



## Peningkatan kualitas nira sorgum manis (*Sorghum bicolor L*) dan potensinya sebagai substrat fermentasi asam glutamat

Rozalia\*, Mulyorini Rahayuningsih, Mohamad Yani

Teknik Industri Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

### Article history

*Diterima:*

20 Oktober 2022

*Diperbaiki:*

20 Februari 2023

*Disetujui:*

7 Maret 2023

### Keyword

evaporation;

sorghum;

sugar content

### ABSTRACT

*Sweet sorghum is the potential in Indonesia to be used as a fermentation medium for glutamic acid production. The sorghum plant resembles sugar cane which has sap in the stem. Sorghum is a plant with high sugar content and high biomass productivity. The high sugar content in sorghum sap is known from the total dissolved solids. The evaporation process on sorghum juice increases the sugar content and can inactivate microbial activity. Glutamic acid fermentation needs a substrate source derived from sugar for the growth of the producing microbes. Therefore, this study aims to describe the sugar content in sorghum juice before and after the evaporation process so that it can be used as a substrate source for glutamic acid production. This research was carried out using the evaporation method of sorghum juice for 15 minutes at a temperature of 85 - 100 oC, so a concentrated sorghum sap was obtained. The analysis was pH, total dissolved solids (oBrix) using a refractometer, and reducing sugar content using the DNS method. The results obtained in this study indicated a significant increase in the quality and sugar content of sorghum sap with a pH of  $4.81 \pm 0.01$  to  $5.55 \pm 0.03$ , total dissolved solids from  $10.44 \pm 0.09$  to  $34.80 \pm 0.02$  (oBrix), and reduced sugar content from  $114.10 \pm 0.45$  to  $271.74 \pm 0.26$  g/l. The sugar content allows sorghum juice to be used as raw material in industrial microbiology, especially for the production of glutamic acid.*



*This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.*

\* Penulis korespondensi

Email: rozalia4035@gmail.com

DOI 10.21107/agrointek.v18i1.17183

## PENDAHULUAN

Sorgum atau yang dikenal dengan *Sorghum bicolor L.* merupakan tanaman yang dianggap sebagai tanaman kaya karbohidrat setelah gandum, jagung, beras dan barley (Jardim *et al.* 2020). Amerika serikat menjadi salah satu negara yang memanfaatkan sorgum untuk diproduksi menjadi sirup, pemanis serta dalam produksi alkohol (Liliane *et al.* 2019). Sorgum memiliki nilai biomassa yang tinggi dan kandungan gula yang mencapai 20% yang dapat difermentasi seperti sukrosa, glukosa, dan fruktosa (Khalil *et al.* 2015). Pengembangan produksi sorgum (*Sorghum bicolor L.*) di Indonesia mulai diperhatikan kembali oleh pemerintah. Berdasarkan data Kementan (2020), sebanyak 5000 hektar akan digunakan sebagai lahan produksi sorgum. Beberapa penelitian menjelaskan bahwa nira sorgum dapat dijadikan sebagai media fermentasi, dan yang telah dilakukan yaitu untuk produksi bioetanol (Lueschen *et al.* 1991, Phutela and Kaur 2014, Appiah-Nkansah *et al.* 2015). Tanaman sorgum mempunyai siklus panen yang pendek dengan umur sekitar 120 hari atau empat bulan dalam setahun dan setara dengan tiga kali panen serta mempunyai batang berair dan memiliki gula yang dapat difermentasi (Regassa and Wortmann 2014). Siklus tumbuh yang pendek, menjadikan sorgum sebagai tanaman yang berpotensi jika dibandingkan dengan tanaman bioenergi lainnya (Jardim *et al.* 2020). Sehingga tingkat produktivitas dan ketahanan tanaman sorgum tinggi dibandingkan dengan tebu.

Asam glutamat merupakan asam amino non-esensial dan multifungsi yang dibutuhkan oleh tubuh. Saat ini, asam glutamat banyak dimanfaatkan dalam industri bidang kosmetik, makanan dan farmasi (Alharbi *et al.* 2019). Permintaan asam glutamat berdasarkan pasar global mengalami peningkatan sebesar 2,7% setiap tahun dan akan mencapai permintaan 4 juta ton per tahun 2023 (Global Market Insight 2016). Sumber substrat yang digunakan untuk sintesis asam glutamat merupakan substrat yang kaya kandungan gula. Berdasarkan kajian literatur, banyak sumber substrat yang bisa digunakan untuk fermentasi dengan syarat mempunyai kandungan glukosa untuk

