

Биотехнологије у функцији глобалних циљева одрживог развоја

Радослав Грујић

Сажетак: Повећање броја становника на Земљи захтијева производњу велике количине хране потребне да се оно прехрани. Да би се задовољиле потребе за месом и протеинима животињског поријекла, потребно је значајно повећати број животиња за производњу меса. Међутим, повећање индустријског узгоја животиња је ограничено. Оно ће у будућности бити под великим притиском и ограничењима због негативног утицаја на животну средину, јавно здравље и добробит животиња. Да би се смањиле негативне посљедице кориштења меса, траже се други извори протеина, тзв. алтернативе (замјене, аналози) меса. Захтијева се да нови производи имају сличне нутритивне и сензорне особине као традиционално произведено месо и мали утицај на околину и здравље људи. Осим биљних протеина, велику шансу да у скорој будућности постану замјена за месо имају култивисано (узгојено) месо и протеини екстраховани из биомасе добијене узгојем једноћелијских организама (бактерије, гљивице, микроалге и квасци). Култивисано месо је месо узгојено *in vitro* из животињских ћелија. На овај начин могуће је да се месо производи без клања животиња.

Цитирање: Грујић Р (2025) Биотехнологије у функцији глобалних циљева одрживог развоја. У: Стојисављевић Д, Тркуља Р, Пржуљ Н (уредници) Храна и исхрана. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LXIV:73–120

Cite as: Grujić R (2025) Biotechnologies in Function of Global Sustainable Development Goals. In: Stojisavljević D, Trkulja R, Pržulj N (eds) Food and human nutrition. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LXIV:73–120

Циљ овог поглавља монографије је да се прикажу и анализирају приједлози једног броја рјешења за производњу и кориштење алтернатива за месо, укључујући питања везана за потенцијалне користи и штете за животну средину, перцепцију потрошача, успостављање и поштовање прописа, итд. Да би се то постигло анализирани су најновији научни радови о овој теми. Према анализираним радовима, неопходно је повећати производњу алтернатива меса и тиме смањити еколошке и здравствене проблеме повезане са конзумирањем меса. Развој алтернативних протеина (култивисано месо, биљни протеини и микропротеини) повећава оптимизам код свих који желе смањити индустријски узгој животиња. Међутим, још увијек у потпуности нису јасни ставови потрошача према овом питању. Без промјене ставова потрошача о узгојеном месу, резултати до којих се дође током научних истраживања неће бити пренесени у праксу кроз развој и кориштење нових протеинских производа.

Кључне ријечи: алтернативе меса, вјештачко месо, култивисано месо, перцепције потрошача, циљеви одрживог развоја

2.1. Увод

Број становника у свијету је у великој експанзији и очекује се да ће до 2050. године он прећи 9 милијарди. Постојећи ресурси за производњу хране су ограничени (Azagoh et al. 2016; Chriki and Hocquette 2020). Да би се задовољиле потребе растуће популације према предвиђањима Организације за храну и пољопривреду (ФАО) до 2050. године биће потребно повећати производњу хране од количине хране која се производи сада (UN 2019). Процјењује се потреба повећања производње хране за најмање 70% у односу на садашњи ниво. Поред тога, сматра се да постојећи начин производње хране негативно утиче на животну средину. Како би допринијело рјешавању питања расположивости и безбједности хране у свијету, а уз смањење утицаја на животну средину, сточарство ће морати претрпјети одређене промјене (Willett et al. 2019).

Да би се то остварило, потребно је наћи нове одрживе технике за производњу хране, као и алтернативне одрживе изворе протеина неопходних за производњу хране и хране за животиње (Sun-Waterhouse et al. 2016; Leni et al. 2019). Дакле, постоји велика потреба да се традиционална пракса у производњи хране промијени и да се пронађу нови извори протеина који имају мањи утицај на околину (на примјер, потрошња воде, емисија гасова стаклене баште, итд.) од утицаја који проистичу од

конвенционалних извора (на примјер, узгој говеда, оваца, свиња и живине). У том смислу, као алтернативе месо и протеинима испитују се замјене за месо добијене на бази сировина биљног поријекла, микопротеина (тј. протеина из квасца, бактерија, фотосинтетских микроалги и цијанобактерија), макроалги (црвене морске алге), инсеката, те узгојено месо као потпуно нови производ (Lähteenmäki-Uutela et al. 2019; Грујић 2020; Green et al. 2022; Rawiwan et al. 2022; Грујић 2022).

Савремени начин исхране и савремени системи за производњу хране омогућавају одржавање, исхрану, запослење становништва у свијету. Међутим, систем исхране у свом садашњем облику наноси озбиљну штету планети, здрављу људи и животиња (Bryant 2022). У литератури се анализирају различити узроци и даје образложење претходне констатације. Исхрана богата храном животињског поријекла узрокује више штете по околину од исхране намирницама биљног поријекла (Nelson et al. 2016). Осим директног утицаја (емисија гасова стаклене баште), пољопривреда подстиче крчење шума, кориштење слатке воде и еутрофикацију (Ђекић 2015). Сточарство негативно утиче на околину и климу, јер емитује велику количине гасова стаклене баште, а гнојиво и пестициди који се користе током производње сточне хране, деградирају земљиште и угрожавају квалитет воде. Поред тога, ова производња утиче на велику потрошњу ресурса нпр. воде, енергије и земљишта (Ђекић 2015).

Иако су традиционалне технологије у пољопривредној производњи и преради хране неопходне за исхрану становништва, оне утичу на стварање велике количине штетних гасова стаклене баште. Стога је неопходно истражити алтернативне методе за допуну и/или замјену постојећих извора хране. Крајем 2020. године у Сингапуру је издато прво одобрење за кориштење узгојеног меса као састојка за нове прехранбене производе који ће ускоро бити доступни на тржишту (Smith et al. 2022). Од 77% пољопривредног земљишта у свијету, које се користи у производњи меса, оно у исхрани обезбјеђује свега 18% енергије и 37% укупних протеина (UN 2019; 2020). Додатно ограничење представља, потреба да се обрадиво земљиште користи искључиво за производњу сточне хране, умјесто за производњу хране за људе. Сљедећа група проблема је везана за складиштење и прераду животињског стајњака, који у околину испушта амонијак, метан и угљен-диоксид. Током варења стока испушта метан (једна крава може ослободити 250-500 L метана/дан) (Johnson and Johnson 1995), што доприноси повећању концентрације гасова стаклене баште, повећавајући глобално оптерећење које утиче на климатске промјене. Транспорт меса доводи до даљег повећања емисије гасова стаклене баште.

Добробит животиња је додатна брига, с обзиром да се процјењује да се у сврху производње меса сваке године закоље 77 милијарди животиња (FAOSTAT 2021).

Више истраживања и објављених извјештаја позивају на смањење потрошње меса, посебно у развијеним земљама (IPCC 2018; Willett et al. 2019; Dasgupta 2021). Сточарство у садашњем облику је неодрживо, јер не обезбјеђује довољно хране за садашњу популацију, а стање ће бити додатно погоршано са глобалним растом популације у наредним деценијама.

Овај преглед има двоструки циљ. Прво, кроз анализу радова публикованих у часописима који се реферишу у ScienceDirect и Scopus базама, биће дат допринос објашњењу потреба и начину рјешавања питања у вези са производњом и кориштењем алтернатива месу и анализи доприноса нових производа у достизању циљева одрживог развоја УН. Друго, анализираће се ставови потрошача о прихватљивости нових производа у својој исхрани.

2.2. Утицај производње хране на кориштење ресурса

Активности за ублажавање еколошких посљедица повезаних са храном на нивоу потрошача захтијевају смањење потрошње производа животињског поријекла. Смањење потрошње меса у свијету, посебно у земљама у којима је потрошња меса велика, висока или растућа, према мишљењу више истраживача (Martin and Brandão 2017; Stoll-Kleemann and Schmidt 2017) може довести до значајног смањења емисија гасова стаклене баште и других штетних утицаја повезаних са климатским промјенама.

Вода, енергија и храна су основни ресурси за постизање одрживог друштвено-економског развоја (Karabulut et al. 2016). Као резултат раста броја становника, промјене начина исхране и присутних климатских промјена, потражња за водом, енергијом и храном стално расте (de Fraiture and Wichelns 2016), а могућности снабдијевања су ограничени (Schewe et al. 2014). Како се очекује, у будућности ова ситуација ће се додатно погоршати (Qin et al. 2022). Према актуелним предвиђањима до 2030. године потражња за храном, енергијом и воденим ресурсима ће порасти за 35%, 50% и 40%, респективно (National Intelligence Council 2012). Предвиђени раст броја становника у свијету (од 25% до 2050. године) и повећање глобалног благостања по глави становника, додатно ће повећати потражњу за протеинима животињског поријекла (Apostolidis and McLeay 2016; Charles et al. 2018). Како потражња буде расла тако ће се између сектора воде,

енергије и хране повећавати конкуренција за ресурсима. На примјер, између производње хидроенергије и пољопривредног наводњавања у сливу ријека расте конкуренција за водним ресурсима. Са друге стране, постоји међусобна повезаност сектора за производњу хране, енергије и воде (Zhang et al. 2019). Током производње и прераде хране троши се много воде и електричне енергије. Надаље, рјешења примијењена у једном сектору (храна, енергија или вода) могу имати нежељене и опасне посљедице у другим секторима (Eftelioglu et al. 2017). На примјер, велике промјене у кориштењу земљишта у сврху повећања производње биогорива, стварају проблеме у сектору производње хране.

За постизање више циљева одрживог развоја (СДГ) важну улогу имају системи управљања и иновације у прехранбеном сектору (Stojanović i sar. 2021). Soucke et al. (2022) наводе више примјера иновација у овој области: производња протеина из токова органског отпада уз помоћ микроорганизама, персонализована исхрана, аутоматизација и роботика у пољопривреди, фиксација азота у житарицама.

2.3. Биотехнологије, производња хране и одрживи развој

Индустријска биотехнологија спада међу најиновативније и најпродуктивније гране индустрије и има стабилан економски раст, што даје нове могућности за унапређење постојећих и успостављање нових ланаца снабдијевања (Stalidzans and Dace 2021). Биотехнологија је еколошки више прихватива од хемијске индустрије. Као предност биотехнологије у односу на хемијску индустрију често се наводе сљедеће чињенице: (а) употреба обновљивих биоресурса умјесто необновљивих ресурса базираних на нафти, (б) производња биоразградивих производа умјесто неразградивих и/или нерециклабилних производа и (в) уклањање токсичног индустријског отпада и гасова, итд.

Међутим, допринос биотехнологије у очувању животне средине прате одређене контроверзе. На примјер, као основна сировина за ферментацију у биотехнологији користи се биомаса. Познато је да биомаса спада у обновљиве ресурсе. Ипак, за процјену утицаја биотехнологије на животну средину у обзир треба узети укупно оптерећење околине (на примјер, инпути ресурса потребних за добијање и обраду биомасе као сировине). Поред тога, неопходно је анализирати степен конкурентног кориштења земљишта за узгој биомасе за производњу горива или хемијских сировина у односу на кориштење земљишта за узгој хране и одржавање биолошке разноликости шуме која служи као највећи пречистач угљен-диоксида у свијету.

Због бољег разумијевања сложених и међусобно повезаних посљедица узрокованих активностима људи, еколошка, економска и друштвена одрживост различитих биопроцеса постају све важнији. У контексту индустријске биотехнологије, одрживост се може дефинисати као оптимизација економских, еколошких и друштвених трошкова и користи од производње кроз ефикасно кориштење обновљивих ресурса, избегавање стварања гасовитог, течног или чврстог отпада и токсичних супстанци. Тако се обезбјеђују биосигурност, поштивање етичких стандарда и друштвено прихватање профитабилне производње и прераде биолошких производа (Stalidzans and Dace 2021).

Критеријуме за процјену одрживости индустријске биотехнологије не треба ограничити само на кориштење обновљивих извора или производњу производа на бази биоматеријала. Одрживост индустријске биотехнологије мора укључити концепт нулте стопе отпада и нулте емисије, биосигурност и друштвено прихватање процеса и производа, те укупну економску корист. То значи да је током процјене оптималности биотехнолошке производње неопходно сагледати економске, еколошке и друштвене аспекте одрживости (Stalidzans and Dace 2021).

Одрживост биотехнолошких процеса треба посматрати у контексту циљева одрживог развоја УН (UN 2015; Biglari et al. 2022). Биоиндустрија има своју улогу у достизању већине од 17 циљева одрживог развоја (Takors 2020). Одрживост различитих биопроцеса постаје све важнији параметар због раста разумијевања посљедица различитих активности људи (Rogers et al. 2005).

2.3.1. Биоинжењеринг у производњи хране

Европска комисија (ЕС) усвојила је стратегију за развој пољопривредне производње познату као *Стратегија од фарме до виљушке* (F2F) (European Commission 2020). Овај документ је веома важан за постизање циљева одрживог развоја Уједињених нација (СДГ) (Purnhagen et al. 2021). Стратегија F2F подржава развој и примјену нових иновативних технике, укључујући биотехнологију. Са друге стране, стратегија промовише органску пољопривреду. Познато је да органска пољопривреда и прерада органских производа законски искључују употребу ГМО. Многи креатори политика и интересне групе, укључујући невладине организације (НВО), наглашавају да политике о органској производњи и политике о модерним биотехнологијама треба да се усвајају и примјењују као строго одвојене политике. Према ЕУ Уредби 2018/848 (EU 2022) органска производња и перцепција потрошача о органским производима су некомпатибилни са ГМО. Постојећи

прописи ЕУ захтијевају одвајање органске производње од употребе ГМО. Међутим, прописи изричито не забрањују органску производњу хране са ГМО. То отвара следећу дилему: да ли је прихватљива органска производња хране током које су кориштени ГМ микроорганизми, ако се сматра да је то храна произведена са ГМО. Више деценија потрошачи конзумирају производе који су направљени уз помоћ ГМО технологије (Wesseler 2015). На примјер, органско пиво, хљеб, сир и други производи могу се производити кориштењем ГМ квасца и ГМ бактерија или ензима које су произведени помоћу ГМО (Грујић и сар. 2020).

Одређени број производа, који су резултат примјене нових техника у оплемењивању биљака, тренутни правни оквир ЕУ дефинише као генетски модификоване (ГМ) организме (ГМО). У вези са тиме, постављено је питање да ли се биотехнологија и органска пољопривреда могу развијати и промовисати истовремено и како то може допринијети постизања циљева СДГ (Purnhagen et al. 2021).

Без обзира на чињеницу да је тешко оправдати тако стриктно раздвајање *органског, конвенционалног и ГМО* са научног стајалишта, без промјене прописа, планирано повећање органске производње у F2F стратегији може резултирати мање одрживим прехранбеним системима.

