

Egysejt-fehérje előállítása állati takarmányozáshoz fermentációs biotechnológiával

Kulcsszavak: Kwashiorkor, egysejtes fehérje, élelmiszer-melléktermékek, takarmányozás, fermentáció, biotechnológia

1. ÖSSZEFOGLALÁS

Háttérinformáció: A fermentáció egyfajta biotechnológia, amely mikroorganizmusok kémiai folyamatait használ állati táplálék előállítására. A régi időkben a hulladékokat vegyszerekkel kezelték, napjainkban viszont a vállalkozások a hulladékokat értékes élelmiszerekké, élelmiszer-összetevőkké vagy takarmánytermékekké például egysejt-olajokká, vagy egysejtfehérjékké alakítják át. A leggyakrabban használt szubsztrátum a melasz és a kukoricaáztató lúg, amelyek a fermentációs folyamat részei.

Cél: Kéziratunk megírásának célja az, hogy áttekintést adjon az egysejt-fehérjék (single cell proteins – SCP) fermentációs eljárással történő előállításához felhasznált élesztőtörzsekről és élelmiszer-melléktermékekről. Ezen túlmenően a dolgozat összefoglalja az egysejt-fehérjék szerepét az állati takarmányban.

Módszerek: A cikk anyagához a Google Scholar Medline és PubMed adatbázisában elektronikus keresést végeztünk. További keresést végeztünk az Élelmiszer- és Mezőgazdasági Világszervezet, a FAO kutatási cikkadatbázisában.

Eredmények: A fentebb említett szubsztrátok és a különböző mikroorganizmusok (algák, élesztő, baktériumok) által termelt egysejt-fehérjék fontos szerepet játszanak az állati takarmányozásban. Ezenkívül az SCP-k kiváló minőségű fehérje-, telítetlen zsírsav-, vitamin- és ásványianyag-források az állatok számára.

Következtetés: Az egysejt-fehérje fermentációval történő előállítása számos jelentős előnnyel jár, beleértve a fenntarthatóságot, az egészséget és a termelési hatékonyságot.

¹ Széchenyi István Egyetem, Agrártudományi és Élelmiszertudományi Kar, Víz- és Környezettudományi tanszék

² SISAF Nanotechnology Drug Delivery, Ulster University

* Levelező szerző: Széchenyi István Egyetem, Agrártudományi és Élelmiszertudományi Kar, Víz- és Környezettudományi tanszék

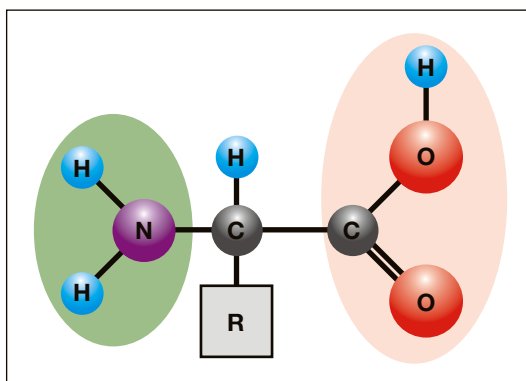
2. Bevezetés

A régebbi évtizedekben a különböző élelmiszeripari hulladékokat különféle vegyszerekkel kezelték, amely nem volt a legjobbnak tekinthető hulladékkezelési megoldás. Ahogy a világ népessége növekszik, az elmúlt évtizedekben az állat- és tejtermelés is folyamatosan növekszik. A világ jelenleg több mint 350 millió tonna állati eredetű fehérjét termel, és ez az érték 2050-re várhatóan 1250 millió tonnára fog emelkedni, hogy kielégítse az állati eredetű fehérje iránti globális keresletet [1]. Manapság sok cég alakít át a különféle hulladékokat hasznos élelmiszerekké, élelmiszer-összetevőkké vagy takarmánytermékekké emberi táplálkozásra és az állatok takarmányozása céljából. Ezek a termékek környezetbarátok és egészségügyi szempontból is kedvezőnek tekinthetők, mint például a biogáz, a bioüzemanyagok és az egyéb bioenergiák. A rendelkezésre álló módszerek és technikák lehetőséget adnak arra, hogy ezeket a termékeket egysejt-olajokként, egysejt-fehérjékként, vegyi anyagokként, enzimekként és sok más hasznos anyaggá alakítsuk át.