pertumbuhan mikroba, seperti penggunaan pati singkong (Jyothi *et al.* 2005), hidrolisat limbah kelapa sawit (Das *et al.* 1995) dan tetes tebu (Amin and Al-Talhi 2007). Sorgum dilaporkan mempunyai kandungan gula yang tinggi pada batangnya. Berdasarkan penelitian (Mukabane *et al.* 2014)), kandungan gula yang tinggi di dalam nira sorgum diketahui dari total padatan terlarut (°briks) yang berkisar antara 15,05 – 21,50 °briks. Kualitas nira sorgum segar masih memiliki sedikit kandungan gula di dalamnya. Nira segar juga rentan terhadap kerusakan akibat dari aktivitas mikroba. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kandungan gula pada nira sorgum agar dapat dimanfaatkan sebagai sumber substrat produksi asam glutamat.

## METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nira sorgum yang berumur 90 hari. Bahan kimia untuk analisis kimia yaitu DNS. Alat yang digunakan *sugar cane extractor*, pH meter, refraktometer, spektrofotometer, peralatan gelas

## METODE PENELITIAN

### Ekstraksi nira batang sorgum

Nira sorgum diekstraksi menggunakan alat *crushing* dengan cara menghancurkan batang sorgum yang telah dipanen. Proses penggilingan bertujuan untuk memperoleh nira dari batang sorgum dan biasanya dilakukan berulang kali hingga nira yang dihasilkan lebih banyak. Nira yang diperoleh masih mengandung pengotor. Nira tersebut selanjutnya dilakukan proses penyaringan.

### Evaporasi nira sorgum

Ekstrak nira sorgum yang telah diperoleh selanjutnya di proses dengan cara menguapkan kandungan air didalam nira atau proses evaporasi pada suhu 85-100°C selama 15 menit, sehingga diperoleh sirup pekat nira sorgum. Nira yang diekstraksi dapat dimurnikan dan dipekatkan untuk menghasilkan sirup dengan kandungan gula yang tinggi. Pemekatan nira sorgum dimaksudkan untuk meningkatkan dayasimpan nira.

### Karakterisasi nira sorgum dan sirup sorgum

Karakterisasi nira sorgum meliputi analisis secara kimia yaitu pH, total padatan terlarut dan kadar gula pereduksi.

## **pH**

Pengukuran pH nira sorgum dilakukan dengan pH-meter pada suhu 25°C. Adapun suhu pengukuran pH dapat diketahui melalui indikator yang tersedia pada pH-meter.

### **Total padatan terlarut metode refractometer**

Untuk mengetahui kandungan senyawa gula pada nira sorgum umumnya dilakukan pengukuran kadar total padatan terlarut atau °brix dengan alat refraktometer (Hidayanto and Rofiq 2010). Refraktometer disiapkan pada lensa dalam kondisi bersih. Kemudian nira sorgum diteteskan pada permukaan lensa. Selanjutnya dilakukan pembacaan, yang mana adanya garis pembatas gelap-terang yang menunjukkan derajat brix sampel.

**Kadar Gula Pereduksi metode DNS** (Bailey et al. 1992)

Pengukuran gula pereduksi dilakukan dengan menggunakan pelarut DNS. Sebanyak 1 mL sampel dimasukkan dalam tabung reaksi dan ditambahkan 3 mL larutan DNS, selanjutnya dipanaskan hingga mendidih 5 menit dan didinginkan hingga tercapai suhu ruang. Kemudian sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 550 nm, dan akuades digunakan sebagai blanko. Konsentrasi sampel diatur dengan pengenceran hingga hasil pengukuran absorbansinya dalam kisaran 0,2- 0,8.

### **Analisa Data**

Analisa data pada penelitian ini menggunakan nilai standar deviasi aplikasi Microsoft Excel. Pembahasan mengenai potensi dari nira sorgum dilakukan menggunakan metode studi literatur dengan membandingkan beberapa media fermentasi yang telah dimanfaatkan sebelumnya.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Total Padatan Terlarut (°briks)**

Nira sorgum yang telah dipanen mempunyai kandungan total padatan terlarut sebesar  $10,44 \pm 0,09$ . Proses evaporasi nira sorgum segar menjadi sirup sorgum dimaksudkan untuk menaikkan total padatan terlarut menjadi lebih tinggi. Setelah dilakukan evaporasi kandungan total padatan terlarut dari nira menjadi  $34,80 \pm 0,02$ . Semakin tinggi nilai °brix yang dihasilkan menandakan

bahwasemakin tinggi pula kandungan gula terlarut pada nira tersebut dan semakin manis nira yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian (Syarif et al. 2021) yang menyatakan bahwa semakin tinggi derajat brixnya gula cair akan semakin kental dan rasa yang dihasilkan semakin manis.