Сматра се да органска пољопривреда узрокује мање штете по околину од конвенционалне пољопривреде, јер користи мање загађивача околине, нпр. употреба вјештачких заштитних средстава и неорганског гнојива (Clark and Tilman 2017). На овај начин, органска пољопривредна производња доприноси постизању СДГ 13 и 15. Потражња за храном је велика. Она и даље расте у свијету. За смањење глади и достизање СДГ 2 потребно је пратити количину производње хране и по могућности је повећати. Многи позитивни еколошки ефекти на СДГ органске производње нестају када се у обзир узму апсолутне потребе за храном и количина произведене хране у односу на површину за то потребног земљишта (Tuomisto et al. 2012). Познато је да један хектар органски обрађеног земљишта даје мањи принос од једног хектара конвенционално обрађеног земљишта (наравно, под условима који омогућавају ефикасну употребу конвенционалних пољопривредних метода).

Повећање површина органског пољопривредног земљишта може негативно утицати на коришћење земљишта. Интензитет тих утицаја је различит. У неким случајевима посљедице су мале (на примјер, проста конверзије постојећег конвенционалног пољопривредног земљишта у органско земљиште без великог губитка приноса у одређеним регијама, као што су подручја са иначе ниским приносом код примјене конвенционалних

пољопривредних система), док су посљедице у другим случајевима велике и доводе до већег губитка приноса (на примјер, у подручјима са високим приносом конвенционалних пољопривредних система). Повећање површина органског пољопривредног земљишта захтијева додатну конверзију шума, мочвара или других природних станишта (Meemken and Qaim 2018). Кориштење нових површина земљишта и повећање површина које се користе за пољопривредну производњу угрожава природни биодиверзитет и тиме отежава пут за постизање СДГ 15. Више истраживања указује на чињеницу да емисија гасова стаклене баште, до које долази због додатне конверзије земљишта, може да елиминира потенцијалне користи везане за климатске промјене, а које произилазе из преласка на органску пољопривреду. На тај начин може се угрозити постизање СДГ 13 (Smith et al. 2019).

Са друге стране, климатске промјене ће утицати на одрживост постојећих пољопривредних система. Повећање средњих температура, промјена количине и режима падавина и чести временски екстреми у будућности ће створити нове стресове код усјева и повећати утицај штеточина и нових болести са драматичним посљедицама по биљни и животињски свијет. Органска пољопривреда са разноврснијом производњом у одређеној мјери може повећати отпорност система за производњу хране. Међутим, забрана примјене хемијских и биотехнолошких средстава, смањује алате које органска пољопривреда има за брзо прилагођавање на нове услове изазване климатским промјенама (Serra et al. 2008; Bebbber et al. 2014).

Међу истраживачима постоји страх да би се масовни прелазак на органску пољопривреду могао показати као услуга која је више одмогла него помогла глобалној одрживости. Нове технологије узгоја могу допринијети отклањању потенцијално негативних утицаја органске пољопривреде на одређене СДГ. Међу технологијама за побољшање органске пољопривреде убрајају се развој биљака отпорнијих на штетно дјеловање инсеката и боље прилагођавање климатским промјенама (Niggli 2015). То се може постићи уређењем генома помоћу нових техника. Очекује се да примјена биотехнолошких иновација у узгоју може смањити ризик органске пољопривреде од веће конверзије земљишта јер доприноси повећању приноса и смањењу потребе за новим површинама земљишта за органску производњу.

Биљке су током узгоја угрожене од патогена и штеточина. У наредним годинама се очекује повећање тог негативног утицаја. Употреба вјештачких пестицида је забрањена у органској пољопривреди. Средства и методе заштите које се тренутно користе у органској пољопривреди за контролу

оштећења усјева имају упитан утицај на здравље потрошача и околину. Поступци уређивања генома могли би повећати отпорност на штеточине и болести усјева без негативног утицаја на здравље људи и околину. На овај начин органска пољопривреда може допријети достизању СДГ 2, 13 и 15 (Niggli 2015). Повећање разноликости усјева може допринијети повећању отпорности производње на климатске промјене и тиме побољшати квалитет исхране људи, доприносећи тако постизању СДГ 2, 3, 13 и 15. Захваљујући напретку у молекуларној генетици, познате су кључне промјене које су током еволуције довеле до доминације ограниченог броја биљних врста. Наводе се два примјера: патуљасте гени (познати као *гени зелене револуције*) и гени који контролишу одговор биљака на дужину дан (Eshed and Lippman 2019). Међутим, да би се дошло до синергије кроз комбинацију органске пољопривреде и савремене биотехнологије и постигли циљеви F2F стратегије Европске уније, потребно је промијенити релевантно законодавство ЕУ, односно потребно је омогућити кориштења модерне биотехнологије, а посебно нових техника узгоја у органској производњи (Purnhagen et al. 2021).

2.4. Месо из алтернативних извора

Сточарска производња има велики утицај на околину. То чини систем производње меса кључним покретачем глобалних еколошких промјена (Ahmad et al. 2022). Смањење потрошње меса могло би побољшати одрживост пољопривредних екосистема. Да би се ово остварило, потребно је месо замијенити алтернативама из других извора које имитирају месо.

Будући да је месо још увијек незамјењива компонента obroка код већине потрошача, тешко га је искључити из редовне исхране потрошача (Love and Sulikowski 2018). Умјесто уклањања меса из obroка, могуће је да се оно замјени неком од алтернатива или замјена за месо (Alexander et al. 2017). Као прве замјене кориштени су сојини протеини, касније други биљни протеини. У посљедње вријеме проводе се истраживања и производња замјена за месо које у потпуности имитирају најважније карактеристике меса као што су укус, мирис, изглед и текстура (Smetana i sar. 2015; Kumar i sar. 2016; Ramos-Díaz et al. 2022). Замјене за месо се често праве од биљног материјала (на примјер, соја, орашасти плодови, итд.) или микопротеина.

Разјашњавање састава и структуре меса у молекуларним и биофизичким детаљима омогућило је кориштење „биомимикрије“, гдје се структура, текстура и укус меса могу репродуковати у немесним протеинима са нагласком на задовољство купаца (Smith et al. 2022). Нове замјене за месо

треба препознати као алтернативу месоу. Оне имају сличне нутритивне профиле као месо животињског поријекла. Алтернативе за месо помажу у ублажавању негативних утицаја узгоја стоке на животну средину и здравље људи. На крају, постоје бројне здравствене предности конзумирања алтернатива (замјена) меса, јер смањена конзумација меса може помоћи у смањењу нивоа холестерола и на тај начин допринијети спречавању неких болести срца. Свакодневно конзумирање меса, такође, је повезано са појавом карцинома (Hu et al. 2019).

Како би се превладали еколошки и здравствени проблеми везани са конзумирањем меса, неопходно је развити производњу алтернатива (замјена) меса (Marinova and Bogueva, 2019; Ahmad et al. 2022). У алтернативе меса убрајају се узгојено месо (*in vitro* културе ћелија или ткива), модификовано месо (генетски модификовани организми, ГМО) и замјене меса добијене из биљних извора (на примјер, протеини соје), једноћелијски протеини издвојени екстракцијом из биомаса добијене током узгоја бактерија, микроалги и квасца. Детаљно су анализиране предности и недостаци конзумирања алтернатива меса на бази биљака, гљива, алги и/или инсеката (Boukid and Gagaoua (2022).

Потражња за алтернативама меса у посљедњим годинама нагло расте и очекује се наставак раста (Boukid and Gagaoua 2022), стога је потребно развити нове производе који имају сличне нутритивне и сензорне карактеристике као традиционално месо (Pavan et al. 2017). Мотиви који покрећу овај раст могу бити различити и углавном обухватају бригу у вези са заштитом здравља и етичким питањима, те бригу о добробити животиња и потенцијалном утицају производње меса на околину. Алтернативе за месо више нису тржишна ниша (намијењени само вегетаријанцима и веганима), већ оне постају *mainstream* (конзумирају их и месоједи и флекситаријанци). Ове промјене су посљедица напретка у дизајну нових производа, садржају вриједних састојака и иновативним технологијама које воде ка побољшању квалитета производа.

Основни извор за производњу алтернатива меса тренутно су биљни протеини (Ahmad et al. 2022). Међутим, ови извори не могу задовољити огромну потражњу тржишта за алтернативама меса. Према томе, помак ка одрживијим изворима протеина може смањити притисак на производњу алтернатива меса на бази биљних протеина и производа од конвенционално узгојеног меса. Како би се отклонио тренутни недостатак протеина користи се више нових извора протеина (на примјер, јестиве гљиве, алге и инсекти).

2.4.1. Алтернативе за месо биљног поријекла

Алтернативе (замјене) меса на бази биљних сировина, представљају добар извор протеина, а њихова конзистенција, боја, храњива вриједност и укус могу се прилагодити одређеним врстама меса (Choudhury et al. 2020). Протеинима из гљива, риже, соје и глутену из пшенице могу се додавати адитиви за кориговање укуса, што омогућава израду готових производа који подсећају на месо (Joshi and Kumar 2015). Тофу је производ добијен из протеина соје, који се дуго користи као замјена за месо. Већина алтернатива за месо израђених на основу биљних сировина производе се као текстурирани биљни протеини (ТБП) (Grujić i sar. 1988; Grujić i sar. 1990). За њихову производњу примјењује се процес екструзије (Grujić i sar. 1994; Ramos-Diaz et al. 2022).

Протеини соје се дуго користе у производњи намирница биљног поријекла које се нуде као замјене за месо. Предвиђа се да ће до 2026. године тржиште протеина биљног поријекла у Европи достићи вриједност од 3,8 милијарди УСД (Mordor Intelligence 2021). Пажњу привлаче и други биљни протеини: протеини сусама, протеини пасуља, протеини грашка, протеини из сјемена уљане репице, протеини махунарки, глутен из пшенице, и други биљни протеини (Grujić i Petrović 1989; Grujić i Petrović 1990; Mulalić i Grujić 1991; Vasiljević i Grujić 1995; Vasiljević i sar. 1998; Grujić i sar. 2012; Grujić i sar. 2014; Liu et al. 2022; Jia et al. 2021; Hinderink et al. 2021; Özdemir et al. 2022; Mekala et al. 2022; Ahmad et al. 2022).



Сл. 2.1. Структура алтернатива меса добијених из (а) протеина зоби и (б) протеина грашка након рехидрације (Kaleda et al. 2021)

Fig. 2.1. Structure of meat alternatives derived from (a) oat and (b) pea proteins after rehydration (adapted from Kaleda et al. 2021)

Наведене замјене за месо садрже малу количину масти, јер се израђују од обезмашћених сировина. У неким случајевима дио масти се замјењује са влакнима биљног поријекла (Grujić i Petrović 1987; Grujić i sar. 2014). Додавање уља или масти током обраде утиче на формирање влакнасте структуре производа, те утиче на побољшање укуса и мекоће (Geerts et al. 2018).

Замјене (алтернативе, аналоги) су супстанце које су по структури сличне једна другој, али се разликује по саставу. Аналоги меса или имитација меса у овом случају су производи који су по структури слични месу, али се значајно разликују по саставу. На Сл. 2.1. су приказана влакна зоби и протеини грашка који су обрађени екструзијом у сврху производње аналога влакнима меса (Kaleda et al. 2021).

Брзи раст броја становника у свијету, глобално загријавање и питања добробити животиња, утицали су на произвођаче хране да протеине животињског поријекла замијене са протеинима биљног поријекла. Ефикасна употреба различитих протеина биљног поријекла омогућила је развој нових прехранбених производа са високом нутритивном вриједношћу, а који су добро прихваћени код потрошача (Yano and Fu 2022). Ефикасна употреба протеина биљног поријекла довела је до развоја производа са ниским удјелом угљених хидрата и високим садржајем протеина. Развој прехранбене технологије довео је до израде биљних сирева, сојиног меса и других производа на бази биљних протеина.

Потражња за храном са ниским садржајем угљених хидрата и високим садржајем протеина је у порасту (Röhling et al. 2021). Расте број становника који свакодневно конзумирају месо, што је довело до несташнице меса у свијету (Henchion et al. 2021). Познато је да неки људи не једу месо из религијских убјеђења или због начина живота (Bakaloudiet al. 2021). У свијету расту свијест о штетном утицају производње меса на животну средину и свијест о добробити животиња. Наведени фактори подстичу производњу биљних алтернатива животињском месу. Међутим, значајан број потрошача не прихвата *замјену животињских протеина* са биљним протеинима због неспремности за промјену навика у исхрани (Varela et al. 2022). Стога истраживачи и произвођачи хране интензивирају своје напоре у развоју висококвалитетних биљних протеина, који ће бити прихваћени код већине потрошача.

Захваљујући брзом напретку прехранбене технологије развијене су нове намирнице од биљних протеина, које су готово идентичне оригиналним производима животињског поријекла: месо на бази биљних протеина са влакнастом струкуром (Ramos Diaz et al. 2022) биљне пљескавице чија боја

се током загријавања мијења из црвене у смеђу (Sakai et al. 2022) и веганске јаја са течним бјеланцем и жуманцем (Boukid and Gagaoua 2022).

Произвођачи су тренутно фокусирани на иновације у технологији прераде и креирању нових формулација производа у циљу побољшања карактеристика квалитета готових производа од којих се очекује да имају карактеристике које максимално личе на особине меса. Укључивање различитих прехранбених адитива који помажу формирању текстуре, сочности, осјећаја у устима и укуса, које личе на ова својства меса, код дијела становништва изазива забринутост у погледу храњиве вриједности и безбједности хране, цијене и повјерења потрошача (Ahmad et al. 2022).

Међутим, у будућности се могу појавити дјеца која никада у животу нису видјела животињско месо, баш као што данашња дјеца нису видјела црно-бијели телевизор, касете или дискете. Када дође то вријеме, истраживачи хране би могли престати опонашати оригиналну "старинску" храну и почети развијати нутритивну, еколошки прихватљиву нову храну (Yano and Fu 2022). У блиској будућности, истраживачи ће развити иновативну храну која неће опонашати, већ надмашити оригиналне прехранбене производе.

Биљни протеини се, такође, могу користити за бојење и ароматизовање (на примјер, употреба легхемоглобина из соје, који Impossible Foods тренутно користи као додаток њиховом алтернативном месу (Anderson et al. 1996). Друге технологије као сировине употребљавају биљни материјал који микроорганизми могу искористити за производњу алтернативних протеина. Ове технологије су омогућиле дизајнирање биљних протеина који личе на друге намирнице: млијечни производи (млијеко и јогурт на бази зоби, сладолед, протеини бјеланцета јајета из сировина биљног поријекла, односно без удјела кокошијег јајета (Doering 2020; Chobani 2021).

Алтернативе производима животињског поријекла, израђене на биљној основи, представљају једноставан и изводљив начин за смањење потрошње производа животињског поријекла. Својства ових производа (на примјер, укус, цијена и погодност за кориштење) прихватљива су за потрошаче. У свијету је присутна тенденција да се повећа утицај алтернативе на смањење потражње за производима животињског поријекла, а да при том из исхране не потисну друге врсте хране биљног поријекла (Bryant 2022).

