

Solubility and Antimicrobial Activity of Functional Hard Candy from Trigona's Honey (*Trigona itama*) and Microencapsulation of Patchouli Oil (*Pogostemon cablin Benth*) Based Essential Oils

Juliani^{1*}, Irmayanti², M. Daud AK³

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Serambi Mekkah

²Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Serambi Mekkah

³Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

*Corresponding author: juliani@serambimekkah.ac.id

ABSTRACT

Candy is a group of snacks high in sugar content, so it has an impact on oral problems such as tooth decay. The use of natural flavors in the form of essential oils in candy which have antimicrobial activity has several obstacles, including not being easily dissolved. Therefore, essential oils need to be formulated to be solvable. One of the ways is by encapsulation using water-soluble coatings such as gum arabic, inulin and maltodextrin using a spray dryer. Product analysis was carried out for solubility tests and growth inhibition tests for *Candida albicans* and *Streptococcus mutans*. This research was conducted using two parameters, first parameter was coating materials consisting of 3 levels, namely; gum arabic (A), inulin (B) dan maltodextrin (C). The second factor is the concentration of patchouli oil based essential oils which consists of 3 levels, namely; 0.01 g (K1), 0.05 g (K2) dan 0.025 g (K3). The results showed that the solubility of essential oils with three coating materials ranged from 44.77% -44.97%. From the analysis of variance, it can be concluded that differences in coating materials, essential oil concentrations and their interactions have a significant effect ($P < 0.05$) on inhibiting the growth of *Candida albicans* and *Streptococcus mutans*. The best treatment was obtained from the AK1 sample with inhibition against *Candida albicans* and *Streptococcus mutans* of 8.6 ± 2.6 and 10 ± 1.6 mm, respectively.

Keywords: *Trigona itama*; *Pogostemon Cablin Benth*; Human Saliva; Sugar Substitute, Antibacterial

PENDAHULUAN

Permen merupakan kelompok pangan konfeksioneri yang disukai semua kelompok usia. Permen memiliki dampak buruk bila dikonsumsi dalam jumlah relative banyak, antara lain dapat menyebabkan penyakit diabetes karena tingginya kandungan gula di dalam permen. Selain itu, permen juga dapat menyebabkan kerusakan gigi akibat fermentasi gula oleh mikroba di dalam mulut. Permasalahan lainnya yaitu karena banyaknya penggunaan bahan tambahan pangan sintetik untuk perisa maupun pewarna permen.

Saat ini konsumen menginginkan produk pangan yang sehat. Pangan dalam hal ini permen yang sehat dapat diproduksi dengan menggunakan bahan-bahan alami yang memiliki manfaat lebih terhadap tubuh. Penggunaan bahan alami dapat berupa

flavor alami berupa minyak atsiri dan pemanis alami berupa madu. Penggunaan minyak atsiri dalam pangan mengalami beberapa hambatan diantaranya sifatnya yang tidak larut air. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya modifikasi minyak atsiri agar mudah larut ke dalam larutan permen.

Enkapsulasi minyak atsiri adalah teknik menyalut minyak atsiri dengan bahan penyalut (enkapsulat). Minyak atsiri terenkapsulasi dilaporkan mudah diaplikasi ke dalam bahan pangan, lebih stabil terhadap suhu tinggi, tahan oksidasi dan mudah dalam penyimpanan. Selain itu sejumlah penelitian menunjukkan peningkatan aktivitas antimikroba pada minyak atsiri terenkapsulasi dibanding tanpa enkapsulasi (Klinjapo & Krasaekoopt, 2018; Soliman *et al.* 2013). Dari banyaknya bahan penyalut terdapat tiga jenis penyalut yang dapat meningkatkan kelarutan minyak atsiri

yaitu maltodekstrin, inulin dan gum arab (de Barros Fernandes *et al.* 2014; Shahidi Noghabi & Molaveisi, 2020).

Minyak atsiri pada permen dapat memberikan sejumlah manfaat terhadap kesehatan mulut seperti memberikan aroma, rasa dan sebagai antimikroba. Mikroba seperti bakteri dan jamur dapat menyebabkan berbagai permasalahan mulut seperti candidiasis, halitosis dan *dental caries* (Belgis *et al.* 2022). Bakteri *Streptococcus mutans* dilaporkan membentuk plak yang menjadi penyebab kerusakan gigi (Kustyawati *et al.* 2022). Selain itu *Candida albicans* dilaporkan menjadi penyebab sariawan (Khafidhoh *et al.* 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelarutan minyak atsiri terenkapsulasi dan aktivitas microbial berupa daya hambat terhadap pertumbuhan *S. mutans* dan *C. albicans*.