A szénhidrátok és a zsírok után a fehérjék a legfontosabb makrotápanyagok, amelyekre a szervezetnek nagy mennyiségben szüksége van. Fogyasztásuk elengedhetetlen tényező a növekedéshez, a test helyreállításához és az egészség megőrzéséhez. Valamennyi fehérje 20 aminosavból áll, és ezek határozzák meg a fehérje tápértékét. Az aminosavak egy részét az ember nem tudja szintetizálni, de mégis esszenciálisak (valin, leucin, izoleucin, fenilalanin, triptofán, lizin, hisztidin, metionin és treonin), és ezeket étrendünkől kell bevinni. Az aminosavak általános szerkezetét az **1. ábra** mutatja be.

A fehérjék emésztése a gyomorban kezdődik és a bél lumenében folytatódik, ahol a fehérjék mono- és diaminosavakká bomlanak le. Ezeket az aminosavakat a belekben specifikus transzporterek kötik meg, majd a vérbe juttatják, hogy a szervezet egyéb szöveteinek nitrogénalapú vázát képezhessék. Ezek között neurotranszmitterek, enzimek és hormonok is vannak [2, 3]. Bár mind a növényi, mind az állati fehérjék összetevőikben hasonlóak, mindkettő fehérjecsoport közel ugyanazokat az aminosavakat tartalmazza, de az összes esszenciális aminosavat az állati fehérjék tartalmazzák [4].

Általánosságban elmondható, hogy az emberi szervezetnek testtömeg-kilogrammonként 1,0-1,5 g fehérjére van szüksége úgy a felnőttek, mint a gyermekek esetében [5]. Ha az étrend hosszú ideig fehérjehiányos, a kwashiorkor nevű betegséget okozhatja, amely az alultápláltság súlyos formája [6].



1. ábra. Az aminosavak általános szerkezeti képlete: aminocsoport (-NH₂), karboxilcsoport (-COOH) és cserélhető csoport (-R) [7]

Az egysejt-fehérje (SCP) a hulladékokból származó egyik kiváló minőségű és értékes diétás termék [8, 9, 10, 11, 12]. Az SCP egy biomasz, amelyet különböző mikroorganizmusok állítanak elő, így bioproteinnek, mikrobiális fehérjének vagy biomasszának is nevezhetjük. Ezek a mikroorganizmusok fehérjében gazdag összetevőként emberi táplálékban és állati takarmányban is felhasználhatók [8]. Ezen túlmenően az SCP-k növényi fehérjeforrások hasznos alternatívája lehet, egész évben előállíthatók és nem bocsátanak ki üvegházhatású gázokat. A fehérje előállításához legfontosabb az olcsó és megfelelő szubsztrátok vagy agráripári melléktermékek és értékes mikroorganizmusok kiválasztása az egysejt-fehérjék előállítási költségének csökkentéséhez [8, 13, 14, 15, 16, 17]. Ennek elérése érdekében különféle szubsztrátumokat használtak, mint például almatörköly, jamsz-héj (*Dioscorea* sp. Szerk), citruspép, burgonya héja, ananász hulladék, papayahulladék [8]. A leggyakrabban használt melléktermékek azonban a melasz és a kukoricaáztató lé. A mikroorganizmusok kutatási és ipari célokra való helyes kiválasztása is fontos.

Dolgozatunk a mikroorganizmusok (algák, élesztő, baktériumok) által termelt egysejt-fehérjékre, mint alternatív fehérjeforrásokra összpontosít. Az erjesztéssel előállított egysejt-fehérje kedvező beltartalmi értékeinek köszönhetően (fehérjék, vitaminok, ásványi anyagok) jól emészthető formában felhasználható emberi táplálkozásra, mint élelmiszer. Vitamin-kiegészítéssel különösen, mint funkcionális élelmiszer-összetevő, hozzájárul az alultápláltság megelőzéséhez, kezeléséhez is [10].