Menurut (Eggleston et al. 2015), nira yang telah mengalami proses evaporasi menjadi sirup pekat dan dapat disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama. Nira segar yang telah dievaporasi akan menurunkan aktivitas mikroba pada nira, Suhu pemanasan menjadi faktor penting dalam proses evaporasi. Proses evaporasi nira sorgum manis pada suhu 85°C hingga 100°C akan menghasilkan kejernihan yang tinggi dengan tingkat kekeruhan yang rendah (Andrzejewski et al. 2013) karena terjadinya endapan pengotor-pengotor dari hasil penggilingan nira sorgum. (Andrzejewski et al. 2013) menambahkan bahwa proses evaporasi dapat menurunkan kandungan air pada bahan, sehingga dapat meningkatkan viskositas larutan yang kemudian dapat menurunkan volume larutan yang dihasilkan. Hal ini seiring dengan peningkatan total padatan terlarut (Andrzejewski et al. 2013). Kandungan brix yang tinggi menandakan bahwa kandungan sukrosa yang lebih tinggi pada nira sorgum (Kawahigashi et al. 2013).

### **Nilai keasaman (pH)**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pH nira sorgum dapat meningkat setelah dilakukan proses evaporasi dari pH nira sorgum segar  $4,8 \pm 0,01$  menjadi  $5,5 \pm 0,03$ . Nilai pH yang meningkat ini menandakan bahwa proses evaporasi dapat menaikkan pH karena terjadinya penguapan kandungan air dan menghentikan aktivitas mikroba yang dapat berpengaruh terhadap penurunan pH di dalam nira. Air yang menguap tersebut menjadikan nira sorgum menjadi lebih pekat dan volume nira menurun. pH yang asam akan memberikan kesempatan pada mikroba di lingkungan dapat bertumbuh dan berkembang, sehingga dapat menyebabkan berkurangnya kandungan gula yang terkandung dalam nira atau hilang sama sekali. Menurut (Wu et al. 2010), kandungan gula nira sorgum akan hilang bila disimpan pada suhu ruang karena terjadinya kontaminasi mikroba dan berdampak pada menurunnya pH dari nira tersebut.

Tabel 1 Karakteristik nira sorgum segar dan sirup sorgum

Karakteristik	Nira segar	Sirup sorgum
Total padatan terlarut ( <sup>o</sup> briks)	10,44 ± 0,09	34,80 ± 0,02
Nilai keasaman (pH)	4,81 ± 0,01	5,55 ± 0,03
Kadar Gula pereduksi (g/l)	114,10 ± 0,45	271,74 ± 0,26

Tabel 2 Perbandingan kadar asam glutamat dari berbagai sumber substrat

Penulis	Sumber substrat	Asam glutamat
(Fahimitabar <i>et al.</i> 2021)	Glukosa 9 g/dL	19,84 g/l
(Nampoothiri and Pandey 1999)	Pati singkong	25,00 g/l
Amin and Al-Talhi (2007)	Molase	93,00 g/l

### Kadar gula pereduksi (g/l)

Berdasarkan Tabel 1 diperoleh bahwa nira sorgum mengalami kenaikan nilai kadar gula pereduksi setelah dilakukan proses evaporasi. Nira sorgum segar yang belum mengalami proses sama sekali mengandung gula pereduksisebesar 114,14 ± 0,45 g/l dan mengalamikenaikan sebesar 271,48 ± 0,26 g/l setelah mengalami proses evaporasi. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan kandungan kadar gula pereduksi baik pada glukosa maupun fruktosa. Gula bebas yang terdapat pada nira sorgum segar bersifat tidak stabil dan mudah dikonsumsi oleh mikroorganisme (Appiah-Nkansah *et al.* 2019). Dalam kasus ini, proses evaporasi dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme untuk mengkonsumsi gula yang terkandung dalam nira sorgum. Proses evaporasi menyebabkan kandungan air berkurang dan menyisakan cairan kental berupa sirup.