2.4.1.1. Утицај на постизање СДГ

Алтернативе за месо, које су израђене на биљној основи, имају мањи негативан утицај на животну средину од меса (Clune et al. 2017; Poore and

Немецек 2018). Ефикасна употреба биљних протеина у развоју ове врсте прехрамбених производа доприноси одрживости (Aimutis 2022). Њена употреба значајно утиче на постизање СДГ (Kraak 2022). Производња алтернатива за месо има мањи угљенични отисак. У односу на конвенционални начин производње меса, за производњу алтернатива је потребна мања површина земљишта и током њихове производње користи се мања количина воде.

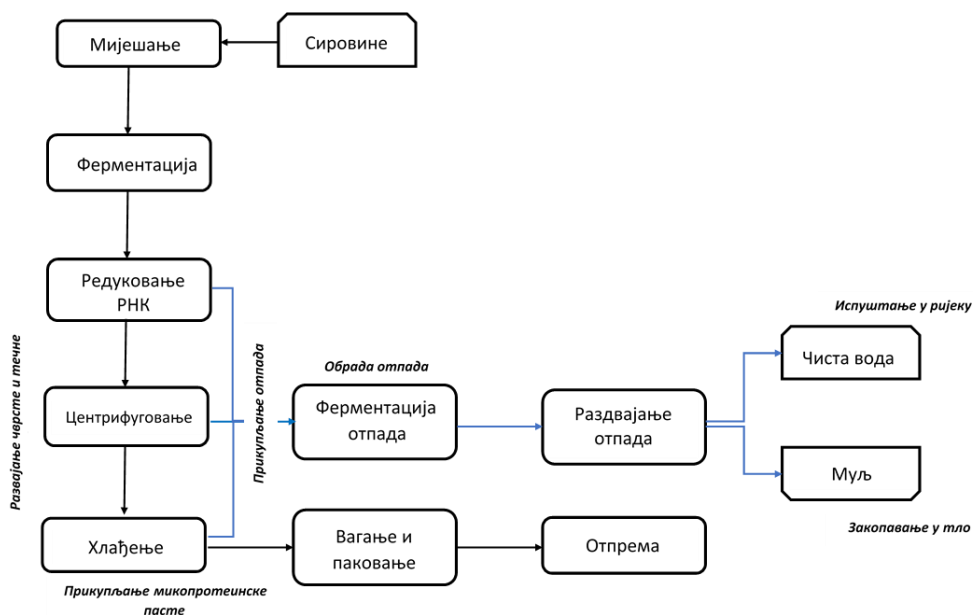
Приказани су упоредни подаци о утицају традиционалне производње меса и производње алтернатива на биљној основи на животну средину: средњи отисак гасова стаклене баште у производњи биљних алтернатива био је мањи од отиска меса перади (мање за 43%), свињског меса (мање за 63%) и говеђег меса (мање за 93%). Поред тога, средња употреба земљишта за производњу алтернатива била је мања у поређењу са месом перади (мање за 77%), месом свиња (мање за 82%) и говеђим месом (мање за 98%). Коначно, средњи водени отисак био је мањи од меса перади (мање за 76%), говедине (мање за 77%) и свињског меса (мање за 89%) (Santo et al. 2020).

Кроз анализу животног вијека, праћена су три производа (свињска шницла и двије врсте шницле на бази соје – вегетаријанска и веганска) и анализирали њихов утицај на околину и допринос задовољењу нутритивних потреба потрошача. Током анализе аутори су посматрали исту количину производа (1 кг) и утврдили да, према већини праћених индикатора, шницле од свињског меса имају највећи утицај на животну средину. У односу на количину и квалитет протеина, утицај шницле од соје је, према више индикатора, био већи од утицаја шницле од свињског меса. Веганска шницла од соје имала је мањи утицај на околину од вегетаријанске, посебно када се у обзир узме и квалитет протеина. Највећи допринос еколошком утицају шницле од свињског меса потиче од хране за свиње и употребе енергије током клања и прераде меса. Са друге стране, највећи допринос утицају на животну средину који потиче од сојиних шницли имају концентрат сојиних протеина, сунцокретово уље и утрошак енергије. Поред наведеног, допринос утицају вегетаријанске шницле од соје имају протеини из кокошјих јаја која су кориштена за израду овог производа. Аутори су закључили да је из еколошких и нутритивних разлога за замјену шницли од свињског меса боље користити веганске шницле од соје него вегетаријанске шницле од соје. Утицај вегетаријанских шницли од соје на околину може се смањити када се из рецептуре изоставе протеини из кокошјих јаја који, иако се додају у малој количини, имају велики утицај на околину. Друга могућност за смањење утицаја обадвије врсте шницли на животну средину је кориштење мање количине уља за пржење, уколико то технолошки захтјеви дозвољавају (Mierlo et al. 2022).

2.4.2. Микопротеини као алтернативе месу

Микопротеин је протеин добијен ферментацијом филаментозних гљивица (на примјер, *Fusarium venenatum*), које се производе у индустријским условима (Muhammad et al. 2021). То су нискоенергетски производи, који су богат извор вриједних састојака. Микопротеини садрже све есенцијалне аминокиселине, а вриједност нето искориштења протеина је приближна искориштењу протеина из млијека. У исхрани микопротеини могу обезбиједити широк спектар неорганских супстанци (на примјер, жељезо, цинк, натријум, селен, манган, калцијум, фосфор и витамин Б₂) (Derbyshire and Delange 2021). Супстрати микопротеина могу се користити за производњу производа, који су погодни за људску исхрану (Ritala et al. 2017).

Дат је опис израде Quorn производа који личе на месо и приказана шема њихове производње (Ahmad et al. (2022). Такође, приказан је опис овог процеса (Meyer et al. 2020) Сл. 2.2)



Сл. 2.2. Шематски приказ процеса за производњу Quorn-микопротеина (прилагођено према Meyer et al. 2020)

Fig. 2.2. Schematic representation of the process for the production of Quorn-mycoprotein (adapted from Meyer et al. 2020)

У производњи биомасе микопротеина може се користити агроиндустријски отпад као што је индустријски грашак и лигноцелулозни отпад (Ritala et al. 2017; Souza Filho et al. 2018). За микробну производњу микопротеинске биомасе из агроиндустријског отпада обично се користе два основна начина ферментације: потопљена ферментација (SmF) и ферментација у чврстом стању (SSF) (Stoffel et al. 2019; Landeta-Salgado et al. 2021a; 2021b).

2.4.2.1. Утицај на достизање СДГ

Протеини микроорганизама, посебно микопротеини, могу дјелимично или у потпуности замијенити протеинску храну животињског поријекла као што је месо (Hashempour-Baltork et al. 2020). Утицај на околину од производње микопротеина је знатно мањи од утицаја конвенционалне производње меса: отисак угљеника у производима микопротеина је мањи од производње говедине и пилетине (10 и 4 пута, респектабилно), током производње говеђег меса користи се знатно више земљишта и воде (10 и 20 пута, респектабилно) него за производњу микопротеина.

Употреба микопротеина као додатака храни може смањити проблеме несташнице хране у државама са брзорастућом популацијом. Садашњи налази су показали да су биолошке вриједности и садржај есенцијалних састојака у микопротеинима релативно слични вриједностима у месу. Садржај витамина Б групе у микопротеинима је већи него у месу (Hashempour-Baltork et al. 2020). Када се анализирају еколошки аспекти, може се видјети да производња микопротеина захтијева мању потрошњу воде и обраду мање површине земљишта (просјечно 20 односно 23 пута мање од производње меса). Неке болести које се преносе храном и садржај холестерола у крви могу се ограничити кориштењем микопротеина. У микопротеинима није утврђено присуство микотоксина. Утврђено је да током узгоја, у комерцијалним Quorn производима не настају токсини или се они уклањају током накнадне обраде (Hashempour-Baltork et al. 2020).

Иако имају низ предности, због недостатка у технологији производње микопротеини нису стекли довољно велику популарност у свијету. Стога је потребно наставити са истраживањима и радити на развоју нових метода у производњи микопротеина. Поред тога, потребно је наставити истраживање о алергијским и токсичним утицајима микопротеина и оптимизацији њихове производње, те смањењу могућности мутагености гљивица за индукцију микотоксина.

2.5. Алтернативе на бази биомасе микроалги и алги

Замјене за месо на бази микроалги су обећавајућа иновација у производњи хране из више разлога (Weinrich and Elshiewy 2019). Што се тиче еколошке производње хране, микроалге се могу производити на необрадивим површинама уз високу производњу по јединици површине. Осим тога, замјене за месо на бази микроалги могу се сматрати здравим јер садрже прихватљиве, висококвалитетне, нутритивно вриједне протеине. Микроалге су једноћелијски организми који садрже велику количину есенцијалних омега-3 масних киселина (Becker 2006). Оне садрже састојке са антиоксидативним, антихипертензивним, имуномодулирајућим или антиканцерогеним дјеловањем. Повећање производње замјена за месо на бази микроалги имало би позитиван утицај на одрживу и еколошку производњу хране, те представља добар потенцијал за побољшање здравља потрошача.

Биомаса микроалги садржи висок ниво есенцијалних нутријената и различитих функционалних једињења. С обзиром на еколошке предности производње биомасе микроалги, она представља одрживи састојак за производњу основне хране високог квалитета и сировина за производњу замјена/допуна основној храни. Додавање микроалги у традиционалну храну омогућава већи унос нутритивних састојака и доприноси унапређењу здравља без потребе за мијењањем прехранбених навика великог броја људи. Производња микроалги и њена примјена у основној храни може допринијети развоју концепта циркуларне економије и биоекономије. То значи да биотехнологија микроалги утиче на одрживост, развој, иновације, вриједности засноване на знању и конкуренцији. Биотехнологија микроалги, такође, доприноси постизању неких од циљева одрживог развоја УН (нула глади, живот на копну, живот испод воде, одговорна потрошња и производња) (Gohara-Beirigo et al. 2022).

Истраживањем прихватљивости замјена за месо на бази микроалги код потрошача бавили су се Вајнрих и Гаслер (2019).

2.5.1. Утицај на достизање СДГ

Могућности кориштења биотехнологије микроалги биле су предмет истраживања у сврху постизања циљева одрживог развоја Уједињених нација, укључујући: нулту глад, чисту воду, приступачну и чисту енергију, одговорну потрошњу и производњу, живот испод воде и живот на копну). Нове могућности примјене биотехнологије микроалги показују способност

микроалги да ријеше неке од поменутих изазова смањењем садржаја загађивача воде, као и обезбјеђивањем извора одрживо произведених сировина за развој производа. Доприноси биотехнологије микроалги за постизање појединачних циљева одрживог развоја могу се приказати на сљедећи начин (Sutherland et al. 2022):

- а) СДГ-2 (Нулта глад): протеини микроалги служе као нутритивна алтернатива протеинима животињског поријекла чиме доприносе задовољењу све веће глобалне потражње за протеинима, а нутријенти добијени из микроалги доприносе рјешавању недостатака микронутријената потребних за унапређење здравља становништва.
- б) СДГ-6 (Чиста вода): системи за пречишћавање отпадних вода базирани на микроалгама могу обезбиједити исплатив и ефикасан третман отпадних вода за локалитете и земље у којима би механичко/хемијско пречишћавање било скупо.
- в) Биомаса добијена третманом отпадних вода од микроалги може се користити као извор биогаса, што представља подршку СДГ-7 (Приступачна и чиста енергија).
- г) Алтеративни производи добијени од микроалги, као што је биопластика, могу помоћи у смањењу потрошње фосилних горива и побољшати њихову биоразградивост, што је прилог достизању СДГ-12 (Одговорна потрошња и производња).
- д) СДГ-14 (Живот испод воде): кориштењем филаментозних алги за уклањање нутријената из слатких и морских вода могу се смањити онечишћења нутријентима.
- ђ) Биостимулатори из микроалги могу утицати на побољшање стања земљишта и раст биљака, што представља подршку постизању СДГ-15 (Живот на копну).

Биотехнологија микроалги интегрише и повезује бројне СДГ, а резултати у постизању једног СДГ утичу на позитивне резултате у другим СДГ. Да би се остварио пуни допринос биотехнологије микроалги у постизању СДГ, потребно је наћи рјешења за неколико препрека на том путу (оптимизација производње, осигурање исплативости узгоја микроалги, улагање у развој технолошких иновација у узгоју и примјени микроалги).

2.6. Алтернативе месу од инсеката

У вријеме недостатка пилећег, свињског или говеђег меса, протеини инсеката могу послужити као једна од опција за производњу нових извора хране (Грујић 2020). У посљедње вријеме расте интерес за употребу

екстракта добијених од инсеката у производњи хране за животиње и производњи прехранбених производа (El Hajj et al. 2022). Процјењује се да у свијету постоји око 2000 врста јестивих инсеката и то највише у Азији, Аустралији, Централној и Јужној Америци, те мањи број у Европи и Сјеверној Америци. Интерес за проучавањем инсеката као алтернативних извора хране расте у Европи. Протеини произведени од инсеката су јефтини, хранљиви, безбједни и еколошки прихватљиви (Buřler et al. 2016; Otero et al. 2020). Како би се повећала прихватљивост код потрошача, протеини добијени из инсеката се екстрахују у облику протеинског брашна, а затим се могу "сакрити" у некој врсти познате прерађене хране (на примјер, хљеб, месо, тјестенина и пица) (Mancini et al. 2022) или користити као извор хране за животиње (рибе, перад и свиње). Због високог нутритивног квалитета (van Huis et al. 2021) и прихватања од стране потрошача (Junges et al. 2021), у наредном периоду ће доћи до пораста потребе за протеинима инсеката.

2.6.1. Допринос достизању СДГ

Употреба инсеката као алтернативног извора хране не представља само допринос проширењу извора хране, већ има и позитиван утицај на животну средину и економију (Sun-Waterhouse et al. 2016). Ларве инсеката се узгајају на биолошком отпаду из примарне пољопривредне производње и на отпаcima хране, које при томе претварају у протеине и масти. Наведени принцип се уклапа у концепт „кружне економије“. Претварањем органске материје у протеине, инсекти доприносе рјешавању проблема отпада од хране (Moruzzo et al. 2021).

Узгој инсеката има и низ других предности у односу на конвенционално сточарство, укључујући бољу ефикасност конверзије сточне хране, мање загађење воде, већу стопу репродукције, нижи ниво емисије гасова стаклене баште и минимално кориштење земљишта. За производњу исте количине протеина која се може добити на земљишту површине од 1 ha на којем се узгајају инсекти (на примјер, брашнар), потребна је површина од 2,0-3,5 ha на којем се узгајају пилићи или свиње и до 10 ha земљишта на којем се узгајају говеда (Sun-Waterhouse et al. 2016; El Hajj et al. 2022).

Сљедећа опција за производњу замјена за месо може бити вјештачко (узгојено, култивисано, ћелијско) месо. За производњу ове врсте замјене за месо користе се ћелије живих животиња. То значи да у производњи није неопходно убијање стоке. Добијени производи подсјећају на традиционално месо животиња. Истраживање/производња ћелијског меса

су већ почели и вјероватно ће наставити да јачају у наредној деценији (Chen et al. 2022).

