

Agava - botanički podaci, kemijski sastav i uporaba

Maleš, Željko; Gagić, Sanja; Vujčić Bok, Valerija; Kovačić, Nikola

Source / Izvornik: **Farmaceutski glasnik, 2023, 79, 449 - 458**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:163:486609>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-29**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Pharmacy and Biochemistry University of Zagreb](#)



Agava - botanički podaci, kemijski sastav i uporaba

ŽELJAN MALEŠ¹, SANJA GAGIĆ¹,
VALERIJA VUJČIĆ BOK¹, NIKOLA KOVAČIĆ²

¹ Sveučilište u Zagrebu Farmaceutsko-biokemijski fakultet,
Zavod za farmaceutsku botaniku, Schrottova 39, 10 000 Zagreb

² Caffè bar „Kalahari“, Trg 101. brigade 2, 10 090 Zagreb

Uvod

Agave su rod sukulentnih jednosupnica koje nastanjuju sušna ili polusušna staništa. Potječu iz Sjeverne i Srednje Amerike, iako je nekoliko vrsta udomaćeno u Africi i Aziji kako bi se rabile kao hrana, izvor vlakana ili u ornamentalne svrhe. Rod *Agave* L. pripada porodici šparogovki (*Asparagaceae*) i obuhvaća 200-tinjak vrsta od kojih 166 raste na području Meksika i čak 119 ih je endemično (1). Ove biljke, zvane „*magueys*“, imaju tisućljetnu vezu s poviješću Meksika, budući da su se primjenjivale u meksičkom kulturnom razvoju, od prehrambenih do medicinskih, vjerskih, tekstilnih, građevinskih i ukrasnih svrha. Zbog svog kemijskog sastava, vrste roda *Agave* ljudima osiguravaju hranu bogatu ugljikohidratima, uglavnom fruktanima, koji su važni prebiotički spojevi (2). U nekoliko područja Meksika, ugljikohidrati nekih vrsta, nakon fermentacije i destilacije, primjenjuju se za izradu alkoholnih pića kao što su *tequila*, *mezcal* i *bacanora*. Agave sintetiziraju različite sekundarne metabolite, koji se u tradicionalnoj medicini primjenjuju zbog svojih antikancerogenih, protuupalnih i anti-parazitskih djelovanja (3). S obzirom na sva navedena blagodatna svojstva, dosta vrsta je izuzetno važno s gospodarskog gledišta. Vrsta *Agave fourcroydes* Lem., uzgaja se u državi Yucatán te se rabi za proizvodnju kvalitetnog vlakna koje se potom primjenjuje i za proizvodnju užadi i tepiha, a odnedavno se i pulpa koja nastaje u procesu proizvodnje, nakon što se iz biljnog materijala uklone vlakna, upotrebljava kao hrana za životinje. Vrste *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck i *Agave atrovirens* Karw. ex Salm-Dyck primjenjuju se za proizvodnju tradicionalnog pića *pulque*, vrsta *Agave potatorum* Zucc. za proizvodnju *mezcala* i na kraju vrsta *Agave tequilana* var. *azul* Weber, koja se uzgaja u državi Jalisco, rabi se za proizvodnju tekile (*tequila*).

CAM) koji uključuje smanjen gubitak vode transpiracijom, otvaranjem puči noću kada je temperatura zraka niža. Tijekom dana se površina lista zagrije na temperaturu višu nego većina biljaka može izdržati, ali je nastanak oštećenja spriječen debelim slojem kutikule. Kutikula je uglavnom građena od voskova koji uzrokuju zamućenje u procesu proizvodnje tradicionalnih meksičkih pića. Ovaj problem se izbjegava obradom destilata aktivnim ugljenom i filtriranjem kroz celulozne jastučice. Time se, naravno, gubi i dio karakteristične arome.