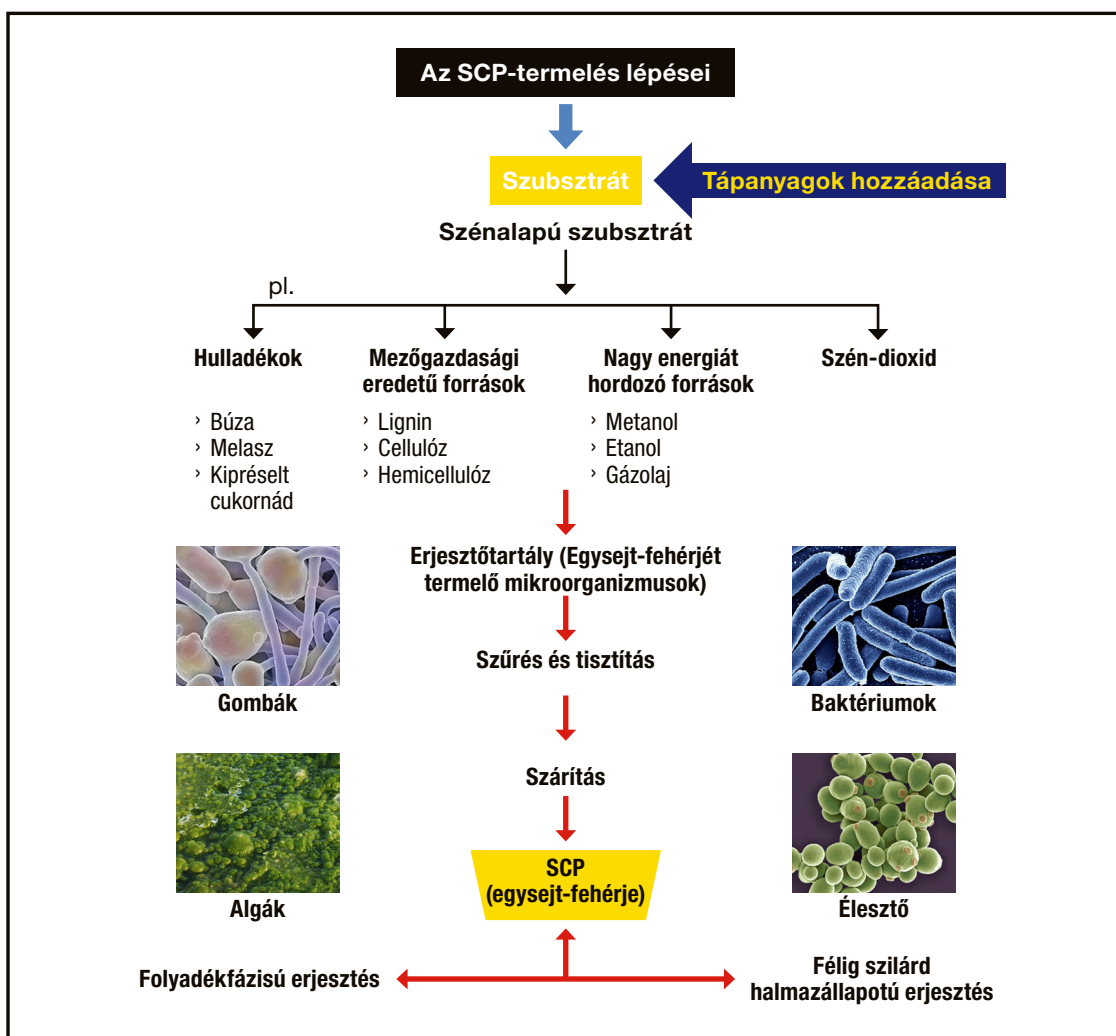
3. Anyag és módszer

Az áttekintő dolgozat elkészítéséhez elektronikus kereséseket végeztünk a Google Scholar adatbázison, a Medline-on és a PubMed-en. További keresést végeztünk az interneten is. A keresési elemek a következők voltak: táplálkozás, étrend, fehérje, egysejt-fehérje, immunrendszer. Ezt az áttekintést a legújabb irodalom elemzésére végeztük, abból a célból, hogy bemutassuk a táplálkozási szokások és az egysejt-fehérjék étrendi hatását.