### Potensi pemanfaatan nira sorgum sebagai media fermentasi produksi asam glutamat

Potensi nira sorgum menjadi media fermentasi dilihat berdasarkan kandungan total padatan terlarut, gula pereduksi dan pH nira. Kandungan gula yang terkandung di dalamsirup sorgum dapat dijadikan sebagai sumber makanan mikroba karena kandungan gulanya yang tinggi. Proses evaporasi nira sorgum menjadi sirup dapat menaikkan kadar gula, karena menyebabkan terjadinya penguapan kandungan air di dalam nira tersebut. Hal ini juga membantu dalam menonaktifkan aktivitas mikroba yang berada di dalam nira sorgum. Kandungan gula pereduksi pada nira sorgum yaitu sekitar 11 – 27%, jika dibandingkan dengan kandungan gula pereduksi

pada molaseberkisar antara 10 - 25 % (Mortensen and Larsen 2012). (Amin and Al-Talhi 2007), melaporkan bahwa produksi asam glutamat menggunakan sumber substrat dari molase mempunyai rendemen sebesar 93,0 g/l (Tabel 2). Oleh karena itu, nira sorgum dapat dijadikan sebagai media fermentasi untuk produksi asam glutamat.

Asam glutamat merupakan turunan dari asam amino yang kemudian dimanfaatkan pada bidang industri kosmetik, makanan dan farmasi. Asam glutamat dilaporkan merupakan asam amino yang mempunyai tingkat permintaan pasar terbesar setiap tahunnya sehingga diproduksi secara komersial (Shimizu and Hirasawa 2006). Jenis mikroba untuk produksi asam glutamat memiliki kondisi tertentu untuk pertumbuhannya. Mikroba yang umumnya digunakan berasal dari strain *Coryneform* (Shyamkumar *et al.* 2014) yang mempunyai sifat dapat tumbuh pada substrat yang mengandung jumlah glukosa tinggi dan kondisi nutrisi yang dibatasi. Mikroba penghasil asam glutamat sangat menyukai media yang kaya akan gula. Selain glukosa, urea dan biotin juga berperan penting dalam pertumbuhan mikroba (Kinoshita 1967). Hal ini berkaitan dengan persentase rendemen yang dihasilkan dari sekresi asam glutamat mikroba penghasilnya. Salah satu mikroba yang umum digunakan yaitu *Corynebacterium glutamicum* (Fahimitabar *et al.* 2021).

Menurut Shyamkumar *et al.* (2014), kadar glukosa yang dibutuhkan untuk produksi asam glutamat sebesar 50 g/l dengan kondisi pertumbuhan optimal yaitu pada pH 7 dan suhu 30°C. pH media dapat mempengaruhi

pertumbuhan bakteri dan produksi metabolit (Ganguly and Pattnaik 2021). pH pertumbuhan mikroba dapat terpenuhi dari 5,5 (Tabel 1) menjadi pH 7 dengan cara penambahan katalis dengan *sodium hydroxide* (NaOH) atau *hydrochloric acid* (HCl) (Fahimitabar *et al.* 2021). Senyawa gula merupakan makanan utama bagi mikroba untuk dikonversi menjadi asam glutamat. Tabel 2 menunjukkan perbandingan kadar asam glutamat dari berbagai sumber substrat yang biasanya digunakan untuk produksi asam glutamat.

Salah satu keberhasilan dari produksi asam glutamat yaitu media mengandung urea dan biotin yang tercukupi. Dalam hal ini nira sorgum mengandung biotin (Vitamin B7) sebesar 33,1 µg/100 g (O'Hara *et al.* 2013). Biotin merupakan vitamin yang berperan penting dalam mengakumulasi asam glutamat pada media. Namun penggunaan biotin sebagai nutrisi pertumbuhan mikroba harus pada kondisi yang suboptimal (Cao *et al.* 2014). Cao *et al.* (2014) menyatakan bahwa kelebihan biotin dapat menyebabkan sel bakteri kehilangan permeabilitasnya sehingga asam glutamat tidak dapat diekskresikan melalui membran. Sedangkan kekurangan biotin, dapat berdampak pada komposisi dinding sel atau mekanisme pembelahan sel Sehingga banyaknya biotin yang terkandung didalam nira sorgum dapat dijadikan sebagai nutrisi dalam fermentasi asam glutamat. Jika jumlah biotin diperkirakan tidak mencukupi kebutuhan fermentasi dapat ditambahkan biotin dengan rentang konsentrasi 0,001 µg/mL sampai 5,0 µg/mL.

