

## Enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus* Menggunakan Matriks Tapioka Asam dan Tapioka Nanokristalin dengan Kombinasi Susu Skim

### *Encapsulation of *Pediococcus pentosaceus* Using Sour Cassava Starch and Nanocrystalline Cassava Starch Matrix with Skim Milk Combination*

Ira Erdiandini<sup>1\*</sup>, Titi Candra Sunarti<sup>2</sup>, Anja Meryandini<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Pontianak-Indonesia

<sup>2</sup> Department Teknologi Industri Pertanian, IBP University, Bogor-Indonesia

<sup>3</sup> Department Biologi, IBP University, Bogor-Indonesia

\*Corresponding author: [ira.erdandini@faperta.untan.ac.id](mailto:ira.erdandini@faperta.untan.ac.id)

Submit: 20 April 2021 | Diterima: 23 Mei 2021

#### Abstrak

Pati dan modifikasinya potensial untuk digunakan sebagai matriks enkapsulasi bakteri asam laktat (BAL), di antaranya yaitu tapioka asam dan tapioka nanokristalin. Studi ini bertujuan untuk membandingkan penggunaan matriks tapioka asam dan tapioka nanokristalin dengan kombinasi susu skim untuk enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus* menggunakan *freeze drying*. Perlakuan yang diujikan yaitu tapioka asam+susu skim 3%, tapioka asam+susu skim 10%, tapioka nanokristalin+susu skim 3% dan tapioka nanokristalin+susu skim 10%. Parameter yang diamati yaitu viabilitas sel sebelum dan sesudah *freeze drying*, tingkat ketahanan sel, dan kadar air. Enkapsulasi menggunakan matriks tapioka asam dan tapioka nanokristalin menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Namun, perlakuan konsentrasi susu skim yang digunakan menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Tingkat ketahanan sel *Pediococcus pentoseceus* meningkat dengan peningkatan konsentrasi susu skim yang ditambahkan, Hasil terbaik diperoleh dengan penambahan susu skim 10% yaitu menghasilkan tingkat ketahanan sel sebesar 97% pada matriks tapioka asam dan 96,46% pada matriks tapioka nanokristalin. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa baik matriks tapioka asam maupun tapioka nanokristalin baik digunakan untuk enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus* dengan menghasilkan tingkat ketahanan sel > 87% dan kadar air 10-18%.

**Kata kunci:** enkapsulasi, *Pediococcus pentosaceus*, pengeringan beku, susu skim, tapioka asam, tapioka nanokristalin

#### Abstract

Starch and its modifications can be used as an encapsulation matrix for lactic acid bacteria (LAB), including sour cassava starch and nanocrystalline cassava starch. This study aimed to compare using a sour cassava starch matrix and nanocrystalline cassava starch with a combination of skim milk to encapsulate *Pediococcus pentosaceus* using *freeze drying*. The treatments tested were sour cassava starch + 3% skim milk, sour cassava starch + 10% skim milk, nanocrystalline cassava starch + 3% skim milk, and nanocrystalline cassava starch + 10% skim milk. Parameters observed were cell viability before and after *freeze drying*, cell resistance level, and water content. Encapsulation using sour cassava starch matrix and nanocrystalline cassava starch showed results that were not significantly different. However, the concentration of skim milk used showed significantly different results. In addition, the level of resistance of *Pediococcus pentoseceus* cells increased with increasing the concentration of added skim milk. The best results were obtained with 10% skim milk, which resulted in cell survival rates of 97% in the sour cassava starch matrix and 96.46% in the nanocrystalline cassava starch matrix. This study showed that both sour cassava starch matrix and

*nanocrystalline cassava starch were suitable for encapsulation of *Pediococcus pentosaceus* by producing a cell resistance level of > 87% and a moisture content of 10-18%.*

**Keywords:** *encapsulation; nanocrystalline cassava starch; sour cassava starch; skim milk; *Pediococcus pentosaceus*; freeze drying*