2.7. Вјештачки узгојено месо

Протеини спадају у групу састојака хране које је неопходно свакодневно уносити у организам. Међутим, производња хране богате протеинима је скупа и озбиљно утиче на животну средину. Због тога се траже алтернативни извори са мањим негативним утицајем (de Oliveira Padilha et al. 2022). У сврху рјешавања постојећих питања заштите животне средине и унапређења добробити животиња за производњу протеина у посљедњим годинама развијени су други ефикасни поступци (Aiking 2014).

Од свих алтернатива које се тренутно разматрају, највећу предност за кориштење у скорој будућности има тзв. „вјештачки узгојено месо“. За означавање новог биопроизвода у литератури се користи више термина: култивисано, *in vitro*, вјештачко, ћелијско, лабораторијски узгојено месо, и друго. Пошто у нашем језику није усвојен званични назив, овдје су кориштени термини „вјештачки узгојено месо“ и „култивисано месо“ које по мишљењу аутора описују неколико ријечи које се користе у литератури на енглеском језику. Као предности овог производа у литератури се најчешће наводи следеће: сличност са конвенционалним месом, побољшање добробити животиња, уштеда природних ресурса, смањење емисије гасова стаклене баште, унапређење јавног здравља и безбједности хране, обезбјеђивање протеина у количини довољној за задовољење потражње за храном и задовољење потреба брзо растуће популација (Chriki and Hocquette 2020; de Oliveira Padilha et al. 2022). Узгојано месо, према мишљењу заговорника његове производње, представља одрживу алтернативу за потрошаче који желе да буду одговорнији према окружењу, али истовремено нису спремни и не желе да мијењају свој начин исхране (Moritz and Verbruggen 2015; Shapiro 2018). Ова технологија ће омогућити одрживу производњу меса за становништво на планети Земљи, уз истовремено смањење патње животиња које се користе у производњи меса (Schaefer and Savulescu 2014).

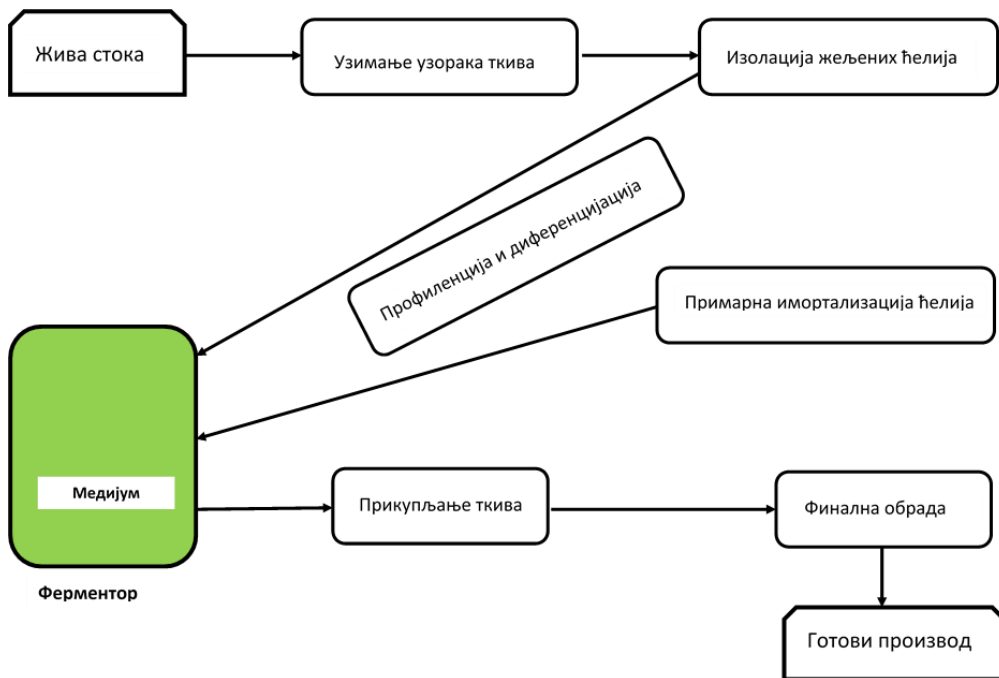
Вјештачки узгојено месо (култивисано месо) израђено је од истих врста ћелија распоређених у истој или сличној структури као животињска ткива, чиме се реплицирају нутритивни састав меса животиња и састојци који утичу на формирање сензорних својстава. Култивисано месо ни на који начин није повезано са ГМО, јер се комплетан процес производње одвија без било какве генетске манипулације, односно без измјена у генетском материјалу ћелија.

2.7.1. Поступак производње вјештачки узгојеног меса

У објављеним научним радовима предложено је неколико метода производње узгојеног меса и разматрана је могућност кориштења различитих типова ћелија. Почетни услов за производњу узгојеног меса, а који је неопходно задовољити, односи се на могућност самообнављања и диференцирања ћелија. Ту способност имају матичне ћелије. Матичне ћелије говеђих мишића су најприкладније за ову сврху (Kadim et al. 2015). Матичне ћелије које се користе за узгој меса у лабораторији могу се добити на неколико начина. Најчешћа се користи метода узимања узорка ћелија од живе животиње (биопсија). Производња узгојеног меса из матичних ћелија је једноставан концепт који се може укратко описати у четири корака: (1) изолација жељених ћелија (2) експанзија, (3) диференцијација (пролиференција) ћелија и (4) организовање мишићних влакана (Bodiu et al. 2020).

Приказан је опис основних принципа технологије израде вјештачког меса (Ellies-Oury et al. 2022). Вјештачко месо (или култивисано месо, узгојено месо, месо узгојено у лабораторији) производи се од малог броја ћелија које се могу размножавати и диференцирати у компоненте меса. То могу бити матичне ћелије или миобласти који су још у фази пролиферације, изоловани из ембрија или узети биопсијом од живих животиња било које врсте, што значи да се, теоретски на овај начин, може синтетизовати било која врста меса. Наводи се да линије матичних ћелија укључују ембрионалне матичне ћелије, одрасле матичне ћелије и индуковане плурипотентне матичне ћелије (Chen et al. 2022) (Сл. 2.3). Након тога, ћелије се код физиолошке температуре размножавају у биореакторима (слика 4). Велика количина мишићних ћелија се производи из врло малог броја ћелија. Да би дошло до дијељења ћелија, оне се узгајају у одговарајућем медијуму који обезбјеђује хранљиве материје, хормоне и факторе раста изван тијела. Према досадашњим истраживањима најбољи медијум садржи фетални говеђи серум (FBS), серум направљен од крви угинулих телади, али који није прихватљив за вегетаријанце и вегане. У сврху постизања пожељне структуре новог производа у биореакторе се додају скеле. Скеле су израђене од материјала који не ометају диференцирају ћелија у мишићно ткиво и који су потпуно безбједни за исхрану. Скеле служе као носачи на које се ћелије причвршћују, а затим накупљају и организују у ткиво слично природним мишићима животиња (Guan et al. 2021; Chen et al. 2022). Захваљујући овом процесу, за производњу потребне количине меса биће потребан мањи број животиња и избјећи ће се убијање великог броја

животиња. Међутим, у случају да се у производњи користи FBS, проблем потенцијалног убијања телади и даље ће остати присутан.

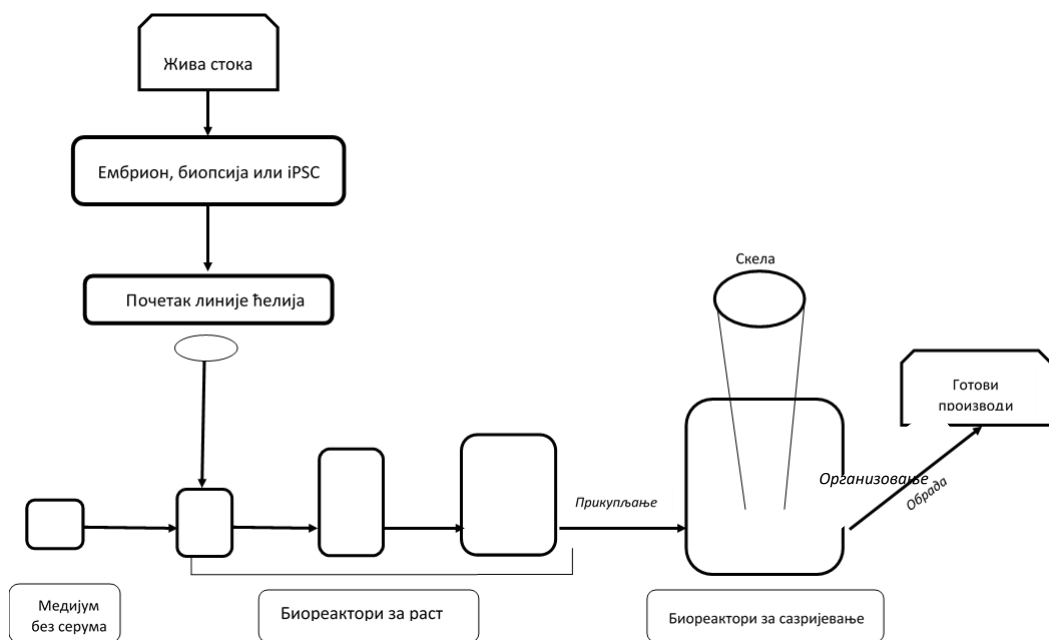


Сл. 2.3. Преглед производње узгојеног меса (прилагођено према Soice and Johnston 2021)

Fig. 2.3. Overview of cultured meat production (adapted from Soice and Johnston 2021)

Тренутно се производња узгојеног меса суочава са одређеним ограничењима од којих највећу сметњу представља недостатак фактора раста. Њихова садашња цијена процес производње чине прескупим. Сљедећи изазов је начин за повећање запремине и масе неопходне за практичну примјену. Повећање запремине реактора онемогућено је ограничењем дифузије медија. Када се дифузија медијума повећа изнад неке границе долази до диференцијалног раста ћелија и појаве напрезања које утичу на лом ћелија. Ако се отклоне наведене сметње и побољша дизајн биореактора, може се очекивати проширење производње алтернатива за месо до обима који омогућава задовољење потреба тржишта за храном која се иначе добија из традиционалног сточарства.

Прехрамбени системи будућности мораће да се суоче са све јаснијом реалношћу – да је исхрана богата протеинима неопходна за добро здравље, али традиционални месни производи неће бити довољни да осигурају безбједност, одрживост и праведност ланаца снабдијевања храном на глобалном нивоу. Приказана је детаљна анализа биотехнолошких процеса потребних за производњу меса базирану на узгоју ћелија и опис сметњи за постизање производње у комерцијалним размјерама (Chen et al. 2022). Аутори су анализирали модерне биотехнолошке процесе, постојећа ограничења и могућности за истраживање у четири области: развој ћелијских линија, медији ћелијске културе, скеле и биореактори (Сл. 2.4). На крају, у раду су тражена компромисна рјешења између обима производње, квалитета производа, трошкова производње и отиска угљеника, те друштвеног прихватања производа, заштите околине, прописа и користи за јавно здравље.



Сл. 2.4. Биопроцес производње узгојеног меса (прилагођено према Chen et al. 2022)

Fig. 2.4. Bioprocess of cultured meat production (adapted from Chen et al. 2022)

Године 2013. у средствима информисања је представљен први производ од вјештачки узгојеног меса - хамбургер (Nocquette 2016). Панел који је

оцењивао сензорна својства овог производа, у свом запажању је изнио став да је, због недостатка масти, хамбургер био сувише сув те сматрају да сензорне карактеристике (текстура, боја, окус), такође, имају велику важност и да треба радити на њиховом побољшању. (Fraeye et al. 2020). Култивисано месо треба да буде биолошки еквивалентно традиционалном месу (Stephens et al. 2018). Међутим, многа једињења која су присутна у месу не настају у мишићима већ потичу из компоненти сточне хране. Узгојено месо неће садржавати многа нутритивна једињења, осим ако се она не додају у медијум у којем се налази култура и ако их ћелије током узгоја не усвоје иако су додати у медијум. То може неповољно утицати на одвијање процеса током којих се формирају укус, текстура, боја и нутритивна вредност узгојеног меса (Fraeye et al. 2020).

Прелазак са сточарске производње меса на производњу вјештачки узгојеног меса има низ користи за људе, животиње и околину (Chen et al. 2022). Захваљујући провођењу биопроцеса у контролисаним условима долази до побољшања нутритивног састава узгојеног меса, што представља једну од потенцијалних предности кориштења узгојеног меса. Израда производа од узгојеног меса може допринијети рјешавању недостатка висококвалитетних протеина у исхрани становништа широм свијета. Узгојено месо смањује контакт са животињама, а тиме и ризик од преношења зоонотских патогена на људе (Espinosa et al. 2020). Поред тога, овај начин производње меса може утицати на смањење контаминације цријевним патогенима (на примјер, *E.coli* и Салмонела) који су одговорни за велики број случајева појаве болести које се преносе храном. Производња узгојеног меса може смањити ризике повезане са отпорношћу на антимикробне лијекове.

2.7.2. Допринос достизању СДГ

У периоду од 2021. до 2030. предвиђа се повећање производње меса, тако да ће у 2030. години достићи производњу од 373 милиона тона (OECD-FAO 2021). У контексту овог поглавља важно је указати на процјену која се односи на производњу узгојеног (култивисаног) меса. Процјењује се повећање његове производње, тако да ће на вјештачки узгојено месо 2030. године отпасти 10% глобалног тржишта месом или 37,3 милиона тона (Nobre 2022). То указују на све важнију улогу узгојеног меса у глобалном ланцу снабдијевања храном, али и значајну улогу у достизању еколошких циљева одрживог развоја (СДГ).

На основу анализе великог броја радова, утврђено је постојање везе између производње и употребе узгојеног меса и остварења циљева одрживог

развоја УН (UN 2015) (Nobre 2022). Из његове детаљне анализе овдје је приказан дио закључака:

1. Узгојено месо подстиче напредак у достизању еколошких циљева одрживог развоја. Узгојено месо је снажно повезано са јачањем и добробити еколошки оријентисаних СДГ, осигуравајући одрживу производњу хране (СДГ 2), уштеду воде (СДГ 6) и кориштење енергије (СДГ 7), стимулишући заштиту екосистема (СДГ 11), унапређујући одрживу потрошњу и производњу (СДГ 12), подстичући борбу против климатских промјена и јачање отпорности (СДГ 13), смањење загађења мора (СДГ 14) и деградацију природних станишта (СДГ 15). Наведени аутор је дао образложење својих закључака на следећи начин:

- а) СДГ 2 - узгојено месо је технолошки извор одрживе производње хране који подржава очување екосистема и јача безбједност и отпорност хране, посебно у екстремним временским условима, климатским промјенама, током поплава и других катастрофа.
- б) СДГ 6 - климатске промјене ће вјероватно утицати на погоршање живота на Земљи, укључујући и сметње напретку приступа управљања водом, што ће узроковати небезбједност хране и потхрањеност становништва широм свијета (UNESCO 2020). У односу на друге активности људи, пољопривреда користи највише слатке воде, од чега је једна трећина потребна за узгој стоке (Godfray et al. 2018). Узгојено месо троши од 82% до 96% воде у односу на сточарство, што га чини обећавајућом прехранбеном технологијом која у будућности може осигурати доступност и стимулисати одрживо управљање водом.
- в) СДГ 7 - у односу на сточарство, узгајано месо троши мање енергије (7% до 45%) (Tuomisto and Teixeira de Mattos 2011). То може побољшати глобалну енергетску ефикасност, јер преферира кориштење чисте енергије.
- г) СДГ 11 – производња узгојеног меса подстиче развој нових послова који позитивно и одговорно доприносе рјешавању економских, друштвених и еколошких изазова. С овог гледишта, узгојено месо може ублажити екстензивну употребу земљишта и воде и смањити ризик од контаминације стоке и ослободити ресурсе потребне за побољшање квалитета живота у урбаним и руралним подручјима. Осим тога, узгојено месо може стимулисати интеграцију, заштиту и обнову природних екосистема унутар, између и око градова.
- д) СДГ 12, 13, 14 и 15 - узгојено месо може смањити негативан утицај сточарства и смањити захтјеве за кориштењем обрадивих

површина и воде. То ће ублажити трошење природних ресурса, јер стимулише одрживе обрасце потрошње и производње (СДГ 12), подстиче провођење нових мјера у борби против климатских промјена и њихових утицаја (СДГ 13) и смањује загађење мора (СДГ 14) и деградацију природних станишта (СДГ 15).