4. Eredmények

4.1. Egysejt-fehérjék előállítása fermentációval

Az egysejt-fehérje (SCP) egy, természetett mikrobiális biomasszából származó fehérje, amely az étrendben fehérje-kiegészítésre használható. Az SCP fermentációs folyamata a **2. ábrán** látható. Az SCP-k előállításához mezőgazdasági és ipari hulladékok szolgálnak szubsztrátként. Az algák, gombák és baktériumok a mikrobiális fehérje fő forrásai, amelyek SCP-ként hasznosíthatók (**1. táblázat**) [18]. A fajok élelmiszerként való felhasználhatósága függ a növekedési sebességtől, a felhasznált szubsztráttól, annak szennyeződéseitől, toxintartalmától. Az előállított biomassza fehérjében, aminosavakban, például lizinben és metioninban, telítetlen zsírsavakban, vitaminokban és ásványi anyagokban gazdag. Az ilyen biomasszát élelmiszerként, étrend-kiegészítőként [18] és takarmányként világszerte használják.



2. ábra. Egysejt-fehérje előállítása fermentációs eljárással (Módosított vázlat [8])

1. táblázat. Különböző táptalajok és mikroorganizmusok egysejt-fehérje (biomassza) termelésére

Mikroorganizmusok	Szubsztrát	Irodalmi hivatkozások
Trichosporon cutaneum LOCK 0254 Candida tropicalis LOCK 0007 Pichia stipitis LOCK 0047 Candida guilliermondii ATCC 6260 Saccharomyces cerevisiae LOCK 0132	Cukorrépa pép	[19]
<i>Candida utilis</i>	Melsz	[20]
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Fruktóz táptalaj	[21]
<i>Spirulina platensis</i>	Répa vinasz	[22]
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> KV-25	Melasz, Kukorica főzőlé	[23]
<i>Aphanothece microscopica</i> Nägeli	Forrázott rizs	[24]
<i>Candida utilis</i>	Rizs	[25]
<i>Kluyveromyces marxianus</i> <i>Candida crusei</i>	Búza	[26]
<i>Aspergillus niger</i> <i>Trichoderma viride</i>	Citrom pulp	[27]
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Szűz szőlőtörköly	[28]
<i>Phaffia rhodozyma</i>	Nyers cukorrépa juice, Hidrolizált préselt cukornád	[29]

4.2. Élelmiszer melléktermékek, főként melasz és kukoricaáztató lé felhasználása biomassza előállítására

A termelési költségek csökkentésének, az élelmiszerrendszer kapacitásának növelése és a környezeti fenntarthatósági kampányhoz való csatlakozás fontos feltétele az élelmiszer-veszteség és -pazarlás csökkentése. Az élelmiszer-hulladék számos biológiailag lebomló komponenst tartalmaz a kórokozó mikroorganizmusok számára, amelyek fertőző betegségeket okozhatnak. Így az élelmiszer-veszteség és a hulladékcsökkentés szintén kedvező hatással van a fogyasztók egészségére és jólétére.

Az Európai Unió ennek szellemében is támogatja az élelmiszer-pazarlás csökkentését, amelyek zöldségekből, gyümölcsökből, italokból, cukorból, húsból, akvakultúrából és tenger gyümölcseiből származó élelmiszer-melléktermékek funkcionális vagy bioaktív összetevőit is tartalmazzák. Az élelmiszer-melléktermékek felhasználhatók a táplálék- vagy gyógyszeriparban. Ezek fermentációs biotechnológiával állati takarmánytermékeké alakíthatók [30]. Az egyik leggyakrabban használt élelmiszer-melléktermék a melasz és a kukoricapehely. A melasz (M) a cukornád mellékterméke, és számos fermentációs vegyületet tartalmaz, például vitaminokat, ásványi anyagokat, szacharózt és szerves vegyületeket. Ezenkívül a kukorica áztatólúg (CSL) a kukorica nedves őrlési iparának mellékterméke, és számos összetevőben gazdag, például vitaminokban, ásványi anyagokban, aminosavakban és fehérjékben. Ezenkívül a CSL fontos nitrogénforrás is [31]. A fermentációs folyamatban szubsztrátként használt melasszal és kukoricaáztató lével kapcsolatos irodalmi adatokat a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat. A melasz és a kukorica áztatólé kedvező hatásait összefoglaló irodalmi hivatkozások