MATERI DAN METODE

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak atsiri nilam aceh (Morfologi dan Taksonomi Nilam (*Pogostemon cablin* Benth)), minyak jahe (*Zingiber officinale* Roxb), minyak sereh wangi (*Cymbopogon nardus*), gum arab, inulin, maltodekstrin, aquades, biakan *S. mutans* ATCC, biakan *C. albicans* dan bahan habis pakai yang digunakan dalam analisis. Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu panci, timbangan digital, *spray dryer*, *homogenizer*, jangkar sorong dan peralatan lainnya yang digunakan selama analisis.

Prosedur penelitian

Prosedur Pembuatan Mikroenkapsulat dengan Metode Spray Dryer

Prosedur pembuatan mikroenkapsul minyak atsiri mengacu pada Adawiyah *et al.* (2019) dengan sedikit modifikasi. Formulasi minyak atsiri berbasis minyak nilam (minyak nilam 0.4%; minyak sereh wangi 0.2%; minyak jahe 0.4%) yang digunakan dalam pembuatan mikroenkapsul mengacu pada hasil uji sensori terbaik dari formulasi minyak atsiri permen (Functional & Candy, 2023). Mikroenkapsul dibuat menggunakan dan sebagai bahan penyalut perbandingan minyak atsiri dengan penyalut adalah 1:4. Emulsi dibentuk dengan menambahkan aquadest dengan perbandingan bahan dan aquadest 1:4 ke dalam campuran penyalut dengan minyak atsiri melalui proses homogenisasi menggunakan *Homogenizer High Shear Rotary Silverston L4R* pada kecepatan maksimum. Proses selanjutnya adalah dengan pengeringan emulsi menggunakan pengering semprot skala laboratorium BUCHI 190 *Mini Spray Dryer* dengan suhu inlet 160 °C, suhu outlet 70°C dengan kecepatan pompa skala 2.

Prosedur Pembuatan Permen

Formulasi permen digunakan pada penelitian ini mengacu pada formulasi terbaik penelitian sebelumnya (Juliani *et al.* 2022). Madu kelulut 15% dan minyak atsiri berbasis minyak nilam yang telah terenkapsulasi sesuai formula ditambahkan pada suhu 100°C dan diaduk hingga homogen. Larutan permen kemudian dituang ke dalam cetakan dan didinginkan pada suhu ruang hingga mengeras dan disimpan dalam kondisi kedap udara.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua faktor yang terdiri dari 3 dan 4 taraf dengan menggunakan 2 kali ulangan sehingga akan diperoleh 24 satuan percobaan. Faktornya pertama mikroenkapsul

dengan perbedaan penyalut (P) terdiri dari maltodekstrin (P1), gum arab (P2) dan inulin (P3). Faktor kedua yaitu konsentrasi penyalut dalam permen terbagi dalam tiga kelompok yaitu 0.01 g (K1), 0,05 g (K2) dan 0,025 g (K3).

Analisis Produk

Uji Kelarutan

Sampel sebanyak 1 g dilarutkan dalam 20 ml aquades. Larutan dipanaskan dalam *waterbath* dengan suhu 60 °C selama 30 menit. Supernatant dipisahkan menggunakan sentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 menit lalu diambil 10 ml untuk dikeringkan dalam oven. Persen kelarutan bahan dihitung berdasarkan berat endapan kering dibagi volume supernatant dikali 100%.

% Kelarutan = $\frac{\text{Berat endapan kering}}{\text{(Volume Supernatan)}} \times 100$

Uji Penghambatan Pertumbuhan *Streptococcus mutans*

Zona hambat permen terhadap bakteri ditentukan dengan metode difusi cakram agar (Kirby-Bauer) dengan sedikit modifikasi. *S. mutans* ATCC dibiakkan ke dalam NB (nutrient Broth) diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam kemudian disetarakan dengan McFarland 0,5 (1×10^8 CFU/mL). Permen dihaluskan dengan mortar kemudian 1 gram permen dimasukkan ke dalam microtube ditambahkan pelarut aquadest steril 1 mL dan divortex hingga larut. *Blank disc* dimasukkan ke dalam larutan permen dan didiamkan selama 15 menit. *Blank disc* ditanam di media *Mueller Hinton Agar* (MHA) dengan berbagai konsentrasi diatas biakan bakteri *S. mutans* diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Diameter (mm) zona hambat diukur untuk setiap perlakuan.