2. Узгојено месо је снажно повезано са јачањем СДГ оријентисаних на здравље, јер осигурава здрав живот и потенцијално смањење броја смртних случајева и болести од опасних хемикалија, загађења из ваздуха, воде и земљишта (СДГ 3). Биореактори, у којима се производи узгојено месо, раде у потпуно контролисаним условима температуре, рН и растворених гасова (кисеоник и угљен-диоксид). Истовремено, овај процес, штити узгојено месо од контаминације патогеним микроорганизмима из окружења. Утицај узгојеног меса на околину додатно појачава позитивно дјеловање на здравље људи. Климатске промјене, загађење ваздуха и девастација околине, који су посљедица сточарске производње, имају директне и индиректне негативне утицаје на здравље становништва (менталне, респираторне, кардиоваскуларне, заразне болести и болести које се преносе водом, и потхрањеност, повреде, алергије, тровања и топлотни удар) (UN-WHO 2018).

Еколошки и здравствени циљеви одрживог развоја су међусобно снажно повезани елементи. Будући да је узгојено месо снажно повезано са јачањем и добробити еколошки оријентираних СДГ, оно ће подстаћи синергију са СДГ оријентисаним на здравље (Nobre 2022).

3. Узгојено месо ствара услове који доприносе друштвено оријентисаним СДГ јер подстиче синергију у изградњи отпорности у заједницама са ниским приходима и унутар рањивих заједница на утицаје климатских промјена и других економских, друштвених и еколошких епидемија (СДГ 1), стимулишући родну равноправност (СДГ 5), промовисање једнаких могућности, одговарајућих политика и смањене неједнакости (СДГ 10). Давање приоритета ублажавању сиромаштва у мање развијеним земљама и смањењу неједнакости (и релативног сиромаштва) у развијенијим земљама позитивно ће се одразити на све СДГ. Будући да еколошке и здравствене предности узгојеног меса могу погодовати напретку у друштвеним питањима, оне могу створити синергију са друштвено оријентисаним СДГ-има (СДГ 1, 5 и 10).
4. Значајне уштеде могу се остварити фокусирањем на еколошке, здравствене и друштвено оријентираних циљеве како би се подстакао

дугорочни напредак на економски оријентираних СДГ-има 4, 8 и 9. Узгојено месо ствара услове који унапређују економски оријентисане СДГ, јер подстиче синергију промовишући могућности учења одрживог развоја за све (СДГ 4), настојећи одвојити економски раст од деградације околине (СДГ 8) и повећавајући напоре за примјеном чистих технологија и чистије производње (СДГ 9). Користи од спречавања климатских промјена, губитка биодиверзитета, загађења ваздуха, злоупотребе и контаминације воде и земљишта, енергетске неефикасности, болести и избијања пандемије и друштвених сукоба могле би се примјенити за унапређење напретка у економски оријентисаним циљевима одрживог развоја. Будући да је узгојено месо снажно повезано са јачањем и добробити СДГ оријентисаних на животну средину и здравље, оно ће подстаћи синергију и са социјално и економски оријентисаним СДГ.

5. Узгојено месо ствара услове који унапређују законски оријентисане СДГ, промовишући усвајање недискриминаторних закона за одрживи развој (СДГ 16) и побољшавајући кохерентност политика за одрживи развој (СДГ 17). Прелазак на пут одрживог развоја захтијева мир, одговорне националне и глобалне институције и опсежну међународну сарадњу. Формулисање и јачање закона који усмјеравају обрасце одрживе потрошње и производње подржаће одговорне националне и међународне политике за подстицање напретка у вишеструким циљевима. Нови закони треба да садрже системске оквире политике који унапређују питања одрживог развоја, фокусирајући се на еколошке циљеве и омогућавају здравствени, друштвени и економски напредак. Будући да је узгојено месо снажно повезано са јачањем и добробити СДГ оријентисаних на околину и здравље који имају синергију са друштвеним и економским циљевима, оно ће подстаћи развој СДГ усмјерених на закон, а који ће, заузврат, усмјеравати, обликовати и подстаћи нове циклусе СДГ.
6. Развој СДГ 1 и 10 може повећати краткорочне циљеве благостања, али обично утиче на повећање потрошње ресурса по глави становника, еколошки отисак и емисије гасова стаклене баште, који носе дугорочне штете за друштво и планету. Системи узгојеног меса ће фаворизовати добробит у земљама у развоју ако стимулишу одговорне одлуке и активности које промовишу смањење сиромаштва и економски развој. Системи узгојеног меса ће фаворизовати добробит у развијеним земљама ако стимулишу доношење одговорних одлука и активности које даље смањују неједнакост и ефикасност кориштења ресурса доприносећи

економском развоју без деградације околине и глобалног загријавања. Системи узгојеног меса ће подстаћи циклус одрживог развоја и благостања у земљама у развоју и развијеним земљама ако се истовремено буду бавили СДГ 1 и 10 како би побољшали краткорочни учинак и СДГ 12 и 13, како би створили дугорочне резултате развоја и сарадње између развијених и земаља у развоју.

2.8. Допринос биологије развоју и производњи алтернатива меса у новој индустрији

Узгој меса или производња алтернативних протеина и састојака хране у лабораторији је врло сложен процес који укључује више корака. Сваки корак (фаза) у овом процесу има много варијабли, које је потребно добро разумјети и које траже озбиљан процес оптимизације. Smith et al. (2022) дали су опис процеса узгоја меса. Процес започиње избором платформи безбједних за храну (организам, сој или тип ћелије) и избором платформе која се лако узгаја или има високу стопу раста. Да би се смањио број варијабли потребно је примијенити сложен процес инжењерства и оптимизације у више корака (Ko et al. 2020). Овај процес углавном захтијева генетску модификацију(е) платформе како би она била продуктивнија, брзорастућа и оптимална за раст под одабраним условима (Helmy et al. 2020). Надаље, потребно је оптимизовати биопроцесе који ће имати максимални принос ћелија или протеина оптимизовањем услова раста и сировине (Shukal et al. 2019). За успјех инжењерства и оптимизације потребно је детаљно и цјеловито разумијевање “биологије система” одабране платформе.

Према Смиту и сарадницима (2022), неопходно је извршити идентификацију гена и путева укључених у кључне ћелијске процесе, који се односе на производњу протеина, раст ћелије или диобу ћелије. Сљедећа фаза се односи на анализу идентификованих путева што ће омогућити уочавање уских грла (на примјер, успоравање раста или смањење производње протеина због засићења ензима или кључних инхибиторних супстанци (Lechner et al. 2016). Послове на идентификацији и анализи путева биће лакше и успјешније провести примјеном одговарајућих биоинформатичких и рачунских метода које обављају анотацију генома, анализу података о транскриптомима, идентификацију путева, статичко и динамичко моделовање и визуализацију путева (St. John et al. 2019; Rodchenkov et al. 2020).

Са знањем и подацима добијеним у претходном кораку, може се прећи на инжењерство и оптимизацију метаболизма платформе тако што ће се под контролом држати процеси транскрипције и транслације, и инжењерство ензима платформе тако што се ће утицати на њихово дјеловање у циљу максималне производње. Када се постигне максимална производња, услови раста се, такође, оптимизују избором најбоље сировине и оптимизацијом биопроцеса, корак који у великој мјери зависи од рачунарског моделовања. Посљедњи корак је повећање производње у индустријским размјерима. Будући да су лабораторијски услови раста више контролисани и ограничени на величину, очекује се да повећање производње на индустријском нивоу неће бити линеаран процес, већ ће бити потребна даља оптимизација услова раста. На основу претходно реченог, видљиво је да системски приступ биологији могу играти велику улогу у сваком од корака процеса (Helmy et al. 2020; Selvarajoo 2021).

Према истраживањима међу алтернативним изворима протеина, узгојено месо има највећи утицај на животну средину због високих енергетских захтјева за процесе узгоја меса, затим слиједи храна на бази микопотеина, која, такође, има високе енергетске потребе (Smetana et al. 2015; El Hajj et al. 2022). Алтернативе на бази инсеката и сојиног брашна имају најмањи утицај, због употребе ефикасних метода прераде и узгоја, као и употребе нуспроизвода и споредних токова.

2.9. Биљне алтернативе млијеку

Биљне алтернативе животињском млијеку постају све популарније у многим дијеловима свијета (Cardello et al. 2022). Због проблема везаних за безбједност хране и здравствених проблема везаних за унос животињских масти, биљне алтернативе млијеку преузеле су удјело тржишта у Сједињеним Државама, Европи, Аустралији и Новом Зеланду, које је припадало крављем млијеку. Предвиђа се даљи раст потрошње алтернатива млијеку по стопи 8–15% (Transparency Market Research 2019; Munekata et al. 2020; Stewart et al. 2020). Алтернативни млијечни производи се добијају из различитих извора биљног поријекла (на примјер, сјеменке, орашасте плодови, махунарке, житарице и псеудожитарице) (Mäkinen et al. 2016). Међу различитим биљним алтернативама крављем млијеку, најзаступљеније је сојино млијеко.

Многе алтернативе млијека биљног поријекла имају непожељна својства (Sethi et al. 2016) или визуално изгледају тамније од крављег млијека.

Упркос томе, еколошка одрживост представља кључни покретач растуће популарности алтернатива млијеку. Поред тога, расту продаје ових производа доприносе нетолеранција на лактозу из крављег млијека, алергије на млијечне производе, забринутост потрошача због потенцијалног присуства хормона и антибиотика у крављем млијеку, висок садржај холестерола у крављем млијеку, те забринутост за добробит животиња, све већи интерес за вегетаријански и вегански начин исхране, и потенцијална корист за здравље које нуди исхрана заснована на биљним сировинама (Tangyu et al. 2019).

2.10. Прихватљивост алтернатива меса

Због неефикасне употребе земљишта и велике потрошње енергије, те емисије гасова стаклене баште током узгоја стоке за производњу меса, међу истраживачима, политичарима и становништвом често се воде дискусије о оправданости конзумирања меса. Многи сматрају да ова врста хране није еколошки прихватљива. Они се надају да ће потрошачи прећи на конзумирање одрживијих производа (Hoek et al 2011). На тржишту постоје одређени алтернативни производи за месо, тзв. замјене за месо или алтернативе за месо.

Због тренутних ограничења у технолошком процесу израде, алтернативе за месо недовољно опонашају стварни укус и текстуру меса, што између осталог утиче на њиховог нижи сензорни квалитет. Аутори сугеришу да се наставе истраживања на развоју потпуно нових замјена за месо, такозваних нових протеинских намирница, а које не морају бити сличне месу (Sadler 2004). Aiking et al. (2006). Неки аутори постављају нова питања која прате предложени приступ (Hoek et al. 2011):

- Може ли производ, који се потпуно разликује од меса, на тањиру замијенити месо?
- Хоће ли људи препознати нову протеинску храну као алтернативу месу? Ови аутори наглашавају да је важно осигурати да нови алтернативни производи за месо, ипак, буду препознати као такви.

Истраживала се прихватљивост алтернатива за месо биљног поријекла које су доступне на тржишту Шведске. Ови аутори наводе четири главна фактора који утичу на прихватање алтернатива за месо од стране потрошача: неизвјесност, скептицизам, здравље и идентитет (Collier et al. 2021) .

У посљедње вријеме запажају се промјене у ставовима потрошача према потрошњи меса и повећање знања о могућим утицајима производње меса на животну средину. Потрошачи постају све свјеснији утицаја производње

меса на околину (Sanchez-Sabate and Sabaté 2019). Нека истраживања указују на спремност потрошача да плате побољшани еколошки квалитет у производњи хране у сврху заштите екосистема (Latvala et al. 2021).

Како потрошачи перцепирају одређени производ и да ли ће га прихватити као таквог не зависи само од конкретног производа. На прихватање прехрамбеног производа велики утицај има однос самог производа са другим сличним производима (Shocker et al. 2004). Током овог процеса алтернативни производ се успоређује са другим производима на основу одређених карактеристика, при чему је потребно оцијенити да ли је он сличнији или различитији од референтног производа. На основу заједничких карактеристика, формира се скуп алтернативних производа. Потрошачи обично бирају жељену опцију између понуђених алтернативних производа из исте категорије. За развој нових алтернативних производа, као што су замјене за месо, потребно је добити релевантне информације о томе како потрошачи класификују производе у категорије (Nedungadi 1990; Medin et al. 1995; Trijp and van Kleef 2008). Као први корак у развоју производа из групе нових одрживих замјена за месо, проведено је истраживање тржишта у погледу врста комерцијално доступних замјена за месо, њиховим категорисањем унутар одређене групе меса и производа од меса, те поредили прихватљивост замјена за месо у односу на месо и производе од меса (Hoek et al. 2011). Они су утврдили да постоји већа шанса да потрошачи изаберу и прихвате замјену за месо када је она груписана са месом у одређеним категоријама.

На Новом Зеланду проведено је истраживање које је показало да је врло мала вјероватноћа да сваштоједи у кратком року пређу на вегетаријанску или веганску исхрану (Milfont et al. 2021). Међутим, и у тој ситуацији (изненадна промјена исхране или искључење меса из исхране), могуће је да се бар у неким јелима употребе алтернативе умјесто меса, што може утицати на укупно смањење потрошње меса. Није једноставно да се у производима биљног поријекла постигну физичко-хемијска и сензорна својстава меса (Samard and Ryu 2019). Произвођачи често у замјенама за месо не успијевају на задовољавајући начин реплицирати укус и текстуру меса, а потрошачи сматрају да су замјене за месо у одређеним приликама мање прихватљиве од меса (Elzerman et al. 2021).

