају масне киселине кратког ланца, преодминантно ацетатна, пропионска и бутерна (20, 21). Продукти ферментације инулина дају 1,5 Kcal/g корисне енергије (19).

Дијетна влакна су дефинисана са аналитичког и физиолошког аспекта. То су биљне ћелије отпорне на хидролизу од стране ензима гастро–интестиналног тракта (ГИТ-а). Са физиолошког аспекта, дијетна влакна су састојци хране, који утичу на физиологију интестиналног тракта тако што успоравају транзит хране кроз желудац и танко црево, одлажу пражњење желуца, утичу на састав интестиналне флоре, одбрамбене мукозне функције ГИТ-а и апсорпцију минерала из колона (22). Особине сврставају инулин у дијетна влакна и са аналитичког и са физиолошког аспекта, због чега инулин у нутритивном смислу припада растворљивим дијетним влакнима (19). Пет основних особина дијетних влакана су да морају бити компоненте јестивог дела биљке, по хемијском саставу да су угљени хидрати (олигосахариди и полисахариди), да су

резистентни на хидролизу у ГИТ-у, резистентни на апсорпцију у танком цреву и подложни парцијалној или потпуној хидролизи и ферментацији деловањем бактерија у колону (23). Америчка Агенција за храну и лекове је документом „The Nutrition Labeling and Education“ 1990. године сврстала дијетна влакна у нутријенте (21). Нутријенти су хемијски састојци хране, који организму обезбеђују потребну енергију, градивне и регулаторно–заштитне компоненте (23). Да би производ био обогаћен дијетним влакнима у виду инулина, захтева се његово присуство у количини 3 – 6 g /100 g производа (24).

На основу Европског концензуса о Научном концепту функционалне хране, функционална храна је дефинисана као храна, која осим адекватног нутритивног ефекта показује повољан утицај на једну или више циљних функција у организму, што доприноси унапређењу здравља и/или смањењу ризика за настанак болести. Функционална храна мора да задржи особине хране и да испољава ефекат у количинама које се уобичајено користе у исхрани. На основу горе поменутог фруктани (инулин) се класификују као јединствене компоненте функционалне хране, због своје хемијске природе и комбинације физиолошких и нутритивних ефеката (24).

Постоје мишљења да недостатак влакана у исхрани учествује у настанку хроничних поремећаја: карцином колона, хиперхолестеролемија и атеросклероза (20). Конзумирањем хране која садржи инулин повећава се садржај влакана и доприноси балансирању исхране. Овај утицај је видљив на гастро–интестиналним функцијама – побољшан састав интестиналне флоре, одбрамбена функција мукозе, ендокрина активност и минерална апсорпција, али и системским функцијама (побољшана липидна хомеостаза и имунске функције), чиме се смањује ризик за настанак различитих болести (23).

1.1.3.4. Примена инулина у прехранбеној индустрији

Последњих 20 година инулин се користи као функционални састојак хране у прехранбеној индустрији, јер побољшава особине производа у технолошком и нутритивном смислу (25). Технолошка употреба инулина је оправдана његовом ниском калоричношћу, због чега се сматра добром заменом за шећере и масти. Нижа калоријска вредност је последица присуства $\beta(2\rightarrow1)$ гликозидне везе, која онемогућава дигестију инулина, за разлику од осталих угљених хидрата (26).

Инулин из чичоке је одличан извор фруктозе која се сматра најслађим природним шећером, а који је 16 пута слађи од сахарозе. Због тога се инулин користи као нискокалорични заслађивач у производима за пацијенте оболеле од дијабетеса (4).

Најефикаснија замена за масти је дуголанчани инулин са степеном полимеризације већим од 25. Способност инулина да замени масти заснива се на особинама његовог воденог раствора. Са повећањем концентрације инулина у раствору, повећава се и вискозитет раствора (4). Садржај инулина у води већи од 30 % доводи до настанка гела кремaste текстуре, који се лако инкорпорира у прехранбене производе и замењује чак до 100 % масти. Формиран гел представља тродимензионалну мрежу нерастворних честица инулина у води, које имобилишу велику количину воде унутар гелне мреже. Због тога инулин не подлеже хидролизи и има велику физичку стабилност у киселој средини и на високим температурама (4, 26).

Употреба инулина као функционалне хране испитана је у пекарским, кондиторским производима, сладоледу, различитим напицима и у јогурту са ниским процентом масти (0,1 %). Додатак дуголанчаног инулина у производе са нижим степеном масноће који садрже јогурт (сир и сладолед), доводи до повећања густине производа, односно постиже се кремастија текстура производа (27, 28). Смањен садржај масти у јогурту утиче негативно на текстуру производа, квалитет и интензитет укуса. Употреба инулина, као замене за масти, побољшава текстуру, повећава вискозитет, утиче позитивно на сензорне особине (густину, лепљивост и прозачност) и даје укус пуномасног јогурта у устима (25). Истраживања су показала да јогурт са 0,1 % млечне масти и додатком инулина у концентрацији од 1 % показује сличне карактеристике као пуномасни јогурт (3 % млечне масти). Међутим, потребно је контролисати оптималну количину инулина у јогурту јер веће количине инулина негативно утичу на конзистенцију и доводе до издвајања сурутке из производа (29).

Додатак брашна од чичоке или чистог инулина пекарским производима утиче на омекшавање коре хлеба, повећање волумена хлеба и продужавање рока употребе. Најквалитетнији хлеб добијен је додатком инулина пшенично/пиринчаном хлебу при чему је горња граница садржаја инулина око 8 %. Присуство инулина смањује калоријску вредност хлеба и повећава садржај дијетних влакана у њему, чинећи га здравијом и

квалитетнијом намирницом (30). Брашно од фино самлевених кртола чичоке се користи као додатак тестенинама посебно намењеним исхрани особа оболелих од дијабетеса (4).

1.1.3.5. Медицинска употреба инулина

Високо пречишћени инулин (степен полимеризације преко 20), добијен екстракцијом из корена цикорије, користи се у дијагностичком тесту бубрежне инсуфицијенције. Тест обухвата мерење клиренса инулина, који се захваљујући својим особинама потпуно филтрира кроз зид гломерула – не реапсорбује се, не секретује, нити метаболише у тубулима бубрега, па количина инулина у плазми и урину указује на стање реналне функције. Клиренсом инулина се мери степен гломеруларне филтрације. Међутим, коришћење инулина у дијагностичком тесту реналне функције је скупо, дуготрајно и због тога готово потпуно ван употребе (31).

1.1.4. Значај употребе чичоке у хуманој исхрани

Мали садржај масти и висок минерални састав уз присуство инулина као дијетног влакна, чини чичоку нутритивно вредном намирницом за људску исхрану. Комерцијално је доступна у свежем стању, као део асортимана пијачне понуде неких крајева наше земље. Међутим, и поред претходно наведеног ретко је заступљена у исхрани, било у свежем или прерађеном облику. Конзумирање свеже чичоке ограничавају њене органолептичке особине – непријатан, ароматичан укус и промена боје услед оксидације. Покушаји превазилажења тог проблема у страној литератури су забележени у виду експерименталне производње бланшираних кртола чичоке у форми чипса (32). У свету су регистровани патенти који садрже чичоку или инулин, а подељени су у следеће категорије: препарати за медицинску примену, препарати за ветеринарску примену, храна, пиће и сточна храна. Ови патенти укључују употребу брашна од осушених, фино самлевених кртола чичоке, екстракта чичоке и чистог (изолизованог) инулина. Као што је описано у претходном поглављу индустријски екстрахован инулин је саставни део бројних прехранбених производа у свету, преодминантно јогурта. На нашем тржишту комерцијално су доступни АБ[®] и Ела[®] јогурти са инулином (Млекара Суботица, Србија) и Fun & Fit[®] десерт на бази житарица са додатком инулина (Floridabel д.о.о. Србија). Међутим, нема регистрованих

производа који би садржавали чичоку у интегралном стању, а која је значајна сировина због инулина, минерала, витамина и мале количине масти. Инулин, чији је извор и чичока, има позитиван ефекат у превенцији болести и очувању здравља (33, 34, 35).

1.1.4.1. Инулин као пребиотик

Интестинални тракт човека, посебно колон, насељава више од 400 различитих типова бактерија, као што су *Bifidobacterium* и *Lactobacillus* врсте, које су корисне по здравље домаћина (20). Преминација бифидобактерија и лактобацила у колону је есенцијална за одржавање здравља и превенцију болести (улцерозни колитис, Кророва болест, колоректални канцер, некротизирајући ентероколитис) (33). Повољни ефекти корисних бактеријских врста су: инхибиција раста патогених бактерија, редукција активности ензима укључених у производњу карциногена и генотоксина, производња масних киселина кратког ланца, имуномодулаторно деловање, посредовање у апсорпцији одређених јона и синтеза комплекса витамина Б (36). Повећањем броја *Bifidobacterium* и *Lactobacillus* врста постиже се стабилност здравља ГИТ-а, а тиме побољшава и здравље целог организма. Коришћењем пробиотика и пребиотика, као додатака исхрани, могуће је обогатити организам корисним бактеријама. Пробиотици су према дефиницији Светске здравствене организације живи микроорганизми који се уносе у адекватној количини у организам због њиховог повољног утицаја на микробиолошку флору интестиналног тракта (37). Комерцијално су доступни чврсти дозирани препарати и прехранбени производи (јогурти), који садрже следеће пробиотске културе: *Bifidobacterium breve*, *Bifidobacterium bifidus*, *Bifidobacterium infantis*, *Bifidobacterium lactis*, *Bifidobacterium longum*, *Bifidobacterium thermophilum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus salivarius*, *Lactobacillus plantarum* (4). Пребиотици су компоненте хране, које селективно стимулишу раст и/или активност једне или ограниченог броја бактеријских врста микрофлоре колона и на тај начин повољно утичу на састав цревне микрофлоре и здравље домаћина (38). Да би се састојак хране сматрао пребиотиком потребно је да испуњава одређене услове: не сме да се хидролизује нити апсорбује у горњим деловима ГИТ-а, односно мора у непромењеном облику да стигне до колона, где подлеже ферментацији деловањем цревне микрофлоре и селективно стимулише раст и/или

активност корисних бактерија цревне микрофлоре, што је корисно по здравље домаћина. Пребиотици су супстрат за ферментацију којој подлежу од стране корисних пробиотских култура, бифидобактерија и лактобацила, чиме се микробиолошка цревна флора балансира и обезбеђују системски ефекти корисни за здравље домаћина (33). Због горе наведеног, пробиотске културе се често користе у комбинацији са пребиотцима, градећи синбиотике којима се постиже синергистички ефекат (19).

Пребиотске особине фруктана (инулина и олигофруктозе) су највише проучаване и потврђене лабораторијским и клиничким студијама (39, 40). Конзумирање инулина, тј. хране која садржи инулин, резултује значајним повећањем броја бифидобактерија у колону и инхибицијом раста потенцијално патогених бактерија (*Salmonella*, *Listeria*). Овај ефекат се означава као бифидогени. Kaplan и Hutkins су показали да је инулин добар супстрат за ферментацију и селективну стимулацију раста 12 од 16 испитиваних *Lactobacillus* сојева и 7 од 8 *Bifidobacterium* сојева (41). Бифидогени ефекат инулина је присутан код особа свих узраста и узрокује повољне физиолошке ефекте (боља перисталтика и дигестија, ублажена опстипација при дневној суплементацији од 15 g инулина и побољшан квалитет живота старијих особа), позитиван ефекат на здравље костију, смањење серумских липида, присуство осећаја ситости што доприноси контроли телесне тежине (42 – 45). Инулин постиже бифидогени ефекат у количини од 3 – 8 g по порцији хране (46).

1.1.4.2. Утицај инулина на минералну апсорпцију

Експерименталним и клиничким студијама је проучаван утицај пребиотика, најчешће фруктана типа инулина, на повећану апсорпцију калцијума, магнезијума и гвожђа из проксималног дела колоне. Правилна апсорпција калцијума из хране доприноси доброј густини коштаног ткива и делује у превенцији или ублажавању прогресије остеопорозе (19). Остеопороза је једна од водећих здравствених проблема у свету. Свака трећа жена у постменопаузи као и знатан број мушкараца старијих од 50 година, има фрактуру узроковане остеопорозом (34). Са друге стране, недостатак магнезијума, као другог најзаступљенијег интрацелуларног катјона, који има значајну улогу у бројним физиолошким реакцијама може довести до озбиљних биохемијских промена у организму човека. Правилном апсорпцијом гвожђа из ГИТ-а спречава се анемија. Дијетна влакна,

међу којима је и инулин, показују велики капацитет за комплексирање са минералима, услед чега влакна унета храном оптимизирају апсорпцију минерала (47).

Експериментална студија на животињама у току 22 недеље показала је да суплементација са количном од 5 % и 10 % инулина повећава апсорпцију калцијума већ након 10 недеља третмана (34). Апсорпцију магнезијума боље оптимизира инулин у комбинацији са олигофруктозом (57 % побољшана апсорпција магнезијума) у односу на чисту олигофруктозу (46 % побољшана апсорпција магнезијума) (48).

Посебно је важно обезбедити адекватан унос калцијума у периодима адолесценције и постменопаузе. Повољан ефекат инулина на повећану расположивост и апсорпцију калцијума истраживан је и потврђен у обе споменуте групе. Студија на адолесцентној популацији девојчица је показала да конзумирање 8 g дневно комбинације дуголанчаног инулина и олигофруктозе уз уобичајени дневни унос калцијума (1300 – 1500 mg), повећава његову апсорпцију, у поређењу са контролном групом. Једногодишња студија у којој је учествовало 100 дечака и девојчица узраста 9 – 12 година, који су дневно уносили 900 – 1000 mg калцијума уз додатак фруктана типа инулина у количини од 8 g дневно, показала је повећану апсорпцију калцијума након 8 недеља суплементације, у односу на контролну групу са малтодекстрином (49). Конзумирање 40 g инулина дневно доприноси повећању апсорпције калцијума и магнезијума за 8 – 10 % у популацији младих мушкараца, у односу на контролну групу без инулина (48, 50). Дефицијенција естрогена у периоду постменопаузе смањује интестиналну апсорпцију калцијума и негативно утиче на баланс калцијума и густину коштаног ткива. Потврђено је да шестонедељни третман мешавином олигофруктозе и дуголанчаног инулина у количини од 10 g дневно значајно повећава апсорпцију калцијума и магнезијума код жена у постменопаузи, у односу на плацебо групу (51).

Механизам којим несварљиви пребиотици утичу на повећање апсорпције минерала из колона није потпуно разјашњен. Предложеним механизмом ферментација угљених хидрата у колону узрокује повећану продукцију масних киселина кратког ланца и закишељава цревни садржај у којем је присутна велика количина нерастворљивог калцијума и магнезијума. Снижење рН вредности повећава растворљивост калцијума и магнезијума, па је више минерала доступно за транспорт кроз епител црева. Такође,

продукти бактеријске ферментације, нарочито млечна и бутерна киселина, утичу на пролиферацију ентероцита, а тиме на повећање апсорптивне површине. Сматра се да је повећана расположивост калцијума у колону резултат хидролизе комплекса калцијума и фитинске киселине, коју врше бактеријски ензими фитазе, при чему се ослобађа калцијум (50).

1.1.4.3. Утицај инулина на кардиоваскуларни систем

Исхрана има значајну улогу у превенцији болести кардиоваскуларног система, пре свега атеросклерозе. За популације које имају различите навике у исхрани евидентиране су и разлике у нивоу средње концентрације холестерола и инциденци коронарне болести. Конзумирање инулина или производа са инулином снижава ниво серумских липида и може допринети очувању здравља кардиоваскуларног система, што је уочено у студијама на животињама (52). Клиничке студије, пак, имају контрадикторне резултате. У неким студијама није уочена веза између конзумирања инулина или производа са инулином и снижења серумских липида, док је у другим успостављена позитивна корелација између исхране обогаћене инулином и снижења липидних параметара, нарочито код испитаника са умереном хиперлипидемијом (41, 53). Ипак, прихваћени су резултати да исхрана обогаћена инулином снижава серумске триглицериде, а да утицај на холестеролемију није константан (35). Додатак 10 – 20 g инулина свакодневной исхрани значајно утиче на смањење серумске концентрације триглицерида док је овај утицај на опадање концентрације укупног холестерола слаб (54). Једна студија, објављена пре 3 године, је утврдила да петонедељно конзумирање тестенине обогаћене инулином узрокује снижење серумских триглицерида као и снижење односа укупни холестерол/ХДЛ код здравих добровољаца (55). Резултати шестомесечне студије указују да примена фруктана типа инулина у количини од 10 g дневно, уз уобичајену исхрану здравих добровољаца не утиче на концентрацију триглицерида у плазми, а доводи до благог, али не и значајног, пада укупног и ЛДЛ холестерола (56).

Претпоставља се да је механизам деловања у оваквим студијама у вези са продукцијом микробиолошке ферментације инулина у колону, тј. пропионском киселином, која може да инхибира хепатичну липогенезу (54).

1.1.4.4. Утицај инулина на дијабетес тип 2

Дијабетес је болест у експанзији, о чему говоре и процене Светске здравствене организације да ће број оболелих од дијабетеса до 2025. године достићи 300 милиона (57). Конзумирање хране која садржи инулин може бити корисно оболелим од дијабетеса. Инулин не утиче на ниво инсулина у крви јер се не дигестује и не апсорбује у танком цреву. У традиционалној турској медицини чичоку спорадично употребљавају оболели од дијабетеса (58). Препоручује се 16 – 23 g инулина по оброку као додатак исхрани оболелих од дијабетеса (4).

Додатак инулина дијететском режиму здравих добровољаца у дози од 20 g/дан није утицао на гликемију и инсулинемију наташте. Међутим код оболелих од дијабетеса, 8 g инулина/дневно значајно је смањило гликемију наташте, већ након 2 недеље суплементације (18). Тромесечна студија на популацији гојазних жена које су користиле мешавину инулин/олигофруктоза у дози од 16 g/дневно није показала ефекат на гликемију и инсулинемију наташте, али је примећена значајна разлика у постпрандијалној гликемији у односу на контролну групу (40).

Продукти ферментације инулина (масне киселине кратког ланца) смањују концентрацију слободних масних киселина и дигестивних хормона у циркулацији – глукагону–сличан пептид 1 (ГЛП-1), гастрични инхибиторни полипептид (ГИП) и грелин (59). ГЛП-1 и ГИП поред основног инхибиторног ефекта на секрецију желудачне киселине и ослобађање гастрина, делују инсулинотропно на бета ћелије панкреаса и одговорни су за постпрандијалну секрецију инсулина (60). Хормон грелин производе ћелије желуца и G ћелије панкреаса. Овај хормон стимулише мотилитет желуца и апетит што доприноси повећању телесне тежине (61). Ферментациони продукти инулина, нарочито пропионска киселина, могу такође утицати на смањену хепатичну глуконеогенезу. На основу претходно наведеног сматра се да постоји зависност између конзумирања дијетних влакана и превенције дијабетеса тип 2 (59).

1.1.4.5. Утицај инулина на функцију гастро–интестиналног система

Исхрана богата дијетним влакнима, као што је инулин, стимулише мотилитет црева, повећава волумен фецеса и број прањњења. Повећање дијетних влакана у исхрани за 1 g

повећава масу фецеса за 5 g. Употребом 3 g инулина/дневно функција црева се побољшава, могуће је ублажити умерену опстипацију и повећати број пражњења (4). Опстипација је чест поремећај у популацији како старих тако и млађих, здравих особа. Конзумирањем 15 g инулина/дневно током 4 недеље, ублажава се опстипација и побољшава квалитет живота, што је показано у студији на геријатријским добровољцима (62). Повећана учесталост пражњења након додавања инулина (степен полимеризације > 25) исхрани примећено је код здравих добровољаца, који су имали проблем опстипације (20).

Овај ефекат инулина није потпуно разјашњен, али се претпоставља да је механизам деловања повезан са бифидогеним ефектом инулина. Инулин као пребиотик доприноси јачању и пролиферацији корисних бактеријских врста, које чине баријерну функцију епитела црева. Оваква средина боље штити домаћина од деловања патогених врста било да су пореклом из интестиналне флоре или спољашње средине и уравнотежује ритам дигестије и пражњења (63).

1.1.4.6. Утицај инулина на имунски систем и превенцију канцера

Епидемиолошке и клиничке студије показују да конзумирање дијетних влакана типа инулина утиче на превенцију канцера (колоректални, канцер танког црева, гркљана, усне дупље и дојке) (64). Конзумирање дијетних влакана може да спречи појаву колоректалног канцера код мушкараца, док код жена није пронађена таква веза (65). Начин на који влакна делују није потпуно разјашњен, али је прихваћено да инхибирају карциногенезу у колону, смањују изложеност генотоксинима и ослобађање интерлеукина 2, повећавају продукцију гама–интерферона. Због претходно наведених резултата фруктани типа инулина класификовани су као негативни модулатори карциногеног процеса (23). Продукти бактеријске ферментације инулина, нарочито бутерна киселина, могу да утичу на супресију карцинома колона. Уочен је њихов антипролиферативни ефекат на туморске ћелије *in vitro* као и на експерименталном моделу канцера колона пацова (4). Међутим, упркос овим резултатима, сматра се да адекватни докази за потврду превентивног деловања дијетних влакана за канцер колона још нису објављени (66).

Резултати проспективне седмогодишње студије показују да повећање уноса дијетних влакана за 10 g дневно има важну улогу у превенцији рака дојке код жена у

постменопаузи. Степен значајности превентивног деловања дијетних влакана на канцер дојке је био различит у зависности од хистолошког типа канцера (67).

1.1.4.7. Примена инулина у педијатрији

Први пребиотик додат храни за одојчад била је мешавина 10 % инулина и 90 % галактоолигосахарида (ГОС). Утврђен је позитиван ефекат на имунски систем и смањена инциденца фебрилних епизода (68). Примена инулина код одојчади старости 7 – 9 месеци, у дози од 0,2 g/kg телесне масе током 4 недеље, у периоду пре вакцинације против малих богиња утицала је на повећање броја IgG антитела у периоду након вакцинације (69). Додатак инулин/галактоолигосахарид мешавине (у односу 1:9) исхрани одојчади, смањио је учесталост респираторних и гастро-интестиналних инфекција током прве године живота (70). Постмаркетиншке студије су показале бифидогени ефекат пребиотске мешавине инулин/галактоолигосахарид, у концентрацији 0,4 – 0,8 g/dl, на интестиналну флору одојчади након 28 дана примене (68). Комисија за храну Европске уније је 2006. године прихватила као безбедан додатак мешавине инулин/галактоолигосахарид (у концентрацији до 0,8 g/dl) у млечну формулу за прехрану одојчади (71).