Glavni fotosintetski proizvod CAM-a su fruktani, topljivi polimeri fruktoze s uglavnom jednim glukoznim ostatkom po molekuli. Sintetizirani fruktani se pohranjuju u stabljike te je njihova glavna uloga spremišna. Također mogu djelovati kao osmoprotektori tijekom suše, što predstavlja još jednu fiziološku prilagodbu na sušna staništa (6).

Većina vrsta roda *Agave* su monokarpne što znači da stvaraju cvat samo jednom u svom životu, kad dosegnu starost od približno sedam do deset godina, te nakon toga ugibaju. Cvatovi ovih vrsta među najvećima su u biljnom svijetu, dosežu visinu i do 10 metara (2). Oprašuju ih šišmiši, ptice, pčele i drugi kukci (7). Osim spolnim razmnožavanjem, agave se mogu razmnožavati i vegetativno izbojcima koji rastu iz matične biljke. Ovakav način razmnožavanja proizvodi jedinke genetički identične matičnoj biljci i primjenjuje se pri komercionalnom uzgoju.

Kemijski sastav vrsta roda *Agava*

Agavin sok ili *aguamiel* je svijetložuta tekućina karakterističnog mirisa trave. Kemijski sastav se razlikuje između vrsta ali glavne sastavnice uglavnom uključuju: šećere glukozu, fruktozu i saharozu te fruktooligosaharide (FOS), fruktane, minerale, vitamine, aminokiseline, proteine, saponine i fenolne spojeve.

Istraživanja pokazuju da šećeri čine otprilike 75 % suhe mase agave dok približno 10 % čine FOS (11). Među šećerima prevladava glukoza (približno 35 %), te potom slijede fruktoza (približno 25 %) te saharoza (približno 10 %). FOS su građeni od linearnih lanaca jedinica fruktoze, povezanih $\beta(2-1)$ vezama. Broj jedinica fruktoze kreće se od 2 do 60, a lanac često završava jedinicom glukoze (12). Zbog svojih kemijskih svojstava, FOS djeluju kao prebiotici te su poželjna sastavnica mnogih prehrambenih proizvoda. S obzirom na zastupljenost FOS u suhoj tvari vrsta roda *Agave*, ove biljke su važan izvor prebiotika. FOS se trenutno upotrebljava kao sirovina za proizvodnju visokofruktoznog agavinog sirupa i kao izvor fermentirajućih šećera za tradicionalna pića. Fruktani agave su spojevi koji se nalaze u visokim koncentracijama u različitim biljnim staničjima. Sorte vrste *A. tequilana* mogu akumulirati od 48 do 60 % inulina (suha osnova)

(13). Najviše fruktana se pohranjuje u stabljici koja je sirovina za proizvodnju alkoholnih pića. Prema meksičkom službenom standardu, fruktani su definirani kao polimeri fruktoze, s ili bez terminalne ili središnje jedinice glukoze, povezani $\beta(2-1)$ i $\beta(2-6)$ vezama. Fruktani agave komercijalno se svrstavaju kao FOS kada je njihov stupanj polimerizacije manji od 10 jedinica ili kao inulin kada je stupanj polimerizacije veći (14).

Fosfor je najzastupljeniji mineral u agavinom soku, njegova koncentracija kreće se od 200 do 211 mg/mL, slijedi kalcij u koncentraciji 100–400 mg/L. Koncentracija željeza (1,1–21,5 mg/L), cinka (0,8–17,2 mg/L) i magnezija (16,2–100 mg/L) je promjenljiva s obzirom o kojoj se vrsti agave radi (15). Također, u soku nekih vrsta zabilježene su visoke razine kalija (vrsta *Agave mapisaga* Trel. – 1614 mg/L) (11). Potrošnja približno 850 mL *aguamiela* može zadovoljiti dnevne ljudske potrebe za željezom i cinkom prema preporučenim dijetetskim standardima (16).