Без обзира на постојеће отпоре, европско тржиште алтернатива за месо биљног поријекла се шири посљедњих година. Према подацима Еуромонитора за 2016. годину, дошло је до годишњег раста тржишта алтернатива за месо у Холандији, Шведској и Уједињеном Краљевству у износу 5–10% (Changing Markets Foundation 2018). Понашање потрошача у

вези са прихватањем алтернатива за месо покренуло је иновације и довело до транзиције тржишта (Tziva et al. 2020). Стога се може рећи да замјене за месо нису одбачене од потрошача. То подржава приједлог да ови замјенски производи, под условом да су по изгледу слични месу, испуњавају сличну функцију у оброцима, те да су прикладни конкретној ситуацији, постану легитимна алтернатива месу (Elzerman et al. 2021). Упркос препрекама, највећу вјероватноћу да ће постати одржива замјена за месо, имају производи чији су укус, текстура и начин припреме најсличнији месу (Mišel i sar. 2021).

Објављени су резултати више истраживања о перцепцији јавности о узгојеном месу. Утврђено је да потрошачи имају одређене резерве око концепта узгојеног меса (Bryant and Barnett 2018). Према изјави потрошача, уздржаност везана за прихватање вјештачки узгојеног меса потиче из његове наводне неприродности и бриге за безбједност хране. Многи потрошачи су реаговали са гађењем на концепт и у новом производу нису препознали личну корист (Verbeke et al. 2015; Siegrist 2018). Са друге стране, многи потрошачи препознају потенцијалне етичке и еколошке предности узгојеног меса (Hocquette 2022 et al. 2022).

Постоји неколико питања која проистичу из интереса, производње и потрошње алтернативне хране. Неодлучни потрошачи замјене за месо увијек упоређују са традиционалном, конвенционално добијеном храном. Како би била прихваћана код потрошача, алтернативна храна треба да буде храњива, укусна и да има познату текстуру (Pakseresht et al. 2022). Један од главних проблема везаних за производњу алтернатива за месо на бази биљних сировина односи се на разлику у структури између месних (влакнастих) и биљних (глобуларних) протеина. Због тога долази до промјене текстуре и укуса и биљне протеине чини лошом замјеном за месо. Овај проблем се практично рјешава примјеном модерних технологија, које претварају биљне протеине у одрживу и укусну алтернативу месу. Побољшање укуса и текстуре, вјероватно ће у неким земљама утицати на промјену навика у исхрани и замјене за месо претворити у директну конкуренцију месу, док ће у другима приликама месо и алтернативе месу постати комплементарне намирнице. Иако ова ситуација у вези са алтернативом месу не доводи одмах у предност, ипак, дугорочно гледано, прихватљивост код потрошача ће вјероватно порасти. Сметње које проистичу из вјерских ограничења (халал и кошер исхрана) а односе се на конзумирање узгојеног меса, могу се ријешити тако што ће се култивисане ћелије добијати од ритуално закланих халал или кошер животиња, а медијум за раст неће садржавати забрањене састојке (већина медија за раст

укључује фетални говеђи серум – крв, производ који је забрањен по кошер/халал правилима (Hamdan et al. 2018; Kenigsberg and Zivotofsky 2020).

2.11. Закључак

Иако га један број потрошача нерадо једе, месо ће и даље остати једна од основних намирница у исхрани већине људи. Производња меса има велики утицај на животну средину, због чега постоји потреба за алтернативама меса, које задовољавају нутритивне потребе становништва, а имају мали или мањи утицај на околину и тако доприносе достизању циљева одрживог развоја УН. Кључне промјене у начину исхране људи проистичу из потребе производње довољне количине хране и смањења утицаја производње и кориштења меса на околину. Дизајнирано је више алтернатива за месо на бази биљних сировина, те протеини екстраховани из биомасе добијене узгојем једноћелијских организама (бактерије, микроалге и квасци). Посљедњих година интензивно се ради на развоју технологије производње вјештачки узгојеног (култивисаног) меса или, како је познато, меса узгојеног у лабораторији. На прихватање алтернатива за месо од стране потрошача највећи утицај имају неизвјесност, скептицизам, брига за здравље и идентитет нових производа. Када потрошачи прихвате алтернативе као адекватну замјену за месо, то ће постати рјешење бројних дилема везаних за одрживи развој и достизање СДГ.

Литература

- Azagoh C, Ducept F, Garcia R, Rakotozafy L, Cuvelier M, Keller S, Lewandowski R, Mezdoor S (2016) Extraction and Physicochemical Characterization of *Tenebrio molitor* Proteins. *Food Research International* 88:24–31
- Aiking H (2014) Protein production: planet, profit, plus people? *American Journal of Clinical Nutrition* 100(S1):483S–489S. doi:10.3945/ajcn.113.071209
- Aiking H, De Boer J, Vereijken J (2006) Sustainable Protein Production and Consumption: Pigs or Peas? Dordrecht: Springer (Environment and policy vol. 45 ISBN 9781402040627-221
- Aimutis WR (2022) Plant-based proteins: The good, bad, and ugly. *Annual Review of Food Science and Technology* 13:1–17
- Alexander P, Brown C, Arneith A, Dias C, Finnigan J, Moran D, Rounsevell MDA (2017) Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? *Global food security* 15:22–32. doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001

- Andersson CR, Jensen EO, Llewellyn DJ, Dennis ES, Peacock WJ (1996) A new hemoglobin gene from soybean: A role for hemoglobin in all plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 93(12):5682–5687. doi.org/10.1073/pnas.93.12.5682
- Apostolidis C, McLeay F (2016) Should we stop meat like this? Reducing meat consumption through substitution. *Food Policy* 65: 74–89. doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.11.002
- Ahmad IM, Farooq S, Alhamoud Y, Li C, Zhang H (2022) A review on mycoprotein: History, nutritional composition, production methods, and health benefits. *Trends in Food Science and Technology* 121:14–29. doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.027
- Ahmad M, Qureshi S, Akbar HM, Siddiqui AS, Gani A, Mushtaq M, Hassan I, Dhull BS (2022) Plant-based meat alternatives: Compositional analysis, current development and challenges. *Applied Food Research* 2:100154 doi.org/10.1016/j.afres.2022.100154
- Bakaloudi DR, Halloran A, Rippin HL, Oikonomidou AC, Dardavesis TI, Williams J, Wickramasinghe K, Breda J, Chourdakis M (2021) Intake and adequacy of the vegan diet. A systematic review of the evidence. *Clinical Nutrition* 40:3503–3521
- Bebber DP, Holmes T, Gurr JS (2014) The global spread of crop pests and pathogens. *Global Ecology and Biogeography* 23:1398–1407
- Becker EW (2006) Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology Advances* 25(2):207–210
- Biglari S, Beiglary S, Arthanari T (2022) Achieving sustainable development goals: Fact or Fiction? *Journal of Cleaner Production* 332:130032. doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130032
- Bodiou V, Moutsatsou P, Post MJ (2020) Microcarriers for Upscaling Cultured Meat Production. *Frontiers in Nutrition* 7:10 doi: 10.3389/fnut.2020.00010
- Boukid F, Gagaoua M (2022) Meat alternatives: A proofed commodity? In: *Advances in Food and Nutrition Research* (Ed: Jianping Wu). Academic Press is an imprint of Elsevier. Cambridge/ San Diego/ Kidlington/ London. ISSN 1043-4526. pp 213–236. https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2022.02.003
- Boukid F, Gagaoua M (2022) Vegan egg: A future-proof food ingredient? *Foods* 11(2):161 https://doi.org/10.3390/foods11020161
- Bryant C, Barnett J (2018) Consumer acceptance of cultured meat: a systematic review. *Meat Science* 143:8–17 doi: 10.1016/j.meatsci.2018.04.008
- Bryant JC (2022) Plant-based animal product alternatives are healthier and more environmentally sustainable than animal products. *Future Foods* 6:100174. doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100174
- Bußler S, Rumpold BA, Jander E, Rawel HM, Schlüter OK (2016) Recovery and Techno-Functionality of Flours and Proteins from Two Edible Insect Species: Meal Worm (*Tenebrio molitor*) and Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae. *Heliyon* 2:e00218 DOI:10.1016/j.heliyon.2016.e00218

- van Huis A, Rumpold B, Maya C, Roos N (2021) Nutritional qualities and enhancement of edible insects. *Annual Review of Nutrition* 41:551–576
- Van Mierlo K, Baert L, Bracquené E, De Tavernier J, Geeraerd A (2022) Moving from pork to soy-based meat substitutes: Evaluating environmental impacts in relation to nutritional values. *Future Foods* 5:100135.
doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100135
- Van Trijp HCM, Van Kleef E (2008) Newness, value and new product performance. *Trends in Food Science and Technology* 19:562–573
- Varela P, Arvisenet G, Gonera A, Myhrer KS, Fifi V, Valentin D (2022) Meat replacer? No thanks! The clash between naturalness and processing: An explorative study of the perception of plant-based foods. *Appetite* 169:105793.
doi.org/10.1016/j.appet.2021.105793
- Vasiljević T, Grujić R (1995) Uticaj proteinskih dodataka na senzornu ocjenu kvaliteta proteinskog i visokoproteinskog hljeba. *Glasnik hemičara i tehnologa Republike Srpske* 37:49-52
- Vasiljević T, Grujić R, Mandić S (1998) Uticaj dodataka na reološki i organoleptički kvalitet bio-hljeba. *Glasnik hemičara i tehnologa RS* 40:61-64
- Verbeke W, Marcu A, Rutsaert P, Gaspar R, Seibt B, Fletcher D, Barnett J (2015) Would you eat cultured meat?: Consumers' reactions and attitude formation in Belgium, Portugal and the United Kingdom. *Meat Science* 102:49–58
[doi:10.1016/j.meatsci.2014.11.013](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.11.013)
- Geerts MEJ, Dekkers BL, van der Padt A, van der Goot AJ (2018) Aqueous fractionation processes of soy protein for fibrous structure formation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 45:313–319.
[10.1016/j.ifset.2017.12.002](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.12.002)
- Godfray HCJ, Aveyard P, Garnett T, Hall JW, Key TJ, Lorimer J, et al. (2018) Meat consumption, health, and the environment. *Science* 361(243):1–8.
[doi:10.1126/science.aam5324](https://doi.org/10.1126/science.aam5324)
- Gohara-Beirigo AK, Matsudo MC, Cezare-Gomes EA, de Carvalho JCM, Danesi EG (2022) Microalgae trends toward functional staple food incorporation: Sustainable alternative for human health improvement. *Trends in Food Science and Technology* 125:185–199.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.030>
- Green A, Blatmann C, Chen C, Mathys A (2022) The Role of Alternative Proteins and Future Foods in Sustainable and Contextually-Adapted Flexitarian Diets. *Trends in Food Science & Technology* 124:250–258
- Grujić R, Petrović L (1987) Ispitivanje uticaja dodataka proteinskih preparata soje i pivskog kvasca na stabilnost disperznih sistema mast –voda. *Glasnik hemičara i tehnologa BiH* 34:125–132
- Grujić R, Mulalić N, Petrović L (1988) Svojstva polutrajnih kobasica izrađenih uz dodatak proteinskih preparata soje i pivskog kvasca. *Poljoprivredni pregled* 20(4-6):117–120
- Grujić R, Petrović L (1989) Svojstva polutrajnih kobasica izrađenih uz dodatak

- proteinskih preparata domaćeg porijekla, 39. Savetovanje jugoslovenske industrije mesa, Zbornik radova 220–228
- Grujić R, Petrović L (1990) Uticaj dodatka soje i pivskog kvasca na promjene reoloških svojstava polutrajnih kobasica. Tehnologija mesa 31(5):172 -176
- Grujić R, Petrović L, Mulalić N (1990) Uticaj dodatka proteinskih preparata soje i pivskog kvasca na promjenu boje polutrajnih kobasica. Tehnologija mesa 31(6):208–212
- Grujić R, Vasiljević T, Galić R (1994) Ekstruzije – tehnologije budućnosti, INOST '94, Banja Luka, Zbornik Savjetovanja, 108–113
- Grujić R, Grujić S, Vujadinović D (2012) Funkcionalni proizvodi od mesa, Hrana u zdravlju i bolesti 1 (1):44–54
- Grujić R, Vučić G, Grujić S, Vukić M, Odžaković B (2014) Uticaj biljnih vlakana na teksturu i senzorna svojstva funkcionalnih barenih kobasica, Savremene tehnologije 3(1):5–10
- Грујић Р (2020) Правци развоја индустрије прераде меса у Републици Српској. У: Перспективе развоја прехранбене индустрије (Грујић Р, Јањић В, Тркуља Р, уредници), Академија наука у умјетности Републике Српске, Бања Лука, 351–384
- Грујић Р, Јањић В, Пржуљ Н (2020) Модерне технологије у функцији унапређења расположивости и безбједности прехранбених производа, Научни скуп „Стратегије развоја Републике Српске у ери глобализације и модерних технологија“, Бања Лука
- Grujić R (2022) Artificial meat – experiment or need. The book of abstracts „XV International scientific conference Contemporary materials 2022“, Banja Luka September 2022, 52–53
- Guan X, Lei Q, Yan Q, Li X, Zhou J, Du G, Chen J (2021) Trends and ideas in technology, regulation and public acceptance of cultured meat. Future Foods 3:100032. doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100032
- Dasgupta P (2021) The Economics of Biodiversity: the Dasgupta Review. HM Treasury, pp 1-610. <https://www.gov.uk/government/publications/final-report-the-economics-of-biodiversity-the-dasgupta-review>
- de Oliveira Padilha GL, Malek L, Umberger JW (2022) Consumers' attitudes towards lab-grown meat, conventionally raised meat and plant-based protein alternatives. Food Quality and Preference 99:104573
- Derbyshire EJ, Delange J (2021) Fungal protein - what is it and what is the health evidence? A systematic review focusing on mycoprotein. Frontiers in Sustainable Food Systems 5:581682. doi.org/10.3389/fsufs.2021.581682
- De Fraiture C, Wichelns D (2010) Satisfying future water demands for agriculture. Agricultural Water Management 97:502–11. doi.org/10.1016/j.agwat.2009.08.008
- Doering C (2020) Clara Foods' chicken-free egg white ready to make leap from lab to shelf. Food Dive [www document]. URL