Szubsztrát	A közlemény témája	Hivatkozási szám
Melasz	A melasz kémiai összetételének jellemzése	[32]
Melasz	A melasz hatása a vegyes szilázs fermentációs jellemzőire	[33]
Melasz	Melasz, mint melléktermék és alapanyag	[34]
Melasz	A melaszból történő etanoltermelés vízlábnyomának felmérése	[35]
Melasz	A melasz termékek hatása a tehének termelékenységére és tejzsírsavprofiljára	[36]
Kukorica áztatólé	A kukorica áztatószesz antidiabetikus hatása	[37]
Kukorica áztatólé	Friss rizsszalma-szilázs kukoricaáztató lé hatása	[38]

A táblázat a következő oldalon folytatódik.

Szubsztrát	A közlemény témája	Hivatkozási szám
<i>Kukorica áztatólé</i>	Bepeárolt kukorica áztatólúg koncentrátum vizsgálata	[39]
<i>Kukorica áztatólé</i>	A CSL tanulmányozása a tejsavbaktériumok táplálkozásában	[40]
<i>Kukorica áztatólé</i>	A kukoricaáztató lúg mikrobiológiai vizsgálata	[41]

4.3. A fermentációval előállított egysejt-fehérje szerepe az állati takarmányozásban

A jó minőségű és magas fehérjében gazdag emberi élelmiszerek és állati takarmányok, amelyeket fontos növelni a globális népesség növekedésével. A mikrobiális biomasszán alapuló, egysejtű fehérje (SCP) termékek potenciális összetevője ennek az igénynek [42]. Az SCP kiváló minőségű omega-3 zsírsavakat, vitaminokat, mikrotápanyagokat, fehérjét és egyéb, az állati szervezet számára hasznos összetevőket tartalmaz. Ezeket az értékes összetevőket a **3. táblázatban** foglaltuk össze.

3. táblázat. Különböző mikroorganizmusokból származó egysejt-fehérjék különböző, értékes komponensei [42]

SCP források	Fehérjetartalom (%)	Különleges tulajdonságok	A termelő mikroorganizmusok példái
Mikroalgák	60-70 %	Omega-3 zsírsavak termelése	<i>Chlorella vulgaris</i>
Élesztő	30-50 %	Vitaminok és mikrotápanyagok termelése	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Bakteriumok	50-80 %	Nagy fehérjetartalom	<i>Methylococcus capsulatus</i>
Protiszták (átmenet az állati és növényi organizmusok között A Szerk.)	10-20 %	Omega-3 zsírsavak termelése	<i>Schizochytrium limacinum</i>

Az egysejt-fehérjék az állati takarmányban kedvezően egészítik ki a fehérjeszükségletet a hagyományos takarmányok mellett. Ez az állati eredetű termékek minőségét is befolyásolhatja. Az egysejt-fehérjék állati takarmányban betöltött szerepét számos kézirat igazolja, melyeket a **4. táblázat** mutat be.

4. táblázat. Az egysejt-fehérjék szerepe a takarmányban

Vizsgált állatfaj	Az egysejt-fehérjék kedvező hatása a táplált állatra	Irodalmi hivatkozás jelzete
Pisztráugsügér (<i>Micropterus salmoides</i>)	Az atlanti lazac intenzív súlygyarapodása	[43]
Szarvasmarha	Szarvasmarhánál a szoptatás alatti kedvező hatás teljesen vegyes takarmányadag részeként érvényesül	[44]
Broiler csirke	A takarmányfelvétel és a súlygyarapodás javítása	[45]
Norvég vörös szarvasmarha	A mikrobiológiai eredetű fehérjeforrások (C. utilis) kedvezően hatnak a sajt minőségére	[46]
Abalon tengeri kagylók (Haliotidae családba tartozó kis és nagyon nagy tengeri haslábú puhatestűek csoportjának általános neve. A Szerk.)	Az egysejtű fehérje fokozza a tengeri kagylók növekedését	[47]