1.1.4.8. Остала дејства инулина

Инулин је класификован као безбедан састојак хране од стране регулаторних институција у развијеним земљама. У САД – у инулин има тзв. „GRAS“ статус (*Generally Recognised As Safe*) (21). У процесу ферментације инулина настају водоник, угљен–диоксид и други гасови који узрокују блаже гастро–интестиналне сметње као што су надимање, дијареја или бол у трбуху. Неподношљивост (нетолеранција) на поједине уобичајене састојке хумане исхране као што су глутен, лактоза, јаја, чоколада, поморанца и прехрамбени адитиви је значајан проблем савременог друштва. Нетолеранција на храну је пренаглашена/нежељена реакција организма на поједину храну или њене састојке која не укључује имунолошку алергијску реакцију (72). Нетолеранција на инулин у виду појаве гастро–интестиналних сметњи је индивидуална физиолошка особина и зависи од дужине и количине конзумирања. Дигестивни систем се након дуже употребе адаптира и не показује

споредне ефекате (73). Према литературним подацима, горња граница количине инулина у исхрани, без појаве нежељених ефеката је 70 g/дневно (4). Међутим, истраживања су показала да се гастро–интестиналне нелагодности могу јавити и при знатно нижим количина инулина. Доза већа од 50 g/дан изазива дијареју код већег дела популације, абдоминална бол се јавља већ при дневној дози од 10 g, а надимање и при ниским дозама од 2,5 – 5 g/дан (69).

Описана су и 2 случаја озбиљне алергијске реакције у виду анафилактичког шока након конзумирања поврћа и комерцијалних производа који садрже инулин (74). Специфична IgE антитела на инулин–протеин комплекс први пут су идентификована 2005. године (75).

1.2. Технологија екструзије у преради намирница

Технологија екструзије за прераду намирница се користи у циљу добијања нових производа од житарица или поврћа, а примењивана је на пшеницу, јечам, кукуруз, махунарке, карфиол и пиринач (76–78). Процесом екструзије се данас производе експандирани производи од житарица (најчешће у употреби за доручак и ужину), тестенине и кондиторски производи.

Екструзија је краткотрајни технолошки процес који се одвија у условима високе температуре и притиска, у затвореном простору специфично дизајниране опреме тј. екструдеру (76). Екструдер се састоји од једне, две или више ротирајућих потисних спирала, смештених унутар металног кућишта и повезаних са погонским мотором (79). Примена екструдера са једном ротирајућом потисном спиралом је имала прогрес 30–их година прошлог века, када је коришћен у производњи тестенине. Данас је највише у употреби екструдер са две ротирајуће потисне спирале, патентиран средином 50–их година прошлог века. Полазна сировина се уводи кроз левак на једном крају металног кућишта, преноси под високим притиском и температуром, помоћу ротирајућих спирала до матрице на другом крају, која даје финални облик експандираном производу (80). Током процеса екструзије, полазна сировина може бити изложена температури и до 200°C, што узрокује бројне хемијске и структурне промене као што су денатурација протеина, формирање комплекса између амилозе и липида и деградационе реакције витамина и пигмената.

Међутим, како су сировине изложене овако високој температури врло кратко време (1 – 10 секунди), денатурација протеина и деградациони процеси витамина, скроба и ензима су у великој мери ограничени (81). Екструзија је сложен процес, који подразумева подешавање услова у сваком појединачном експерименту и зависи од особина употребљених полазних сировина. Пре почетка екструзије неопходно је извршити калибрацију екструдера и поставити почетне параметре: брзину уласка полазне сировине (kg/h), проценат воде, брзину ротација спирала (rpm) и температуру при почетку и завршетку процеса (°C). У току трајања процеса екструзије подешавају се вредности притиска (psi), максималне температуре материјала (°C) и момента силе (обртног момента – Nm). Чак и мале промене ових параметара утичу на процес екструзије и на квалитет добијеног производа (82). Иако се одређивање оптималних услова за екструзију сматра њеним недостатком, јер захтева искуство кадра који рукује екструдером, ова могућност промене услова процеса екструзије је уједно и њена предност. Контролисана промена термо–механичких параметара током процеса екструзије омогућава добијање производа жељених карактеристика. Предност екструзије је и повољан економски аспект производње, као и могућност употребе истог екструдера за производњу различитих врста производа (80).

Технологијом екструзије добијају се хрскави, експандирани производи, са дугим роком употребе, погодни за услове чувања на собној температури (83). Резултати бројних истраживања показују да процес екструзије дозвољава инкорпорирање различитих сировина које се сматрају функционалном храном са циљем побољшања нутритивног састава добијених производа. Претпоставља се да је механички стрес током екструзије одговоран за раскидање гликозидних веза у полисахаридним полазним сировинама, што за последицу има цепање полисахарида на олигосахариде и повећање садржаја растворљивих дијетних влакана (84). Екструзија повећава ниво укупних дијетних влакана у производима од поврћа, воћа и житарица, без глутена (85). Нуспроизводи који настају у прехранбеној индустрији могу да се инкорпорирају у екструдоване производе, што има двојаку корист. Често се у нуспроизводима који заостају у производњи прехранбених производа налазе важни, хранљиви састојци, који се могу употребити у процесу екструзије и тако побољшати нутритивни састав екструдованих производа, а истовремено се решава питање њиховог одлагања као нежељеног отпада (84). Нутритивни састав екструдованих производа се може побољшати повећањем садржаја укупних дијетних влакана који потичу

из нуспроизвода који заостају у производњи пива (86). Садржај нерастворљивих дијетних влакана у екструдованим производима повећава се додатком нуспроизвода из производње пшеничних мекиња (87). Отпад при преради карфиола користи се као извор влакана, протеина, антиоксиданата и укупних фенолних једињења у екструдованим производима који садрже мешавину пшеничног, кукурузног и овсеног брашна (77). Процес екструзије примењен на јечмено брашно доприноси повећању садржаја укупних и растворљивих дијетних влакана у добијеним производима (89). Употребом екструдованих производа у дијететском режиму исхране, као извора дијетних влакана, могуће је остварити превенцију метаболичких поремећаја и корекцију хипомотилитета у гастро–интестиналном тракту (89).

До сада није забележено да је метода екструзије коришћена у преради врсте *Helianthus tuberosus* L., *Asteraceae*.

1.3. Гликемијски индекс и гликемијско оптерећење

1.3.1. Гликемијски индекс

Биохемијски одговор организма на одређену храну може се посматрати кроз промену гликемије која следи након уноса хране. Концепт гликемијског индекса (ГИ) постављен је 1981. године од стране групе аутора руковођене др *David Jenkins* – ом, који је увео ГИ као средство класификације намирница које су богате угљеним хидратима, а на основу ефекта који оне имају на постпрандијалну гликемију (90). Гликемијски индекс (ГИ) се показао као кориснији параметар од претходне хемијске класификације, која је мерила садржај угљених хидрата у намирницама – просте и сложене угљене хидрате, шећере, скробове, слободне или везане. Употреба ГИ је данас призната као поуздан начин за класификацију намирница богатих угљеним хидратима (91). Гликемијски индекс се дефинише као однос инкременталних површина испод криве (ИПИК) која описује промене у гликемији једног истог испитаника у току 2 часа након конзумирања тест и референтног obroка, а који садрже једнаке количине угљених хидрата. Вредности ГИ се изражавају процентуално, арапским бројем и могу се поделити у три категорије: ниске, средње и високе. Вредности ГИ испод 55 сматрају се ниским (повољним), 56 – 69 средњим, а преко 70 високим за хуману употребу (92, 93). Прва, интернационална категоризација намирница

на основу гликемијског индекса објављена је 1995. године у часопису *The American Journal of Clinical Nutrition*. Једноставност употребе ГИ при класификацији намирница условила је одређивање ГИ за различите намирнице, тако да је 2002. године у часопису *The American Journal of Clinical Nutrition* објављено допуњено издање ове интернационалне таблице. Таблица је садржавала вредности ГИ за више од 750 намирница (91). Најскорије, такође допуњено издање ове интернационалне таблице објављено је 2008. године у часопису *Diabetes Care* и садржи вредности гликемијског индекса и гликемијског оптерећења за 2480 намирница и формулисаних оброка (94).

1.3.2. Гликемијско оптерећење

Након увођења концепта ГИ, уследила је и појава концепта гликемијског оптерећења (ГО). Популаризовао га је др *Walter Willett* са Факултета за јавно здравље на Универзитету Харвард. За разлику од ГИ који описује промене у постпрандијалној гликемији након конзумирања стандардне количине угљених хидрата, ГО зависи од величине порције хране богате угљеним хидратима која се конзумира. Основна разлика између ГИ и ГО је да ГИ показује колико брзо одређена храна богата угљеним хидратима почиње да повећава гликемију, а ГО мери количину хране која након конзумирања одржава одређен ниво гликемије дужи временски период (> 2 часа). Увођење концепта ГО је значајно из разлога што омогућава боље праћење промена у постпрандијалној гликемији. Уколико намирница има високо ГО, изазива одржавање високе постпрандијалне гликемије дуже од 2 часа, што може да утиче на настанак инсулинске резистенције (95). Вредности ГО класификују се као високе уколико су веће од 20, средње (11 – 19) и ниске уколико су мање од 10 (96).

1.3.3. Значај примене концепта гликемијског индекса и гликемијског оптерећења

Едукација о правилном начину исхране и здравим навикама унапређује здравље и омогућава превенцију различитих болести (97). ГИ и ГО служе да се одабере одговарајућа намирница за здраву особу или пацијента, у зависности од њихових потреба. Намирница са високим ГИ се брзо дигестује и апсорбује и изазива висок гликемијски одговор, за разлику од намирнице са ниским ГИ. Брзи пораст гликемије стимулише панкреас који

лучи велике количине инсулина, што доводи до ослобађања хормона који повећавају осећај глади и апетит (95). Истраживања су показала да је конзумирање хране са високим ГИ и ГО повезано са повећаним ризиком од хроничне хиперинсулинемије, дијабетеса тип 2, кардиоваскуларних болести, гојазности и канцера (98). Конзумирање хране која изазива низак гликемијски одговор клинички је корисно на краткорочном и на дугорочном плану. Интервентне студије на популацији деце и одраслих оболелих од дијабетеса тип 1 указују да исхрана базирана на намирницама са ниским ГИ утиче на снижење гликолизираног хемоглобина (HbA1c). HbA1c је добар показатељ регулације дијабетеса у временском периоду од 3 месеца, колико траје животни век еритроцита. Код пацијената који болују од кардиоваскуларних болести исхрана са ниским ГИ побољшава инсулинску сензитивност и липидни статус. Исхрана намирницама са ниским ГИ позитивно утиче на контролу телесне тежине, а код гојазне деце доприноси редукцији индекса телесне масе (91).

Повољни ефекти на здравље који су забележени након конзумирања намирница са ниским ГИ и ГО, условили су интересовање за познавање ових вредности за различите намирнице. На тржишту су присутни производи са ниским ГИ, услед чега је веће интересовање за одређивање ГИ за различите немирнице како у истраживачке тако и у комерцијалне сврхе. У Аустралији, Француској, Шведској, Канади и Јужној Африци концепт ГИ је саставни део едукације о исхрани и интегрисан је у водиче које пацијенти добијају од здравствених радника (92).

Вредности ГИ за исту врсту биљне хране могу да варирају. Варијације су последица различитих ботаничких врста од којих потиче храна и разлика у хемијском саставу истих биљних врста са различитих географских станишта. Ове разлике утиче на бржу или спорију дигестију и апсорпцију хране и последично на вредност ГИ. Различити методи одређивања ГИ, који се разликују у начину узорковања крви и одређивању конзумне порције, такође могу бити узрок различитих вредности ГИ за једну исту намирницу (91). Ови недостаци се могу превазићи праћењем смерница за употребу стандардне методологије за одређивање ГИ (92).

1.4. Научни допринос истраживања

Ова студија је обухватила производњу иновативних, екструдованих производа од биљног материјала чији главни састојак, инулин, има повољан ефекат на здравље. Како

екстуровани производи са садржајем чичоке до сада нису произведени, то нису познате литературне вредности ГИ и ГО за ове намирнице. Студија је оригинална због примене савремене технологије на биљну сировину која до сада није обрађивана процесом екструзије. Сходно томе, научни допринос ове студије представља утврђивање нутритивног састава и одређивање ГИ и ГО иновативних, екстурованих производа.

Развој нових прехранбених производа који имају способност да побољшају здравље људи је у интересу науке и индустрије. Водичи за примену правилне исхране истичу да конзумирање производа са већом количином дијетних влакана има повољан ефекат на здравље, док је исхрана која садржи малу количину влакана доведена у везу са ризиком за настанак бројних болести. Захваљујући томе, постоји тенденција популаризације угљенохидратних производа са ниским степеном дигестије (Low Digestible Carbohydrates, LDC). У свету, у производњи оваквих производа доминирају Јапанске компаније, али и Европско тржиште не заостаје, па постоји широка палета производа са физиолошким и функционалним карактеристикама који испољавају позитиван ефекат на здравље. Ширење свести о правилној исхрани је неопходно и могуће је претпоставити да ће у будућности доћи до експанзије производње тзв. „здравих производа“. Супстанце које испољавају ефекте дијетних влакана и пребиотика, као што је инулин, тренутно су најактуелније у производњи LDC производа (99).

Појава укрштених алергија, чак и на уобичајене намирнице, неподношљивост лактозе у производима, глутенска нетолеранција и слични проблеми условљавају потребу за формулацијом нових производа који су нутритивно вредни а ниске калоријске вредности. То је могуће постићи смањењем заступљености шећера и масти које је потребно заменити у што већем степену на одговарајући начин. Оптималне особине чине инулин одговарајућом супстанцом која замењује масти и шећере у прехранбеним производима. Због растворљивости, инулин има пријатан укус и у прехранбеним производима се чешће користи у односу на нерастворљива влакна. Сматра се да је чичока, као ниско–калорични извор енергије, влакана и минерала и незнатном количином масти, добар полазни материјал за производњу функционалних производа (99).

Најдрагоценији састојак чичоке је инулин, који испољава позитивне ефекте на хумано здравље. Међутим, органолептичке особине свеже чичоке – неодређен, ароматични укус и промена боје услед оксидације, ограничавају конзумирање оптималних количина

чичоке у свежем облику, а у циљу постизања корисних ефеката на здравље. Иновација у обради ове биљне сировине методом екструзије може да утиче на побољшање органолептичких и нутритивних карактеристика добијених производа, а потенцијално ниске вредности гликемијског индекса и гликемијског оптерећења добијених производа могу их учинити пожељном функционалном храном.

2. ЦИЉЕВИ И ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Циљеви истраживања

Одређени су следећи циљеви истраживања:

1. Формулација и производња 3 иновативна тест производа са различитим садржајем чичоке (30 %, 60 % и 80 %) и хељдиним брашном као средством за допуњавање методом екструзије.
2. Производња контролних производа од хељдиног брашна методом екструзије.
3. Одређивање нутритивне вредности тест производа (одређивање садржаја воде, суве материје, масти, протеина, шећера, укупних угљених хидрата, инулина и укупних дијетних влакана).
4. Израчунавање гликемијског индекса (ГИ) тест и контролних производа.
5. Израчунавање гликемијског оптерећења (ГО) тест и контролних производа.
6. Евалуација тест производа са минималним садржајем чичоке који поседује оптималне вредности ГИ и ГО за хуману употребу.

У остваривању постављених циљева потребно је:

- Сакупити и припремити дрогу *Helianthi tuberosi tuber (Helianthus tuberosus L. Asteraceae)*.
- Одредити хемијски састав дроге.
- Одредити конзумну порцију тест и контролних производа.
- Одредити промену гликемије код здравих испитаника након конзумирања референтног оброка.
- Одредити промену гликемије код здравих испитаника након конзумирања тест и контролних производа.
- Одредити инкременталну вредност површине испод криве (ИПИК) промене гликемије у функцији времена након конзумирања референтног, тест и контролних производа.

2.2. Хипотезе истраживања

1. Могуће је применити технологију екструзије у производњи тест производа са садржајем чичоке.
2. Са повећањем садржаја чичоке у тест производима повећава се садржај инулина и укупних дијетних влакана тест производа.
3. Калоријска вредност тест производа опада са порастом садржаја чичоке.
4. Конзумирање производа са садржајем чичоке доводи до промене гликемије у крви.
5. Постоји промена гликемије након конзумирања тест производа у односу на референтни оброк и у односу на контролни производ.
6. Различити тест производи узрокују различиту промену гликемије након њиховог конзумирања.
7. Вредности гликемијског индекса и гликемијског оптерећења се смањују са повећањем садржаја чичоке у тест производима.
8. Тест производи са највећим садржајем чичоке од 80 % поседују ниске вредности гликемијског индекса ($ГИ < 55$) и гликемијског оптерећења ($ГО < 10$).

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

3.1. Припрема биљног материјала

Примерак биљке *Helianthus tuberosus* L. *Asteraceae* је депонован у хербаријуму ботаничке баште Биолошког факултета Универзитета у Београду под идентификационим бројем БЕОУ 16831. Биљни материјал представљају кртоле чичоке – дрога *Helianthi tuberosi* tuber, које су сакупљене са подручја Шумадијског округа, у периоду октобар – децембар 2010. године. Након вађења, кртоле су очишћене од земље, опране, исечене на танке комаде и осушене у сушници на контролисаној температури до 40 °C током 24 h (UOP8-G, Armfield, Hampshire, England). Последња фаза припреме биљног материјала било је уситњавање осушених кртола млевењем до ситног праха (млин ИКА® А11 В, Немачка).

3.2. Одређивање хемијског састава дроге *Helianthi tuberosi* tuber

Укупни протеини у биљној дроги одређени су стандардном методом по Kjeldahl – у. Метода се заснива на одређивању садржаја азота у узорку. Дејством сумпорне киселине на повишеној температури разарају се органске материје, амонијак се везује за сумпорну киселину и издвајају амонијачне соли. Применом корективног фактора садржај азота преводи се у садржај протеина (100).

Садржај масти одређиван је екстракцијом петролетром узорка раствореног у разблаженој хлороводоничној киселини. Након екстракције остатак је осушен у сушници на 103 °C. Укупне масти изражене су као проценат односа масе петролетарског екстракта и масе дела узорка за испитивање (101).

Садржај флавоноида (изражен на рутин) одређен је УВ/ВИС спектрофотометријском методом, мерењем апсорбанци раствора различитих концентрација екстракта дроге на таласној дужини од 430 nm (102).

Полифенолкарбоксилне киселине (изражене на кафеинску киселину) одређиване су УВ/ВИС спектрофотометријском методом, мерењем апсорбанци раствора различитих концентрација етанолног екстракта дроге на таласној дужини од 660 nm (102).

Одређивање садржаја шећера у дроги (изражено на глукозу) извршено је волуметријском методом по Luff – Schoorl-у. Метода се заснива на редукцији бакра из алкалног раствора CuSO_4 . Одређивање укупних шећера врши се титрацијом вишка нередукованог Cu^{2+} јона у киселој средини и у присуству калијум – јодида, помоћу натријум – тиосулфата (101).

Укупни угљени хидрати одређени су Антрон методом. Метода је заснована на хидролизи угљених хидрата на просте шећере помоћу разблажене хлороводоничне киселине. Дехидратацијом глукозе у киселој средини настаје хидроксиметил фурфурал који са Антрон реагенсом даје зелену боју, чија се апсорбанца мери на таласној дужини од 630 nm (100).

Садржај антиоксидантних једињења одређен је ТЕАС спектрофотометријском методом (*Trolox-Equivalent Antioxidant Capacity*). Метода се заснива на способности испитиваног узорка да уклони интензивно обојене катјон радикале реагенса 2,2'-азиноbis-(3-етилбензотиазолин-6-сумпорне киселине), што се визуелно манифестује обезбојавањем раствора. Као стандард користи се 2,5 mM раствор Тролокса (6-хидрокси-2,5,7,8-тетраметилхроман-2-карбоксилна киселина) у 80 % етанолу. Апсорбанце испитиваног и стандардног раствора мере се на 734 nm таласне дужине УВ/ВИС спектрофотометра. Антиоксидантно деловање се изражава као однос измерених апсорбанци испитиваних узорака и стандардног раствора (103).

Метода одређивања садржаја инулина заснива се на хидролизи инулина до фруктозе у киселој средини, а затим спектрофотометријском одређивању фруктозе. Хидроксиметил – фурфурал, који настаје из фруктозе у киселој средини, реагује са резорцинолом, формира се црвено обојени производ, чија се апсорбанца мери на таласној дужини од 520 nm. За конструисање калибрационе криве коришћен је стандардни раствор инулина (104).

Метода одређивања аскорбинске киселине заснована је на титрационој реакцији оксидације аскорбинске киселине у дехидроаскорбинску киселину помоћу Тилмановог реагенса (2,6-дихлорофенол-индофенол-натријум) (105).

Калоријска вредност дроге израчуната је коришћењем формуле:

$$\text{Kcal} = 4 \times (\% \text{ протеина} + \% \text{ укупних угљених хидрата}) + 9 \times (\% \text{ липида}) \quad (106).$$

3.3. Технологија израде тест и контролних производа

Произведено је укупно 4 врсте производа применом технологије екструзије – 3 врсте тест производа са различитим садржајем чичоке (А, Б и В) и 1 контролни производ без садржаја чичоке (К). Као средство за допуњавање коришћено је хељдино брашно. Формулације тест и контролних производа приказане су у Табели бр. 1.

Табела бр. 1: Формулације тест и контролних производа

Производ	Чичока (%)	Хељдино брашно (%)
Тест А	30	70
Тест Б	60	40
Тест В	80	20
Контролни К	0	100

Припрема материјала за процес екструзије обухвата: одмеравање компоненти свих појединачних формулација и мешање у миксеру (Hobart NCM, USA) 20 минута. Пре почетка процеса екструзије одређен је садржај воде за све мешавине компоненти предвиђених за обраду екструзијом. Количина воде неопходна за процес екструзије подешавана је помоћу водене пумпе, *ex tempore* (107). Процес екструзије изведен је у екструдеру са две ротирајуће потисне спирале (*Werner and Pfleiderer Continua 37 twin-screw co-rotating extruder*, Stuttgart, Germany, приказан на слици бр.3) под следећим условима: брзина уласка полазне сировине (БУПС) 16 – 24 kg/h, садржај воде 8,2 – 22%, брзина ротације потисних спирала (БРПС) 330 – 332 rpm, температура на почетку процеса 40 °C, на средини процеса 60 °C и завршетку процеса 80 °C. У току процеса екструзије прилагођаване су вредности притиска (psi), максималне температуре материјала (°C) и момента силе или обртног момента (Nm). Коначни услови под којима је извршен процес екструзије у производњи тест и контролних производа приказани су у табели бр. 2.



Слика бр. 4 - Екструдер са две спирале (Werner and Pfleiderer Continua 37 twin-screw co-rotating extruder, Stuttgart, Germany)

Табела бр. 2: Услови производње тест и контролних производа

Производ	БУПС (kg/h)	Вода (%)	БРЗ (rpm)	Момент силе (Nm)	Температура материјала (°C)	Притисак (psi)
Тест А	16	22	331	38	146	565
Тест Б	16	22	330	24	150	178
Тест В	16	22	330	34	152	150
Контролни К	24	8,2	332	40	150	475



Слика бр. 5 - Тест производ А непосредно након производње

По завршеном процесу производи су исечени и остављени да се охладе на собној температури 30 минута. Охлађени тест и контролни производи су спаковани у пластичне кесе и остављени на собној температури до момента анализе (77, 81).