## 1. Pendahuluan

*Pediococcus pentosaceus* merupakan bakteri asam laktat (BAL) yang berperan penting dalam industri makanan. *P. pentosaceus* dapat meningkatkan cita rasa dan nutrisi pada makanan serta memiliki kemampuan menghasilkan bakteriosin yang memiliki aktivitas antimikroba (Jiang *et al.*, 2021). *P. pentosaceus* juga merupakan kandidat probiotik yang dapat berperan sebagai antitumor, antidiabetes dan antibakteri, sehingga berpotensi menghasilkan makanan yang dapat meningkatkan kesehatan (Ayash *et al.*, 2020). Oleh karena itu, *P. pentosaceus* umum digunakan untuk produksi makanan fermentasi, di antaranya yaitu fermentasi jus brokoli (Xu *et al.*, 2021), fermentasi daging (Zhang *et al.*, 2020) serta sebagai starter pada pembuatan roti *sourdough* (Plessas *et al.*, 2020). Tingginya kebutuhan industri terhadap penggunaan isolat *P. pentosaceus* menuntut adanya preservasi isolat yang dapat disimpan lebih lama yaitu dengan teknik enkapsulasi.

Enkapsulasi merupakan proses untuk menjebak molekul bioaktif atau sel hidup ke dalam substansi lain (bahan dinding) (Nedovic *et al.*, 2011). Bahan dinding (*wall material*) tersebut juga berperan sebagai pelindung (protektan) yang berperan untuk menjaga kualitas molekul bioaktif atau sel hidup tersebut sebelum digunakan, khususnya pada makanan. Enkapsulasi yang umum digunakan untuk menyalut bakteri asam laktat sebagai sediaan starter bakteri yang akan diaplikasikan untuk fermentasi makanan adalah dengan teknik pengeringan beku atau *freeze drying*. Faktor yang menjadi bahan pertimbangan pemilihan teknik *freeze drying* adalah ketahanan sel setelah pengeringan. Selain itu, faktor utama yang mendukung tingkat ketahanan sel selama *freeze drying* yaitu bahan *cryoprotectant* yang digunakan (Halim *et al.*, 2017; Petsong *et al.*, 2021).

*Cryoprotectant* merupakan substansi yang berperan sebagai penyalut sekaligus pelindung sel atau bahan yang mengalami enkapsulasi dengan *freeze drying*. *Cryoprotectant* dapat mereduksi kerusakan sel yang terjadi selama proses *freeze drying* sehingga viabilitas dan ketahanan sel dapat dipertahankan (Wang & Chen, 2021; Wang *et al.*, 2021). Bahan yang berperan sebagai *cryoprotectant* dalam enkapsulasi juga dapat disebut sebagai matriks. Pati dan modifikasinya potensial untuk dijadikan matriks BAL selama proses enkapsulasi (Kavitake *et al.*, 2018). Pati dan modifikasinya merupakan bahan pangan yang aman dan murah untuk diproduksi secara besar. Pati merupakan polisakarida dengan kandungan molekul amilosa dan amilopektin pada strukturnya. Ismail *et al.* (2020) menyatakan bahwa penambahan pati termodifikasi memberikan efek perlindungan terhadap sel *Streptococcus thermophilus* selama *freeze drying*. Charles *et al.* (2021) juga menemukan bahwa kombinasi bahan penyalut dengan pati garut pada enkapsulasi menggunakan *freeze drying* menunjukkan hasil stabilitas oksidasi terbaik selama penyimpanan 90 hari. Susu skim merupakan salah satu bahan kombinasi terbaik untuk enkapsulasi. Namun perbandingan keefektifan matriks tapioka asam dan tapioka nanokristalin dengan variasi kombinasi susu skim belum diujikan terhadap enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus*. Studi ini bertujuan untuk membandingkan penggunaan matriks tapioka asam dan tapioka nanokristalin yang masing-masing ditambahkan susu skim dengan konsentrasi berbeda untuk enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus* menggunakan *freeze drying*.

## 2. Metode

### 2.a. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan isolat Bakteri Asam Laktat *Pediococcus pentosaceus* koleksi Lab. Mikrobiologi, Dept. Biologi, FMIPA IPB. Penelitian ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut,

yaitu media MRSB (*de Man Rogose Sharpe Broth*), agar, tapioka asam, tapioka nanokristalin, susu skim, akuades, alkohol, alumunium foil dan spirtus. Penelitian ini menggunakan alat-alat sebagai berikut, yaitu *freeze dryer*, autoklaf, *laminar air flow*, inkubator, oven pegering, tabung reaksi, cawan petri, *magnetic stirrer*, erlenmeyer 500 mL dan 50 mL, ose, batang kaca, mikropipet 1000  $\mu$ L dan 100  $\mu$ L, tip dan gelas beker 100 mL.