5. Irodalom

- [1] Ritala A., Häkkinen Suvi T., Toivari M., Wiebe Marilyn G. (2017) Single Cell Protein State of the Art, Industrial Landscape and Patents 2001–2016. *Frontiers in Microbiology*. 8:1-18. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02009>
- [2] Dallas D. C., Sanctuary M. R., Qu Y., Khajavi S. H., Van Zandt A. E., Dyandra M., Frese S. A., Barile D., Germal J. B. (2017): Personalizing protein nourishment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 57(15):3313-3331. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1117412>
- [3] Berg J. M., Tymoczko J. L., Stryer L. (2002): *Biochemistry*. 5th edition. New York: W H Freeman Section 23.1, Proteins Are Degraded to Amino Acids. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22600/>
- [4] Lopez M. J, Mohiuddin S. S. (2021): *Biochemistry, Essential Amino Acids*. [Updated 2021 Mar 26]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557845/>
- [5] Delimaris I. (2013): Adverse Effects Associated with Protein Intake above the Recommended Dietary Allowance for Adults. *ISRN Nutrition*. 2013:1-6. <https://doi.org/10.5402/2013/126929>
- [6] Benjamin O, Lappin S. L. (2021): *Kwashiorkor*. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing, 2021 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK507876/>
- [7] Ahmed M., Ahmed W., Byrne J. (2013): Adsorption of Amino Acids Onto Diamond for Biomedical Applications: Deposition, Characterization and the Adsorption Behaviour of Amino Acids on Doped Diamond. *KS Omniscriptum Publishing*. 296. ISBN: 365947360X, 9783659473609
- [8] Sharif M., Zafar M. H., Aqid A. I., Saeed M., Farag M. R., Alagawany M. (2021): Single cell protein: Sources, mechanism of production, nutritional value and its uses in aquaculture nutrition. *Aquaculture*. 531:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735885>
- [9] Spalvins K., Zihare L., Blumberga D. (2018): Single cell protein production from waste biomass: comparison of various industrial by-products. *Energy Procedia*. 147:409-418. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.111>
- [10] Reihani S. F. S., Khosravi-Darani K. (2019): Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review. *Electronic Journal of Biotechnology*. 37:34-40. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.005>
- [11] Baidhe E., Kigozi J., Mukisa I., Muyanja C., Namubiru L., Kitarikawe B. (2021): Unearthing the potential of solid waste generated along the pineapple drying process line in Uganda: A review. *Environmental Challenges*. 2:1-11. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2020.100012>
- [12] Allegue L. D., Puyol D., Melero J. A. (2020): Novel approach for the treatment of the organic fraction of municipal solid waste: Coupling thermal hydrolysis with anaerobic digestion and photo-fermentation. *Science of the Total Environment*. 714. pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136845>
- [13] Buitrago Mora H. M., Pineros M. A., Espinosa Moreno D., Restrepo Restrepo S., Jaramillo Cardona J. E. C., Álvarez Salano Ó. A., Fernandez-Nino M., González Barrios A. F. (2019): Multiscale design of a dairy beverage model composed of *Candida utilis* single cell protein supplemented with oleic acid. *Journal of Dairy Science*. 102. pp. 9749-9762. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16729>
- [14] Lo C.-A., Chen B. E. (2019): Parental allele-specific protein expression in single cells *In vivo*. *Developmental Biology*. 454:66-73. <https://doi.org/10.1016/j.ydbio.2019.06.004>
- [15] Mahmoud M. M., Kosikowski F. V. (1982): Alcohol and single Cell Protein Production by *Kluyveromyces* in Concentrated Whey Permeates with Reduced Ash. *Journal of Dairy Science*. 65. pp. 2082-2087. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82465-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82465-X)
- [16] Dagher N. J., Sell J. L. (1981): Amino Acid Limitations of Yeast Single-Cell Protein for Growing Chickens. *Poultry Science*. 61. pp. 337-344. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0610337>
- [17] El-Samragy Y. A., Zall R. R. (1987): The Influence of Sodium Chloride on the Activity of Yeast in the Production of Single Cell Protein in Whey Permeate. *Journal of Dairy Science*. 71. pp. 1135-1140. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(88\)79666-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79666-6)
- [18] Anupama, Ravindra P. (2000): Value-added food: Single cell protein. *Biotechnology Advances*. 18. pp. 459-479. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(00\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(00)00045-8)
- [19] Patelski P., Berłowska J., Dziugan P., Pielechprzybylska K., Balcerek M., Dziekonska U., Kalinowska H. (2015): Utilisation of sugar beet bagasse for the biosynthesis of yeast SCP. *Journal of Food Engineering*. 167. pp. 32-37. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.03.031>
- [20] Lee B., Kim J. K. (2001): Production of *Candida utilis* biomass on molasses in different culture types. *Aquacultural Engineering*. 25. pp. 111-124. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(01\)00075-9](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(01)00075-9)