Тест и контролни екструдовани производи произведени су на Манчестер Метрополитен Универзитету, Факултет за храну и управљање у туризму, Велика Британија (*Manchester Metropolitan University, Department Of Food and Tourism Management, United Kingdom*) у сарадњи са проф. др Валентином Стојческом.

3.4. Утврђивање нутритивног састава тест производа

Утврђивање нутритивног састава испитиваних тест производа са различитим садржајем чичоке, А, Б и В обухватило је одређивање садржаја: воде, суве материје, масти, протеина, шећера, укупних угљених хидрата, инулина и дијетних влакана. За контролне производе К, без садржаја чичоке, одређен је само садржај угљених хидрата и дијетних влакана као референтних параметара неопходних за израчунавање величине конзумне порције.

Садржај воде одређен је применом гравиметријске методе. Измерена је маса узорака након сушења на 85 °C током 24 часа и након 2 часа на 105 °C, све до постизања константне масе. Губитак масе изражен у процентима означава количину воде у тест производима А, Б и В (107).

Садржај суве материје је одређен сушењем испитиваног узорка на температури од 102 °C ± 2 °C до константне масе. Сушење је понављано док разлика резултата два узастопна мерења није постала мања од 0,5 mg. Процент суве материје израчунат је из односа масе након сушења и почетне масе узорка (107).

Одређивање дијетних влакана извршено је брзом ензимском методом за одређивање дијетних влакана у прехранбеним производима (108).

За одређивање масти, протеина, шећера, укупних угљених хидрата, инулина и калоријске вредности коришћене су исте методе као и за анализу дроге наведене у одељку 3.2. Резултати представљају средњу вредност три поновљена мерења.

3.5. Одређивање гликемијског индекса и гликемијског оптерећења тест и контролних производа

3.5.1. Врста студије и популација

Студија је била проспективна, нетерапијска, интервентна клиничка студија на групи здравих испитаника, *crossover* дизајна. Извођење студије одобрено је од стране Етичког одбора Факултета медицинских наука, Универзитета у Крагујевцу, под евиденционим бројем 01–6427/3. Процедуре укључене у студију су јасно објашњене испитаницима усменим и писаним путем. Сви испитаници су потписали информативни формулар сагласности о учешћу у студији.

У студији је добровољно учествовало 10 здравих испитаника, оба пола, старости 21–56 година, са територије града Крагујевца. Испитаници су били оптималне ухрањености – средње вредности индекса телесне масе (ИТМ) су биле у границама нормалних вредности (табела бр. 3).

Табела бр. 3: Карактеристике испитаника

Пол	Испитаници (n = 10)
Мушкарци	(40%)
Жене	(60%)

Старост (год.) (Ср. вред. ± СД)	ИТМ (kg/m ²) (Ср. вред. ± СД)
32,3 ± 11,85	22,7 ± 3,00

Критеријуми за укључење у студију били су: нормогликемија (испод 6,1 mmol/l), нерестрикциони режим исхране, толеранција на компоненте испитиваних производа (чичоку и хељдино брашно). Искључујући критеријуми су били: дијагностикован

дијабетес, породична историја дијабетеса или нетолеранције на глукозу, употреба било које терапије која утиче на гликемију. Додатни захтеви које је требало да задовоље испитаници су: режим умерене физичке активности, уобичајене исхране и идентичног obroка дан пре тестирања. Испитаницима је саветовано да време узимања последњег obroка на дан који претходи тестирању не буде после 20 часова. Од 10 испитаника који су учествовали у студији двоје су пушачи, али на дан тестирања пушење није било дозвољено (92). Сви испитаници су учествовали у студији до њеног завршетка.

3.5.2. Дизајн студије

Референтна методологија и смернице за стандардно одређивање ГИ су утврђене од стране експерата *Food and Agriculture Organization* Уједињених нација (108). Правилан приступ одређивању ГИ је у фокусу интересовања, а најактуелнија упутства презентована су од стране стручних тимова предвођених професорима Brouns F и Wolever T (*Glycaemic index methodology* и *Measuring the glycaemic index of foods: interlaboratory study*). Ови научни радови, објављени у водећим светским часописима из области исхране, представљају валидну методологију за одређивање ГИ (92, 110).

У овој студији је одређивана гликемија здравих испитаника пре почетка конзумирања референтног obroка, тест производа и контролних производа, а потом 15, 30, 45, 60, 90, и 120 минута од почетка конзумирања истих. Референтни оброк, тест и контролни производи су конзумирани након 10 – 12 сати ноћног гладовања, у размаку од недељу дана, а свако појединачно тестирање је завршено до 10 часова. Према литературним подацима порција сваког од испитиваних obroка треба да садржи 50 g слободних угљених хидрата, али је дозвољено користити и дупло мању порцију уколико испитаници не могу да је унесу у предвиђеном временском периоду. На основу ових смерница, у овој студији су порције испитиваних производа садржавале 25 g слободних угљених хидрата (разлика укупних угљених хидрата и присутних дијетних влакана).

Као референтни оброк коришћено је 25 g глукозе растворене у 250 ml воде. Глукозни оброк конзумиран је првог дана студије, у току 5 – 10 минута и забележене су вредности гликемије пре почетка obroка и након 15, 30, 45, 60, 90, и 120 минута. С обзиром да варијације одговора на референтни оброк могу имати већи утицај на резултате

од варијација одговора на тест производе, вршена су 3 поновљена мерења гликемије након конзумирања референтног obroка за сваког испитаника понаособ, различитим данима. За израчунавање ГИ коришћена је средња вредност ова 3 мерења гликемије за сваког испитаника понаособ (92).

На основу резултата садржаја угљених хидрата у тест и контролним производима, одређене су порције тест производа А, Б и В и контролних производа К. Порције тест производа А, Б и В које су садржавале 25 g слободних угљених хидрата износиле су 46,43 g, 73,85 g и 138,3 g. Порција контролних производа К која је садржавала 25 g слободних угљених хидрата износила је 38,17 g.

Тест и контролни производи конзумирани су са 250 ml воде у току 10 – 15 минута и забележено је 7 вредности гликемије, у временским размацима, по претходно датој шеми, за сваког испитаника понаособ.

3.5.2.1. Узорковање крви

Протокол стандардне методе за одређивање гликемијског индекса захтева узорковање капиларне крви за анализу промене гликемије и одређивање ГИ. У сврху одређивања ГИ, коришћење капиларне крви је у предности у односу на пуну венску крв. Амбијентална температура утиче на брзину протока крви кроз подлактицу и на концентрацију глукозе у венској крви, због чега су могуће веће варијације у измереној гликемији у односу на вредности из капиларне крви. Коришћењем капиларне крви елиминише се могућност варијација вредности гликемије и ГИ. Гликемија (mmol/l) је мерена помоћу глукометар апарата (Glucosure Plus, Apexbio, Тајван), који је стандардизован у циљу елиминисања интраиндивидуалних разлика у гликемији већих од 3 % (92).

3.5.3. Промена гликемије у функцији времена

Инкременталном површином испод криве, која описује промену гликемије у функцији времена, у току 2 часа након уноса одређене врсте хране, сматра се површина која се налази изнад базалне линије односно изнад вредности гликемије измерене у нултом

минути, пре почетка конзумирања хране. Уколико у току тестирања гликемија падне испод вредности измерене пре почетка теста, ту вредност не треба узимати у обзир. ИПИК се израчунава применом трапезоидног правила и представља збир површина свих геометријских фигура испод криве која описује промену гликемије у функцији времена. ИПИК се изражава у $\text{mmol} \times \text{min/l}$. Формула за израчунавање ИПИК је следећа:

ИПИК = ΣAx , x = временски интервали, A – површине испод криве за појединачане временске интервале: 0 – 15, 15 – 30, 30 – 45, 45 – 60, 60 – 90 и 90 – 120 минута.

За први временски интервал 0 – 15 минута важи:

ако је $G_1 > G_0$ онда је $A_1 = (G_1 - G_0) \times (t_1 - t_0)/2$ при чему је:

G_0 - гликемија у нултом минути;

G_1 - гликемија у 15. минути;

t_0 - почетно време;

t_1 - време у 15. минути

За остале временске интервале важи:

Ако је $G_x \geq G_0$ и $G_{x-1} \geq G_0$ онда је $Ax = ((G_x - G_0)/2 + (G_{x-1} - G_0)/2) \times (t_x - t_{x-1})$

Ако је $G_x \geq G_0$ и $G_{x-1} < G_0$ онда је $Ax = ((G_x - G_0)^2 / (G_x - G_{x-1})) \times (t_x - t_{x-1})/2$

Ако је $G_x < G_0$ и $G_{x-1} \geq G_0$ онда је $Ax = ((G_{x-1} - G_0)^2 / (G_{x-1} - G_x)) \times (t_x - t_{x-1})/2$

Ако је $G_x < G_0$ и $G_{x-1} < G_0$ онда је $Ax = 0$

G_0 – гликемија у нултом минути

G_x – гликемија у времену x

G_{x-1} – гликемија у претходном времену ($x-1$)

$(t_x - t_{x-1})$ – временски интервал између два мерења

Ax – површина испод криве у одређеном временском интервалу (92, 110).

3.5.4. Израчунавање гликемијског индекса

Гликемијски индекс тест и контролних производа представља однос вредности ИПИК–а добијеног након уноса тест или контролних производа и вредности ИПИК-а добијеног након конзумирања референтног obroka. Изражава се процентуално. Као резултат истраживања добијене су вредности ГИ тест и контролних производа за сваког појединачног испитаника. Коначна вредност ГИ за сваки од производа представља средњу вредност свих појединачних гликемијских индекса добијених код свих испитаника (92). Резултати су изражени као средња вредност \pm стандардна девијација.

3.5.5. Израчунавање гликемијског оптерећења

Гликемијско оптерећење се добија када се израчунати ГИ производа помножи са количином слободних угљених хидрата у конзумној порцији и подели са 100. Изражава се у грамама, али чешће без јединица тј. као неименован број (111). Пошто су добијени производи најсличнији екструдованим цереалијама за које је у актуелној интернационалној табели вредности ГИ и ГО коришћена порција од 30 g, ГО је израчунато на основу количине слободних угљених хидрата у порцији од 30 g (94). Резултати су изражени као средња вредност \pm стандардна девијација.

3.6. Статистичке методе

У анализи прикупљених података коришћене су методе дескриптивне и аналитичке статистике. Дескриптивна статистика је коришћена за табеларне и графичке приказе резултата и одређивање мера централне тенденције (аритметичка средина) и мера варијабилитета (стандардна девијација). Употребљене методе аналитичке статистике зависиле су од врсте обележја посматрања и расподеле нумеричких обележја посматрања.

За статистичку обраду података коришћен је SPSS софтвер верзија 19.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, US). За поређење калоријске вредности, гликемије, ИПИК–а, ГИ–а и ГО–а тест производа и контролних производа и/или референтног obroka коришћени су Студентов т-тест и Студентов т-тест за два везана узорка, а једнофакторска анализа

варијанси (АНОВА) је коришћена за поређење више од две групе нумеричких обележја. У случају потврђене статистички значајне разлике применом АНОВА теста, за међугрупно поређење коришћен је Бонферонијев тест. За анализу нумеричких обележја посматрања чија расподела није нормална коришћени су Wilcoxon и Kruskal-Wallis тестови. Повезаност садржаја чичоке у тест производима и садржаја одређених нутритивних састојака, калоријске вредности, ГИ-а и ГО-а испитана је линеарном регресијом и корелацијом.

Ниво статистичке значајности постављен је на $p < 0,05$.

4. РЕЗУЛТАТИ

4.1. Хемијски састав дроге *Helianthi tuberosi tuber*, *Helianthus tuberosus* L., Asteraceae.

Хемијски састав дроге *Helianthi tuberosi tuber* приказан је у табели бр. 4.

Табела бр. 4: Хемијски састав дроге - *Helianthi tuberosi tuber*, *Helianthus tuberosus* L., Asteraceae.

Укупни протеини (%)	Масти (%)	Шећери (%)	Укупни угљени хидрати (%)	Инулин (%)	Антиоксиданти (gTrolox/g)	Полифенолне карбоксилне киселине (%)	Флавоноиди (%)	Аскорбинска киселина (‰)
19,17	0,064	9,85	34,83	24,70	1,37	0,21	0,31	74,30

4.2. Органолептичке карактеристике тест и контролних производа

4.2.1. Тест производи А

Производи од хомогене мешавине 30 % чичоке и 70 % хељдиног брашна (тест производи А) су били чврсте конзистенције, ваљкастог облика, добро експандирани, беж-браонкасте боје, својственог мириса и укуса на чичоку (слика бр. 6). Током чувања од 1,5 године на собној температури није дошло до промена у боји, мирису и укусу производа.



Слика бр. 6 - Тест производи А

4.2.2. Тест производи Б

Производи од хомогене мешавине 60 % чичоке и 40 % хељдиног брашна (тест производи Б) су били чврсте конзистенције, слабије експандирани, у облику кратких резанаца, браонкасте боје, својственог мириса и укуса на чичоку (слика бр. 7). Током чувања од 1,5 године на собној температури није дошло до промена у боји, мирису и укусу производа.



Слика бр. 7: Тест производи Б

4.2.3. Тест производи В

Производи од хомогене мешавине 80 % чичоке и 20 % хељдиног брашна (тест производи В) су били чврсте конзистенције, слабо експандирани, у облику кратких резанаца, тамно браон боје, својственог мириса и укуса на чичоку (слика бр. 8). Током чувања од 1,5 године на собној температури није дошло до промена у боји, мирису и укусу производа.



Слика бр. 8 - Тест производи В

4.2.4. Контролни производи К

Контролни производи (К), без садржаја чичоке, су били чврсте конзистенције, врло добро експандирани, у облику лоптица, смеђе боје, без специфичног мириса и укуса (слика бр. 9). Чување на собној температури у трајању од 1,5 године није узроковало промене у боји, мирису и укусу производа.



Слика бр. 9 - Контролни производи К

4.3. Нутритивни састав тест производа А, Б и В

Резултати нутритивног састава тест производа А, Б и В, као и контролних производа К су приказани у табели бр. 5.

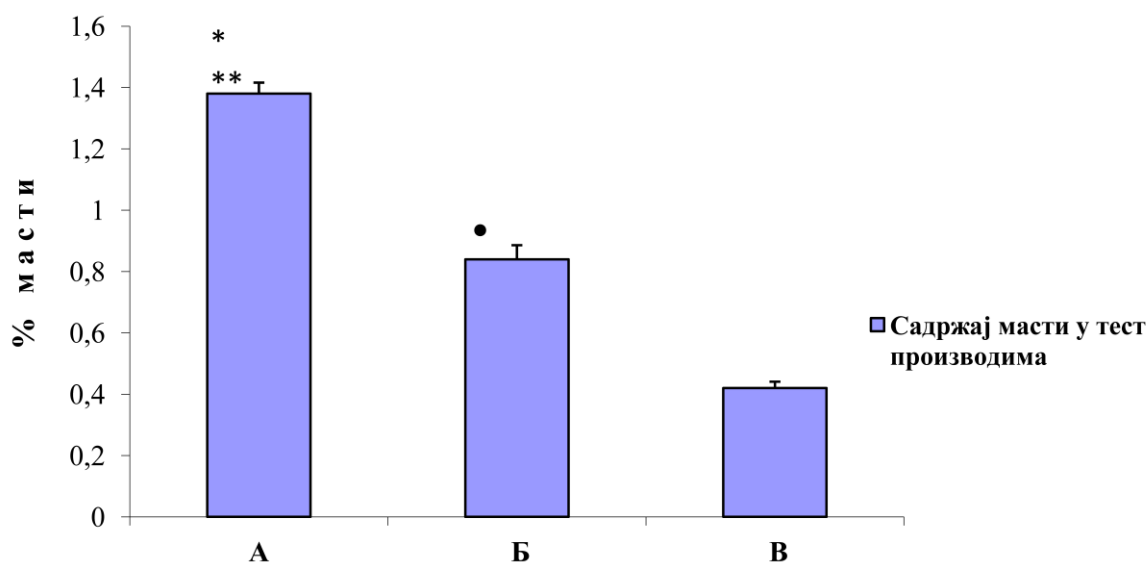
Табела бр. 5: Нутритивни састав тест и контролних производа

	САДРЖАЈ ПРОИЗВОДА							Инулин (%)
	Вода (%)	Сува материја (%)	Маси (%)	Протеини (%)	Шећери (%)	Укупни угљени хидрати (%)	Дијетна влакна (%)	
А	6,90	93,10	1,38	13,31	1,91	62,39	8,55	5,23
Б	8,20	91,80	0,84	11,75	1,16	44,35	10,50	11,40
В	8,09	91,91	0,42	10,15	< 0,50	28,89	11,82	18,23
К	/	/	/	/	/	72,90	7,40	/

4.3.1. Садржај масти у тест производима

Резултати одређивања масти у тест производима А, Б и В показују да садржај масти опада са повећањем количине чичоке у производу (график бр. 1). Опадање садржаја масти линеарно је зависно од количине чичоке у испитиваним производима ($F = 542,259$; $r = 0,99$; $p = 0,027$). Поређењем садржаја масти у сва три тест производа добијена је статистички значајна разлика ($F = 540,165$; $p < 0,01$):

График бр. 1: Садржај масти у тест производима



* Статистички значајна разлика у садржају масти у односу на тест производе Б ($p < 0,01$)

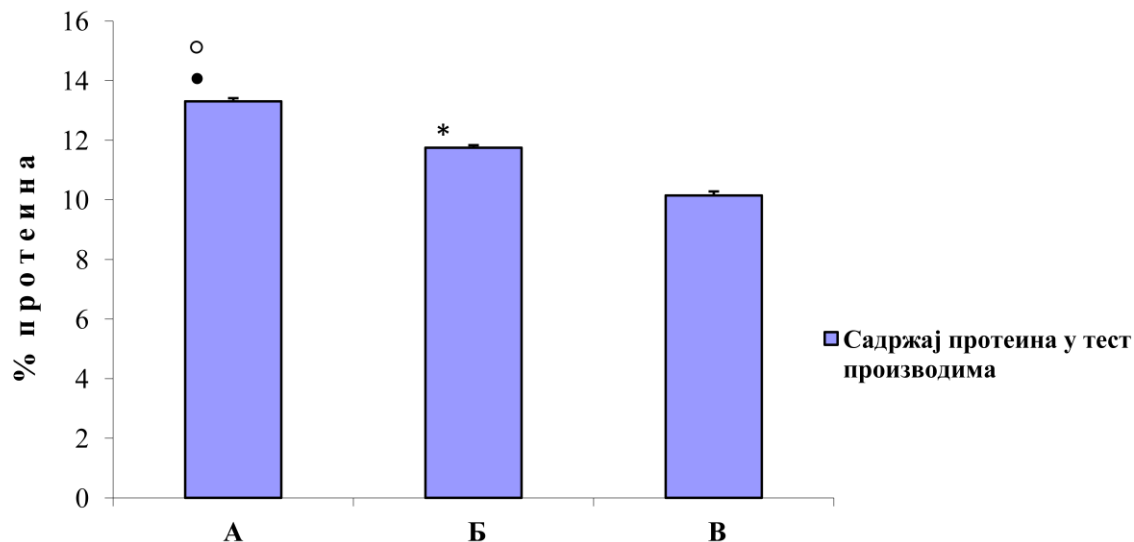
** Статистички значајна разлика у садржају масти у односу на тест производе В ($p < 0,01$)

• Статистички значајна разлика у садржају масти у односу на тест производе В ($p < 0,01$)

4.3.2. Садржај протеина у тест производима

Опадање садржаја протеина у тест производима не зависи од садржаја чичоке ($r = 0,99$; $p = 0,078$). Тест производи А, Б и В се значајно разликују по садржају протеина ($p < 0,01$) – график бр. 2.

График бр. 2: Садржај протеина у тест производима

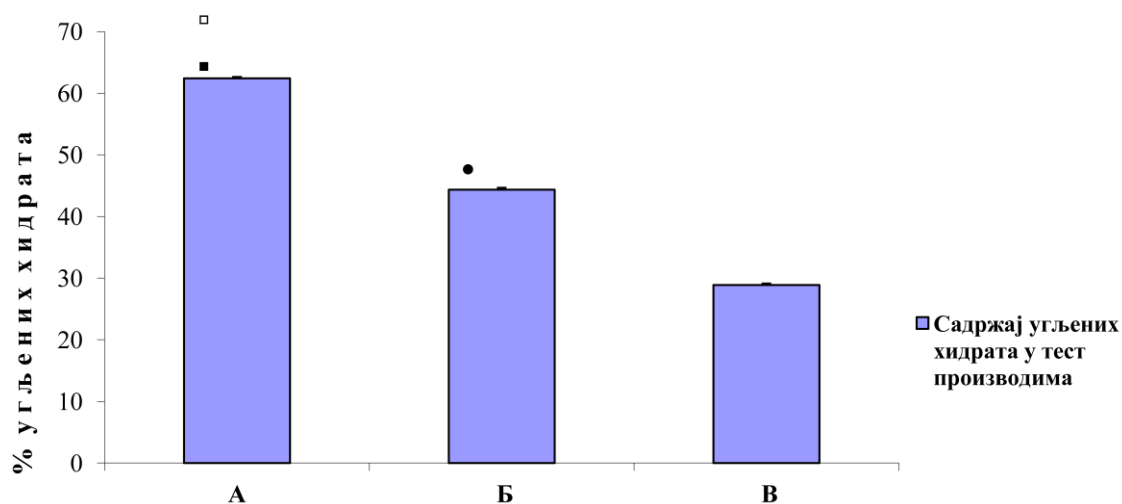


- Статистички значајна разлика у садржају протеина у односу на тест производе Б (p < 0,01)
- ° Статистички значајна разлика у садржају протеина у односу на тест производе В (p < 0,01)
- * Статистички значајна разлика у садржају протеина у односу на тест производе В (p < 0,01)

4.3.3. Садржај угљених хидрата у тест производима

Постоји линеарна зависност између садржаја чичоке и угљених хидрата у испитиваним тест производима ($F = 200,385$; $r = 0,99$; $p = 0,045$). Са повећањем садржаја чичоке опада садржај угљених хидрата (график бр. 3). Садржај угљених хидрата у тест производима А, Б и В се значајно разликује ($F = 14958,524$; $p < 0,01$).