Prema istraživanju autora Ortiz-Basurto i sur. (11) suha masa agave sastoji se i od 3 % proteina i 0,3 % slobodnih aminokiselina te sadržava sve esencijalne aminokiseline osim metionina. Nadalje, sadrži 26 mg/L γ -aminomaslačne kiseline (GABA). Ova aminokiselina jedan je od glavnih inhibitornih neurotransmitera u mozgu odraslih sisavaca (14).

Saponini su glikozilirani triterpenoidi ili steroidi raznih bioloških djelovanja; antibakterijsko, antifungalno, antikolesterolemično, antikancerogeno, adjuvantno i hemolitičko. U agavi, ovi spojevi su glikozilirani derivati biljnih steroida kao što su tigenin, smilagenin, gitogenin, klorogenin i neotigenin. Količina ovih spojeva ovisi o vrsti i životnom stadiju biljke (16).

Sastav fenola također je promjenljiv od vrste do vrste a najzastupljeniji fenoli u biljaka ovog roda su flavonoidni aglikoni kempferol i kvercetin te benzojeva i cimetna kiselina kao fenolne kiseline (18). Ovi spojevi također imaju važne biološke učinke: protuupalno, antioksidacijsko i antiproliferativno. Duke (19) je identificirao kempferol kao prevladavajući flavonoid u polifenolnoj frakciji listova vrste *A. americana*. Ekstrakti listova agave bogati su i raznim terpenima: linalolom, terpinenom, limonenom, terpineolom, geraniolom itd. (18).

Aguamiel vrste *A. salmiana* sadrži 126 mg/mL askorbinske kiseline (20). Također, u soku se nalaze i vitamini B skupine (B1, B2, B3, B6), folati, vitamin A, vitamin E te vitamin K (14).

Uvjeti pri kojima se ekstrahira (kuha) stabljika agave u procesu proizvodnje žestokih pića, kao što su visoka temperatura, nizak pH (4,5), trajanje procesa i vlažnost su vrlo povoljni za stvaranje Maillardovih spojeva (21). Oni su jedna od ključnih sastavnica pri stvaranju karakterističnog okusa karamele ovih pića.

Okus i miris pića također ovise i o tvarima koje nastaju u procesu fermentacije a čiji su bitni sudionici uz kvasce i bakterije mliječno-kiselog vrenja. Nakon fermentacije u pićima je zabilježen porast koncentracije kobalamina, vitamina K i riboflavina što se pripisuje upravo navedenim bakterijama (15).

Tradicionalna pića od agave

Svježi sok dobiven iz stabljike agave naziva se *aguamiel*. Izraz „*aguamiel*“ dolazi od španjolske riječi “*agua*” što znači voda i “*miel*” što znači med. Nisu sve vrste agave prikladne za ekstrakciju *aguamiela*. Najviše primjenjivane vrste su *A. americana*, *A. atrovirens*, *A. mapisaga* i *A. salmiana*. Ekstrakcija sirovine počinje kada je biljka stara 7–10 godina i na početku cvatnje. U središnjem dijelu biljke se ručno izdubi šupljina u kojoj se nagomilava svježi sok, koji se potom skuplja i do dva puta dnevno. Svaka biljka proizvede oko 1500 L *aguamiela* tijekom razdoblja od 4 do 6 mjeseci. Napitak se može uzimati u svom izvornom obliku ili može biti ishodišna sirovina za proizvodnju koncentriranog soka agave, sladila ili tradicionalnog pića *pulque*. Zbog svog nutritivnog sadržaja, *aguamiel* se smatra nutraceutskim napitkom i zamjena je za hranu na mjestima gdje je kvaliteta vode loša i potrošnja mesa ograničena (16).