- [21] Kim J. K., Tak K., Moon J. (1998): A continuous fermentation of *Kluyveromyces fragilis* for the production of a highly nutritious protein diet. *Aquacultural Engineering*. 18. pp. 41-49. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(98\)00021-1](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(98)00021-1)
- [22] Coca M., Barrocal V. M., Lucas S., Gonzálezbenito G., García-Cubero M. T. (2015): Protein production in *Spirulina platensis* biomass using beet vinasse-supplemented culture media. *Food and Bioprocess Technology*. 94. pp. 306-312. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2014.03.012>
- [23] Hanh V., Kim K. (2009): High-Cell-Density Fed-Batch Culture of *Saccharomyces cerevisiae* KV-25 Using Molasses and Corn Steep Liquor. *Journal of Microbiology and biotechnology*. 19. pp. 1603-1611. DOI: 10.4014/jmb.0907.07027
- [24] Zepka L. Q., Jacob-Lopes E., Goldbeck R., Souza-soares L. A., Queiroz M. I. (2010): Nutritional evaluation of single-cell protein produced by *Aphanothece microscopica* Nägeli. *Bioresource Technology*. 101. pp. 7107-7111. DOI: 10.1016/j.biortech.2010.04.001
- [25] Rajoka M. I., Khan S. H., Jabbar M. A., Awan M. S., Hashmi A. S. (2006): Kinetics of batch single cell protein production from rice polishings with *Candida utilis* in continuously aerated tank reactors. *Bioresource Technology*. 97. pp. 1934-1941. DOI: 10.1016/j.biortech.2005.08.019
- [26] Yadav J. S. S., Bezawada J., Ajila C. M., Yan S., Tyagi R. D., Surampalli R. Y. (2014): Mixed culture of *Kluyveromyces marxianus* and *Candida krusei* for single-cell protein production and organic load removal from whey. *Bioresource Technology*. 164. pp. 119-127. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.04.069>
- [27] De Gregorio, A., Mandalari, G., Arena, N., Nucita, F., Tripodo, M. M., Lo Curto, R. B. (2002): SCP and crude pectinase production by slurry-state fermentation of lemon pulps. *Bioresource Technology*. 83. pp. 89-94. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00209-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00209-7)
- [28] Lo Curto, R. B., Tripodo M. M. (2001): Yeast production from virgin grape marc. *Bioresource Technology*. 78. pp. 5-9. DOI:10.1016/s0960-8524(00)00175-9
- [29] Fontana J. D., Czczuga B., Bonfim T. M. B., Chociai M. B., Oliveira B. H., Guimaraes M. F., Baron M. (1996): Bioproduction of carotenoids: the comparative use of raw sugarcane juice and depolymerized bagasse by *Phaffia Rhodozyma*. *Bioresource Technology*. 58. pp. 121-125. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(96\)00092-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(96)00092-2)
- [30] Socas-Rodríguez B., Álvarez-Rivera G., Valdés A., Ibáñez E. (2021): Food by-products and food wastes: are they safe enough for their valorization? *Trends in Food Science & Technology*. 114. pp. 133-147. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.05.002>
- [31] Amado I. R., Vázquez J. A., Pastrana L., Teixeira J. A. (2017): Microbial production of hyaluronic acid from agro-industrial by-products: Molasses and corn steep liquor. *Biochemical Engineering Journal*. 117. pp. 181-187. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2016.09.017>
- [32] Palmonari A., Cavallini D., Sniffen C. J., Fernandes L., Holder P., Fagioli L., Fusaro I., Biagi G., Formigoni A., Mammi L. (2020): *Short communication*: Characterization of molasses chemical composition. *Journal of Dairy Science*. 103. pp. 6244-6249. DOI: 10.3168/jds.2019-17644
- [33] Wang J., Chen L., Yuan X.-J., Guo G., Li J.-F., Bai Y.-F., Shao T. (2017): Effects of molasses on the fermentation characteristics of mixed silage prepared with rice straw, local vegetable by-products and alfalfa in Southeast China. *Journal of Integrative Agriculture*. 16. pp. 664-670. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61473-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61473-9)
- [34] Sarka E., Bubnik Z., Hinkova A., Gebler J., Kadlec P. (2012): Molasses as a by-product of sugar crystallization and a perspective raw material. *Procedia Engineering*. 42. pp. 1219-1228. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.514>
- [35] Chooyok P., Pumijumnog N., Ussawarujikulchai A. (2013): The Water Footprint Assessment of Ethanol Production from Molasses in Kanchanaburi and Supanburi Province of Thailand. *APCBEE Procedia*. 5. pp. 283-287. DOI: 10.1016/j.apcbee.2013.05.049
- [36] Siverson A., Vargas-Rodríguez C. F., Bradford B. J. (2014): *Short communication*: Effects of molasses products on productivity and milk fatty acid profile of cows fed diets high in dried distillers grains with solubles. *Journal of dairy Science*. 97. pp. 3860-3865. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7902>
- [37] Karigidi K. O., Olaiya C. O. (2020): Antidiabetic activity of corn steep liquor extract of *Curculigo pilosa* and its solvent fractions in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 10. pp. 555-564. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2019.06.005>
- [38] Li X., Xu W., Yang J., Zhao H., Xin H., Zhang Y. (2016): Effect of different levels of corn steep liquor addition on fermentation characteristics and aerobic stability of fresh rice straw silage. *Animal Nutrition*. 2. pp. 345-350. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.09.003>