График бр. 3: Садржај угљених хидрата у тест производима

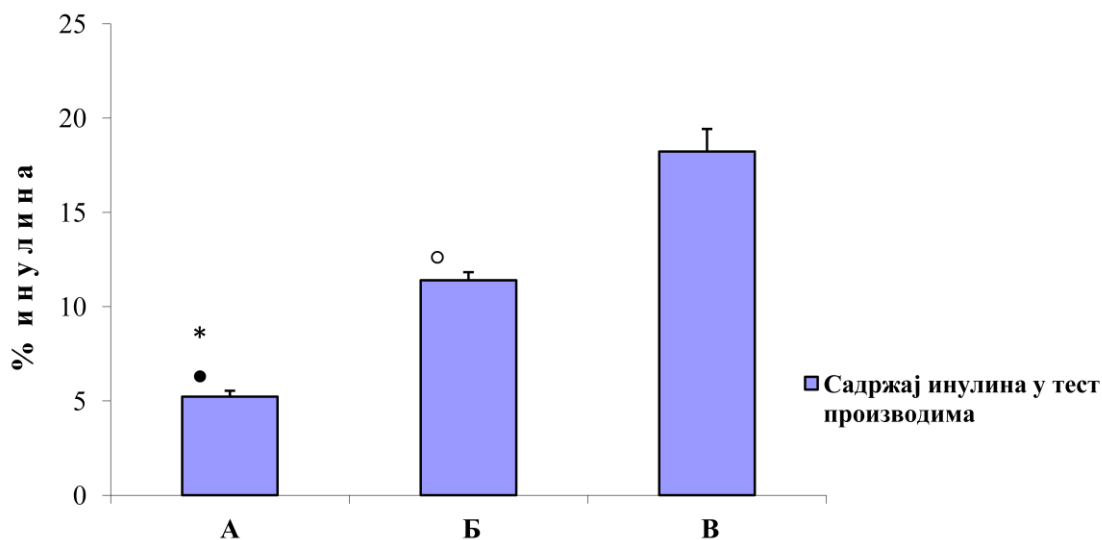


- Статистичка значајност у количини угљених хидрата у односу на тест производе Б
($p < 0,01$)
- Статистичка значајност у количини угљених хидрата у односу на тест производе В
($p < 0,01$)
- Статистичка значајност у количини угљених хидрата у односу на тест производе В
($p < 0,01$)

4.3.4. Садржај инулина у тест производима

Постоји врло јака позитивна веза између садржаја чичоке и садржаја инулина у тест производима А, Б и В ($\rho = 0,95$; $p < 0,01$) – график бр. 4. Поређењем садржаја инулина у тест производима А, Б, В уочена је статистички значајна разлика ($F = 213,38$; $p < 0,01$).

График бр. 4: Садржај инулина у тест производима



* Тест производи А садрже мању количину инулина од тест производа Б ($p = 0,001$)

• Тест производи А садрже мању количину инулина од тест производа В ($p = 0,006$)

o Тест производи Б садрже мању количину инулина од тест производа В ($p = 0,007$)

4.3.5. Садржај дијетних влакана

Постоји линеарна зависност између садржаја чичоке у тест производима и количине присутних дијетних влакана ($r = 0,99$; $p = 0,003$). Потврђена је високо статистички значајна разлика у садржају дијетних влакана између тест производа А, Б и В ($F = 458,71$, $p < 0,01$):

• Тест производи А садрже мању количину дијетних влакана од тест производа Б ($p < 0,01$)

• Тест производи А садрже мању количину дијетних влакана од тест производа В ($p < 0,01$)

• Тест производи Б садрже мању количину дијетних влакана од тест производа В ($p < 0,01$)

4.4. Калоријска вредност тест производа

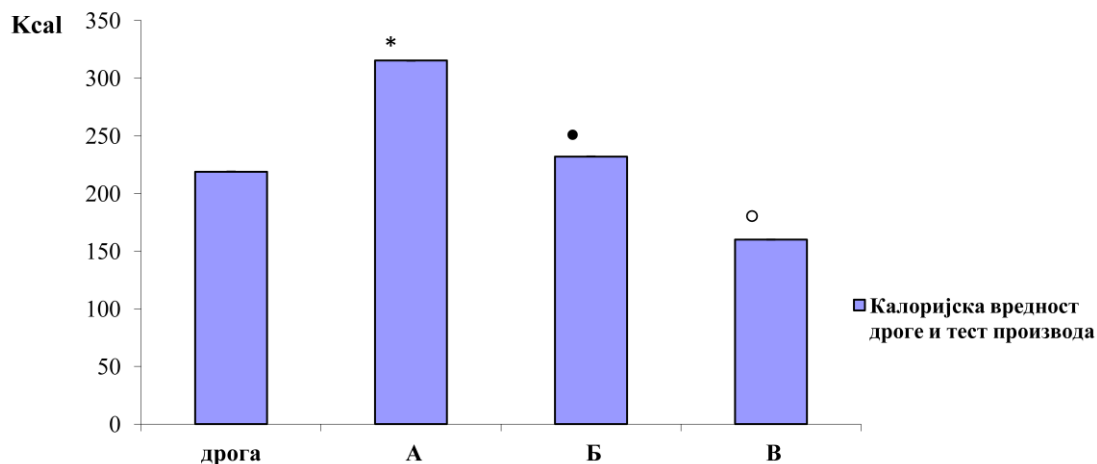
Калоријска вредност чичоке, основне компоненте тест производа, као и тест производа добијених технологијом екструзије представљена је у табели бр. 6 и графику бр.

5. Резултати калоријске вредности тест производа показују да са повећањем садржаја чичоке долази до опадања калоријске вредности производа ($F = 185,99$; $r = 0,99$; $p = 0,047$). Калоријска вредност тест производа је упоређена са калоријском вредношћу дроге *Helianthi tuberosi tuber*. Добијена је висока значајност у разлици калоријске вредности дроге и сва три тест производа ($p < 0,01$). Дрога поседује нижу калоријску вредност од тест производа А и Б.

Табела бр. 6: Калоријска вредност дроге и тест производа (Kcal)

	Дрога	А	Б	В
Калоријска вредност (Kcal/100 g)	218,7	315,22	231,96	159,94

График бр. 5: Калоријска вредност дроге и тест производа (Kcal)



* Тест производи А имају вишу калоријску вредност у односу на дрогу ($t=1373,05$; $p < 0,01$)

• Тест производи Б имају вишу калоријску вредност у односу на дрогу ($t=456,08$; $p < 0,01$)

○ Тест производи В имају нижу калоријску вредност у односу на дрогу ($t=-2021,84$; $p < 0,01$)

4.5. Вредности гликемије након конзумирања тест производа

Не постоји статистички значајна разлика у средњој вредности гликемије након конзумирања глукозе као референтног obroka и било ког од испитиваних тест производа:

- глукоза и тест производи А ($t = 1,77$; $p = 0,127$)
- глукоза и тест производи Б ($t = 0,57$; $p = 0,589$)
- глукоза и тест производи В ($t = 0,71$; $p = 0,506$)

Такође не постоји статистички значајна разлика у постпрандијалној гликемији код испитаника након конзумирања контролних производа К и тест производа А, Б и В:

- контролни производи К и тест производи А ($t = -0,32$; $p = 0,758$)
- контролни производи К и тест производи Б ($t = 1,40$; $p = 0,21$)
- контролни производи К и тест производи В ($t = 0,22$; $p = 0,83$)

Разлика у постпрандијалној гликемији код испитаника након конзумирања сва три производа (А, Б и В) није статистички значајна ($F = 0,234$, $p = 0,79$).

Највиши гликемијски одговори код испитаника су уочени 45 минута након конзумирања свих тест и контролних производа. Средња вредност гликемијског одговора код испитаника у 45. минуту изазваног конзумирањем тест производа В је нижа од средње вредности највишег гликемијског одговора изазваног конзумирањем глукозе као референтне хране ($p = 0,043$). Овакав резултат указује да је и највиши гликемијски одговор код испитаника који су конзумирали производе са 80 % чичоке значајно нижи од највишег гликемијског одговора изазваног конзумирањем глукозе.

4.6. Гликемијски индекс и гликемијско оптерећење тест и контролних производа

4.6.1. Вредности инкременталне површине испод криве (ИПИК) промене гликемије испитаника у функцији времена

Уочена је значајно нижа средња вредност ИПИК код испитаника након конзумирања свих тест производа у односу на референтни оброк:

- глукоза и тест производи А ($t = 4,57$; $p = 0,001$)
- глукоза и тест производи Б ($t = 5,20$; $p = 0,005$)
- глукоза и тест производи В ($t = 5,08$; $p = 0,002$)

Поређењем вредности ИПИК свих тест производа са ИПИК контролног производа К није уочена значајна разлика:

- контролни производи К и тест производи А ($p=0,91$)
- контролни производи К и тест производи Б ($p=0,285$)
- контролни производи К и тест производи В ($p=0,19$)

Вредности ИПИК за различите тест производе нису значајно различите ($p=0,237$).

4.6.2. Гликемијски индекс тест и контролних производа

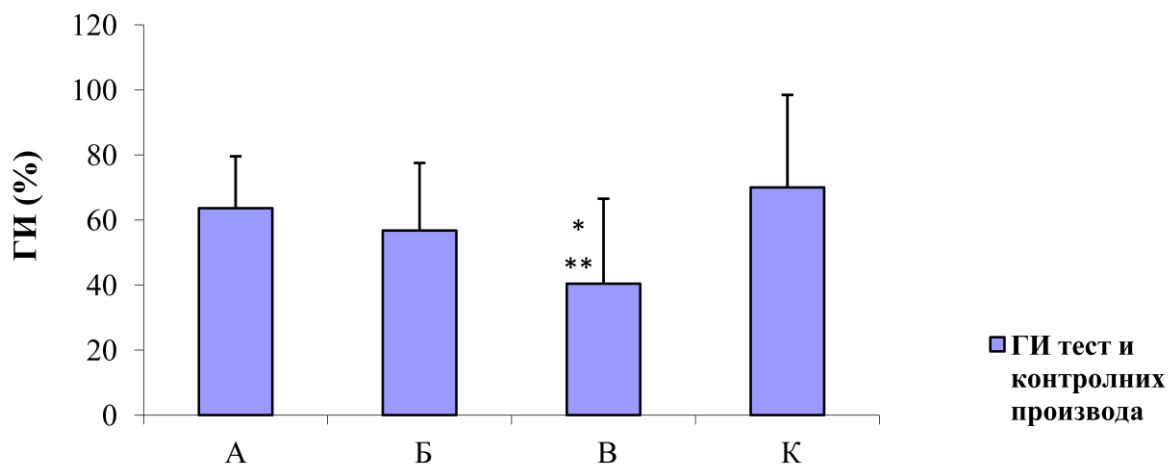
Резултати вредности ГИ за тест и контролне производе приказани су у табели бр. 7 и на графику бр. 6. Вредности ГИ су у значајној, негативној корелацији са повећањем садржаја чичоке у тест производима ($\rho = -0,42$; $p = 0,03$). Опадајући след вредности ГИ за тест и контролне производе је К, А, Б и В.

Табела бр. 7: Гликемијски индекс тест и контролних производа

	ТЕСТ ПРОИЗВОДИ			Контролни производи К
	А	Б	В	
ГИ (%) Ср. вред. \pm СД	63,6 \pm 16	56,7 \pm 20	40,4 \pm 26	70,0 \pm 28
Класификација*	Средњи	Средњи	Низак	Висок

* Brand-Miller класификација вредности ГИ – ниска вредност (< 55), средња вредност (56–69), висока вредност (>70).

График бр. 6: Средње вредности гликемијског индекса (ГИ) тест и контролних производа



* статистички значајна разлика у вредности ГИ у односу на тест производе А ($p=0,038$)

** статистички значајна разлика у вредности ГИ у односу на контролне производе К ($p=0,044$)

4.6.3. Гликемијско оптерећење тест и контролних производа

Резултати ГО тест и контролних производа приказани су у табели бр. 8 и на графику бр. 7. Опадајући след вредности ГО за тест и контролне производе је К, А, Б и В. Постоји висока значајност у негативној корелацији између садржаја чичоке и ГО тест производа

($\rho = -0,86$; $p < 0,01$).

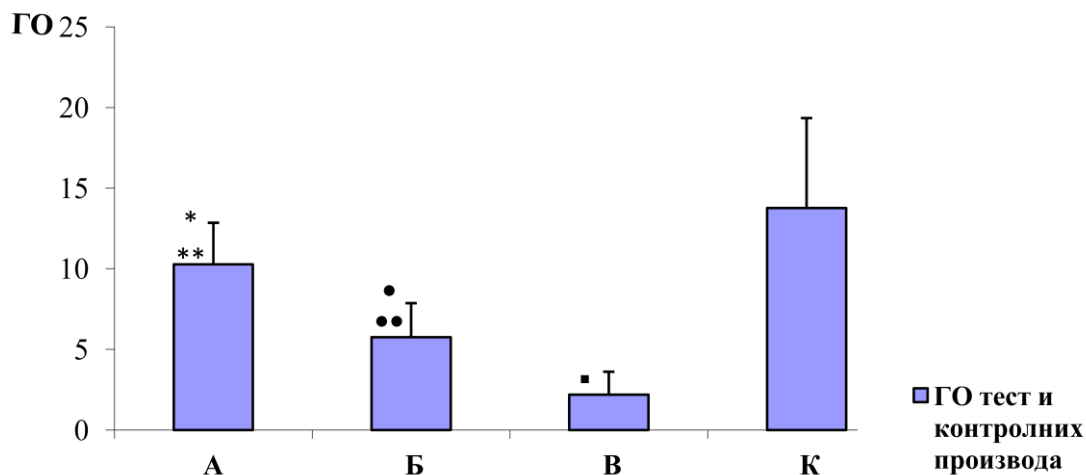
Табела бр. 8: Гликемијско оптерећење тест и контролних производа

	ТЕСТ ПРОИЗВОДИ			Контролни производи К
	А	Б	В	
ГО Ср.вред. \pm СД	10,27 \pm 2,5	5,75 \pm 2,1	2,20 \pm 1,4	13,75 \pm 5,6
Класификација*	Средње	Ниско	Ниско	Средње

* Класификација вредности ГО – висока вредност (> 20), средња вредност (11 – 19), ниска вредност (< 10).

Потврђена је високо статистички значајна разлика између вредности ГО тест и ГО контролних производа ($F = 18,54$; $p < 0,01$).

График бр. 7: Средње вредности гликемијског оптерећења (ГО) тест и контролних производа



* статистички значајна разлика у ГО тест производа А и Б ($p = 0,003$)

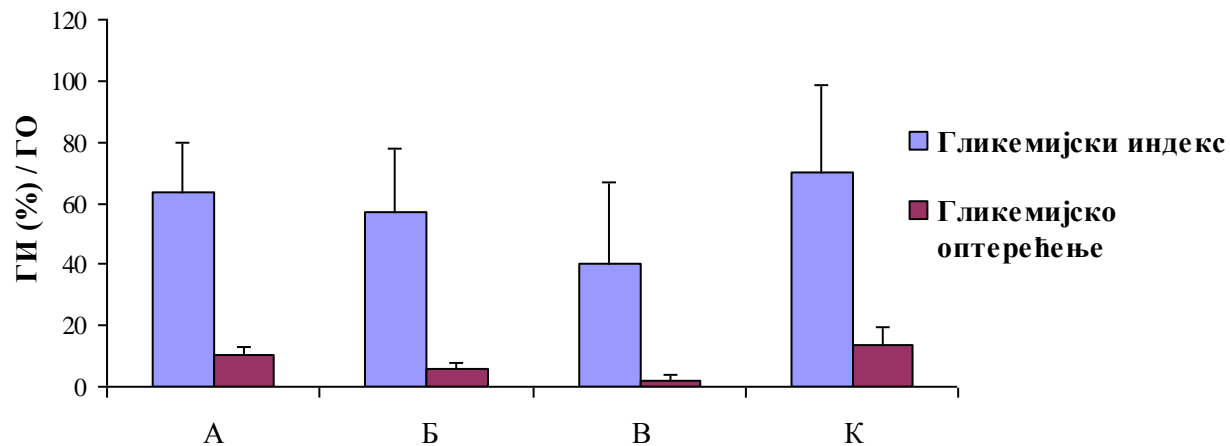
** високо статистички значајна разлика у ГО тест производа А и В ($p < 0,01$)

• статистички значајна разлика у ГО тест производа Б и В ($p = 0,005$)

•• статистички значајна разлика у ГО тест Б и контролних К производа ($p = 0,006$)

■ статистички значајна разлика у ГО тест В и контролних К производа ($p < 0,01$)

График бр. 8: Средње вредности гликемијског индекса (ГИ) и гликемијског оптерећења (ГО) за тест и контролне производе



А – тест производи који садрже 30 % чичоке

Б – тест производи који садрже 60 % чичоке

В – тест производи који садрже 80 % чичоке

К – контролни производи без садржаја чичоке

5. ДИСКУСИЈА

Подаци о хемијском саставу дроге *Helianthi tuberosi tuber* у литератури су оскудни. Вредности одређених параметара варирају, а последица су различитих фактора: климатских услова, услова гајења, периода вађења кртола, третмана након вађења и метода припреме (4). Институт за ратарство и повртарство у Новом Саду се на експерименталним пољима бави проучавањем између осталог и чичоке са подручја Србије. Истраживања које Институт прати су промене у приносу, величини и броју кртола чичоке, зависно од генотипа и услова гајења (112). Хемијски састав дроге коришћене у овој студији се не разликује квалитативно од састава кртола чичоке описаног у литератури, али су уочене разлике у квантитативном саставу протеина, угљених хидрата и масти. Садржај протеина испитиване дроге *Helianthi tuberosi tuber* (19,7 %) је много већи од литературне вредности, која износи око 2 % (табела бр. 4). Дрога коришћена у овој студији такође садржи већу количину угљених хидрата (34,83 %, табела бр. 4) од врста описаних у литератури (око 15 %). Садржај масти одређен у дроги *Helianthi tuberosi tuber* (< 0,1 %) нижи је од литературних података (0,1–0,6%). Садржај инулина у дроги употребљеној у овој студији је 24,7 % (табела бр. 4), што је у складу са подацима из литературе, а који наводе да се садржај инулина креће до 50 % (4). За врсте које расту у Републици Србији, а проучаване су, постоје подаци о хемијском саставу чичоке са локалитета Римски Шанчеви (Јужнобачки округ). Кртоле чичоке са локалитета Римски Шанчеви карактеришу се садржајем протеина од око 8 % и угљених хидрата око 20 % (113). Анализа хемијског састава кртола *Helianthus tuberosus* са подручја Шумадијског округа први пут је приказана у овој студији. Резултати наше студије указују на више вредности протеина односно угљених хидрата (19,7 % односно 34,83 %) у поређењу са садржајем врсте из Војводине.

У нашем истраживању, које је претходило овој студији, разматрали смо обраду чичоке технологијом екструзије и производњу екструдованих производа са 30 % чичоке и пиринчаним брашном као средством за допуњавање (114). У литератури су били доступни подаци о примени методе екструзије на пиринчано брашно и подаци о нутритивним карактеристикама тих производа (78, 115). Главни недостатак тог прелиминарног истраживања је била висока вредност ГИ добијених производа (> 90), који се не би могли сматрати повољним производима за режим исхране, који фаворизује превенцију

хроничних болести (114). Тест производи, испитивани у овој студији су садржавали друго средство за допуњавање у циљу превазилажења недостатака и добијања производа са нижим ГИ. У формулацији тест производа са различитим садржајем чичоке, пиринчано брашно као средство за допуњавање је замењено хељдиним брашном. Хељдино брашно се користи за производњу вишеккомпонентних прехранбених производа који имају високу нутритивну вредност и повољан ефекат на здравље људи, што је повезано са садржајем протеина, дијетних влакана и полифенолних компоненти (116, 117). Протеини хељде имају висок садржај есенцијалних аминокиселина, нарочито аргинина и лизина (118). Такође, одсуство глутена чини хељдино брашно драгоценом компонентом у исхрани особа које искључују глутен (119). Поред високо квалитетних протеина, велика предност ове биљне сировине је и висок садржај полифенола (рутина и кверцетина), који је 2 – 5 пута виши него код овса и јечма. Хељдино брашно испољава високу антиоксидативну активност, а познато је да је исхрана богата антиоксидантима повезана са смањеном инциденцом кардиоваскуларних болести, канцера и дегенеративних поремећаја (120). Хељда је и добар извор минерала нарочито мангана и магнезијума (120). Опредељење за употребу хељдиног брашна је било базирано осим на добрим нутритивним особинама и на чињеници да се лако инкорпорира у мешавине за прехранбене производе (118, 119).

Применом технологије екструзије на различите формулације производа, у чији састав улази различита количина спрашене дроге и хељдино брашно које има улогу средства за допуњавање, добијена су 3 иновативна тест производа. Производи оваквог састава и начина израде до сада нису описани у литератури. Садржај чичоке у тест производима условио је њихове органолептичке особине. Производи су били светло браон боје, али се са повећањем садржаја чичоке боја кретала ка све тамнијој (слике 6 – 8). Садржај чичоке до 30 % није отежавао рад екструдера, али је садржај преко 30 % представљао проблем у производњи екструдованих производа. Полазни материјал се лепио за потисне спирале екструдера, а примећено је и да је са повећањем садржаја чичоке била отежана експандација производа. Овај феномен је у литератури објашњен као последица присутних дијетних влакана. Дијетна влакна апсорбују велику количину воде и могу да узрокују руптуре у зиду биљне ћелије и тиме спрече експанзију мехурића ваздуха (121). Услед тога, полазни материјал који садржи већу количину дијетних влакана, у процесу екструзије даје слабије експандиране, компактне, тврде и нехрскаве производе

(122, 123). Са повећањем садржаја чичоке у тест производима повећала се и количина влакана што се одразило на структуру добијених производа, односно на смањену експандираност. Количина дијетних влакана у тест производима А није утицала на експандираност, док је садржај влакана у тест производима Б и В узроковао смањену експандираност производа. Иако се експандираност производа смањивала са повећањем садржаја чичоке, није онемогућила производњу тест производа.

Сва три тест производа задржала су карактеристичан мирис и укус чичоке. Мирис и укус тест производа није био непријатан за испитанике који су учествовали у студији одређивања ГИ, па је предност ових тест производа што су омогућили конзумацију нутритивних састојака чичоке у овом облику. Свеже кртоле чичоке се ограничено конзумирају управо из разлога особног мириса и укуса.

Формулације сва 3 тест производа су предложене у циљу креирања функционалне хране намењене здравим или оболелим од хроничних обољења. Утврђивање нутритивног састава добијених тест производа обухватило је одређивање садржаја воде, суве материје, масти, протеина, шећера, укупних угљених хидрата, инулина и дијетних влакана (табела бр. 5). Процес екструзије различито утиче на макро и микронутријенте полазног материјала, због чега се може јавити повећање или опадање њиховог садржаја, а услед екструзије растуће количине главне нутритивне компоненте тест производа (чичоке).