Uji Penghambatan Pertumbuhan *Candida albicans*

Zona hambat permen terhadap bakteri ditentukan dengan difusi cakram agar teknik Kirby-Bauer dengan sedikit modifikasi (17). *C. albicans* dibiakkan kembali ke dalam Pepton water diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam kemudian disetarakan dengan McFarland 0.5. Permen dihaluskan dengan mortar kemudian 1 gram permen dimasukkan ke dalam microtube ditambahkan pelarut aquadest steril 1 mL dan divortex hingga larut. *Blank disc* dimasukkan ke dalam larutan permen dan didiamkan selama 15 menit. *Blank disc* ditanam di media *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA) dengan berbagai konsentrasi diatas biakan *C. albicans*, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Diameter (mm) zona hambat diukur untuk setiap perlakuan.

Analisis Data

Data uji kelarutan dilakukan secara deskriptif sedangkan uji antibakteri dilakukan analisis statistik dengan menggunakan ANOVA (*Analysis of Varians*). Perlakuan yang menunjukkan pengaruh terhadap parameter yang diuji akan dilanjutkan dengan uji Duncan. Analisis data menggunakan perangkat SPSS IBM 20.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kelarutan

Bahan pangan dalam proses pengolahan harus dapat mudah untuk dicampur. Namun demikian ada jenis bahan pangan yang sulit untuk dicampur misalnya bahan larut air dengan minyak atsiri. Dalam pembuatan permen, larutan permen merupakan fase hidrofilik sehingga

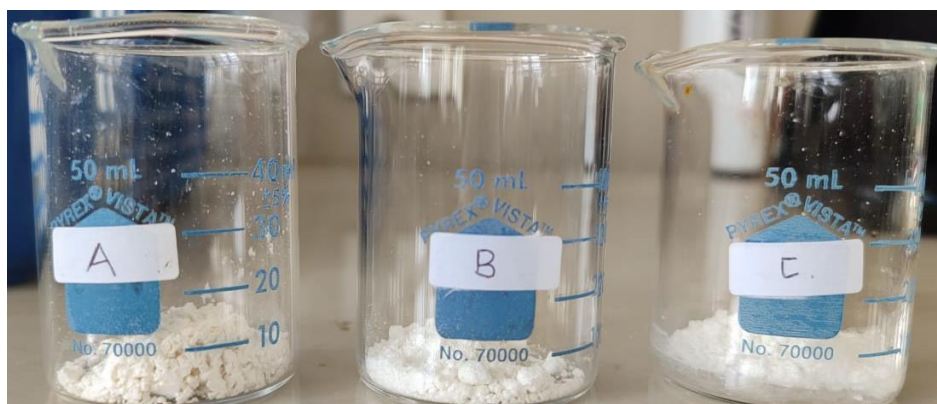
penambahan minyak atsiri yang bersifat hidrofobik menyulitkan pencampuran (Atencio *et al.* 2020). Hal ini menyebabkan ketidakmerataan sebaran minyak atsiri pada permen yang mengakibatkan perbedaan kualitas baik berupa karakteristik sensori maupun fungsionalitasnya seperti antibakteri. Modifikasi minyak atsiri menggunakan teknik enkapsulasi dengan spray dryer dengan perbedaan bahan penyalut (Gambar 1) yaitu gum arab (A), inulin (B), dan maltodekstrin (C) menghasilkan minyak atsiri dengan

kelarutan yang berkisar 44.77%-44.97% (Tabel 1).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelarutan minyak atsiri menggunakan penyalut berbeda dari bahan gum dan karbohidrat tidak memberikan hasil yang berbeda secara signifikan. Penelitian lain melaporkan bahwa enkapsulasi minyak atsiri rosemary dengan perbedaan jenis dan proporsi penyalut dari gum arab, inulin dan maltodekstrin menunjukkan hasil kelarutan yang nyaris sama yaitu sekitar 41-47% (de Barros Fernandes *et al.* 2014).

Tabel 1. Rata-rata kelarutan mikrokapsul minyak atsiri dengan perbedaan bahan penyalut.

Penyalut	Kelarutan (%)
Gum Arab (A)	44.77±0.23%
Inulin (B)	44.91±0.18%
Maltodekstrin (C)	44.97±0.20%



Gambar 1. Minyak atsiri berbasis minyak nilam terenkapsulasi dengan penyalut a). gum arab, b). inulin dan c). maltodekstrin.