## 2.b. Tahapan Penelitian

Enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus* dilakukan menggunakan *freeze dryer* pada suhu - tapioka asam dan tapioka nanokristalin yang masing-masing ditambahkan susu skim sebesar 3% dan 10%. Perlakuan yang dibandingkan yaitu matriks tapioka asam + susu skim 3% (TA+SS 3%), tapioka asam + susu skim 10% (TA+SS 10%), tapioka nanokristalin + susu skim 3% (NK+SS 3%) dan tapioka nanokristalin + susu skim 10% (NK+SS 10%). Tapioka asam dibuat dengan metode Hapsari (2013). Pati ubi kayu sebanyak 1200 g ditambahkan dengan starter cair BAL sebanyak 400 mL. Pati tersebut kemudian difermentasi selama 15 hari dalam wadah tertutup. Setelah 15 hari, endapan pati yang terbentuk selama 15 hari kemudian disaring dan dipisahkan dengan cairan fermentasi. Pati yang diperoleh kemudian dikeringkan. Tapioka nanokristalin dibuat dengan perlakuan presipitasi menggunakan pelarut organik etanol pada tapioka (Ma *et al.*, 2008). Pati ditambahkan akuades dengan perbandingan pati dan akuades sebesar 1:15 kemudian dipanaskan hingga tergelatinisasi sempurna. Pati kemudian diteteskan etanol 95% secara perlahan sambil diaduk cepat menggunakan *magnetic stirrer*. Pati kemudian didinginkan hingga terbentuk endapan. Endapan yang terbentuk dipisahkan menggunakan metode sentrifugasi dan dicuci dengan etanol serta dikeringkan. Pati tapioka nanokristalin siap digunakan. Larutan matriks steril disiapkan dengan konsentrasi masing-masing perlakuan yaitu 1% (b/v). Sterilisasi susu skim dilakukan selama 10 menit pada suhu 115 °C (Pyar & Peh, 2014). Larutan matriks steril setiap perlakuan sebanyak 450 mL ditambahkan kultur *Pediococcus pentosaceus* sebanyak 50 mL yang telah diinkubasi hingga mencapai fase lognya, yaitu selama 6 jam (Erdiandini *et al.*, 2015). Setiap sampel perlakuan kemudian dikeringkan pada suhu - menggunakan *freeze dryer*. Uji viabilitas sel bakteri dilakukan sebelum dan sesudah *freeze drying* dengan metode *total plate count* (TPC). Data viabilitas sel digunakan untuk menghitung tingkat ketahanan sel (% survival rate) sesuai rumus Leja *et al.* (2009). Tingkat kehilangan sel (% *loss of cell*) dihitung dengan rumus  $100\% - (\% \text{ survival rate})$ . Hasil *freeze drying* kemudian diukur kadar airnya dengan menggunakan metode gravimetric (AOAC, 1995). Setiap data dilakukan sebanyak tiga ulangan dan ditampilkan dalam bentuk rata-rata  $\pm$  standar deviasi. Data dianalisis dengan analisis RALF (Rancangan Acak Lengkap Faktorial) dengan software SPSS v.21. Uji Duncan dilakukan sebagai uji lanjut data yang berbeda nyata.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Enkapsulasi sel mikroorganisme menggunakan pengeringan beku (*freeze drying*) dapat menyebabkan kerusakan sel yang berakibat pada penurunan viabilitas sel setelah proses *freeze drying*. Hasil *freeze drying* *Pediococcus pentosaceus*, setiap perlakuan menunjukkan hasil viabilitas yang sama-sama menurun disajikan pada Tabel 1. Namun, viabilitas sel *Pediococcus pentosaceus* baik pada matriks tapioka asam maupun tapioka nanokristalin masih memenuhi standar minimal starter (7 log CFU/g) (Erdiandini *et al.*, 2015). Penurunan viabilitas sel setelah *freeze drying* dapat disebabkan oleh dehidrasi yang terjadi pada sel serta perubahan struktur lipidnya (Carvalho *et al.*, 2004). Viabilitas sel yang menurun juga dapat disebabkan oleh penurunan efisiensi sintesis protein, RNA dan DNA pada sel akibat paparan suhu rendah selama proses *freeze drying* (Santivarangkna *et al.*, 2008b). *Cryo-injuries* yang terjadi dapat diminimalisir dengan penggunaan matriks sebagai *cryoprotectant* yang tepat.