Pulque je nedestilirano blago alkoholno piće, mliječno bijele boje, koje sadrži 4 do 6 % etanola. Tradicionalno se primjenjuje u središnjem dijelu Meksika i proizvodi fermentacijom *aguamiela* dobivenog uglavnom od vrste *A. salmiana*, a mogu se rabiti još i vrste *A. americana*, *A. atrovirens* i *A. mapisaga* (14). Fermentaciju obavljaju mikroorganizmi koji se prirodno nalaze u slatkom agavinom soku. *Pulque* se smatra najznačajnijim alkoholnim pićem u meksičkoj povelji. Nakon godina manje konzumacije, potrošnja ovog pića je opet počela rasti posljednjih 10 do 15 godina, i to uglavnom među mlađim stanovništvom. Prodaje se u izvornom obliku ili može biti obogaćen raznim umjetnim aromama i bojama. Iako se *pulque* smatra alkoholnim pićem, ima prebiotička svojstva koja mogu biti korisna za ljudsko zdravlje (22).

Meksička žestoka pića od agave zaštićena oznakom izvornosti uključuju *tequila*, *bacanoru*, *mezcal* i *raicillu* (23). Svaki napitak se proizvodi od različitih vrsta agave. *Tequila* se mora proizvoditi od vrste *Agave tequilana* var. *azul*, *bacanora* od vrste *A. angustifolia* Haw, *mezcal* od vrsta *A. angustifolia*, *A. cupreata* Trel. & A. Berger, *A. durangensis* Gentry, *A. patatorum* Zucc ili *A. salmiana* Otto ex Salm, a *raicilla* od vrsta *A. angustifolia* Haw., *A. lechugilla* Torr ili *A. maximiliana* Baker. U usporedbi s *pulqueom*, gdje se *aguamiel* svakodnevno sakuplja tijekom 4 do 6 mjeseci, proizvodnja tih destiliranih pića započinje žetvom (na španjolskom „*jima*“) stabljika agave pri kojoj se odmah odstranjuju listovi. Proces proizvodnje sva četiri

pića uključuje ista glavna četiri koraka: ekstrakciju (kuhanje), mljevenje, fermentaciju i destilaciju (14). Jednom kada se šećeri ekstrahiraju, fermentacija se obavlja u bačvama pomoću kvasca. Prevladavajući kvasac je *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, zajedno s ostalih 14 manje brojnih zajednica drugih vrsta kvasaca (24). Fermentirana kaša destilira se dvaput i zatim razrijedi kako bi se dobio alkohol u rasponu od 35 do 55 % volumena. Gotov proizvod se odmah stavlja u boce ili sazrijeva u hrastovim bačvama.

Tekila (*Tequila*) je tradicionalno meksičko piće koje se najviše primjenjuje u svijetu. Dobiva se isključivo fermentacijom soka dobivenog od plave agave (*Agave tequilana* var. *azul*) što je regulirano i zakonom. Ova vrsta agave posebno dobro uspijeva na određenim geografskim područjima, prvenstveno u državi Jalisco na zapadu središnjeg dijela Meksika (17). Za proizvodnju tekile, stabljiku agave potrebno je ekstrahirati (kuhati) najmanje 32 sata na 100 °C. Agavin sok dobiven od kuhanih i mljevenih stabljika se zatim fermentira i dvostruko destilira. Konačni proizvod tog procesa je bijela tekila. Tekila se obično svrstava u jednu od pet kategorija: bijela ili srebrna ("*blanco*"), stavljena u boce odmah nakon destilacije i spremna za prodaju ili odležana manje od dva mjeseca u hrastovim bačvama; mlada ili zlatna ("*joven*"), bijela tekila pomiješana s odležanom tekilom (3–12 mjeseci), a često i s karamel bojom, sirupom na bazi šećera, glicerinom i/ili ekstraktom hrasta; odmorna ("*reposado*"), tekila odležana najmanje dva mjeseca, ali manje od godinu dana u hrastovim bačvama; odležana ("*añejo*"), tekila odležana najmanje godinu dana, ali manje od 3 godine u hrastovim bačvama te ultra stara ("*ultra añejo*"), tekila odležana najmanje tri godine u hrastovim bačvama (4, 17). Na temelju dodatka šećera razlikuju se dvije glavne skupine tekile: "tekila 100 % agava" proizvedena isključivo fermentacijom šećera iz vrste *A. tequilana* i "tekila" proizvedena s do 49 % dodanih šećera iz drugih izvora kao što je šećerna trska, melasa ili kukuruzni sirup (4).