- <https://www.fooddive.com/news/clara-foods-chicken-free-eggwhite-ready-to-make-leap-from-lab-to-shelf/574470/> (dostupno 23.11.2022)
- Djekic I (2015) Environmental impact of meat industry – current status and future perspectives. *Procedia Food Science* 5:61–64. doi.org/10.1016/j.profoo.2015.09.025
- Elzerman JE, Keulemans L, Sap R, Luning PA (2021) Situational appropriateness of meat products, meat substitutes and meat alternatives as perceived by Dutch consumers. *Food Quality and Preference* 88:104108
- Ellies-Oury M-P, Chriki S, Hocquette J-F (2022) Should and will “cultured meat” become a reality in our plates? *Advances in Food and Nutrition Research* 101:181-212
- El Hajj R, Mhemdi H, Besombes C, Allaf K, Lefrançois V, Vorobiev E (2022) Edible Insects’ Transformation for Feed and Food Uses: An Overview of Current Insights and Future Developments in the Field. *Processes*, 10 (5):970. doi.org/10.3390/pr10050970
- Espinosa R, Tago D, Treich N (2020) Infectious diseases and meat production. *Environmental and Resource Economics* 76:1019–1044
- Eshed Y, Lippman ZB (2019) Revolutions in agriculture chart a course for targeted breeding of old and new crops. *Science* 366 (6466): eaax0025. doi.10.1126/science.aax0025
- European Commission (2020) A Farm to Fork Strategy for a Fair, Healthy and Environmentally-friendly.Eugreen Deal, pp 1-23. https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-05/f2f_action-plan_2020_strategy-info_en.pdf (dostupno 23.11.2022)
- Eftelioglu E, Jiang Z, Tang X, Shekhar S (2017) The nexus of food, energy, and water resources: visions and challenges in spatial computing. *Advances Geocomputing* (2017): p..5-20. doi.org/10.1007/978-3-319-22786-3_2 . *Advances in Geographic Information Science*. Springer, Cham
- Zhang P, Zhang L, Chang Y, Xu M, Hao Y, Liang S, et al. (2019) Food-energy-water (FEW) nexus for urban sustainability: a comprehensive review. *Resources,Conservation and Recycling*. 142:215–24. doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.11.018
- IPCC (2018) Global Warming of 1.5 °C: An IPCC Special Report On the Impacts of Global Warming of 1.5 °C Above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty. Inter-governmental Panel on Climate Change . Working Group I Technical Support Unit. 2019 Intergovernmental Panel on Climate Change, p.p. 1- 630. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf (dostupno 23.11.2020)
- Jia W, Rodriguez-Alonso E, Bianeis M, Keppler J, van der Goot A (2021) Assessing functional properties of rapeseed protein concentrate versus isolate for food

- applications. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 68:102636. doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102636
- Joshi K, Kumar S (2015) Meat analogues: Plant based alternatives to meat products-a review. *International Journal of Food Fermentation and Technology* 5 (2):107–119
- Johnson KA, Johnson DE (1995) Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science* 73:2483–2492. doi.org/10.2527/1995.7382483x
- Junges JR, do Canto NR, de Barcellos MD (2021) Not as bad as I thought: Consumers' positive attitudes toward innovative insect-based foods. *Frontiers in Nutrition* 8:631934. doi.org/10.3389/fnut.2021.631934
- Kadim IT, Mahgoub O, Baqir S, Faye B, Purchas R. (2015) Cultured meat from muscle stem cells: a review of challenges and prospects. *Journal of Integrative Agriculture* 14:222–33. doi:10.1016/S2095-3119(14)60881-9
- Kaleda A, Talvistu K, Vaikma H, Tammik ML, Rosenvald S, Vilu R (2021) Physicochemical, textural, and sensorial properties of fibrous meat analogs from oat-pea protein blends extruded at different moistures, temperatures, and screw speeds. *Future Foods* 4:100092. doi.org/10.1016/J.FUFO.2021.100092
- Karabulut A, Egoh BN, Lanzanova D, Grizzetti B, Bidoglio G, Pagliero L, et al. (2016) Mapping water provisioning services to support the ecosystem–water–food–energy nexus in the Danube river basin. *Ecosystem Services* 17:278–92. doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.08.002.
- Kenigsberg JA, Zivotofsky AZ (2020) A Jewish Religious Perspective on Cellular Agriculture. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 3:128. doi.org/10.3389/fsufs.2019.00128
- Ko YS, Kim JW, Lee JA, Han T, Kim GB, Park JE, Lee SY (2020) Tools and strategies of systems metabolic engineering for the development of microbial cell factories for chemical production. *Chemical Society Reviews* 49(14):4615–4636. doi.org/10.1039/d0cs00155d
- Kraak VI (2022) Perspective: Unpacking the wicked challenges for alternative proteins in the United States: Can highly processed plant-based and cell-cultured food and beverage products support healthy and sustainable diets and food systems? *Advances in Nutrition* 13:38–47
- Kumar P, Chatli MK, Mehta N, Singh P, Malav OP, Verna AK (2016) Meat analogues: health promising sustainable meat substitutes. *Food Science and Nutrition* 57:923–932. doi.org/10.1080/10408398.2014.939739
- Landeta-Salgado C, Cicatiello P, Lienqueo ME (2021a) Mycoprotein and hydrophobin like protein produced from marine fungi *Paradendryphiella salina* in submerged fermentation with green seaweed *Ulva* spp. *Algal Research* 56:102314. doi.org/10.1016/j.algal.2021.102314
- Landeta-Salgado C, Munoz R, Blanco A, Lienqueo ME (2021b) Valorization and upgrading of the nutritional value of seaweed and seaweed waste using the marine fungi *Paradendryphiella salina* to produce mycoprotein. *Algal Research* 53:102135. doi.org/10.1016/j.algal.2020.102135

- Latvala T, Regina K, Lehtonen H (2021) Evaluating non-market values of agroecological and socio-cultural benefits of diversified cropping systems. *Environmental Management* 67(5):988–999. doi.org/10.1007/s00267-021-01437-2
- Lähteenmäki-Uutela A, Rahikainen M, Lonkila A, Yang B (2021) Alternative Proteins and EU Food Law. *Food Control* 130:108336. doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108336
- Leni G, Caligiani A, Sforza S (2019) Killing Method Affects the Browning and the Quality of the Protein Fraction of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Prepupae: A Metabolomics and Proteomic Insight. *Food Research International*. 115:116–125
- Lechner A, Brunk E, Keasling JD (2016) The need for integrated approaches in metabolic engineering. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 8:a023770. doi.org/10.1101/cshperspect.a023903
- Liu C, Pei RS, Heinonen M (2022) Faba bean protein: A promising plant-based emulsifier for improving physical and oxidative stabilities of oil-in-water emulsions. *Food Chemistry* 369:130879
- Love HJ, Sulikowski D (2018) Of meat and men: sex differences in implicit and explicit attitudes toward meat. *Frontiers in Psychology* 9:559. doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00559
- Makinen OE, Wanhala V, Zannini E, Arendt EK (2016) Foods for special dietary needs: Non-dairy plant-based milk substitutes and fermented dairy-type products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56:339–349
- Mancini S, Sogari G, Diaz SE, Menozzi D, Paci G, Moruzzo R (2022) Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods* 11(3):455. doi:10.3390/foods11030455
- Marinova DV, and Bogueva, D. (2019) Planetary health and reduction in meat consumption. *Sustainable Earth*, 2:1–12. doi.org/10.1186/s42055-019-0010-0
- Martin M, Brandao M (2017) Evaluating the environmental consequences of Swedish food consumption and dietary choices. *Sustainability* 9(12):2227. doi.org/10.3390/su9122227
- Medin DL, Goldstone RL, Markman AB (1995) Comparison and choice. Relations between similarity processes and decision processes. *Psychonomic Bulletin and Review* 2:1–19
- Meemken EM, Qaim M (2018) Organic agriculture, food security, and the environment. *Annual Review of Resource Economics* 10:39–63
- Mekala S, Silva EK, Saldaña MDA (2022) Mechanism, kinetics, and physicochemical properties of ultrasound-produced emulsions stabilized by lentil protein: A non-dairy alternative in food systems. *European Food Research and Technology* 248:185–196
- Meyer V, Basenko EY, Benz JP, Braus GH, Caddick MX, Csukai M, ... Gunde-Cimerman N (2020) Growing a circular economy with fungal biotechnology: A white

- paper. Fungal biology and biotechnology 7(1):1–23. doi.org/10.1186/s40694-020-00095-z
- Milfont TL, Satherley N, Osborne D, Wilson MS, Sibley CG (2021) To meat, or not to meat: A longitudinal investigation of transitioning to and from plant-based diets. *Appetite* 166:105584. doi.org/10.1016/j.appet.2021.105584
- Michel F, Hartmann C, Siegrist M (2021). Consumers' associations, perceptions and acceptance of meat and plant-based meat alternatives. *Food Quality and Preference* 87:104063
- Mordor Intelligence (2021) Europe Plant Protein Market-Growth, Trends, COVID-19 Impact, and Forecasts (2022–2027); Mordor Intelligence Inc.: Hyderabad, India.
- Moritz MSM, Verbruggen SEL, Post MJ (2015) Alternatives for large-scale production of cultured beef: a review. *Journal of Integrative Agriculture* 14:208–16. doi:10.1016/S2095-3119(14)60889-3
- Moruzzo R, Riccioli F, Espinosa Diaz S, Secci C, Poli G, Mancini S (2021) Mealworm (*Tenebrio molitor*): Potential and Challenges to Promote Circular Economy. *Animals* 11:2568
- Mulalić N, Grujić R (1991) Upotreba pahuljica različitih žita u izradi hljeba. *Hrana i ishrana* 32 (2):91-93
- Munekata PE, Domínguez R, Budaraju S, Rosello-Soto E, Barba FJ, Mallikarjunan K, Roohinejad S, Lorenzo JM (2020) Effect of innovative food processing technologies on the physicochemical and nutritional properties and quality of non-dairy plant-based beverages. *Foods* 9 (3):288 doi: 10.3390/foods9030288
- Muhammad S, Hammad Zafar, M, Islam Aqib A, Muhammad S, Mayada R.F, Mahmoud A (2021) Single cell protein: Sources, mechanism of production, nutritional value and its uses in aquaculture nutrition. *Aquaculture*, 531:735885-735885. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735885
- National Intelligence Council (US) (2012) Global Trends 2030: Alternative worlds: a Publication of the National Intelligence Council. US Government Printing Office, 1-160. https://www.dni.gov/files/documents/GlobalTrends_2030.pdf
- Nedungadi P (1990) Recall and consumer consideration sets: influencing choice without altering brand evaluations. *Journal of Consumer Research* 17:263–276
- Nelson ME, Hamm MW, Hu FB, Abrams SA, Griffin TS (2016) Alignment of healthy dietary patterns and environmental sustainability: a systematic review. *Advances in Nutrition* 7(6):1005–1025
- Niggli U (2015) Sustainability of organic food production: challenges and innovations. *Proceedings of the Nutrition Society* 74:83–88
- Nobre SF (2022) Cultured meat and the sustainable development goals. *Trends in Food Science and Technology* 124:140–153. doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.011
- OECD-FAO (2021) OECD-FAO agricultural outlook 2021-2030. Paris: FAO, Rome/OECD Publishing. doi.org/10.1787/19428846-en
- Özdemir EE, Görgüç A, Gençdag E, Yılmaz FM (2022) Physicochemical, functional and emulsifying properties of plant protein powder from industrial sesame

- processing waste as affected by spray and freeze drying. *LWT-Food Science and Technology*. 154:112646
- Otero P, Gutierrez-Docio A, Navarro del Hierro J, Reglero G, Martin D (2020) Extracts from the Edible Insects *Acheta Domesticus* and *Tenebrio Molitor* with Improved Fatty Acid Profile Due to Ultrasound Assisted or Pressurized Liquid Extraction. *Food Chemistry* 314:126200
- Pavan K, Chatli MK, Nitin M, Parminder S, Malav OP, Akhilesh KV (2017) Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 57(5):923–932. doi.org/10.1080/10408398.2014.939739
- Pakseresht A, Ahmadi Kaliji S, Canavari M (2022) Review of factors affecting consumer acceptance of cultured meat. *Appetite* 170: 105829. doi.org/10.1016/J.APPET.2021.105829
- Poore J, Nemecek T (2018) Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 360:987–992. doi.org/10.1126/science.aaq0216
- Purnhagen PK, Clemens S, Eriksson D, Fresco OL, Tosun J, Qaim M, Visser GFR, Weber PMA, Wesseler HHJ, Zilberman D (2021) Europe's Farm to Fork Strategy and Its Commitment to Biotechnology and Organic Farming: Conflicting or Complementary Goals? *Trends in Plant Science* 26(6):600-606. doi.org/10.1016/j.tplants.2021.03.012
- Ramos Diaz JM, Kantanen K, Edelmann JM, Suhonen H, Sontag-Strohm T, Jouppila K, Piironen T (2022) Fibrous meat analogues containing oat fiber concentrate and pea protein isolate: Mechanical and physicochemical characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 77:102954. doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102954
- Ramos-Diaz JM, Kantanen K, Edelmann JM, Jouppila K, Sontag-Strohm T, Piironen V (2022) Functionality of oat fiber concentrate and faba bean protein concentrate in plant-based substitutes for minced meat. *Current Research in Food Science* 5:858–867. doi.org/10.1016/j.crfs.2022.04.010
- Rawiwan P, Peng Y, Paramayuda IGPB, Quek SY (2022) Red Seaweed: A Promising Alternative Protein Source for Global Food Sustainability. *Trends in Food Science and Technology*. 123:37–56
- Regulation (EU) (2022) 2018/848 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 on organic production and labelling of organic products and repealing Council Regulation (EC) No 834/2007. PE/62/2017/REV/1. OJ L 150, 14.6.2018, pp 1–92. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32018R0848> (dostupno 22.11.2022)
- Ritala A, Hakkinen ST, Toivari M, Wiebe MG (2017) Single cell protein-state-of-the-art, industrial landscape and patents 2001-2016. *Frontiers in Microbiology*, 8:2009. doi.org/10.3389/fmicb.2017.02009
- Rodchenkov I, Babur O, Luna A, Aksoy BA, Wong JV, Fong D, Franz M, Siper MC, Cheung M, Wrana M, et al. (2020) Pathway Commons 2019 Update:

- integration, analysis and exploration of pathway data. *Nucleic Acids Research*. 48:D489--D497
- Rogers PL, Jeon YJ, Svenson CJ. Application of biotechnology to industrial sustainability. *Process Safety and Environmental Protection*. 83(6):499–503. doi.org/10.1205/psep.05005
- Röhling M, Stensitzky A, Oliveira CLP, Beck A, Braumann KM, Halle M, Führer-Sakel D, Kempf K, McCarthy D, Predel HG, et al. (2021) Effects of a protein-rich, low-glycaemic meal replacement on changes in dietary intake and body weight following a weight-management intervention—The ACOORH trial. *Nutrients* 13:376
- Sadler MJ (2004) Meat alternatives – market developments and health benefits. *Trends in Food Science and Technology* 15:250–260
- Sakai K, Sato Y, Okada M, Yamaguchi S (2022) Synergistic effects of laccase and pectin on the color changes and functional properties of meat analogs containing beet red pigment. *Scientific Reports* 12:1168
<https://www.nature.com/articles/s41598-022-05091-4>
- Samard S, Ryu GH (2019) A comparison of physicochemical characteristics, texture, and structure of meat analogue and meats. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 99(6):2708–2715
- Sanchez-Sabate R, Sabate J (2019) Consumer attitudes towards environmental concerns of meat consumption: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16:1220. doi.org/10.3390/ijerph16071220
- Santo R, Kim B, Goldman S, Dutkiewicz J, Biehl I, Bloem M, Neff R, Nachmann K (2020) Considering plant-based meat substitutes and cell-based meats: public health and food systems perspective. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 134 (4):1–23. doi.org/10.3389/fsufs.2020.00134
- Selvarajoo K (2021) The need for integrated systems biology approaches for biotechnological applications *Biotechnology Notes* 2:39–43. doi.org/10.1016/J.BIOTNO.2021.08.002
- Serra T, Zilberman D, Gil M J (2008) Differential uncertainties and risk attitudes between conventional and organic producers: the case of Spanish arable crop farmers. *Agricultural Economics* 39:219–229
- Sethi S, Tyagi SK, Anurag RK (2016) Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: A review. *Journal of Food Science and Technology* 53:3408–3423
- Schaefer GO, Savulescu J. (2014) The ethics of producing in vitro meat. *Journal of Applied Philosophy*. 31:188–202. doi:10.1111/japp.12056
- Schewe J, Heinke J, Gerten D, Haddeland I, Arnell NW, Clark DB, et al. (2014) Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 111:3245–3250. doi.org/10.1073/pnas.1222460110