Penggunaan matriks tapioka asam dan tapioka nanokristalin menunjukkan hasil tingkat ketahanan sel dan kehilangan sel yang tidak berbeda nyata serta sama-sama mampu menjaga tingkat ketahanan sel *Pediococcus pentosaceus* hingga >87%. Hal ini menunjukkan bahwa tapioka asam dan tapioka nanokristalin baik untuk digunakan sebagai matriks enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus*. Tapioka asam dan tapioka nanokristalin merupakan pati modifikasi dari

pati alami. Tapioka asam dihasilkan melalui proses biologi yaitu fermentasi, sementara tapioka nanokristalin dihasilkan melalui proses kimiawi yaitu presipitasi etanol. Hasil modifikasi pati tersebut dapat menghasilkan molekul gula yang lebih sederhana yang dapat berperan sebagai protektan. Gula dapat berperan dalam melindungi membran terhadap kebocoran sel yang terjadi selama pengeringan. Kebocoran sel tersebut merupakan akibat dari perubahan fase membran dari gel menjadi kristalin. Gula juga mampu meminimalisir terjadinya *cryo-injuries* selama proses *freeze drying* (Santivarangkna *et al.*, 2008a).

Table 1. Viabilitas Sel *Pediococcus pentosaceus* Sebelum dan Setelah *Freeze Drying*

No	Nama Matriks	Viabilitas Sel	
		Sebelum Freeze Drying (log CFU/mL)	Setelah Freeze Drying (log CFU/g)
1	TA + SS 3%	9,13 ± 0,10	8,10 ± 0,14
2	TA + SS 10%	9,59 ± 0,05	9,31 ± 0,09
3	NK + SS 3%	9,45 ± 0,16	8,58 ± 0,09
4	NK + SS 10%	9,25 ± 0,04	8,93 ± 0,16

Perlakuan konsentrasi susu skim yang digunakan berpengaruh nyata terhadap tingkat ketahanan sel dan kehilangan sel. Tingkat ketahanan sel (% survival rate) setelah *freeze drying* meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi susu skim, baik pada matriks tapioka asam maupun tapioka nanokristalin dengan hasil terbaik pada konsentrasi susu skim 10% disajikan pada Tabel 2. *Freeze drying* dengan protektan berbasis susu skim adalah protektan paling efektif karena dapat menjaga tingkat ketahanan sel lebih dari 60% (Berner & Viernstein, 2006). Susu skim merupakan protektan yang halal dan aman untuk dikonsumsi. Susu skim memiliki kemampuan membentuk lapisan pelapis untuk melindungi sel mikroorganisme selama *freeze drying*. Serbuk susu skim hasil *freeze drying* ditemukan sangat tinggi berpori dengan struktur pori yang seragam di seluruh bagian partikel (Rogers *et al.*, 2008). Pori-pori tersebut dapat berperan sebagai tempat mikroorganisme terperangkap di dalamnya dengan lapisan pori sebagai lapisan pelindung bagi mikroorganisme tersebut.

Konsentrasi susu skim terbaik dalam menjaga tingkat ketahanan sel (% survival rate) dan mengurangi tingkat kehilangan sel (% loss of cell) adalah konsentrasi perlakuan tertinggi yaitu 10% disajikan pada Tabel 2. Konsentrasi susu skim sebesar 10% dapat memberi perlindungan yang lebih baik terhadap hilangnya viabilitas sel bahkan saat penyimpanan di suhu -80°C dibandingkan dengan penggunaan gliserol sebesar 15% (Cody *et al.*, 2008). Konsentrasi susu skim terbaik dalam menjaga tingkat ketahanan sel (% survival rate) dan mengurangi tingkat kehilangan sel (% loss of cell) adalah konsentrasi perlakuan tertinggi yaitu 10% disajikan pada tabel Tabel 2. Konsentrasi susu skim sebesar 10% dapat memberi perlindungan yang lebih baik terhadap hilangnya viabilitas sel bahkan saat penyimpanan di suhu -80°C dibandingkan dengan penggunaan gliserol sebesar 15% (Cody *et al.*, 2008).