### KESIMPULAN

Nira sorgum segar mengandung gula lebih sedikit dibandingkan sirup sorgum. Proses evaporasi dapat menghasilkan nira sorgum dengan kandungan gula yang tinggi dan dapat memberikan umur simpan dalam jangka panjang. Kandungan total gula terlarut nira sorgum meningkat dari  $10,44 \pm 0,09$  %briks menjadi  $34,80 \pm 0,02$  %briks. Kadar gula pereduksi nira sorgum segar juga mengalami peningkatan dari  $114,10 \pm 0,45$  g/l menjadi  $271,74 \pm 0,26$  g/l pada nira sorgum pekat, dan kadar gula total nira sorgum  $192,58 \pm 1,08$  g/l menjadi  $482,52 \pm 2,48$  g/l pada nira sorgum pekat. pH nira sorgum berubah dari  $4,81 \pm 0,01$  menjadi  $5,55 \pm 0,03$ .

### DAFTAR PUSTAKA

- Alharbi, N.S., Kadaikunnan, S., Khaled, J. M., Almanaa, T. N., Innasimuthu, G. M., Rajoo, B., Alanzi, K F. Rajaram, S. 2019. Optimization of glutamic acid production by *Corynebacterium glutamicum* using response surface methodology, *Journal of King Saud University - Science*. 32(2) 1403-1408. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.11.034>
- Amin, G. A., & Al-Talhi, A. 2007. Production of L-glutamic Acid by Immobilized Cell Reactor of the Bacterium *Corynebacterium glutamicum* Entrapped into Carrageenan Gel Beads. *World Applied Sciences Journal*, 2(1), 62–67.
- Andrzejewski, B., Eggleston, G., Lingle, S., & Powell, R. 2013. Development of a sweet sorghum juice clarification method in the manufacture of industrial feedstocks for value-added fermentation products. *Industrial Crops and Products*, 44, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.10.028>
- Appiah-Nkansah, N. B., Saul, K., Rooney, W. L., & Wang, D. 2015. Adding sweet sorghum juice into current dry-grind ethanol process for improving ethanol yields and water efficiency. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(2), 97–103. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20150802.1513>
- Appiah-Nkansah NB, Li J, Rooney W, Wang D. 2019. A review of sweet sorghum as a viable renewable bioenergy crop and its techno-economic analysis. *Renew Energy*. 143:1121–1132. [doi:10.1016/j.renene.2019.05.066](https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.05.066)
- Bailey, M. J., Biely, P. and Kaisa, P. 1992 Interlaboratory testing of methods for assay of xylanase activity. 23, 257–270.
- Cao, Y., Duan, Z. and Shi, Z. 2014. Effect of biotin on transcription levels of key enzymes and glutamate efflux in glutamate fermentation by *Corynebacterium glutamicum*, *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(2), 461–468. [doi:10.1007/s11274-013-1468-0](https://doi.org/10.1007/s11274-013-1468-0).
- Das, K., Anis, M., Azemi, B., & Ismail, N. 1995. *Fermentation and Recovery of Glutamic*