- [39] Waldroup P. W., Hazen K. R. (1979): Examination of Corn Dried Steep Liquor Concentrate and Various Feed Additives as Potential Sources of a Haugh Unit Improvement Factor for Laying Hens. *Poultry Science*. 58. pp. 580-586. <https://doi.org/10.3382/ps.0580580>
- [40] Kennedy H. E., Speck M. L. (1955): Studies on Corn Steep Liquor in the Nutrition of Certain Lactic Acid Bacteria. *Journal of Dairy Science*. 38. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(55\)94960-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(55)94960-2)
- [41] Cardinal B. E. V., Hedrick L. R. (1948): Microbiological assay of corn steep liquor for amino acid content. *Journal of Biological Chemistry*. pp. 609-612. ([https://www.jbc.org/article/S0021-9258\(19\)52747-8/pdf](https://www.jbc.org/article/S0021-9258(19)52747-8/pdf))
- [42] Jones S. W., Karpol A., Friedman S., Maru B. T., Tracy B. P. (2020): Recent advances in single cell protein use as a feed ingredient in aquaculture. *Current opinion in Biotechnology*. 61. pp. 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2019.12.026>
- [43] Yang P., Li X., Song B., He M., Wu C., Leng X. (2021): The potential of *Clostridium autoethanogenum*, a new single cell protein, in substituting fish meal in the diet of largemouth bass (*Micropterus salmoides*): Growth, feed utilization and intestinal histology. *Aquaculture and Fisheries*. pp. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.03.003>
- [44] Claypool D. W., Church D. C. (1984): Single Cell Protein from Wood Pulp Waste as a Feed Supplement for Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*. 67:216-218. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81287-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81287-4)
- [45] Waldroup P. W., Payne J. R. (1974): Feeding Value of Methanol-Derived Single Cell Protein for Broiler Chicks. *Poultry Science*. 53:1039-1042. DOI: <https://doi.org/10.3382/ps.0531039>
- [46] Olsen M. A., While S. G., Porcellato D., Kidane A., Skeie S. B. (2021): Feeding concentrates with different protein sources to high-yielding, mid-lactation Norwegian Red cows: Effect on cheese ripening. *Journal of Dairy Science*. 104: 4062-4073. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19226>
- [47] Jin S.-E., Lee S. J., Kim Y., Park C.-Y. (2020): Spirulina powder as a feed supplement to enhance abalone growth. *Aquaculture Reports*. 17:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100318>