Table 2. Presentase Tingkat Ketahanan Sel (% survival rate) *Pediococcus pentosaceus* Selama Enkapsulasi Menggunakan *Freeze Drying*

No	Jenis Matriks	Konsentrasi Susu Skim	
		3%	10%
1	Tapioka Asam	90,88 ± 1,91 <sup>b</sup>	97,00 ± 1,39 <sup>a</sup>
2	Tapioka Nanokristalin	88,68 ± 0,92 <sup>b</sup>	96,46 ± 1,36 <sup>a</sup>

Kadar air setiap perlakuan menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata, namun hasil enkapsulasi setiap perlakuan menunjukkan kadar air dengan persentase masih di bawah 20% disajikan pada Tabel 3. Kadar air merupakan faktor penting yang mempengaruhi penyimpanan starter kering (Santivarangkna *et al.*, 2008b). Air berperan vital bagi pertumbuhan mikroorganisme. Namun, kadar air yang terlalu tinggi dapat berbahaya bagi kinerja enzim (Gang & Zhou, 2004).

Table 3. Rata-rata Kadar Air Hasil Enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus* Menggunakan *Freeze Drying*

No	Jenis Matriks	Konsentrasi Susu Skim	
		3%	10%
1	Tapioka Asam	15,92 ± 10,59	15,09 ± 0,05
2	Tapioka Nanokristalin	15,16 ± 0,02	13,61 ± 2,08

#### 4. Kesimpulan

Matriks tapioka asam dan nanaokristalin baik digunakan untuk enkapsulasi *Pediococcus pentosaceus* karena mampu menghasilkan tingkat ketahanan sel > 87%. Peningkatan konsentrasi susu skim yang ditambahkan juga mampu meningkatkan tingkat ketahanan sel baik menggunakan matriks tapioka asam maupun tapioka nanokristalin. Kombinasi susu skim terbaik pada matriks tapioka asam dan tapioka nanokristalin ini adalah 10%, di mana mampu menghasilkan tingkat ketahanan sel masing-masing sebesar 97% dan 96,46%

#### Pustaka

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist International. 1995. Official Methods of Analysis of The Association of Analytical Chemist. Washington D.C
- Ahmad, M., Gani, A., Hamed, F., & Maqsood, S. (2019). Comparative study on utilization of micro and nano sized starch particles for encapsulation of camel milk derived probiotics (*Pediococcus acidolactici*). *LWT*, 110, 231-238.
- Ayyash, M., Abu-Jdayil, B., Olaimat, A., Esposito, G., Itsaranuwat, P., Osaili, T., & Liu, S. Q. (2020). Physicochemical, bioactive and rheological properties of an exopolysaccharide produced by a probiotic *Pediococcus pentosaceus* M41. *Carbohydrate polymers*, 229, 115462.
- Berner, D., & Viernstein, H. (2006). Effect of protective agents on the viability of *Lactococcus lactis* subjected to freeze-thawing and freeze-drying. *Scientia Pharmaceutica*, 74(3), 137-149.
- Carvalho, A. S., Silva, J., Ho, P., Teixeira, P., Malcata, F. X., & Gibbs, P. (2004). Relevant factors for the preparation of freeze-dried lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 14(10), 835-847.
- Charles, A. L., Abdillah, A. A., Saraswati, Y. R., Sridhar, K., Balderamos, C., Masithah, E. D., & Alamsjah, M. A. (2021). Characterization of freeze-dried microencapsulation tuna fish oil with arrowroot starch and maltodextrin. *Food Hydrocolloids*, 112, 106281.
- Cody, W. L., Wilson, J. W., Hendrixson, D. R., McIver, K. S., Hagman, K. E., Ott, C. M., & Schurr, M. J. (2008). Skim milk enhances the preservation of thawed - 80 C bacterial stocks. *Journal of microbiological methods*, 75(1), 135-138.
- Erdiandini, I. R. A., Sunarti, T. C., & Meryandini, A. (2015). Seleksi bakteri asam laktat dan pemanfaatannya sebagai starter kering menggunakan matriks tapioka asam. *Jurnal Sumberdaya Hayati*, 1(1), 26-33.
- Halim, M., Mustafa, N. A. M., Othman, M., Wasoh, H., Kapri, M. R., & Ariff, A. B. (2017). Effect of encapsulant and cryoprotectant on the viability of probiotic *Pediococcus acidilactici* ATCC 8042 during freeze-drying and exposure to high acidity, bile salts and heat. *LWT-Food Science and Technology*, 81, 210-216.
- Hapsari, R. D. (2013). Pembuatan Tapioka Asam dengan Penambahan Starter Cair Bakteri Asam Laktat Indigenous.
- Heng-gang, Z. H. O. U. (2004). Moisture Content in Starter-making. *Journal Liquor making Science & Technology*, 6.
- Ismail, E. A., Aly, A. A., & Atallah, A. A. (2020). Quality and microstructure of freeze-dried yoghurt fortified with additives as protective agents. *Heliyon*, 6(10).