Садржај масти у тест производима се смањивао са повећањем садржаја чичоке (табела бр. 5, график бр. 1). Тест производи А су садржавали 1,38 % масти, тест производи Б 0,84 % и тест производи В 0,42 % масти. Садржај масти у дроги је био мали (0,064 %). У зависности од врсте и станишта, садржај масти у хељдином брашну креће се $2,34 \pm 0,08 - 4,1 \pm 0,01$ % (124, 125). На основу тога, може се претпоставити да масти у тест производима А, Б и В (1,38 %, 0,84 % и 0,42 %) потичу од хељдиног брашна које је употребљено као средство за допуњавање. Можемо претпоставити да је због тога најмањи садржај масти присутан у тест производима В, јер и садрже најмањи проценат хељдиног брашна. У процесу екструзије могуће је формирање комплекса између масти и амилозе из скорба или протеина, што узрокује опадање садржаја масти (126). Полазни материјал са малим процентом масти (< 5 %), који је присутан у тест производима, је пожељан за процес екструзије, због олакшаног преноса материјала кроз екструдер до матрице и боље текстуре финалног производа. Екструдовани производи који садрже масти нису подложни

ужегнућу због денатурације ензима липазе и пероксидазе (127). Захваљујући томе, екструдовани производи су стабилни производи са дужим роком употребе, што је потврђено и у овој студији, јер током чувања тест производа у периоду од 1,5 године, није дошло до промена у органолептичким особинама. Пошто се садржај масти није повећавао са повећањем садржаја чичоке, закључује се да је екструзија повољно утицала на прераду чичоке. Примена екструзије може бити оправдана јер је смањење садржаја масти у добијеним производима у линеарној зависности са повећањем садржаја чичоке у тест производима.

Резултати ове студије показују да дрога *Helianthi tuberosi tuber* има висок садржај протеина (19,7 %). Литературни подаци наводе да је садржај протеина у хељдином брашну 12 – 18,9 % (116). Пошто су обе компоненте тест производа богате протеинима, претпоставља се да ће садржај протеина у тест производима бити сума протеина обе биљне сировине. Међутим, уочено је опадање садржаја протеина у тест производима са повећањем садржаја чичоке. Висока температура којој је полазни материјал изложен у процесу екструзије узрокује денатурацију протеина материјала, па се претпоставља да је она узрок опадања садржаја протеина у тест производима (127). У условима високе температуре у процесу екструзије дешава се и инактивација тзв. „антинутритивних фактора“. „Антинутритивни фактори“ су супстанце које инхибирају ензиме који учествују у дигестији хране (протеазе – трипсин и пепсин, амилазу и липазу) (127). Денатурација протеина и инактивација тзв. „антинутритивних фактора“ олакшава активност пепсина и дигестију протеина (128). Температура материјала коришћена у процесу екструзије за израду тест производа била је виша од 140 °C. Међутим, сматра се да висока температура нема негативан утицај на сварљивост протеина, због кратког времена током којег је полазни материјал изложен тим условима (127). Нутритивна вредност протеина зависи од квантитета, сварљивости и расположивости есенцијалних аминокиселина. Према FAO/WHO/UNU сварљивост протеина је најзначајнија одредница квалитета хране богате протеинима, а постоје подаци да је сварљивост протеина из екструдованих производа већа него из производа добијених применом других технологија прераде (127). Екструзија није повољно утицала на квантитативни садржај протеина тест производа јер је узроковала опадање садржаја протеина са повећањем количине чичоке у њима. Али како се нутритивна вредност протеина карактерише степеном сварљивости, који је већи код

екструдованих производа него код производа који нису добијени технологијом екструзије, примена технологије екструзије на формулације тест производа се може сматрати оправданом.

Резултати анализе хемијског састава врсте *Helianthi tuberosi* tuber показују да је садржај угљених хидрата 34,83 %. Садржај угљених хидрата у хељдином брашну износи 67,9 – 78 %, од чега највећи део чини скроб (125, 129). Може се претпоставити да ће садржај угљених хидрата у тест производима бити сума угљених хидрата из чичоке и из средства за допуњавање. Међутим, то није био случај и повећање садржаја чичоке у екструдованим тест производима узроковало је неочекивано опадање садржаја угљених хидрата у тест производима. Претпоставља се да постоји процес желатинизације скроба јер је то примарни ефекат екструзије на угљене хидрате. Овај процес се дешава у условима повишене температуре и присуству воде, где грануле скроба бубре, губе своју структуру, пуцају и формирају гел. Примена технологије екструзије на скробом богату сировину изазива желатинизацију скроба и при много мањој количини воде (12 – 22 %), него што је потребно у другим процесима обраде намирница. Желатинизација скроба олакшава деловање амилаза и повећава сварљивост скроба (127). Процес екструзије је негативно утицао на квантитативни садржај укупних угљених хидрата у тест производима. Међутим, у превенцији различитих болести препоручује се већи унос сложених угљених хидрата, као што су дијетна влакна. Како је садржај дијетних влакана у тест производима растао са повећањем садржаја чичоке, може се закључити да процес екструзије није негативно утицао на нутритивни састав добијених тест производа.

У овој студији је уочено да повећање садржаја дијетних влакана у тест производима зависи од повећања садржаја чичоке. Садржај дијетних влакана у чичоки која је ушла у састав тест производа је био 24,7 %. Литературно доступни подаци о садржају дијетних влакана у хељдином брашну су 1,7 – 8,5 % (130). Претпоставља се да дијетна влакна у тест производима највећим делом потичу из чичоке, али се не може занемарити ни садржај влакана из хељдиног брашна. Сматра се да благи до умерени услови екструзије не мењају значајно садржај влакана, док повећање температуре материјала (150 – 200 °C) утиче на пораст садржаја дијетних влакана у екструдованим производима (127). Резултати ове студије су у складу са претходним истраживањима и показују растућу количину дијетних влакана у тест производима А, Б и В. Претпоставља се да је процес екструзије позитивно

утицао на повећање садржаја дијетних влакана у тест производима и унапредио њихову нутритивну вредност. Иако је познато да недостатак дијетних влакана у исхрани може бити фактор ризика за настанак различитих хроничних болести (кардиоваскуларне болести, дијабетеса, гојазности и канцера), конзумирање намирница богатих дијетним влакнима је на ниском нивоу у оквиру уобичајеног режима исхране (64, 131). Процењено је да становништво земаља у развоју конзумира око 11 ± 12 g дијетних влакана дневно, док је према смерницама Светске здравствене организације, препоручени дневни унос укупних дијетних влакана за одрасле 21 до 40 g, односно 25 g за жене и 38 g за мушкарце (132). Стопа морталитета код оболелих од кардиоваскуларних болести смањује се за 17 – 35 % на сваких 10 g влакана додатих исхрани (133). Тест производи А, Б и В са садржајем дијетних влакана од 8,55 %, 10,5 % и 11,82 % представљају добар извор дијетних влакана и њихово конзумирање може бити оправдано за здраве или оболеле особе.

Хељдино брашно не садржи инулин, што наводи на претпоставку да инулин присутан у тест производима потиче из дроге *Helianthi tuberosi tuber*. Резултати утврђивања нутритивне вредности тест производа указују да постоји врло јака позитивна повезаност између растућег садржаја чичоке и растућег садржаја инулина у тест производима А, Б и В. Подаци о присуству инулина у екструдованим производима су оскудни и односе се на обогаћивање производа комерцијално доступним, чистим инулином, а не инкорпорирање природног извора инулина у екструдоване производе. У САД је 2000. године патентиран метод припреме оброка од житарица са додатком 3 – 10 % пречишћеног, комерцијално доступног инулина (Raftiline®) (134). Такође, једна студија се бавила обогаћивањем цереалија добијених екструзијом пшеничног брашна, инулином у концентрацијама од 5, 10 и 15 % (135). У нашем прелиминарном истраживању екструдованих производа са 30 % чичоке и пиринчаним брашном уочено је да је процес екструзије значајно утицао на повећање садржаја инулина у производима што је био мотив даљег истраживања и формулисања побољшаних производа (114). Извесно је да је инулин у производима из прелиминарног истраживања као и у тест производима А, Б и В потицао искључиво из чичоке. Опадајући след садржаја инулина у тест производима је био В, Б и А, односно са опадањем количине чичоке у тест производима опадао је и садржај инулина. Може се закључити да процес екструзије не утиче негативно на садржај инулина, што доприноси већој нутритивној вредности тест производа.

Просечни дневни унос инулина је 1 – 4 g у САД и 3 – 11 g у Европи и потиче из уобичајених извора – пшеница, банане, бели лук и празилук (136). Садржај инулина у добијеним тест производима А, Б и В био је 5,23 %, 11,4 % и 18,23 %. У складу са регулативом Европског парламента (бр. 1924/2006) која прописује да је производ обогаћен инулином ако садржи најмање 3 – 6 g инулина у 100 g производа, испитивани тест производи А, Б и В се могу сматрати обогаћеним производима тј. одличним извором инулина (24). Може се закључити да су екструдовани производи са различитим садржајем чичоке повољан елемент исхране и да обезбеђују адекватан унос инулина. Инулин испољава пребиотски ефекат у гастро–интестиналном тракта и позитивне ефекте на кардиоваскуларни и коштани систем (33, 34, 35). Препоручени дневни унос инулина који обезбеђује пребиотски ефекат је 3 – 8 g по порцији хране (46). Како се испитивани тест производи конзумирају у уобичајеној порцији од 30 g, садржај инулина у порцији тест производа Б и В је довољан за постизање пребиотског, односно бифидогеног ефекта (91). Порција тест производа Б и В такође задовољава процењене дневне потребе за инулином које утичу на ублажавање симптома умерене опстипације (4). Суплементација са 8 g инулина дневно позитивно утиче на повећану апсорпцију калцијума из колона, што значи да би конзумирање две порције дневно тест производа В кориговало неуравнотежени минерални статус популације у адолесценцији и постменопаузи (49, 51).

Калоријска вредност добијених тест производа се смањује са повећањем садржаја чичоке у њима (график бр. 5). То се може објаснити присуством растућег садржаја инулина који има ниску калоријску вредност. Уочен је феномен да су тест производи В имали нижу калоријску вредност од главне компоненте – дроге *Helianthi tuberosi* tuber. Тест производи В, поред чичоке садрже и 20 % хељдиног брашна, а у литератури је описано да процес екструзије може да модификује скроб и допринесе формирању резистентног скроба који смањује калоријску вредност производа (137). Међутим, иако могућа, ова претпоставка не нуди објашњење због чега се овај феномен није јавио и у тест производима А и Б, који садрже још већу количину хељдиног брашна односно скроба.

У складу са тренутно важећим Правилником о декларисању и означавању упакованих намирница, нутритивни састав потенцијално комерцијалних тест производа А, Б и В би се окарактерисао на следећи начин (138):

- Тест производ А – извор протеина, висок садржај дијетних влакана, висок садржај угљених хидрата, низак садржај масти, калоријска вредност 94,5 Кcal/порцији.
- Тест производ Б – висок садржај протеина, висок садржај дијетних влакана, висок садржај угљених хидрата, низак садржај масти, калоријска вредност 69,6 Кcal/порцији.
- Тест производ В – висок садржај протеина, висок садржај дијетних влакана, висок садржај угљених хидрата, без садржаја масти, калоријска вредност 50 Кcal/порцији.

Показано је да додаток инулина хлебу без глутена побољшава нутритивне особине овог производа намењеног пацијентима са целијачном болешћу или нетолеранцијом на глутен. Побољшање нутритивних особина се огледа у повећаном садржају дијетних влакана и снижењу гликемијског индекса производа (139). Имајући у виду да хељдино брашно не садржи глутен и да инулин позитивно утиче на нутритивне особине производа, употреба тест производа испитиваних у овој студији се може препоручити код оболелих од целијачне болести или пацијентима који имају алергију или нетолеранцију на глутен.

Резултати ове студије показују да се хипотеза да постоји промена гликемије након конзумирања тест производа А, Б и В у односу на референтни оброк и у односу на контролни производ К одбацује. Референтни оброк је изазвао највиши гликемијски одговор у односу на тест производе, што се и очекивало. Вредности гликемије након конзумирања глукозе су брзо порасле, достигле максимум у 45. минути а затим почеле да опадају. Глукоза се као моносахарид апсорбује у танком цреву, без било какве претходне хемијске деградације, што доприноси брзом порасту гликемије и наглој секрецији инсулина (140). Тест производи А, Б и В су изазвали постепен, умерен, али стални пораст гликемије до 45. минута мерења, а затим су вредности гликемије постепено опадале. То се може објаснити чињеницом да у састав тест производа улази одређена количина дијетних влакана, која се не апсорбују а тиме и не утиче на гликемију и инсулинемију (140). Постепени пораст гликемије, праћен споријом секрецијом инсулина условљен је и садржајем скроба у тест производима, за чију апсорпцију је потребна ензимска разградња, па је и апсорпција одложена (140). Разлике у вредностима гликемије током два часа, узроковане конзумирањем глукозе и тест производа су најочљивије за тест производ В.

Тест производи А, Б и В се могу сматрати производима богатим угљеним хидратима, који као примарни извор енергије у исхрани имају важну улогу у метаболизму и хомеостази (141). Намирнице богате угљеним хидратима се могу окарактерисати гликемијским индексом (ГИ) и гликемијским оптерећењем (ГО). Према резултатима одређивања ГИ и ГО тест производа са различитим садржајем чичоке, ове производе као и контролне можемо категорисати (93, 94):

- Тест производи А – категорија средње вредности ГИ и средње вредности ГО
- Тест производи Б – категорија средње вредности ГИ и ниске вредности ГО
- Тест производи В – категорија ниске вредности ГИ и ниске вредности ГО
- Контролни производи К – категорија високе вредности ГИ и средње вредности ГО

У току одређивања ГИ тест производа В код 6 од 10 испитаника је примећена појава надимања, пролазне абдоминалне нелагодности и дијареје, што је у вези са нежељеним дејством инулина, с обзиром да производи садрже највиши ниво инулина (18,23 %) (69).

Вредност ГИ опада значајно са порастом садржаја чичоке у тест производима, тј. постоји значајна негативна корелација између вредности ГИ и количине чичоке у производима А, Б и В. Забележена су истраживања у којима вредности ГИ негативно корелирају са садржајем растворљивих и нерастворљивих дијетних влакана и протеина (142). Присуство дијетних влакана у храни богатој угљеним хидратима може да одложи гликемијски одговор и да утиче на одложену дигестију скроба, успорено пражњење желуца и хидролизу полисахарида у горњим деловима дуоденума. Уочено је да се овакав ефекат дијетних влакана испољава без обзира на порекло дијетних влакана тј. да ли је производ обогаћен пречишћеним дијетним влакнима или су она природни састојци производа (143). Може се претпоставити да је повећање садржаја инулина, растворљивог дијетног влакна у тест производима, допринело снижењу вредности ГИ тест производа А, Б и В у којима је присутан и растући садржај чичоке. Формулација производа са оптималним вредностима ГИ захтева познавање ових и сличних фактора који могу да модификују вредност ГИ добијених производа.

ГИ тест производа В је значајно мањи од ГИ контролних производа К због чега се може претпоставити да је оправдана производња тест производа В. Производ В садржи

највише чичоке од све 3 врсте тест производа (80 %) и на основу вредности ГИ сврстава се у намирнице са ниским ГИ.

Резултати овог истраживања су утврдили да опадање вредности ГО корелира са садржајем чичоке у тест производима. ГО прогресивно опада са повећањем садржаја чичоке и значајност постоји код сва 3 тест производа (А у односу на Б, Б у односу на В и А у односу на В). Тест производи Б и В имају нижу вредност ГО у односу на контролне производе К. На основу добијених ниских вредности ГО за конзумну порцију од 30 g закључује се да тест производи Б и В (производи са 60 и 80 % чичоке) могу бити део режима исхране у којој је потребно конзумирати намирнице са ниским ГО.

Гликемијски одговор организма зависи и од врсте конзумираних угљених хидрата и од њихове количине, односно оптималан однос ГИ / ГО је неопходан за одржавање постпрандијалне гликемије у границама нормалних вредности. Конзумирање хране са ниским ГИ у великим количинама, односно са високим ГО, може да доведе до повећања гликемије, као и конзумирање хране са високим ГИ. Слично томе, конзумирање хране са високим ГИ у малим количинама, односно са малим ГО, може да доведе до мањих промена у гликемији, као и храна са ниским ГИ. Овакав концепт дозвољава укључивање намирница са високим ГИ, а ниским ГО у исхрану, а не и њихову потпуну елиминацију (144). Узимајући у обзир важност укупног ефекта ГИ и ГО можемо закључити да је оправдана формулација и производња тест производа Б, који имају средњу вредност ГИ и ниску вредност ГО (ГИ = $56,7 \pm 20$; ГО = $5,75 \pm 2,1$) и тест производа В који имају ниску вредност ГИ и ниску вредност ГО (ГИ = $40,4 \pm 26$; ГО = $2,20 \pm 1,4$).

Осим карактеризације намирнице вредностима ГИ и ГО, корисно је познавати њен енергетски и нутритивни профил (94). Висок проценат дијетних влакана у храни је повезан са ниском енергетском густином, дужом ситошћу и мањим степеном повећања телесне тежине. Енергетска густина се дефинише као однос енергетске вредности и масе хране и изражава у kJ/g или Kcal/g (106). Ниском енергетском густином сматрају се вредности мање од 4 Kcal/g а вредности преко 4 Kcal/g се декларишу као високе (145). Сви тест производи припадају производима са ниском енергетском густином (тест производ А = 3,15 Kcal/g, тест производ Б = 2,32 Kcal/g и тест производ В = 1,6 Kcal/g).

Дизајном студије обухваћена је и производња контролних производа К од хељдиног брашна. Екструдовани производи од хељдиног брашна су први пут произведени и

окарактерисани вредностима ГИ / ГО, које се могу сматрати допуном интернационалне таблице ГИ / ГО вредности различитих врста намирница. Производи од хељдиног брашна, за које су у литератури забележени подаци о вредностима ГИ / ГО су: палачинке од хељдиног брашна – комерцијално доступна инстант мешавина, хлеб од мешавине пшеничног и хељдиног брашна, гриз од хељде, безглутенски хлеб од хељде и пиринчаног брашна (Naturis Organic Bread, NSW, Australia) и резанци од хељде (94). У поређењу са литературним вредностима ГИ / ГО производа од хељдиног брашна, контролни производи К (ГИ / ГО = $70 \pm 28 / 13,75 \pm 5,6$) поседују повољније ГИ / ГО вредности само од палачинки од хељдиног брашна.

Хроничне болести (кардиоваскуларне болести, дијабетес и канцер) узрок су 60 % mortalитета у свету, а до 2020. године се предвиђа пораст на 75 %. Конзумирање хране је физиолошки праћено повећањем гликемије и секрецијом инсулина. Угљени хидрати су главне компоненте исхране које утичу на постпрандијалну гликемију и секрецију инсулина (98). У процесу дигестије, угљени хидрата из хране се најчешће разлажу до моносахарида, глукозе, која се транспортује у крв. Глукоза се путем крви преноси до свих ћелија организма и користи као извор енергије, депонује као гликоген или складишти као масно ткиво. Када гликемија достигне одређени ниво након оброка, из бета-ћелија Лангерхансових острваца панкреаса се секретује инсулин, који омогућава апсорпцију глукозе од стране ћелија и представља основни контролни сигнал за конверзију глукозе у гликоген. Уколико је секреција инсулина онемогућена или постоји резистенција на инсулин, настаје хипергликемија (146). Прекомерно конзумирање угљених хидрата може довести до хроничне хипергликемије, хиперинсулинемије и резистенције на инсулин укључених у етиологију многих хроничних болести. Хронична хипергликемија је повезана са патогенозом хроничних болести, јер оштећује ендотел крвних судова различитим механизмима: доприноси задебљању интимо-медијалног комплекса каротидних артерија, омета вазодилатацију (инхибира азот-моноксид синтазу и смањује производњу азот-моноксида) и повећава гликолизирање протеина (147). Инсулинска резистенција и компензаторна хиперинсулинемија доприносе настанку дислипидемија, гојазности и хипертензије, за које постоје поуздани докази да су једни од узрочника коронарне болести срца (147, 148). Са обзиром на преваленцу хроничних болести, навике у исхрани представљају најзначајнији фактор који се може мењати у циљу спровођења једноставне и

економичне превенције и контроле хроничних болести (98). У литератури се могу наћи бројне студије које се баве успостављањем везе између ГИ и ГО исхране и ризика за настанак хроничних болести, али чији су резултати врло често контрадикторни. Због појаве контрадикторних резултата студија, урађене су и објављене бројне мета-анализе. Дискусија утицаја ГИ и ГО исхране на настанак хроничних болести извршена је у односу на резултате у литератури доступних мета-анализа.

Хронично конзумирање намирница са високим ГО (> 20) повећава ризик за настанак дијабетеса тип 2, кардиоваскуларне болести, инфаркта код жена и možданог удара код мушкараца (147, 148). Резултати студија пресека су униформни у ставу да су следећи фактори повезани са ниским вредностима ХДЛ-а и високом концентрацијом серумских триглицерида: висока вредност укупних угљених хидрата и високе вредности ГИ и/или ГО исхране (149, 150). Постоје проспективне клиничке студије које су потврдиле ове резултате, али и студије објављене 2012. и 2013. године које оповргавају утицај исхране са ниским ГИ на снижење фактора ризика за коронарну болест срца (151 – 153). У Шведској популацији мушкараца није успостављена веза између ГИ и ГО исхране и ризика за настанак кардиоваскуларних болести код здравих испитаника, као ни mortalитета пацијената са дијагностикованом било којом болешћу кардиоваскуларог система (148, 154). Ипак, резултати мета-анализа проспективних студија објављених до 2012. године су потврдили да испитаници који конзумирају намирнице са високим вредностима ГИ односно ГО имају 13 %, односно 28 %, већи ризик за настанак кардиоваскуларних болести у поређењу са испитаницима чија је исхрана базирана на ниским вредностима ГИ / ГО. Намирнице са различитим ГИ / ГО другачије утичу на популације различитог пола и ИТМ-е. Исхрана са високим ГИ и ГО, као фактор ризика за настанак кардиоваскуларних болести, је израженија код жена са прекомерном тежином или гојазношћу него код мушкараца (155, 156).