Mezcal je drugo po popularnosti destilirano piće od agave. Karakterističnog je okusa i specifičnih organoleptičkih svojstava. U posljednjih nekoliko godina, potražnja *mezcala* na tržištu je znatno porasla, a njegova potrošnja se promiče još od 1994. zakonom o denominaciji podrijetla. Prema spomenutoj deklaraciji, *mezcal* može biti napravljen od nekoliko vrsta agave, pa meksički proizvođači primjenjuju one vrste koje najbolje uspijevaju u njihovim područjima. Vrsta *A. angustifolia* iz meksičke države Oaxaca vjerojatno je najpoznatija sirovina za proizvodnju *mezcala*, s obzirom na popularnost ovog pića u toj saveznoj državi. Vrsta *A. salmiana* naširoko se rabi u državama San Luis Potosi i Zacatecas, kao i vrsta *A. cupreata* Trel. & A. Berger u Guerreru. Još jedna često primjenjivana agava je vrsta *A. duranguensis* Gentry u državi Durango (17).

Također, prema službenoj standardizaciji razlikuju se dvije vrste *mezcala*: „100 % *mezcal* od agave“, koji se dobiva fermentacijom i zatim destilacijom isključivo soka dobivenog od agave s malo vode, i „miješani *mezcal*“, gdje se dodaju i ostale vrste šećera (u agavin mošt se može dodati i do 20 % šećera drugog podrijetla). Proces proizvodnje *mezcala* sličan je onomu proizvodnje tekile uz iznimku da u procesu fermentacije osim kvasca *S. cerevisiae* važnu ulogu ima i *Torulasporea delbrueckii* (Lindner) Lindner (5). Nakon fermentacije slijedi destilacija i u nekim slučajevima sazrijevanje. Napitak se ponekad pojačava različitim okusima ili voćem kao npr. kokosom, kupinom i dunjom.

Bacanora i *raicilla* također su fermentirana i destilirana pića dobivena od agave. *Bacanora* je tradicionalno piće savezne države Sonora. Sadrži 40 do 50 % alkohola i također je zaštićena zakonom o denominaciji podrijetla, a njezina proizvodnja je ograničena na područje Sonore. Ovo se piće proizvodi u domaćinstvima od vrste *A. angustifolia*, a postupci primjenjivani u procesu proizvodnje nisu se mijenjali već skoro cijelo stoljeće (25). Proces fermentacije *bacanore* se provodi s domaćim kvascem i bakterijama (26). *Raicilla* je tradicionalno piće koje su osmislili i pili rudari rudnika „*Sierra Madre Occidental de Jalisco*“. To žestoko piće je fermentirano i jedanput destilirano proizvod dobiven domaćom proizvodnjom, uglavnom od vrste *A. lechuguilla*. Nakon što se dobije napitak procesom destilacije, miješa se s demineraliziranom vodom kako bi se postigao 40 %-tni volumni udio alkohola. Piću se potom dodaju standardizirane sastavnice koje osiguravaju karakterističnu boju karamele, te slijedi filtracija nakon koje se konačni proizvod puni u boce (5).

Zaključak

U ovom radu opisana su najznačajnija botanička i kemijska svojstva biljaka roda *Agave*. Najviše vrsta koje pripadaju ovom rodu raste na području Meksika te su izrazito važan dio tamošnje kulture i tradicije. Agave se primjenjuju u brojne svrhe, od prehrambenih do medicinskih, vjerskih, tekstilnih, građevinskih i ukrasnih.