- Jiang, S., Cai, L., Lv, L., & Li, L. (2021). *Pediococcus pentosaceus*, a future additive or probiotic candidate. *Microbial cell factories*, 20(1), 1-14.
- Kavitake, D., Kandasamy, S., Devi, P. B., & Shetty, P. H. (2018). Recent developments on encapsulation of lactic acid bacteria as potential starter culture in fermented foods–A review. *Food Bioscience*, 21, 34-44.
- Leja, K., Dembczyński, R., Białas, W., & Jankowski, T. (2009). Production of dry *Lactobacillus rhamnosus* GG preparations by spray drying and lyophilization in aqueous two-phase systems. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 8(4), 39-49.
- Ma, X., Jian, R., Chang, P. R., dan Yu, J. (2008). Fabrication and characterization of citric acid-modified starch nanoparticles/plasticized-starch composites. *Biomacromolecules*, 9(11), 3314-3320.
- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., dan Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia food science*, 1, 1806-1815.
- Petsong, K., Benjakul, S., dan Vongkamjan, K. (2021). Optimization of wall material for phage encapsulation via freeze-drying and antimicrobial efficacy of microencapsulated phage against salmonella. *Journal of food science and technology*, 58(5), 1937-1946.
- Plessas, S., Mantzourani, I., dan Bekatorou, A. (2020). Evaluation of *pediococcus pentosaceus* sp2 as starter culture on sourdough bread making. *Foods*, 9(1), 77.
- Pyar, H., dan Peh, K. K. (2014). Cost effectiveness of cryoprotective agents and modified de-man rogosa sharpe medium on growth of *lactobacillus acidophilus*. *Pakistan journal of biological sciences*, 17(4), 462-471.
- Rogers, S., Wu, W. D., Saunders, J., dan Chen, X. D. (2008). Characteristics of milk powders produced by spray freeze drying. *Drying technology*, 26(4), 404-412.
- Santivarangkna, C., Higl, B., dan Foerst, P. (2008). Protection mechanisms of sugars during different stages of preparation process of dried lactic acid starter cultures. *Food microbiology*, 25(3), 429-441.
- Santivarangkna, C., Kulozik, U., dan Foerst, P. (2008). Inactivation mechanisms of lactic acid starter cultures preserved by drying processes. *Journal of applied microbiology*, 105(1), 1-13.
- Stefanello, R. F., Nabeshima, E. H., Iamanaka, B. T., Ludwig, A., Fries, L. L. M., Bernardi, A. O., dan Copetti, M. V. (2019). Survival and stability of *Lactobacillus fermentum* and *Wickerhamomyces anomalus* strains upon lyophilisation with different cryoprotectant agents. *Food research international*, 115, 90-94.
- Wang, G., Luo, L., Dong, C., Zheng, X., Guo, B., Xia, Y., dan Ai, L. (2021). Polysaccharides can improve the survival of *Lactiplantibacillus plantarum* subjected to freeze-drying. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 2606-2614.
- Wang, J., dan Chen, L. (2021). Impact of a novel nano-protectant on the viability of probiotic bacterium *lactobacillus casei* k17. *Foods*, 10(3), 529.
- Xu, X., Bi, S., Lao, F., Chen, F., Liao, X., dan Wu, J. (2021). Comprehensive investigation on volatile and non-volatile metabolites in broccoli juices fermented by animal-and plant-derived *Pediococcus pentosaceus*. *Food Chemistry*, 341, 128118.
- Zhang, Y., Hu, P., Xie, Y., & Wang, X. (2020). Co-fermentation with *Lactobacillus curvatus* LAB26 and *Pediococcus pentosaceus* SWU73571 for improving quality and safety of sour meat. *Meat Science*, 170, 108240.