- Siegrist M, Sütterlin B, Hartmann C (2018) Perceived naturalness and evoked disgust influence acceptance of cultured meat. *Meat Science* 139:213–9. doi:10.1016/j.meatsci.2018.02.007
- Smetana S, Mathys A, Knoch A, Heinz, V (2015) Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. *International Journal of Life Cycle Assessment* 20:1254–1267. doi.org/10.1007/s11367-015-0931-6
- Smith JD, Helmy M, Lindley DN, Selvarajoo K (2022) The transformation of our food system using cellular agriculture: What lies ahead and who will lead it? *Trends in Food Science & Technology*. doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.015
- Smith LG, Kirk GJD, Jones PJ, Williams AG (2019) The greenhouse gas impacts of converting food production in England and Wales to organic methods. *Nature Communications* 10:4641 <https://www.nature.com/articles/s41467-019-12622-7>
- Soice E, Johnston J (2021). Immortalizing cells for human consumption. *International Journal of Molecular Sciences* 22(21):11660. doi.org/10.3390/ijms222111660.
- Souza Filho PF, Nair RB, Andersson D, Lennartsson PR, Taherzadeh MJ (2018) Vegan-mycoprotein concentrate from pea-processing industry byproduct using edible filamentous fungi. *Fungal biology and biotechnology* 5:5. doi.org/10.1186/s40694-018-0050-9
- Stalidzans E, Dace E (2021) Sustainable metabolic engineering for sustainability optimisation of industrial biotechnology. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 19:4770–4776. doi.org/10.1016/j.csbj.2021.08.034
- Stephens N, Di Silvio L, Dunsford I, Ellis M, Glencross A, Sexton A (2018) Bringing cultured meat to market: technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture. *Trends in Food Science and Technology* 78:155–66. doi:10.1016/j.tifs.2018.04.010
- Stewart H, Kuchler F, Cessna J, Hahn W (2020) Are plant-based analogues replacing cow's milk in the American diet? *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 52(4):562–579
- Stoffel F, Santana WD, Gregolon JGN, Kist TBL, Fontana RC, Camassola M (2019) Production of edible mycoprotein using agroindustrial wastes: Influence on nutritional, chemical and biological properties. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 58:102227. doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102227.
- St. John PC, Strutz J, Broadbelt LJ, Tyo KEJ, Bomble YJ (2019) Bayesian inference of metabolic kinetics from genome-scale multiomics data. *PLOS Computational Biology* 15:e1007424. doi.org/10.1371/journal.pcbi.1007424
- Stojanović N, Grujić R, Stijepić I (2021) ISO standardi i ostvarenje ciljeva održivog razvoja, *Zbornik radova „Savremeni materijali 2021“*, Banja Luka septembar 2021, 185-397
- Stoll-Kleemann S, Schmidt UJ (2017) Reducing meat consumption in developed and transition countries to counter climate change and biodiversity loss: A review of influence factors. *Regional Environmental Change*, 17(5):1261–1277

- Sun-Waterhouse, D, Waterhouse GIN, You L, Zhang J, Liu Y, Ma L, Gao J, Dong Y (2016) Transforming Insect Biomass into Consumer Wellness Foods: A Review. *Food Research International* 89:129–151
- Sutherland LD, McCauley J, Labeeuw L, Ray P, Kuzhiumparambil U, Hall C, Doblin M, Nguyen NL, Ralph JP (2021) How microalgal biotechnology can assist with the UN Sustainable Development Goals for natural resource management. *Current Research in Environmental Sustainability* 3 (2021):100050. doi.org/10.1016/j.crsust.2021.100050
- Shapiro P (2018) Clean meat: how growing meat without animals will revolutionize dinner and the world. *Science* 359:399. doi: 10.1126/science.aas8716
- Shocker AD, Bayus BL, Kim N (2004) Product complements and substitutes in the real world: the relevance of ‘other products’. *Journal of Marketing* 68(1):28–40
- Shukal S, Chen X, Zhang C (2019) Systematic engineering for high-yield production of viridiflorol and amorphadiene in auxotrophic *Escherichia coli* Metabolic Engineering 55:170–178. doi.org/10.1016/j.ymben.2019.07.007
- Takors R (2020) Biochemical engineering provides mindset, tools and solutions for the driving questions of a sustainable future. *Engineering in Life Sciences* 20(1-2):5–6. doi.org/10.1002/elsc.v20.1-210.1002/elsc.201900150
- Tanguy M, Muller J, Bolten CJ, Wittmann C (2019) Fermentation of plant-based milk alternatives for improved flavour and nutritional value. *Applied Microbiology and Biotechnology* 103:9263–9275
- Tziva M, Negro SO, Kalfagianni A, Hekkert MP (2020) Understanding the protein transition: The rise of plant-based meat substitutes. *Environmental Innovation and Societal Transitions* 35:217–231
- Transparency Market Research (2019) Global industry analysis, size, share, growth, trends, and forecast 2019–2029. Albany, NY, USA: Transparency Market Research
- Tuomisto HL Hodge ID, Riordan P, Macdonald DW (2012) Does organic farming reduce environmental impacts? A meta-analysis of European research. *Journal of Environmental Management* 112:309–320
- Tuomisto HL, Teixeira de Mattos MJ (2011) Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science and Technology* 45(14):6117–6123
- Theurl MC, Lauk C, Kalt G, Mayer A, Kaltenegger K, Morais TG, ... Haberl H (2020) Food systems in a zero-deforestation world: dietary change is more important than intensification for climate targets in 2050. *Science of the Total Environment* 735:139353. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139353
- UN (2015) Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. A/RES/ 70/1. United Nations. Retrieved March 19, 2020, from <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication> (dostupno 23.11.2022)
- UN (2015) Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development <https://sdgs.un.org/2030agenda> (dostupno 23.11.2022)

- UN (2019) World Population Prospects 2019: Highlights. United Nations Department of Economic and Social Affairs [WWW Document]. URL https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf (dostupno 23.11.2022).
- UN (2020) The State of Food Security and Nutrition in the World 2020, The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. doi.org/10.4060/ca9692en
- UNESCO (2022) The united nations word water development report - Water and climate change. UN educational, scientific and cultural organization. Paris: UNESCO and UN-Water <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022> (dostupno 23.11.2022)
- United Nations. World Population Prospects 2019: Data Booklet. New York, NY: Department of Economic Social Affairs (2019) p. 1–25 https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_databooklet.pdf
- UN-WHO (2018) COP24 special report: Health and climate change. Geneva: World Health Organization, ISBN 978-92-4-151497-2. UN World Health Organization
- FAOSTAT (2021) FAOSTAT [www Document]. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (dostupno 23.11.22)
- Fraeye I, Kratka M, Vandenburgh H, Thorrez L (2020) Sensorial and Nutritional Aspects of Cultured Meat in Comparison to Traditional Meat: Much to Be Inferred. *Frontiers in Nutrition* 7:35. doi:10.3389/fnut.2020.00035
- Hamdan MN, Post MJ, Ramli MA, Mustafa AR (2018) Cultured Meat in Islamic Perspective. *Journal of Religion and Health* 57:2193–2206 doi.org/10.1007/s10943-017-0403-3
- Hashempour-Baltork F, Khosravi-Darani K, Hosseini H, Farshi PS, Reihani SF (2020) Mycoproteins as safe meat substitutes. *Journal of Cleaner Production* 253:119958. doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119958
- Helmy M, Smith D, Selvarajoo K (2020) Systems biology approaches integrated with artificial intelligence for optimized metabolic engineering, *Metabolic Engineering Communications* 11:e00149. doi.org/10.1016/j.mec.2020.e00149
- Henchion M, Moloney AP, Hyland J, Zimmermann J, McCarthy S (2021) Review: Trends for meat, milk and egg consumption for the next decades and the role played by livestock systems in the global production of proteins. *Animal* 15:100287
- Hinderink EBA, Schröder A, Sagis L, Schroën K, Berton-Carabi CC (2021) Physical and oxidative stability of food emulsions prepared with pea protein fractions. *LWT-Food Science and Technology* 146:111424
- Hoek CA, van Boekel AJSM, Voordouw J, Luning A.P (2011) Identification of new food alternatives: How do consumers categorize meat and meat substitutes? *Food Quality and Preference* 22(4):371–383. doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.01.008

- Hocquette E, Liu J, Ellies-Oury M-P, Chriki S, Hocquette J-F (2022) Does the future of meat in France depend on cultured muscle cells? Answers from different consumer segments. *Meat Science* 188:108776
- Hocquette JF (2016) Is in vitro meat the solution for the future? *Meat Science* 120:167–76. doi:10.1016/j.meatsci.2016.04.036
- Hu FB, Otis BO, McCarthy G (2019) Can plant-based meat alternatives be part of a healthy and sustainable diet? *JAMA* 322 (16):1547–1548. doi:10.1001/JAMA.2019.13187
- Cardello VA, Llobell F, Giacalone D, Roigard MC, Jaeger RS (2022) Plant-based alternatives vs dairy milk: Consumer segments and their sensory, emotional, cognitive and situational use responses to tasted products. *Food Quality and Preference* 100:104599. doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104599
- Clark M, Tilman D (2017) Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters* 12:64016. doi:10.1088/1748-9326/aa6cd5
- Clune S, Crossin E, Verghese K (2017) Systematic review of greenhouse gas emissions for different fresh food categories. *Journal of Cleaner Production* 140:766–783. doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.082
- Collier SE, Oberrauter L-M, Normann A, Norman C, Svensson M, Niimi J, Bergman P (2021) Identifying barriers to decreasing meat consumption and increasing acceptance of meat substitutes among Swedish consumers. *Appetite* 167:105643. doi.org/10.1016/j.appet.2021.105643
- Coucke N, Vermeir I, Slabbinck H, Geuens M, Choueiki Z (2022) How to reduce agricultural environmental impacts on ecosystem services: the role of nudging techniques to increase purchase of plant-based meat substitutes. *Ecosystem Services* 56:101444. doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101444
- Changing Markets Foundation (2018) Growing the Good: The case for low carbon transition in the food sector. Retrieved from http://changingmarkets.org/wp-content/uploads/2022/11/Emissions-Impossible-Methane-Edition_FINAL-compressed.pdf (Dostupno 23.11.2022)
- Charles H, Aveyard P, Garnett T, Hill JW, Key TJ, Lorimer J, Pierrehumbert R, Scarborough P, Springmann M, Jebb S (2018) Meat consumption, health, and the environment. *Science* 361(6399):aam5324. doi.org/10.1126/science.aam5324
- Chen L, Guttieres D, Koenigsberg A, Barone PW, Sinskey A.J, Springs SL (2022) Large-scale cultured meat production: Trends, challenges and promising biomanufacturing technologies. *Biomaterials* 280:121274. doi.org/10.1016/j.biomaterials.2021.121274
- Chen L, Guttieres D, Koenigsberg A, Barone WP, Sinskey JA, Springs LS (2022) Large-scale cultured meat production: Trends, challenges and promising biomanufacturing technologies. *Biomaterials* 280:121274. doi.org/10.1016/j.biomaterials.2021.121274
- Chobani (2021) Introducing Chobani® Oat | Chobani®. URL <https://www.chobani.com/oat/> (dostupno 20.11.2022)

- Choudhury D, Singh S, Seah JSH, Yeo DCL, Tan LP (2020) Commercial-ization of plant-based meat alternatives. *Trends in Plant Science* 25(11):1055-1058. doi.org/10.1016/j.tplants.2020.08.006
- Chriki S, Hocquette JF (2020) The Myth of Cultured Meat: A Review. *Frontiers in Nutrition* 7(7):7. doi:10.3389/fnut.2020.00007
- Qin J, Duan W, Chen Y, Dukhovny AV, Sorokin D, Li Y, Wang X (2022) Comprehensive evaluation and sustainable development of water–energy–food–ecology systems in Central Asia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 157:112061. doi.org/10.1016/j.rser.2021.112061
- Weinrich R, Elshiewy O (2019) Preference and willingness to pay for meat substitutes based on micro-algae. *Appetite* 142:104353. doi.org/10.1016/j.appet.2019.104353
- Wesseler J (2015) *Agriculture in the Bioeconomy – Economics and Policies*, Wageningen University, 1-27. <https://edepot.wur.nl/384179>
- Willet W, Rockstrom J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al. (2019) Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet*. 393:447–92. doi:10.1016/S0140-6736(18)31788-4
- Yano H, Fu W (2022) Effective Use of Plant Proteins for the Development of “New” Foods. *Foods* 11(9):1185. doi.org/10.3390/foods11091185

Biotechnologies in Function of Global Sustainable Development Goals

Радослав Грујић

Summary

The increase in the number of people on Earth requires the production of a large amount of food to feed them. In order to meet the needs for meat and proteins of animal origin, a significant increase in the number of animals for meat production is necessary. However, the increase in industrial animal breeding is limited. It will be under great pressure and restrictions in the future due to the negative impact on the environment, public health and animal welfare. In order to reduce the negative consequences of using meat, other sources of protein are sought, the so-called. alternatives (substitutes, analogs) of meat. New products are required to have similar nutritional and sensory properties as traditionally produced meat and to have a low impact on the environment and human health. Apart from vegetable proteins, cultured meat and proteins extracted from biomass obtained by growing single-celled organisms (bacteria, fungi, microalgae and yeast) have a great chance of becoming a substitute for meat in the near future. Cultured meat is meat grown in vitro from animal cells. In this way, it is possible to produce meat without slaughtering animals.

The aim of this chapter of the monograph is the analysis of proposals for existing solutions for the production and use of meat alternatives, including issues related to possible benefit/harm for the environment, consumer perception, establishment and compliance with regulations, etc. In order to achieve this, the latest scientific works on this topic were analyzed. According to the analyzed papers, it is necessary to increase the production of meat alternatives and thereby reduce the environmental and health problems related to meat consumption. The development of alternative proteins (cultured meat, vegetable proteins and microproteins) increases the optimism of all those who want to reduce the industrial farming of animals. However, consumers' attitudes towards this issue are still not completely clear. Without changing consumer attitudes about cultured meat, the results achieved during scientific research will not result in the development of new protein products.

Keywords: Meat Analogues, Artificial Meat, Cultured Meat, Consumer Perceptions, Sustainable Development Goals