Agavin slatki sok, *aguamiel*, bogat je mineralima poput fosfora, kalcija, željeza, cinka, a u nekih vrsta i kalija. Također sadrži gotovo sve esencijalne aminokiseline, vitamine B skupine, vitamin C, vitamin K kao i prebiotike. Fenolni spojevi i saponini ovih vrsta imaju razne biološke učinke: antibiotski, antifungalni, antiparazitski, protuupalni, adjuvantni i dr.

Najpopularnija upotreba agave svakako je proizvodnja tradicionalnih alkoholnih pića. Zbog svjetske popularnosti ovih napitaka, poglavito tekile, agave imaju i izrazitu ekonomsku važnost. Proces proizvodnje destiliranih alkoholnih

pića se sastoji od 4 ključna koraka koji su zajednički za sve proizvode: ekstrakcija (kuhanje), mljevenje, fermentacija i destilacija. *Tequila, mezcal, bacanora* i *raicilla* zaštićeni su zakonom o denominaciji podrijetla.

9-10
2023

Agave – botanical data, chemical composition and use

Ž. Maleš, S. Gagić, V. Vujčić Bok, N. Kovačić

Abstract *Agave* is a genus of succulent monocotyledons native to Central America's arid and semiarid regions, particularly Mexico, where up to 119 endemic species have been identified. Physiological features that allow them to live in such surroundings, such as *Crassulacean Acid Metabolism* (CAM) and inulin storage, are also the foundation of these plants' connection with Mexicans and their culture. Agaves are utilized for a variety of purposes, including animal feed and horticulture, but the most common is the production of aguamiel and traditional alcoholic beverages like tequila, pulque, mezcal, bacanora, and raicilla. Aguamiel is classified as a nutraceutical beverage due to its high concentration of health-promoting ingredients. It has a high content of fructooligosaccharides, regarded as prebiotics, vital vitamins, and minerals such as B group vitamins, phosphorus, zinc, iron, and phenolic compounds with various medical actions (antibiotics, adjuvants, anticholesterolemic, etc.). Because of their widespread popularity, agave alcoholic beverages are greatly profitable. Agave genes, linked with adaptations to arid environments, are a potential resource for the genetic engineering of other agronomically important crops.

1. Alducin-Martínez C, Ruiz Mondragón KY, Jiménez-Barrón O, Aguirre-Planter E, Gasca-Pineda J, Eguiarte LE, Medellín RA. Uses, Knowledge and Extinction Risk Faced by Agave Species in Mexico. *Plants*. 2023; 12:124.
2. Michel-Cuello C, Juárez-Flores BI, Aguirre- Rivera JR, Pinos-Rodríguez JM. Quantitative Characterization of Nonstructural Carbohydrates of Mezcal Agave (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dick). *J. Agric. Food Chem.* 2008; 56:5753–5757.
3. Almaraz-Abarca N, Delgado-Alvarado EA, Avila-Reyes JA, Uribe-Soto JN, González-Valdez LS. The phenols of the genus *Agave* (Agavaceae). *J. biomater. nano-biotechnol.* 2013; 4:9–16.