- Acid from Palm Waste Hydrolysate by Ion-Exchange Resin Column*. 48, 551–555.
- Eggleston, G., DeLucca, A., Sklanka, S., Dalley, C., St. Cyr, E., & Powell, R. (2015). Investigation of the stabilization and preservation of sweet sorghum juices. *Industrial Crops and Products*, 64, 258–270. doi:10.1016/j.indcrop.2014.09.008
- Fahimitabar, A., Razavian, S. M. H., & Rezaei, S. A. 2021. Application of RSM for optimization of glutamic acid production by *Corynebacterium glutamicum* in bath culture. *Heliyon*, 7(6), e07359. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07359>
- Ganguly, S., and Pattnaik, S. 2021. Empirical optimization of culture conditions for l-glutamic acid production by *corynebacterium glutamicum* x680', *Tjyybjb.Ac.Cn*, 12(1), pp. 536–546. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.12(1).536-46.
- Jardim, A. M. da R. F., Silva, G. Í. N. da, Biesdorf, E. M., Pinheiro, A. G., Silva, M. V. da, Araújo Júnior, G. do N., Santos, A. dos, Alves, H. K. M. N., Souza, M. de S., Morais, J. E. F. de, Alves, C. P., & Silva, T. G. F. da. 2020. Potencial produtivo da cultura do Sorghum bicolor (L.) Moench no semiárido brasileiro: revisão. *Pubvet*, 14(4), 1–12. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n4a550>.1-13
- Jyothi, A. N., Sasikiran, K., Nambisan, B., & Balagopalan, C. 2005. Optimisation of glutamic acid production from cassava starch factory residues using *Brevibacterium divaricatum*. *Process Biochemistry*, 40(11), 3576–3579. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.03.046>
- Kawahigashi, H., Kasuga, S., Okuizumi, H., & Hiradate, S. 2013. *Evaluation of Brix and sugar content in stem juice from sorghum varieties*. 11–19. <https://doi.org/10.1111/grs.12006>
- Khalil, S. R. A., Abdelhafez, A. A., & Amer, E. A. M. 2015. Evaluation of bioethanol production from juice and bagasse of some sweet sorghum varieties. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2015.10.005>
- Kinoshita, S. 1967. On Amino Acids Fermentation. In *Journal of the Food Hygienic Society of Japan* (Vol. 8, Issue 3). <https://doi.org/10.3358/shokueishi.8.197>
- Liliane, M., Sousa, H. G. De, & Lílian, M. 2019. *Acta Scientiarum Growth and photosynthetic parameters of saccharine sorghum plants subjected to salinity*. 41, 1–9. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42607>
- Lueschen, W. E., Putnam, D. H., Kanne, B. K., & Hoverstad, T. R. 1991. Agronomic Practices for Production of Ethanol from Sweet Sorghum. *Journal of Production Agriculture*, 4(4), 619–625. <https://doi.org/10.2134/jpa1991.0619>
- Mortensen, A., & Larsen, J. C. 2012. Risk assessment of sweeteners used as food additives. *Sweeteners: Nutritional Aspects, Applications, and Production Technology*, 419–435. <https://doi.org/10.1201/b12065>
- Mukabane, B. G., Thiongo, G., Gathitu, B., Murage, H., Ojijo, N. O., & Willis, O. 2014. Evaluating the Potential of Juice from Some Sweet Sorghum Varieties Grown In Kenya to Crystallize. *Food Science and Quality Management*, 30, 31–40.
- Nampoothiri, K. M., & Pandey, A. 1999. Fermentation and recovery of L-glutamic acid from cassava starch hydrolysate by ion-exchange resin column. *Revista de Microbiologia*, 30(3), 258–264. <https://doi.org/10.1590/S0001-37141999000300013>
- O'Hara, I., Kent, G., Alberston, P., Harrison, M., Hobson, P., Mckenzie, N., Moghaddam, L., Moller, D., Rainey, T., Stolz, W., Wong, H.-H., & Ellet, B. 2013. Sweet sorghum: Opportunities for a new renewable fuel and food industry in Australia. In *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*. Rural Industries Research and Development Corporation.
- Phutela, U. G., & Kaur, J. 2014. Process Optimization for Ethanol Production from Sweet Sorghum Juice Using *Saccharomyces cerevisiae* Strain NRRL Y-2034 by Response Surface Methodology. *Sugar Tech*, 16(4), 411–421. <https://doi.org/10.1007/s12355-013-0283-0>
- Regassa, T. H., & Wortmann, C. S. 2014. ScienceDirect Sweet sorghum as a bioenergy crop : Literature review. *Biomass and Bioenergy*, 64, 348–355.

- <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.052>
- Shimizu, H., & Hirasawa, T. 2006. Production of Glutamate and Glutamate-Related Amino Acids: Molecular Mechanism Analysis and Metabolic Engineering. *Microbiol. Monogr.*, 5(December), 1–38. <https://doi.org/10.1007/7171>
- Shyamkumar, R., Ganesh Moorthy, I. M., Ponmurugan, K., & Baskar, R. 2014. Production of L-glutamic acid with *Corynebacterium glutamicum* (NCIM 2168) and *Pseudomonas reptilivora* (NCIM 2598): A study on immobilization and reusability. *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 6(3), 163–168.
- Syarif, R. S., Nuryadi, A. M., Sulistyorini, J., & Sukron, A. 2021. Pengaruh Penambahan Glukosa Dan Derajat Brix Untuk Menghambat Proses Kristalisasi Pada Produk Gula Cair Nira Aren Additional Glucose and the Effect of Brix Degree To Inhibite the Crystalization Process in Liquid Sugar Products. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 13(1), 27–36.
- Wu, X., Staggenborg, S., Propheter, J. L., Rooney, W. L., Yu, J., & Wang, D. 2010. *Features of sweet sorghum juice and their performance in ethanol fermentation*. 31, 164–170.