Дуготрајна и неуравнотежена исхрана намирницама са високим ГИ узрок је хроничне хипергликемије и хиперинусулинемије које могу да резултују нетолеранцијом на глукозу и повећаним ризиком за настанак дијабетеса (157). Такође, исхрана намирницама са високим ГИ повећава постпрандијално ослобађање неестерификованих масних киселина, које улазе у конкуренцију са глукозом за исти пут оксидације. Њихова повећана оксидација, настала због вишег нивоа у циркулацији, доводи до смањене потрошње

глукозе и до погоршања инсулинске резистенције (158). Постоје докази да је исхрана са високим ГИ повезана са појавом абдоминалне гојазности, која је фактор ризика за настанак инсулинске резистенције и дијабетеса (157). Већи број студија је потврдио позитивну корелацију између високих вредности ГИ / ГО исхране и развоја дијабетеса у односу на оне које нису пронашле повезаност (98). Особе чија је исхрана базирана на намирницама са високим ГИ имају 16 % већи ризик за развој дијабетеса тип 2. Утицај гликемијског оптерећења је такође значајан јер исхрана намирницама са високим ГО повећава ризик за настанак дијабетеса тип 2 за 20 % у поређењу са исхраном базираном на намирницама из категорије ниске вредности ГО (157). Ово представља додатну потврду да гликемијски одговор зависи како од квалитета конзумираних угљених хидрата (ГИ) тако и од њихове количине (ГО). Жене са историјом гестацијског дијабетеса имају тенденцију ка абдоминалној гојазности, инсулинској резистенцији и нетолеранцији на глукозу, а код чак 33 – 50 % се развија дијабетес тип 2 у првих пет година након порођаја. Шестомесечна терапија која подразумева исхрану са сниженим ГИ побољшава толеранцију на глукозу и смањује телесну масу, у поређењу са конвенционалном исхраном код жена са историјом гестацијског дијабетеса. Најбољи ефекат исхране са сниженим ГИ на хипергликемију и редукцију телесне тежине је постигнут код жена са високом инсулинемијом наташте (159). Повољан утицај конзумирања намирница са ниским ГИ од стране особа оболелих од дијабетеса огледа се у контроли гликемије, односно снижењу гликолилизованог хемоглобина за 0,4 %, које се сматра клинички значајним (160). Исхрана намирницама са ниским ГИ повећава инсулинску сензитивност тако што смањује флукуације гликемије и секрецију инсулина током дана.

У популацији здравих старих особа (70 – 79 година) није пронађена корелација између ГИ и ГО исхране и настанка дијабетеса тип 2, због чега се сматра да не постоје постојани докази о позитивном ефекту ниских вредности ГИ и ГО на снижење фактора ризика за развој хроничних болести у популацији здравих особа, већ је он уочен само код особа са метаболичким поремећајима (161). Из тих разлога постоји мишљење да је преурањено увођење ГИ концепта у препоруке за исхрану здравих особа док се не евалуирају резултати студија које су у току (162). Прихваћена је потреба означавања вредности ГИ на производима намењеним оболелим од дијабетеса, да би се пацијентима

олакшао избор намирница, због чега су на тржишту појединих земаља (Аустралија и Нови Зеланд) доступни производи који на етикети имају обележену вредност ГИ (163).

Прекомерно конзумирање угљених хидрата, исхрана сиромашна дијетним влакнима, недостатак физичке активности, гојазност, хиперинсулинемија и висок ниво инсулину сличног фактора раста (IGF-1) су укључени у етиологију неколико типова карцинома (164). Главни механизам којим хронична исхрана намирницама са високим ГИ и ГО утиче на карциногенезу је модулација инсулину сличног фактора раста (IGF-1). Инсулин има способност да стимулише њему сличне факторе раста који су важни митогени, неопходни за деобу и пролиферацију ћелија. Деведесет пет процената IGF-1 циркулише у облику комплекса са IGF-везујућим-протеином-1 (IGFBP-1), при чему се контролише расположивост слободног IGF-1. Хроничним конзумирањем намирница са високим ГИ смањује се секреција IGFBP-1 и последично повећава активност слободне фракције инсулину сличног фактора раста (IGF-1). Повећана активност IGF-1 инхибира апоптозу и промовише ангиогенезу, процесе који доприносе развоју ћелија канцера (165, 166). Исхрана која се карактерише ниским ГИ је најчешће богата дијетним влакнима, а постоје докази да је већа количина унетих влакана повезана са нижим нивоом плазма проинфламаторних цитокина (IL-6 и TNF- α -R2) и вредностима гликемије (167). Постоје студије које су потврдиле повезаност између ГИ / ГО исхране и настанка одређених типова канцера, док су друге студије оповргле ову повезаност. За један број одређених типова канцера резултати су различити и контрадикторни. Позитивна корелација између исхране са високим вредностима ГИ / ГО и настанка канцера потврђена је за колоректални карцином, карцином тиреоидне жлезде, јајника и ендометријума (168). Ризик за настанак колоректалног канцера је већи за 34 % у популацији мушкараца оболелих од дијабетеса, док је за жене оболеле од дијабетеса ризик већи за 20 % (164). Исхрана богата рафинисаним житарицама и шећерима узрокује хипергликемију и хиперинсулинемију, које доприносе карциногенези тиреоидне жлезде, што подржава хипотезу да исхрана базирана на намирницама са високим ГИ / ГО утиче на повећан ризик од карцинома тиреоидне жлезде (168). Истраживањем спроведеним на популацији жена са дијагностикованим карциномом јајника и ендометријума потврђено је да исхрана са високим вредностима ГО повећава ризик за настанак канцера, посебно у групи гојазних жена. Жене које конзумирају намирнице са високим ГО, односно које уносе велике

количине угљено-хидратне хране, имају 24 % већи ризик за развој карцинома јајника. Унос дијетних влакана у количини 22 – 27 g дневно за 22 % смањује ризик од настанка карцинома јајника (169, 170). Нема чврстих доказа да на инциденцу карцинома дојке утичу вредности ГИ и ГО исхране (170). Ретроспективна, случај – контрола студија, спроведена на Италијанској популацији са дијагностикованим канцером желуца показала је директну везу између исхране, посебно високе вредности гликемијског оптерећења исхране и ризика од настанка канцера желуца. Особе чију исхрану чине намирнице са високом вредношћу ГО (> 20), имају дупло већи ризик за развој канцера желуца у поређењу са особама са ниским вредностима дијетног ГО (171). Проспективна, кохортна студија спроведена у Шведској, на популацији жена, са 156 случајева канцера желуца, није потврдила да исхрана богата намирницама са високим ГИ и ГО повећава ризик за настанак карцинома желуца (172). Слично томе, резултати студије спроведене у нашој земљи, у Институту за јавно здравље Ниш, нису показали узрочно-последичну везу између вредности ГИ / ГО и ризика за настанак канцера желуца код 102 пацијента са дијагностикованим канцером желуца (173). У случају канцера простате, који је у сталном порасту, резултати студија које су истраживале везу између вредности ГИ, ГО и количине конзумираних дијетних влакана и инциденце овог канцера су контрадикторни (174 – 176). Студија спроведена на 5112 пацијената оболелих од канцера простате није потврдила да су високе вредности ГИ и ГО исхране поуздани фактори ризика за настанак канцера простате (174). Кохортна студија која је укључила 262 642 мушкарца и 183 535 жена и проучавала утицај исхране богате намирницама са високим ГИ / ГО на настанак канцера је такође потврдила да на инциденцу канцера простате не утичу фактори исхране (175). Супротно томе, Hardin и сарадници су на 470 случајева оболелих од канцера простате, потврдили да је конзумирање намирница са ниским вредностима ГИ (зелено поврће, поврће са високим садржајем каротеноида) у корелацији са смањеним ризиком од настанка канцера простате, односно да прекомерно конзумирање намирница са високим вредностима ГИ (пецива, помфрит, чипс, чоколада, газирани напаци) повећава ризик за настанак карцинома простате (176).

Релевантност концепта ГИ и ГО се дискутује због неконзистентних резултата о ефекту исхране са ниским односно високим ГИ / ГО на здравље. Светска здравствена организација, Америчко удружење за дијабетес (American Diabetes Association), Канадско

удружење за дијабетес (The Canadian Diabetes Association) и Европска асоцијација за испитивање дијабетеса (European Association for the Study of Diabetes) истичу значај нефармаколошке терапије, односно промену исхране у превенцији и лечењу дијабетеса тип 2, па је у Аустралији, Француској, Шведској, Канади и Јужној Африци концепт ГИ интегрисан у здравствене водиче исхране намењене особама у ризику или оболелим од дијабетеса (92, 94). Међутим, већи број здравствених радника још увек сматра ГИ / ГО концепт комплексним и варијабилним за примену у клиничкој пракси (94). Увођење ГИ концепта у клиничку праксу захтева едукацију пацијената од стране здравствених радника, а посвећеност и напор појединца у савладавању и примени концепта. На основу расположивих доказа о ефекту ниских вредности ГИ / ГО на инциденцу хроничних болести тренутно не постоји препорука о неопходности увођења концепта ГИ у исхрану здравих појединаца, већ само особа са метаболичким поремећајима, нпр. дијабетесом (159).

Тест производи А, Б и В који садрже 30%, 60% и 80% чичоке и хељдино брашно, представљају иновативне производе добијене технологијом екструзије. Нутритивне особине тест производа су повољне:

- висок садржај дијетних влакана (инулина)
- низак садржај масти
- релативно ниска калорична вредност

и указују на квалитетне производе који захваљујући присуству инулина могу бити од значаја за здравље. На основу резултата ове студије и добијених повољних вредности ГИ и ГО тест производа, оправданом се може сматрати производња тест производа Б и В. Садржај инулина и вредности ГИ / ГО ових производа индикују да је могуће предложити употребу једне порције дневно тест производа Б или В у циљу остваривања пребиотског ефекта. Претпоставља се да би једна порција тест производа Б или В дневно могла да ублажи симптоме опстипације, а да би две порције дневно тест производа В могле да повећају апсорпцију калцијума из колона.

Оригиналноста примене екструзије на чичоку и формулације тест производа је створила могућност евалуације ограничења која су постојала у овом истраживању. Евидентан проблем током производње је био лепљење полазног материјала за потисне спирале екструдера, што је имало за последицу његов отежани рад. Иако је постојала идеја да се направе тест производи који би садржавали искључиво чичоку (100 %), то није било могуће због горе поменутог проблема. Тест производи са 100 % чичоке би могли да буду повољнији за примену у дијететском режиму оболелих. Припремљени тест производи, овог садржаја, први пут су произведени у овој студији и због тога су се у току њихове производње појављивали различити радни проблеми, што је имало за последицу да је ограничена количина тест производа А, Б и В произведена. Разматрана је производња додатних количина тест производа, али она није била могућа под условима који би омогућили да састав формулација остане идентичан, јер је утрошена сва припремљена количина дроге. Вегетациони период за ову биљку није дозволио сакупљање и припрему нове количине дроге у тренутку производње, због чега су сва даља истраживања на тест производима била ограничена њиховом количином. Коришћење нове количине дроге, различитог хемијског састава за производњу, након сакупљања нових приноса биљног материјала не би обезбедило производе истог квалитета. Због свега наведеног ограничење ове студије је недовољно прецизна евалуација утицаја екструзије на садржај полазног материјала. Ипак, карактеризација добијених производа има вишеструк допринос: резултатима ове студије описана је специфичност рада са чичоком у току процеса екструзије, понуђена могућност употребе природне биљне сировине за хранљиви облик прилагођен дијететском режиму и употпуњена интернационална табела вредности ГИ и ГО за различите производе.

6. ЗАКЉУЧЦИ

1. Могуће је применити технологију екструзије за израду тест производа са различитим садржајем чичоке.
2. Хељдино брашно је погодно средство за допуњавање у формулацијама тест производа са различитим садржајем чичоке.
3. Сви добијени тест производи поседују прихватљиве органолептичке особине.
4. Повећање садржаја чичоке у екструдованим тест производима узроковало је значајно:
 - повећање садржаја инулина и укупних дијетних влакана
 - снижење садржаја масти и угљених хидрата уоченоСадржај протеина у тест производима се није значајно мењао са повећањем садржаја чичоке.
5. Потврђена је хипотеза да повећање садржаја чичоке снижава калоријску вредност производа.
6. Одбачена је хипотеза да је промена гликемије код испитаника након конзумирања тест производа значајно различита у односу на промену гликемије код испитаника након конзумирања референтног оброка и контролног производа.
7. Прихвата се хипотеза да су вредности гликемијског индекса и гликемијског оптерећења у значајној, негативној корелацији са повећањем садржаја чичоке у тест производима.
8. Добијене вредности гликемијског индекса и гликемијског оптерећења екструдованих тест производа са различитим садржајем чичоке припадају следећим категоријама:
 - тест производи који садрже 30 % чичоке - категорија средње вредности гликемијског индекса и гликемијског оптерећења

-
- тест производи који садрже 60 % чичоке – категорија средње вредности гликемијског индекса и ниске вредности гликемијског оптерећења
 - тест производи који садрже 80 % чичоке – категорија ниске вредности гликемијског индекса и ниске вредности гликемијског оптерећења.
9. Тест производи који садрже 80 % чичоке поседују значајно нижи гликемијски индекс од тест производа који садрже 30 % чичоке и контролних производа без садржаја чичоке.
10. Вредности гликемијског оптерећења су значајно различите за тест производе који садрже 30 %, 60 % и 80 %. Тест производи који садрже 60 % чичоке и тест производи који садрже 80 % чичоке имају значајно различите вредности гликемијског оптерећења у односу на контролне производе без садржаја чичоке.
11. Екструзијом добијени производи који садрже 60 % и 80 % чичоке имају повољне карактеристике за хуману употребу: нутритивну вредност, садржај инулина, гликемијски индекс и гликемијско оптерећење.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Gajic M. Rod Helianthus L. In: Josifovic M (ed.). Flora RS Srbije. VII. Beograd. Srpska akademija nauke u umetnosti; 1975.
2. United States Department of Agriculture. Classification for Kingdom Plantae Down to Species Helianthus tuberosus L. Dostupno na: <http://www.plants.usda.gov>. [18.03.2013].
3. Tucakov J. Lečenje biljem. Beograd: Rad; 2006.
4. Kays SJ, Nottingham SF. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke, *Helianthus tuberosus L.* New York: Taylor & Francis Group; 2007.
5. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Beltsville Area Germplasm Resources Information Network. Dostupno na: <http://www.ars-grin.gov>. [17.03.2013].
6. Terzic S, Atlagic J, Maksimovic I, Zeremski T, Zoric M, Miklič V et al. Genetic variability for concentrations of essential elements in tubers and leaves of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*). *Sci Hort* 2012; 136: 135–44.
7. Lazic B, Djurovka M, Markovic V, Ilin Ž. Povrtarstvo. Novi Sad: Poljoprivredni fakultet; 2001.
8. Lešić R, Borošić J, Buturac I, Ćustić M, Poljak M, Romić D. Povrčarstvo. Čakovec: Zrinski; 2002.
9. Schweiger P, Stolzenburg K. Mineralstoffgehalte und Mineralstoffentzüge verschiedener Topinambursorten. LAP Forchheim, Germany, 2003. Dostupno na: www.landwirtschaft-bw.info. [20.03.2013].
10. Pan L, Sinden M.R, Kennedy AH, Chai H, Watson LE, Graham TL et al. Bioactive constituents of *Helianthus tuberosus* (Jerusalem artichoke). *Phytochem Lett* 2009; 2: 15–8.
11. Yuan X, Cheng M, Gao M, Zhuo R, Zhang L, Xiao H. Cytotoxic constituents from the leaves of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) and their structure–activity relationships. *Phytochem Lett* 2013; 6: 21–5.
12. Yuan X, Gao M, Wang K, Xiao H, Tan C, Du Y. Analysis of chlorogenic acids in *Helianthus tuberosus* Linn leaves using high performance liquid chromatography-mass spectrometry). *Chinese Journal of Chromatography* 2008; 26(3): 335-8.

13. Yuan X, Gao M, Xiao H, Tan C, Dua Y. Free radical scavenging activities and bioactive substances of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) leaves. *Food Chem* 2012; 133: 10–4.
14. Cieslik E, Gebusia A, Florkiewicz A, Mickowska B. The content of protein and of amino acids in Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) of red variety Rote Zonenkugel. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 2011; 10(4): 433 – 41.
15. Antanaitis A, Lubyte J, Antanaitis S, Staugaitis G and Viskelis P. Selenium in some kinds of Lithuanian agricultural crops and medicinal herbs. *Sodinikyste ir Darzininkyste* 2004; 23: 37 – 45.
16. Griffaut B, Debiton E, Madelmont JC, Maurizis JC, Ledoigt G. Stressed Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus* L.) excrete a protein fraction with specific cytotoxicity on plant and animal tumour cell. *Biochim Biophys Acta* 2007; 1770: 1324–30.
17. Abou-Arab AA, Talaat HA, Abu-Salem FM. Physico-chemical properties of inulin produced from Jerusalem artichoke tubers on bench and pilot plant scale. *Aust J Bas Appl Sci* 2011; 5(5): 1297 – 309.
18. Kaur N and Gupta AK. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *J. Biosci* 2002; 27(7): 703 – 14.
19. Niness KR. Inulin and oligofructose: what are they? *J Nutr* 1999; 129(7): 1402S – 6S.
20. Sobotka L, Btitova M, Slemrova M, Manak J, Vlizard'a J, and Zadak Z. Inulin as the Soluble Fiber in Liquid Enteral Nutrition. *Nutr* 1997; 13(1): 21 – 5.
21. Carabin IG and Flamm WG. Evaluation of Safety of Inulin and Oligofructose as Dietary Fiber. *Regul Toxicol Pharmacol* 1999; 30: 268–82.
22. Brownlee IA. The physiological roles of dietary fibre. *Food Hydrocolloids* 2011; 25: 238 – 50.
23. Roberfroid MB. Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients. *J Nutr* 2007; 137: 2493S – 502S.
24. European Parliament. Regulation (EC) N° 1924/2006 of the European parliament and of the council on nutrition and health claims made on foods. *Official Journal of the European Union* 2006; 404: 9 – 25.
25. Kip P, Meyer D, Jellema RH. Inulins improve sensoric and textural properties of low-fat yoghurts. *Int Dairy J* 2006; 16: 1098–103.

-
26. Franck A. Technological functionality of inulin and oligofructose. *Br J Nutr* 2002; 87(2): S287–S91.
 27. Guggisberg D, Cuthbert-Steven J, Piccinah P, Buetikofer U, Eberhard P. Rheological, microstructural and sensory characterization of low-fat and whole milk set yogurt as influenced by inulin addition. *Int Dairy J* 2009; 19: 107–15.
 28. Hennelly PJ, Dunne PG, O'sullivan M and O'Riordan ED. Textural, rheological and microstructural properties of imitation cheese containing inulin. *J Food Eng* 2006; 75: 388 – 95.
 29. Guven M, Yasar K, Karaca OB, Hayaloglu AA. The effect of inulin as a fat replacer on the quality of set-type low-fat yogurt manufacture. *Int J Dairy Technol* 2005; 58(3): 180 – 4.
 30. Meyer D, Peters B. Enhancing the nutritional value of bread with inulin. *Agro Food Ind Hi Tec* 2009; 20(3): 48 – 50.
 31. Mujovic VM. *Medicinska fiziologija*. Beograd – Kosovska Mitrovica: Univerzitet u Prištini; 2004.
 32. Takeuchi J, Nagashima T. Preparation of dried chips from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers and analysis of their functional properties). *Food Chem* 2011; 126(3): 922 – 6.
 33. Gibson GR, Probert HM, Loo JV, Rastall RA, Roberfroid MB. Dietary modulation of the human colonic microbiota: updating the concept of prebiotics. *Nutr Res Rev* 2004;17(2): 259 – 75.
 34. Bosscher D, Van Loo J, Franck A. Inulin and oligofructose as functional ingredients to improve bone mineralization. *Int Dairy J* 2006; 16: 1092–7.
 35. Brighenti F. Dietary fructans and serum triacylglycerols: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Nutr* 2007; 137(11): 2552S – 6S.
 36. Tuohy KM, Finlay RK, Wynne AG and Gibson GR. A Human Volunteer Study on the Prebiotic Effects of HP-Inulin-Faecal Bacteria Enumerated Using Fluorescent In Situ Hybridisation (FISH). *Anaerobe* 2001; 7: 113–8.
 37. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. Joint FAO/WHO Working Group Report on Drafting Guidelines for the Evaluation of Probiotics in Food. London, Ontario, Canada: 2002.

-
38. Van Loo J, Cummings JH, Delzenne N, Englyst HN, Franck A, Hopkins MJ et al. Functional food properties of non digestible oligosaccharides: a consensus report from the ENDO project (DGXII AIRII-CT94-1095). *Br J Nutr* 1999; 81: 121–32.
 39. Menne E, Guggenbuhl N, Roberfroid M. Fn-type chicory inulin hydrolysate has a prebiotic effect in humans. *J Nutr* 2000; 130(5): 1197–9.
 40. Dewulf EM, Cani PD, Claus SP, Fuentes S, Puylaert PG, Neyrinck AM et al. Insight into the prebiotic concept: lessons from an exploratory, double blind intervention study with inulin-type fructans in obese women. *Gut* 2012 *In press*.
 41. Kaplan H, Hutkins RW. Fermentation of fructooligosaccharides by lactic acid bacteria and bifidobacteria. *Appl Environ Microbiol* 2000; 66(6): 2682–4.
 42. Marteau P, Jacobs H, Cazaubiel M, Sironet C, Prevel JM, Housez B. Effects of chicory inulin in constipated elderly people: a double-blind controlled trial. *Int J Food Sci Nutr* 2011; 62(2): 164–70.
 43. Meyer D and Stasse-Wolthuis M. Inulin and bone health. *Cur Top Nutraceutical Res* 2007; 4(3- 4): 211–26.
 44. Brirhenti F. Dietary fructans and serum triacylglycerols: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Nutr* 2007; 137(11): 2552S–6S.
 45. Parnell JA, Reimer RA. Weight loss during oligofructose supplementation is associated with decreased ghrelin and increased peptide YY in overweight and obese adults. *Am J Clin Nutr* 2009; 89(6): 1751 – 9.
 46. Meyer D and Stasse-Wolthuis M. The bifidogenic effect of inulin and oligofructose and its consequences for gut health. *Eur J Clin Nutr* 2009; 63: 1277–89.
 47. Coudray C, Bellanger J, Castglia-Delavaued C, Remesy C, Vermorel M and Rayssiguier Y. Effects of soluble or partly soluble dietary fibers supplementation on absorption and balance of calcium, magnesium, iron and zinc in healthy young men. *Eur J Clin Nutr* 1997; 513: 75 – 380.
 48. Coudray C, Demigné C, Rayssiguier Y. Effects of dietary fibers on magnesium absorption in animals and humans. *J Nutr* 2003; 133(1): 1–4.
 49. Abrams SA, Griffin IJ, Hawthorne KM. Young adolescents who respond to an inulin-type fructan substantially increase total absorbed calcium and daily calcium accretion to the skeleton. *J Nutr* 2007; 137(11): 2524S–6S.