4. Cedeño MC. Tequila production. *Crit. Rev. Biotechnol.* 1995; 15:1–11.
5. Pérez-Zavala MDL, Hernández-Arzaba JC, Bideshi DK, Barboza-Corona JE. Agave: a natural renewable resource with multiple applications. *J. Sci. Food Agric.* 2020; 100:5324–5333.
6. Lopez MG, Mancilla-Margalli NA, Mendoza-Diaz G. Molecular structures of fructans from Agave tequilana Weber var. azul. *J. Agric. Food Chem.* 2003; 51:7835–7840.
7. Good-Avila SV, Souza V, Gaut BS, Eguiarte LE. (2006). Timing and rate of speciation in Agave (Agavaceae). *Proc. Natl. Acad. Sci.* 2006; 103:9124–9129.
8. <https://www.garden-view.com/plant/agave-americana/>, datum pristupa: 11.4.2023.
9. <http://sisanasweeteners.com/about-agave/types-of-agave/index.html>., datum pristupa: 11.4.2023.
10. <https://eol.org/pages/1083826>., datum pristupa: 11.4.2023.
11. Ortiz-Basurto RI, Pourcelly G, Doco T, Williams P, Dornier M, Belleville MP. Analysis of the main components of the aguamiel produced by the maguey-pulquero (Agave mapisaga) throughout the harvest period. *J. Agric. Food Chem.* 2008; 56:3682–3687.
12. Sabater-Molina M, Larqué E, Torrella F, Zamora S. Dietary fructooligosaccharides and potential benefits on health. *J. Physiol. Biochem.* 2009; 65:315–328.
13. Sanchez-Marroquin A, Hope PH. Agave juice, fermentation and chemical composition studies of some species. *J. Agric. Food Chem.* 1953; 1:246–249.
14. Santos-Zea L, Leal-Diaz AM, Cortes-Ceballos E, Gutierrez-Urbe JA. Agave (Agave spp.) and its traditional products as a source of bioactive compounds. *Curr. Bioact Compd.* 2012; 8:218–231.
15. Villarreal-Morales SL, Muñoz-Márquez DB, Michel-Michel M, González-Montemayor ÁM, Escobedo-García S, Salas-Tovar JA, Rodríguez-Herrera R. *Natural Beverages*. Duxford: Academic Press, 2019.
16. Silos-Espino G, González-Cortés N, Carrillo-López A, Guevaralara F, Valverde-González ME, Paredes-López O. Chemical composition and in vitro propagation of Agave salmiana ‘Gentry’. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 2007; 82:355–359.
17. Narváez-Zapata JA, Sánchez-Teyer LF. Agaves as a raw material: recent technologies and applications. *Recent Pat Biotechnol.* 2010; 3:185–191.
18. López-Romero JC, Ayala-Zavala JE, González-Aguilar GA, Peña-Ramos EA, González-Ríos H. Biological activities of Agave by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. *J. Sci. Food Agric.* 2018; 98:2461–2474.
19. Duke JA. *Handbook of Phytochemical Constituents of Gras Herbs and Other Economic Plants*. Boca Raton: CRC Press, 2000.
20. Saraiva A, Carrascosa C, Ramos F, Raheem D, Raposo A. Agave syrup: chemical analysis and nutritional profile, applications in the food industry and health impacts. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022; 19:7022.
21. Mancilla-Margalli NA, Lopez MG. Generation of Maillard compounds from inulin during the thermal processing of Agave tequilana Weber Var. azul. *J Agric Food Chem.* 2002; 50:806–812.

22. Escalante ADR, López-Soto DR, Velázquez-Gutiérrez JE, Giles-Gómez M, Bolívar F, López-Munguía A. Pulque, a traditional Mexican alcoholic fermented beverage: Historical, microbiological and technical aspects. *Front. Microbiol.* 2016; 7:1026.
23. <https://chambers.com/articles/trends-in-mexico-in-appellations-of-origin-and-geographical-indications-for-spirits>, datum pristupa: 12.4.2023.
24. Lachance MA. Yeast communities in a natural tequila fermentation. *Antonie van Leeuwenhoek.* 1995; 68:151–160.
25. Gutiérrez-Coronado ML, Acevedo-Félix E, Valenzuela-Quintana AI. Industria del Bacanora y su proceso de producción. *Cienc Tecnol Aliment.* 2007; 5:394–404.
26. Álvarez-Ainza ML, Zamora-Quiñonez KA, Moreno-Ibarra GM, Acedo-Félix E. Genomic diversity of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts associated with alcoholic fermentation of bacanora produced by artisanal methods. *Appl Biochem Biotechnol.* 2015; 175:2668–2676.

Primljeno 24. travnja 2023.