-
50. Scholz-Ahrens KE, Ade P, Marten B, Weber P, Timm W, Açil Y et al. Prebiotics, probiotics, and synbiotics affect mineral absorption, bone mineral content, and bone structure. *J Nutr* 2007; 137(3): 838S–46S.
 51. Holloway L, Moynihan S, Abrams SA, Kent K, Hsu AR, Friedlander AL. Effects of oligofructose-enriched inulin on intestinal absorption of calcium and magnesium and bone turnover markers in postmenopausal women. *Br J Nutr* 2007; 97(2): 365–72.
 52. Delzenne NM, Daubioul C, Neyrinck A, Lasa M, Taper HS. Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. *Br J Nutr* 2002; 87(2): S255–9.
 53. Pedersen A, Sandstrom B, Van Amelsvoort J. The effect of ingestion of inulin on blood lipids and gastrointestinal symptoms in healthy females. *Br J Nutr* 1997; 78: 215–22.
 54. Letexier D, Diraison F, and Beylot M. Addition of inulin to a moderately high-carbohydrate diet reduces hepatic lipogenesis and plasma triacylglycerol concentrations in humans. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 559–64.
 55. Russo F, Riezzo G, Chiloiro M, De Michele G, Chimienti G, Marconi E et al. Metabolic effects of a diet with inulin-enriched pasta in healthy young volunteers. *Curr Pharm Des* 2010; 16(7): 825–31.
 56. Forcheron F, Beylot M. Long-term administration of inulin-type fructans has no significant lipid-lowering effect in normolipidemic humans. *Metabolism* 2007; 56(8): 1093–8.
 57. WHO and FAO. Diet, Nutrition and the prevention of chronic disease. Geneva: Technical report series 916; 2002.
 58. Aslan M, Orhan N, Orhan DD, Errun F. Hypoglycemic activity and antioxidant potential of some medicinal plants traditionally used in Turkey for diabetes. *J Ethnopharmacol* 2010; 128(2): 384–9.
 59. Tarini J, Wolever TMS. Inulin increases postprandial serum short-chain fatty acids and reduces free fatty acids and ghrelin in healthy subjects: possible mechanisms by which dietary fibre reduces risk for type 2 diabetes. *Can J Diabetes* 2009; 33(3): 219–20.
 60. Whitaker GM, Lynn FC, McIntosh CH, Accili EA. Regulation of GIP and GLP1 receptor cell surface expression by N-glycosylation and receptor heteromerization. *PLoS One* 2012; 7(3): 32675.

-
61. Inui A, Asakawa A, Bowers CY, Mantovani G, Laviano A, Meguid MM et al. Ghrelin, appetite, and gastric motility: the emerging role of the stomach as an endocrine organ. *FASEB J* 2004; 18: 439 – 56.
 62. Marteau P, Jacobs H, Cazaubiel M, Signoret C, Prevel JM, Housez B. Effects of chicory inulin in constipated elderly people: a double-blind controlled trial. *Int J Food Sci Nutr* 2011; 62(2): 164–70.
 63. Bosscher D, Van Loo J, Franck A. Inulin and oligofructose as prebiotics in the prevention of intestinal infections and diseases. *Nutr Res Rev* 2006; 19(2): 216–26.
 64. Lattimer JM, Haub MD. Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients* 2010; 2(12): 1266–89.
 65. Nomura AM, Hankin JH, Henderson BE, Wilkens LR, Murphy SP, Pike MC et al. Dietary fiber and colorectal cancer risk: the multiethnic cohort study. *Cancer Causes Control* 2007; 18(7): 753–64.
 66. Baron JA. Dietary fiber and colorectal cancer: an ongoing saga. *JAMA* 2005; 295: 2904–6.
 67. Park Y, Brinton LA, Subar AF, Hollenbeck A, Schatzkin A. Dietary fiber intake and risk of breast cancer in postmenopausal women: the National Institutes of Health-AARP Diet and Health Study. *Am J Clin Nutr* 2009; 90(3): 664–71.
 68. Veereman G. Pediatric applications of inulin and oligofructose. *J Nutr* 2007; 137(11): 2585S – 9S.
 69. Kelly G. Inulin-Type Prebiotics: A Review (Part 2). *Altern Med Rev* 2009; 14(1): 36–55.
 70. Bruzzese E, Volpicelli M, Salvini F, Bisceglia M, Lionetti P, Cinquetti M et al. Early Administration of Gos/Fos Prevents Intestinal and Respiratory Infections in Infants. *J Pediatr Gastr Nutr* 2006; 42(5): E95.
 71. European Union. Commission directive 2006/141/EC on infant formulae and follow-up formulae. Dostupno na: <http://ec.europa.eu/food>. [19.03.2013.]
 72. Ortolani C, Pastorello EA. Food allergies and food intolerances. *Nutritional and Dietary Consequences of Gastrointestinal Diseases* 2006; 20(3): 467– 83.
 73. Causez JL, Feirtag JM, Gallaher DD, Tunland BC and Slavin JL. Effects of dietary inulin on serum lipids, blood glucose and the gastrointestinal environment in hypercholesterolemic men. *Nutr Res* 2000; 20(2): 191–201.

-
74. Gay-Crosier F, Schreiber G, Hauser C. Anaphylaxis from inulin in vegetables and processed food. *N Engl J Med* 2000; 342(18): 1372.
 75. Franck P, Moneret-Vautrin DA, Morisset M, Kanny G, Mégret-Gabeaux ML, Olivier JL. Anaphylactic reaction to inulin: first identification of specific IgEs to an inulin protein compound. *Int Arch Allergy Immunol* 2005; 136(2): 155–8.
 76. Stojceska V, Ainsworth P, Plunkett A, Ibanoglu S. The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready-to-eat snacks made from food by-products. *Food Chem* 2009; 114: 226–32.
 77. Stojceska V, Ainsworth P, Plunkett A, Ibanoglu E, Ibanoglu S. Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *J Food Eng* 2008; 87: 55 –63.
 78. Singh B, Sekhon K, Singh N. Effects of moisture, temperature and level of pea grits on extrusion behaviour and product characteristics of rice. *Food Chem* 2007; 100: 198–202.
 79. Gray DR, Chinnaswamy R. Chapter 13 – Role of Extrusion in Food Processing. *Food Processing Recent Developments* 1995; 241–68.
 80. Karwe MV. Food Extrusion. In: Barbosa-Conovas GV and Juliano P (eds.). *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Oxford, UK. EOLSS Publishers; 2003: 545-563.
 81. Moscicki L and van Zuilichem DJ. Extrusion-Cooking and Related Technique. In: Moscicki L (Ed.). *Extrusion-Cooking techniques: applications, theory and sustainability*. Weinheim. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA; 2011.
 82. Dinga Q, Ainsworth P, Plunkett A, Tucker G, Marson H. The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks. *J Food Eng* 2006; 73(2):142–8.
 83. Santosa BA, Sudaryono S, Widowati S. Characteristics of extrudate from four varieties of corn with aquadest addition. *Indonesian Journal of Agriculture* 2008; 1: 85 – 94.).
 84. Stojceska V, Ainsworth P, Plunkett A, Ibanoglu S. The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready-to-eat snacks made from food by-products. *Food Chem* 2009; 114: 226–32.
 85. Stojceska V, Ainsworth P, Plunkett A, Ibanoglu S. The advantage of using extrusion processing for increasing dietary fibre level in gluten-free products. *Food Chem* 2010; 121(1): 156–64.

-
86. Ainsworth P, Ibanoglu S, Plunkett A, Ibanoglu E and Stojceska V. Effect of brewers spent grain addition and screw speed on the selected physical and nutritional properties of an extruded snack. *J Food Eng* 2007; 81: 70–9.
 87. Esposito F, Arlotti G, Bonifati AM, Napolitano A, Vitale D, Fogliano V. Antioxidant activity and dietary fibre in durum wheat bran by-products. *Food Res Int* 2005; 38: 1167–73.
 88. Vasanthan T, Gaosong J, Yeung J, Li J. Dietary fibre profile of barley flour as affected by extrusion cooking. *Food Chem* 2002; 77(1): 35–40.
 89. Meshcheriakova VA, Plotnikova OA, Iatsyshina TA, Sharafetdinov Kh, Faïvishevskii ML, Lisina TN. New extrusion products in diet therapy of diseases of internal organs. *Vopr Pitan* 1995; 5: 31–3.
 90. Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH, Barker H, Fielden H, Baldwin JM et al. Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr* 198; 34(3): 362–6.
 91. Foster-Powell K, Holt SHA, Brand-Miller JC. International Table of glycemic index and glyceamic load values. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 5–56.
 92. Brouns F, Bjorck I, Frayn KN, Gibbs AL, Lang V, Slama G et al. Glycaemic index methodology. *Nutr Res Rev* 2005; 18: 145–71.
 93. Canadian Diabetes Association (CDA). The Glycemic Index Tool. Dostupno na: <http://www.diabetes.ca/for-professionals/resources/nutrition/glycemi-index>. [23.01.2013].
 94. Atkinson FS, Foster-Powell K and Brand-Miller JC. International tables of glycemic index and glycemic load values: 2008. *Diabetes Care* 2008; 31: 2281–3.
 95. Pal GK. Understanding the importance of glycemic index and glycemic load in the management of diabetes mellitus. *Al Ame en J Med Sci* 2011; 4 (2): 100–3.
 96. Lin AMH, Wu MC, Lu S, Lin J. Glycemic index, glycemic load and insulinemic index of Chinese starchy food. *World J Gastroenterol* 2010; 16(39): 497–9.
 97. Gonçalves Reis CE and Dullius J. Glycemic acute changes in type 2 diabetics caused by low and high glycemic index diets. *Nutr Hosp* 2011; 26(3): 546–52.
 98. Barclay AW, Petocz P, McMillan-Price J, Flood VM, Prvan T, Mitchell P et al. Glycemic index, glycemic load, and chronic disease risk—a meta analysis of observational studies. *Am J Clin Nutr* 2008; 87: 627–37.
 99. Murphy O. Non-polyol low-digestible carbohydrates: food applications and functional benefits. *Br J Nutr* 2001; 85(1): S47–S53.

-
100. Hedge JE and Hofreiter BT. Carbohydrate Chemistry. 17th edition. New York: Academic Press; 1962.
 101. Trajković J, Mirić M, Baras J, Šiler S. Analize životnih namirnica. Beograd: Tehnološko-metalurški fakultet; 1983.
 102. Council of Europe (COE) - European Directorate for the Quality of Medicines (EDQM). European Pharmacopoeia, 6th Edition. Strasbourg, 2007.
 103. Apak R, Gorinstein S, Böhm V, Schaich KM, Özyürek M and Güçlü K. Methods of measurement and evaluation of natural antioxidant capacity/activity (IUPAC Technical Report). Pure Appl Chem 2013 *In press*. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1351/PAC-REP-12-07-15>.
 104. Sadasivam S, Manickam A. Biochemical Methods. 3rd edition. New Delhi: New Age International, Ltd; 2007. 13-14.
 105. Strohecker R, Henning HM. Analisis de vitaminas: métodos comprobados. Madrid: Ed. Paz Montalvo; 1967. 428.
 106. Stanimirovic S. Bromatologija. Beograd: Farmaceutski fakultet Univerziteta u Beogradu, zavod za bromatologiju; 1988.
 107. AOAC. In: Williams S (ed.). Official methods of analysis. Washington DC. Association of Official Analytical Chemists; 1984.
 108. Asp NG, Johansson CG, Hallmer H and Siljestrom M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. J Agric Food Chem 1983; 31: 476 – 82.
 109. Food and Agriculture Organization. Carbohydrates in human nutrition: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Paper 1997.
 110. Wolever T, Brand-Miller J, Abernethy J, Astrup A, Atkinson F, Axelsen M et al. Measuring the glycemic index of foods: interlaboratory study. Am J Clin Nutr 2008; 87: 247–57.
 111. Monro JA, Shaw M. Glycemic impact, glycemic glucose equivalents, glycemic index, and glycemic load: definitions, distinctions, and implications. Am J Clin Nutr 2008; 87(1): 237S-243S.
 112. Sikora V, Berenji J and Latković D. Yield component analysis and diversity in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Helia 2010; 33: 37–44.
 113. Terzic S and Atlagic J. Nitrogen and sugar content variability in tubers of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*). Genetika 2009; 41(3): 289–95.

-
114. Radovanovic A, Cupara S, Stojceska V, Plunkett A, Milovanovic D, Jankovic S. Jerusalem artichoke as a source of inulin in extruded ready-to-eat products and its effect on Glycemic index. The 11th International Conference Proceedings. Functional Foods and Chronic Inflammation: Science and Practical Application. 2012; 11: 20–22.
115. González RJ, Cavada EP, Peña JV, Torres RL, De Greef DM and Drago SR. Extrusion conditions and amylose content affect physicochemical properties of extrudates obtained from brown rice grains. *Int J Food Sci* 2013 *In Press*. Dostupno na: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/584148>.
116. Christa K, Soral-Šmietana M. Buckwheat grains and buckwheat products – nutritional and prophylactic value of their components – a review. *Czech J Food Sci* 2008; 26: 153–62.
117. Torbica A, Hadnađev M, Dapčević Hadnađev T. Rice and buckwheat flour characterisation and its relation to cookie quality. *Food Res Int* 2012; 48: 277–83.
118. Tomotake H, Shimaoka I, Kayashita J, Nakajoh M, Kato N. Physicochemical and functional properties of buckwheat protein product. *J Agric Food Chem* 2002; 50(7): 2125–9.
119. Choy AL, Morrison PD, Hughes JG, Marriott PJ, Small DM. Quality and antioxidant properties of instant noodles enhanced with common buckwheat flour. *J Cereal Sci* 2013; 57: 281–7.
120. Inglett GE, Chen D, Berhow M, Lee S. Antioxidant activity of commercial buckwheat flours and their free and bound phenolic compositions. *Food Chem* 2011; 125: 923–9.
121. Anton AA, Fulcher RG, Arntfield SD. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion coking. *Food Chem* 2009; 113: 989–96.
122. Deshpande HW and Poshadri A. Physical and sensory characteristics of extruded snacks prepared from Foxtail millet based composite flours. *Int Food Res J* 2011; 18: 751–6.
123. Charunuch C, Tangkanakul P, Limsangouan N and Sonted V. Effects of Extrusion Conditions on the Physical and Functional Properties of Instant Cereal Beverage Powders Admixed with Mulberry (*Morus alba* L.) Leaves. *Food Sci Technol Res* 2008; 14(5): 421–30.
124. Bonafaccia G, Marocchini M, Kreft I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem* 2003; 80: 9–15.

-
125. Vojtíšková P, Kmentová K, Kubáň V, Kráčmar S. Chemical composition of buckwheat plant (*Fagopyrum esculentum*) and selected buckwheat products. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences* 2012; 1: 1011–9.
126. Camire ME. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. In: Riaz MN (eds.). *Extruders in Food Applications*. Pp. 127–147. Boca Raton, Florida. CRC Press; 2000
127. Singh S, Gamlath S and Wakeling L. Nutritional aspects of food extrusion: a review. *Int J Food Sci Tech* 2007; 42: 916–29.
128. Camire ME. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. In: Riaz MN (eds.). *Extruders in Food Applications*. Pp. 127–147. Boca Raton, Florida. CRC Press; 2000.
129. National food institute. Technical University of Denmark. Buckwheat flour – Nutrition information and facts. Dostupno na: www.foodcomp.dk.
130. Singh, D, Chauhan GS, Suresh I and Tyagi SM. Nutritional quality of extruded snakes developed from composite of rice broken and wheat bran. *Int J Food Prop* 2000; 3: 42–31.
131. Steadman KJ, Burgoon MS, Lewis BA, Edwardson SE and Obendorf RL. Minerals, phytic acid, tannin and rutin in buckwheat seed milling fractions. *J Sci Food Agric* 2001; 81: 1094–100.
132. Yangilar F. The application of dietary fibre in food industry: structural features, effects on health and definition, obtaining and analysis of dietary fibre: a review. *J Food Nutr Res* 2013; 1(3): 13–23.
133. Streppel MT, Ocké MC, Boshuizen HC, Kok FJ, Kromhout D. Dietary fiber intake in relation to coronary heart disease and all-cause mortality over 40 y: the Zutphen Study. *Am J Clin Nutr* 2008; 88(4): 1119–25.
134. Van Lengerich B, Larson MK. Cereal products with inulin and methods of preparation. US Patent 6149965. 2000. Dostupno na: <http://www.google.com/patents/US6149965>.
135. Brennan MA, Monro JA, Brennan CS. Effect of inclusion of soluble and insoluble fibres into extruded breakfast cereal products made with reverse screw configuration. *Int J Food Sci Tech* 2008; 43(12): 2278–88.
136. Roberfroid MB. Functional food: concept and application to inulin and oligofructose. *Br J Nutr* 2002; 87(2): 139–43.

-
137. Steel CJ, Leoro MG, Schmiele M, Ferreira RE and Chang YK. Thermoplastic Extrusion in Food Processing. In: El-Sonbati AZ, (ed). Thermoplastic Elastomers. InTech, 2012. Dostupno na: www.intechopen.com. [30.03.2013.]
138. Pravilnik o deklarisanju i označavanju upakovanih namirnica. Sl. list SCG", br. 4/2004, 12/2004 i 48/2004.
139. Capriles VD, Arêas JA. Effects of prebiotic inulin-type fructans on structure, quality, sensory acceptance and glycemic response of gluten-free breads. *Food Funct* 2013; 4(1): 104–10.
140. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal* 2010; 8(3): 1462.
141. Mann J, Cummings J, Englyst H, Key T, Liu S, Riccardi G et al.: FAO/WHO Scientific Update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *Eur J Clin Nutr* 2007; 61: S132–S137.
142. Widanagamage RD, Ekanayake S, Welihinda J. Carbohydrate-rich foods: glycaemic indices and the effect of constituent macronutrients. *Int J Food Sci Nutr* 2009; 60(4): 215–23.
143. Vosloo MC. Some factors affecting the digestion of glycaemic carbohydrates and the blood glucose response. *Journal of Family Ecology and Consumer Sciences* 2005; (33): 1–9.
144. Lazarim FL, Stancanelli M, Brenzikofer R, de Macedo DV. Understanding the glycemic index and glycemic load and their practical applications. *Biochem Mol Biol Educ* 2009; 37(5): 296–300.
145. Nikolić M. Dijetetika. Niš: Medicinski fakultet Niš; 2008. 115–131.
146. Rang HP, Dale MM, Ritter JM, Moore PK. Farmakologija. Prvo srpsko izdanje. Beograd: Data Status; 2005.
147. Brand-Miller JC. Glycemic Load and Chronic Disease. *Nutr Rev* 2003; 61(5): 49–55.
148. Levitan EB, Mittleman MA, Wolk A. Dietary glycemic index, dietary glycemic load and mortality among men with established cardiovascular disease. *Eur J Clin Nutr* 2009; 63(4): 552–7.
149. Ford ES, Liu S. Glycemic index and serum high-density lipoprotein cholesterol concentration among US adults. *Arch Intern Med* 2001; 161: 572–6.
150. Liu S, Manson JE. Dietary carbohydrates, physical inactivity, obesity, and the “metabolic syndrome” as predictors of coronary heart disease. *Curr Opin Lipidol* 2001; 12: 395–404.

-
151. Ma Y, Chiriboga DE, Olendzki BC, Li W, Leung K, and Hafner AR. Association between Carbohydrate Intake and Serum Lipids. *J Am Coll Nutr*. 2006; 25(2): 155–63.
 152. Kristo AS, Matthan NR and Lichtenstein AH. Effect of Diets Differing in Glycemic Index and Glycemic Load on Cardiovascular Risk Factors: Review of Randomized Controlled-Feeding Trials. *Nutrients* 2013; 5: 1071–80.
 153. Lin PH, Chen C, Young DR, Mitchell D, Elmer P, Wang Y et al. Glycemic index and glycemic load are associated with some cardiovascular risk factors among the PREMIER study participants. *Food Nutr Res* 2012; 56: 9464–72.
 154. Levitan EB, Mittleman MA, Håkansson N, Wolk A. Dietary glycemic index, dietary glycemic load, and cardiovascular disease in middle-aged and older Swedish men. *Am J Clin Nutr* 2007; 85(6): 1521–6.
 155. Fan J, Song Y, Wang Y, Hui R, Zhang W. Dietary glycemic index, glycemic load, and risk of coronary heart disease, stroke, and stroke mortality: a systematic review with meta-analysis. *PLoS One* 2012; 7(12): e52182.
 156. Dong JY, Zhang YH, Wang P, Qin LQ. Meta-analysis of dietary glycemic load and glycemic index in relation to risk of coronary heart disease. *Am J Cardiol* 2012; 109(11): 1608–13.
 157. Dong JY, Zhang L, Zhang YH, Qin LQ. Dietary glycaemic index and glycaemic load in relation to the risk of type 2 diabetes: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Br J Nutr* 2011; 106(11):1649–54.
 158. Ludwig DS. The glycemic index: physiological mechanisms relating to obesity, diabetes, and cardiovascular disease. *JAMA* 2002; 287: 2414–23.
 159. Shyam S, Arshad F, Abdul Ghani R, Wahab NA, Safii NS, Nisak MY et al. Low glycaemic index diets improve glucose tolerance and body weight in women with previous history of gestational diabetes: a six months randomized trial. *Nutr J* 2013; 24: 12–68.
 160. Thomas DE, Elliott EJ. The use of low-glycaemic index diets in diabetes control. *Br J Nutr* 2010; 104(6): 797-802.
 161. Sahyoun NR, Anderson AL, Tylavsky FA, Lee JS, Sellmeyer DE, Harris TB; Health, Aging, and Body Composition Study. Dietary glycemic index and glycemic load and the risk of type 2 diabetes in older adults. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(1): 126–31.
 162. Hare-Bruun H, Nielsen BM, Grau K, Oxlund AL, Heitmann BL. Should glycemic index and glycemic load be considered in dietary recommendations? *Nutr Rev* 2008; 66(10): 569–90.

-
163. Hermansen ML, Eriksen NM, Mortensen LS, Holm L, Hermansen K. Can the Glycemic Index (GI) be used as a tool in the prevention and management of Type 2 diabetes? *Rev Diabet Stud* 2006; 3(2): 61–71.
164. Augustin LS, Franceschi S, Jenkins DJ, Kendall CW, La Vecchia C. Glycemic index in chronic disease: a review. *Eur J Clin Nutr* 2002; 56: 1049–71.
165. Gnagnarella P, Gandini S, La Vecchia C, Maisonneuve P. Glycemic index, glycemic load, and cancer risk: a meta-analysis. *Am J Clin Nutr* 2008; 87(6): 1793–801.
166. Mulholland HG, Murray LJ, Cardwell CR, Cantwell MM. Dietary glycaemic index, glycaemic load and endometrial and ovarian cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Br J Cancer* 2008; 99(3): 434–41.
167. Belle FN, Kampman E, McTiernan A, Bernstein L, Baumgartner K, Baumgartner R et al. Dietary fiber, carbohydrates, glycemic index, and glycemic load in relation to breast cancer prognosis in the HEAL cohort. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 2011; 20(5): 890–9.
168. Randi G, Ferraroni M, Talamini R, Garavello W, Deandrea S, Decarli A et al. Glycemic index, glycemic load and thyroid cancer risk. *Ann Oncol* 2008; 19(2): 380–3.
169. Nagle CM, Kolahdooz F, Ibiebele TI, Olsen CM, Lahmann PH, Green AC et al.; Australian Cancer Study (Ovarian Cancer) and the Australian Ovarian Cancer Study Group. Carbohydrate intake, glycemic load, glycemic index, and risk of ovarian cancer. *Ann Oncol* 2011; 22(6): 1332–8.
170. Mulholland HG, Murray LJ, Cardwell CR, Cantwell MM. Dietary glycaemic index, glycaemic load and breast cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Br J Cancer* 2008; 99(7): 1170–5.
171. Bertuccio P, Praud D, Chatenoud L, Lucenteforte E, Bosetti C, Pelucchi C et al. Dietary glycemic load and gastric cancer risk in Italy. *Br J Cancer* 2009; 100(3): 558–61.
172. Lazarević K, Nagorni A, Jeremić M. Carbohydrate intake, glycemic index, glycemic load and risk of gastric cancer. *Cent Eur J Public Health* 2009; 17(2): 75–8.
173. Larsson SC, Bergkvist L, Wolk A. Glycemic load, glycemic index and carbohydrate intake in relation to risk of stomach cancer: a prospective study. *Int J Cancer* 2006; 118: 3167–9.
174. Nimptsch K, Kenfield S, Jensen MK, Stampfer MJ, Franz M, Sampson L et al. Dietary glycemic index, glycemic load, insulin index, fiber and whole-grain intake in relation to risk of prostate cancer. *Cancer Causes Control* 2011; 22(1): 51–61.

175. George SM, Mayne ST, Leitzmann MF, Park Y, Schatzkin A, Flood A et al. Dietary glycemic index, glycemic load, and risk of cancer: a prospective cohort study. *Am J Epidemiol* 2009; 169(4): 462–72.
176. Hardin J, Cheng I and Witte JS. Impact of consumption of vegetable, fruit, grain, and high glycemic index food on aggressive prostate cancer risk. *Nutr Cancer* 2011; 63(6): 860–87.

ПРИЛОГ

8.1 Кључна документацијска информатика

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ ФАКУЛТЕТ МЕДИЦИНСКИХ НАУКА

Редни број - РБ	
Идентификациони број - ИБР	
Тип документације – ТД	Монографска публикација
Тип записа – ТП	Текстуални штампани материјал
Врста рада – ВР	Докторска дисертација
Аутор – АУ	Ана М. Радовановић
Ментор – МН	доц. др Снежана Цупара
Наслов рада – НР	Утврђивање нутритивне вредности производа који садрже <i>Helianthus tuberosus</i> L., <i>Asteraceae</i>
Језик публикације - ЈП	Српски (ћирилица)
Језик извода – ЈИ	Српски / Енглески
Земља публиковања – ЗП	Србија
Година – ГО	2013.
Издавач - ИЗ	Ауторски репринт
Место и адреса – МС	34000 Крагујевац, Светозара Марковића 69
Физички опис рада – ФО	Дисертација садржи 90 страна, 7 поглавља, 8 графикана, 8 табела, 9 слика и 176 цитата
Научна област - НО	Медицина
Научна дисциплина – ДИ	Експериментална и клиничка фармакологија
Предметна одредница / кључне речи – ПО	<i>Helianthus tuberosus</i> , технологија екструзије, гликемијски индекс, гликемијско оптерећење и нутритивна вредност иновативних производа са садржајем чичоке.

УДК

Чува се - ЧУ

У библиотеци Факултета медицинских наука
Универзитета у Крагујевцу

Важна напомена - ВН

Извод - ИД

Helianthus tuberosus (чичока), биљни ниско-калорични извор енергије, инулина, минерала и незнатне количине масти је мало заступљена у исхрани, а представља добар полазни материјал за производњу функционалних производа. Циљ овог истраживања је формулација и производња иновативних производа са различитим садржајем чичоке као главне компоненте и хељдиним брашном као средством за допуњавање. До сада нису забележени подаци о обради врсте *Helianthus tuberosus* технологијом екструзије. Први пут је технологија екструзије примењена на биљну сировину чичоку и добијени производи су окарактерисани нутритивном вредношћу, гликемијским индексом (ГИ) и гликемијским оптерећењем (ГО). Применом специфичних услова екструзије за сваки процес понаособ, добијене су три врсте тест производа који садрже 30 %, 60 % и 80 % чичоке и контролни производ без садржаја чичоке. Нутритивни састав тест производа окарактерисан је садржајем воде, суве материје, масти, протеина, шећера, укупних угљених хидрата, инулина и дијетних влакана. Вредности гликемијског индекса тест и контролних производа добијене су применом референтне методологије и смерница за стандардно одређивање гликемијског индекса, у проспективној, клиничкој студији извршеној на групи здравих испитаника. Гликемијско оптерећење је одређено на основу добијених вредности гликемијског индекса.

Резултати истраживања су показали повољне нутритивне особине добијених екструдованих производа са садржајем чичоке - висок садржај инулина и низак садржај масти. Методом екструзије кориговане су органолептичке особине свежих кртола чичоке које ограничавају њихово конзумирање. Са повећањем садржаја чичоке у тест производима уочено је значајно опадање ГИ и ГО вредности. Према Brand-Miller-овој класификацији тест производи који садрже 30 % чичоке се сврставају у категорију средњих вредности ГИ и ГО, тест производи који садрже 60 % чичоке се сврставају у категорију средње вредности ГИ и ниске вредности ГО, тест производи који садрже 80 %

чичоке припадају категорији ниских вредности ГИ и ГО, док контролни производи, без садржаја чичоке, имају високу вредност ГИ и средњу вредност ГО.

Конзумирање намирница са високим вредностима ГИ и ГО утиче на развој хроничних болести због чега је оправдана употреба намирница са ниским ГИ и ГО у циљу очувања здравља. Резултати овог истраживања показују да се на чичоку може применити процес екструзије тако да добијени тест производи који садрже 60 % и 80 % чичоке имају повољне вредности ГИ и ГО за очување здравља.

Датум прихватања теме

од стране НН већа

20.06.2012.

Датум одбране - ДО

Чланови комисије – КО

Проф. др Драган Миловановић - председник,

Факултет медицинских наука у Крагујевцу

Проф. др Слободан Јанковић - члан

Факултет медицинских наука у Крагујевцу

Проф. др Милица Нинковић - члан

Медицински факултет Војномедицинске академије у

Београду

8.2 Key words documentation

UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC FACULTY OF MEDICAL SCIENCES

Accession Number - ANO	
Identification number - NO	
Document type - DT	Monographic publication
Type of record – TR	Textual material, printed
Contents code - CC	Ph.D. Thesis
Author – AU	Ana M. Radovanovic
Menthor - MN	doc. dr Snezana Cupara
Title – TI	Determination of nutritional composition of the products containing <i>Helianthus tuberosus</i> L. Asteraceae.
Language of text – LT	Serbian
Language of abstract – LA	Serbian / English
Country of publication – CP	Serbia
Publication year - PY	2013.
Publication place – PP	34000 Kragujevac, Svetozara Markovica 69
Physical description – PD	Thesis contains 90 pages, 7 chapters, 8 graphs, 8 tables, 9 images and 176 literature references
Scientific field – SF	Medicine
Scientific discipline - SD	Clinical and experimental pharmacology
Subject / Key words - SKW	<i>Helianthus tuberosus</i> , extrusion technology, glycemic index, glycemic load, nutritional value of innovative products with content of Jerusalem artichoke.
UDC	
Holding data – HD	Library of Faculty of Medical Sciences , University of Kragujevac, Serbia
Note - N	

Abstract - AB

Helianthus tuberosus (Jerusalem artichoke) is a low - caloric source of inulin, minerals and low level of fat. It is not sufficiently present in the human diet, although it can serve as a good starting material for functional food products. The aim of this research was to formulate and produce innovative products containing different amount of Jerusalem artichoke as the main component, and buckwheat flour as a bulking agent. There have not been data on the processing *Helianthus tuberosus* by extrusion technology. This is the first time Jerusalem artichoke undergoes extrusion technology in order to produce test products which were characterised by nutritional value, glycemic index (GI) and glycemic load (GL).

Four types of extruded products were prepared by extrusion technology - three types of test product containing 30 %, 60 % and 80 % of Jerusalem artichoke and control product with no Jerusalem artichoke. Nutritional composition of the test products was characterized by content of water, dry matter, fat, proteins, sugars, total carbohydrates, dietary fiber and inulin. Glycemic index values for test and control products were obtained in prospective, clinical study on healthy volunteers, using the reference methodology of glycemic index determination. Glycemic load values for test and control products were calculated based on obtained values of glycemic index.

The study results showed favorable nutritional properties of obtained extruded products with Jerusalem artichoke content – high content of inulin and low content of fat. Consumption of fresh Jerusalem artichoke is limited by its organoleptic properties, which was improved by extrusion processing. Increasing content of Jerusalem artichoke in test products caused significant decrease of glycemic index and glycemic load values, as well as in control products. According to Brand-Miller's classification test product containing 30 % of Jerusalem artichoke was classified as medium GI and medium GL, test product containing 60 % of Jerusalem artichoke was classified as medium GI and low GL, test product containing 80 % of Jerusalem artichoke was classified as low GI and low GL products, while control product with no content of Jerusalem artichoke showed a high GI and medium GL value.

Consuming food with high glycemic index and glycemic load influences development of chronic diseases, which justifies consumption of food with low glycemic index and glycemic load in order to promote health. Results of this study shows that Jerusalem artichoke is possible to use in extrusion technology in such manner so that test products containing 60 % and 80 % of Jerusalem artichoke have favorable values of GI and GL for promoting health.

Accepted by the Scientific

Board on – ASB

20.06.2012.

Defended on

Thesis defend Board

members – DB

Prof dr Dragan Milovanovic - Chairmen,

Faculty of Medical Sciences, Kragujevac

Prof. dr Slobodan Jankovic - Member,

Faculty of Medical Sciences, Kragujevac

Prof. dr Milica Ninkovic- Member

Medical Faculty of Military Academy, Belgrade

8.3 Биографски подаци аутора

Дипл. фарм. Ана М. Радовановић рођена је 26.09.1985. године у Крагујевцу, где је завршила основну и средњу Медицинску школу. Медицински факултет, одсек за фармацију, Универзитета у Крагујевцу, уписала је 2005. године, а у јулу 2009. године је дипломирала са просечном оценом 9,30 (девет и 30/100). За постигнуте успехе у току основних студија фармације (2005. - 2009. год.) награђивана је годишњим стипендијама Министарства просвете и Министарства омладине и спорта Републике Србије.

Од 14.01.2010. год. запослена је на Факултету медицинских наука Универзитета у Крагујевцу, у звању асистента за ужу научну област Фармацеутска технологија. Учествовала је у 2 истраживачка пројекта: на „Јуниор“ пројекту Факултета медицинских наука у Крагујевцу и пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. До сада је објавила више научних радова од којих два у часописима на СЦИ листи. Ко-аутор је „Приручника за предмет Практични аспекти издавања лекова и ручна производња лековитих препарата“. Током априла 2011. године боравила је на Манчестер Метрополитен Универзитету, Манчестер, Велика Британија, ради извођења експерименталног дела докторске дисертације. Течно говори енглески језик, а поседује и одговарајућа знања из различитих области рада на персоналним рачунарима.

Докторске академске студије на Медицинском факултету у Крагујевцу, одсек Молекулска медицина (клиничка и експериментална фармакологија), уписала је школске 2009/10 године. Усмени докторски испит положила је у септембру 2011. године са оценом 10. Докторску дисертацију на тему „Утврђивање нутритивне вредности производа који садрже *Helianthus tuberosus* L. *Asteraceae*“ пријавила је 21.02.2012. године. Позитиван извештај комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације усвојен је на Наставно – научном већу Факултета медицинских наука у Крагујевцу од 20.06.2012. Стручно веће за медицинске науке Универзитета у Крагујевцу дало је сагласност на тему докторске дисертације на седници одржаној 28.06.2012. Комисија за оцену и одбрану завршене докторске дисертације у саставу: проф. др Драган Миловановић (председник), проф. др Слободан Јанковић (члан) и проф. др Милица Нинковић (члан) именована је на седници Наставно – научног већа Факултета медицинских наука 10.07.2013. године. Комисија подноси позитиван извештај о оцени завршене докторске дисертације који је

усвојен на Наставно – научном већу Факултета медицинских наука ... 2013. а Стручно веће Универзитета у Крагујевцу дало је сагласност на извештај о завршеној докторској дисертацији ... 2013. године. Одлуком декана Факултета медицинских наука одобрена је јавна одбрана докторске дисертације кандидата Ане М. Радовановић.

8.4 Списак објављених радова

Радови у часописима националног и међународног значаја

1. Jankovic SM, Aleksic D, Bahtijari Z, Jelic A, Klacar J, Kovacevic A, Mijailovic N, Milovanovic O, Petrovic A, **Radovanovic A**, Sovrljic M, Ruzic Zecevic D. Risk factors for severe dental anxiety among students of Medical Faculty. *Vojnosanitetski Pregled* 2014; 71(1): *In press*
2. **Radovanovic AM**, Cupara SM, Popovic SLj, Tomovic MT, Slavkovska VN and Jankovic SM. Cytotoxic effect of *Potentilla reptans* L. rhizome and aerial part extracts. *Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research* 2013; 70(5): 851 – 4.
3. **Radovanovic A**, Cupara S, Tomović M, Tamas V, Ivopol G, Simion D, Gaidau C and Jankovic S. Comparative analysis of the chemical composition of *Helianthus tuberosus* L. growing in Serbia and Romania. *Serbian Journal of Experimental and Clinical Research* 2013; 14(1): 9 – 11.
4. Jakovljevic M, Jovanovic M, Nikic K, **Radovanovic A**, Pirkovic I, Djukic Dejanovic S and Yamada T. Inpatient detoxification and law enforcement costs following acute drinking event, in typical eastern European upper – middle income, health care setting. *Health Behavior & Public Health*. 2011; 1(2): 1 – 7.
5. **Radovanovic A**, Dagovic A, Jakovljevic M. Economics of cancer related medical care: worldwide estimates and available domestic evidence. *Archive of Oncology* 2011; 19(3-4): 59 – 63.
6. **Radovanovic A**. Analiza izdavanja analgetika kao lekova u slobodnoj prodaji (LSP) u vanbolnickoj apoteci. *Racionalna terapija* 2009; 1(2): 19–24.

Радови саопштени на скупу националног и међународног значаја, штампани у изводу

1. **Radovanovic A**, Cupara S, Stojceska V, Plunkett A, Milovanovic D, Jankovic S. Jerusalem artichoke as a source of inulin in extruded ready-to-eat products and its effect on Glycemic index. The 11th International Conference Proceedings. *Functional Foods and Chronic Inflammation: Science and Practical Application*. 2012; 11: 20 – 22.
2. **Радовановић А**, Цупара С, Јанковић С. Карактеризација хлеба обогаченог садржајем чичоке (*Helianthus tuberosus* L.) за хуману употребу. Трећи национални конгрес рационалне терапије у медицини. *Рационална терапија - Књига сажетака* 2011; 3(1): 70 – 71.

3. Jakovljevic M, Jovanovic M, Nikic K, **Radovanovic A**, Pirkovic I, Djukic Dejanovic S and Yamada T. Inpatient detoxification and low enforcement costs related to acute drinking event. European Society for Biomedical Research on Alcoholism 13th Congress. Alcohol and Alcoholism, Book of Abstracts. 2011; 46(1): i26.

8.5 Author's curriculum vitae

Pharmacist Ana M. Radovanovic was born on 26.09.1985. in Kragujevac, where she finished primary and Medical school. She started her studies at Medical Faculty, Department of Pharmacy, University of Kragujevac, in the academic year 2005/2006 and graduated in July 2009 with GPA of 9.30. During the undergraduate studies she was granted two scholarships for outstanding students: Ministry of Education and Ministry of Youth and Sport of the Republic of Serbia.

Ana Radovanovic is employed as teaching assistant at the Faculty of Medical Sciences, Pharmaceutical Technology Department, University of Kragujevac from 14.01.2010. She has participated in research projects of Faculty of Medical Sciences in Kragujevac and the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia. She has published several scientific papers, including two in the journals of the SCI list. She is a co-author of a textbook for "Practical aspects of filling prescriptions and magistral preparation of medicines". During April 2011 she performed experimental part of the doctoral dissertation at the Manchester Metropolitan University, Manchester, United Kingdom. She is fluent in English and possesses appropriate knowledge for work on personal computers.

She started PhD Studies at the Faculty of Medical Sciences in Kragujevac, Department of Molecular Medicine (Clinical and Experimental Pharmacology) in the academic year 2009/10. Oral doctoral examination completed in the September 2011 with grade 10. PhD thesis entitled "Determination of nutritional composition of products containing *Helianthus tuberosus* L. *Asteraceae*" was signed in on 21.02.2012. Positive Board report on the evaluation of scientific methodology of PhD thesis was accepted in Educational - Scientific Board of the Faculty of Medical Sciences in Kragujevac on 20.06.2012. Expert Board for Medical Sciences, University of Kragujevac has approved the PhD thesis at the meeting on 28.06.2012. The members of commission for evaluation of the completed dissertation were appointed by the Educational - Scientific Board of the Faculty of Medical Sciences on 10.07.2013: Professor Dragan Milovanovic (Chairman), Professor Slobodan Jankovic (member) and Professor Milica Ninkovic (member). The Commission submitted a positive report on the evaluation of completed PhD thesis, which was adopted in Educational - Scientific Board of the Faculty of Medical Sciences ... 2013 and the Expert Board of the University of Kragujevac has approved the report on the

completed doctoral dissertation ... 2013. The Dean of the Faculty of Medical Sciences approved the public defense of the PhD thesis of Ana M. Radovanovic.

List of publications

Papers published in national and international journals

1. Jankovic SM, Aleksic D, Bahtijari Z, Jelic A, Klacar J, Kovacevic A, Mijailovic N, Milovanovic O, Petrovic A, **Radovanovic A**, Sovrlic M, Ruzic Zecevic D. Risk factors for severe dental anxiety among students of Medical Faculty. *Vojnosanitetski Pregled* 2014; 71(1): *In press*
2. **Radovanovic AM**, Cupara SM, Popovic SLj, Tomovic MT, Slavkovska VN and Jankovic SM. Cytotoxic effect of *Potentilla reptans* L. Rhizome and aerial part extracts. *Acta Poloniae Pharmaceutica – Drug Research* 2013; 70(5): 851 – 4.
3. **Radovanovic A**, Cupara S, Tomović M, Tamas V, Ivopol G, Simion D, Gaidau C and Jankovic S. Comparative analysis of the chemical composition of *Helianthus tuberosus* L. growing in Serbia and Romania. *Serbian Journal of Experimental and Clinical Research* 2013; 14(1): 9 – 11.
4. Jakovljevic M, Jovanovic M, Nikic K, **Radovanovic A**, Pirkovic I, Djukic Dejanovic S and Yamada T. Inpatient detoxification and law enforcement costs following acute drinking event, in typical eastern European upper – middle income, health care setting. *Health Behavior & Public Health*. 2011; 1(2): 1 – 7.
5. **Radovanovic A**, Dagovic A, Jakovljevic M. Economics of cancer related medical care: worldwide estimates and available domestic evidence. *Archive of Oncology* 2011; 19(3-4): 59 – 63.
6. **Radovanovic A**. The analysis of prescribing analgetics as the “over the counter” (OTC) preparations in the community pharmacy. *Rational Therapy* 2009; 1(2): 19–24.

Papers published in Abstract book of national and international journals

1. **Radovanovic A**, Cupara S, Stojceska V, Plunkett A, Milovanovic D, Jankovic S. Jerusalem artichoke as a source of inulin in extruded ready-to-eat products and its effect on Glycemic index. The 11th International Conference Proceedings. *Functional Foods and Chronic Inflammation: Science and Practical Application*. 2012; 11: 20 – 22.
2. **Радовановић А**, Цупара С, Јанковић С. Карактеризација хлеба обогаћеног садржајем чичоке (*Helianthus tuberosus* L.) за хуману употребу. 3th National Congress in Rational Medical Therapy. *Rational Therapy – Book of Abstracts* 2011; 3(1): 70 – 71.
3. Jakovljevic M, Jovanovic M, Nikic K, **Radovanovic A**, Pirkovic I, Djukic Dejanovic S and Yamada T. Inpatient detoxification and low enforcement costs related to acute drinking event. *European Society for Biomedical Research on Alcoholism 13th Congress. Alcohol and Alcoholism, Book of Abstracts*. 2011; 46(1): i26.

8.6 Идентификациона страница докторске дисертације

<i>I. Аутор</i>
Име и презиме: Ана М. Радовановић
Датум и место рођења: 26.09.1985. године, Крагујевац
Садашње запослење: Асистент за ужу научну област фармацеутска технологија, Факултет медицинских наука Универзитета у Крагујевцу
<i>II. Докторска дисертација</i>
Наслов: Утврђивање нутритивне вредности производа који садрже <i>Helianthus tuberosus</i> L. Asteraceae
Број страница: 90 (без Прилога)
Број слика: 17
Број библиографских података: 176
Установа и место где је рад израђен: Факултет медицинских наука Универзитета у Крагујевцу и Факултет за храну и управљање у туризму, Манчестер Метрополитен Универзитет, Велика Британија.
Научна област (УДК): Медицина (клиничка и експериментална фармакологија)
Ментор: Доц. др Снежана Цупара
<i>III. Оцена и одбрана</i>
Датум пријаве теме: 21.02.2012.
Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације: 322/9, од 28.06.2012.
Комисија за оцену подобности теме и кандидата: 1. Доц. др Снежана Цупара, председник 2. Проф. др Слободан Јанковић, члан 3. Проф. др Милица Нинковић, члан
Комисија за оцену докторске дисертације: 1. Проф. др Драган Миловановић, председник 2. Проф. др Слободан Јанковић, члан 3. Проф. др Милица Нинковић, члан
Комисија за одбрану докторске дисертације: 1. Проф. др Драган Миловановић, председник 2. Проф. др Слободан Јанковић, члан 3. Проф. др Милица Нинковић, члан
Датум одбране дисертације:

ОБРАЗАЦ 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Ана Раговацковић
број уписа 56/2009

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом
Учврђивање нутритивне вредности производа који садрже
Helianthus tuberosus L., Asteraceae

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Крагујевцу, 21.10.2013.

А. Раговацковић

ОБРАЗАЦ 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Ана Раговановић
 Број уписа 56/2009
 Студијски програм Докторске академске студије - Клиника и експериментална фармакологија
 Наслов рада Испитивање фитотерапеутичких производа који садрже Helianthus tuberosus
 Ментор доц. др. Снежана Лузгара L. Asteraceae

Потписани Ана Раговановић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Крагујевцу.

Потпис аутора

У Крагујевцу, 21.10.2013.А. Раговановић

ОБРАЗАЦ 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Крагујевцу унесе моју докторску дисертацију под насловом:
Утврђивање нутритивне вредности производа који садрже
HELIANTHUS TUBEROSUS L. ASTERACEAE
 која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Крагујевцу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство - некомерцијално - без прераде
4. Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
5. Ауторство - без прераде
6. Ауторство - делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, чији је кратак опис дат је на обрасцу број 4.).

Потпис аутора

У Крагујевцу, 21.10.2013.

A. Rogovacki