Aktivitas Penghambatan Pertumbuhan *Candida albicans*

Karies gigi, juga dikenal sebagai kerusakan gigi, merupakan salah satu penyakit mulut paling umum pada manusia. *C. albicans* merupakan spesies jamur komensal yang umumnya berkoloni pada permukaan mukosa manusia dan menyebabkan kerusakan gigi maupun akar

gigi (root carries). *C. albicans* secara oral pada individu sehat adalah 18,5-40,9%. *C. albicans* lebih tinggi pada individu dengan kekebalan yang lemah, seperti individu yang positif virus imunodefisiensi manusia, pasien diabetes, bayi dan orang tua. Pembentukan hifa dan kemampuan untuk merespons tingkat pH lingkungan yang ekstrim sangat penting untuk patogenisitas

C. albicans. Selain itu, *C. albicans* dapat berinteraksi secara kuat dengan mikroorganisme penyebab masalah mulut

lainnya seperti spesies *Streptococcus*, *Actinomyces*, dan *Fusobacterium* (Du *et al.* 2021).

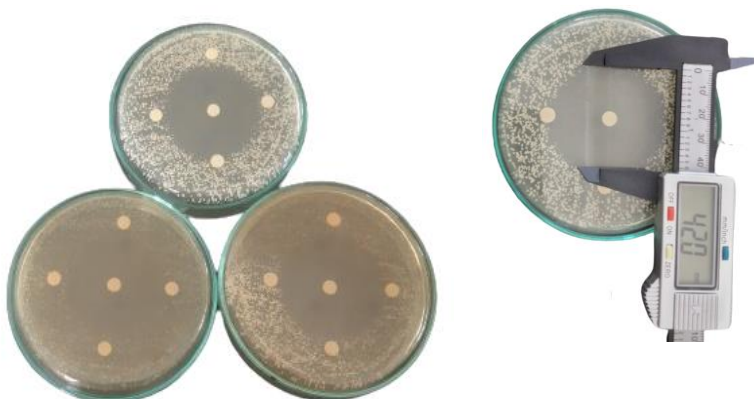
Tabel 2. Rata-rata zona penghambatan *C. albicans* oleh permen

Penyalut	Zona Penghambatan (mm)		
	0,01 g (K1)	0,05 g (K2)	0,025 g (K3)
Gum arab (A)	8,6±2,6 ^d	7,5±1,4 ^c	7,2±2,0 ^{b, c}
Inulin (B)	0±0 ^a	0±0 ^a	0±0 ^a
Maltodekstrin (C)	7,2±0,3 ^{b, c}	7,0±0,8 ^{b, c}	6,9±1,3 ^b

*Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$).

Hasil analisis terhadap penghambatan pertumbuhan *C. albicans* (Tabel 2) menunjukkan bahwa rata-rata zona penghambatan berkisar antara 0,0 mm – 8,6 mm. Perbedaan bahan penyalut dan

perbedaan konsentrasi mikrokapsul minyak atsiri yang ditambahkan ke dalam permen diduga berkontribusi terhadap aktivitas penghambatan pertumbuhan *C. albicans*.



Gambar 2. Uji aktivitas antijamur minyak atsiri berbasis minyak nilam terenkapsulasi dengan penyalut a). gum arab, b). inulin dan c). maltodekstrin dan zona hambat yang terbentuk pada kontrol positif (K+).

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan bahan penyalut, perbedaan konsentrasi mikrokapsul minyak nilam, dan interaksi bahan penyalut dengan konsentrasi mikrokapsul minyak atsiri yang ditambahkan memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap aktivitas penghambatan terhadap *C. albicans*. Penghambatan terhadap *C. albicans* disebabkan oleh bahan aktif minyak atsiri (Adhavan *et al.* 2017;

Lely *et al.* 2018; Rinanda *et al.* 2018). Namun, perbedaan bahan penyalut yang digunakan (gum arab, inulin dan maltodekstrin) dapat memiliki dampak terhadap penghambatan pertumbuhan *C. albicans*. Minyak atsiri dengan bahan penyalut inulin tidak dapat menghambat pertumbuhan *C. albicans*. Hal ini dapat disebabkan oleh bahan penyalut inulin yang dilaporkan dapat menurunkan retensi minyak dalam partikel (Tylkowski *et al.*

2017). Selain itu mikrokapsul bahan penyalut gum arab dan maltodekstrin juga dilaporkan memiliki aktivitas penghambatan terhadap *C. albicans* (L. P. Fernandes *et al.* 2008; Risnawaty *et al.* 2017).

Aktivitas Penghambatan Pertumbuhan *Streptococcus mutans*

Karies gigi dan plak gigi merupakan penyakit mulut paling umum di seluruh

dunia. Penyakit ini disebabkan oleh campuran mikroorganisme dan sisa makanan. Jenis bakteri penghasil asam tertentu, terutama *S. mutans*, berkolonisasi pada permukaan gigi dan menyebabkan kerusakan pada struktur keras gigi dengan adanya karbohidrat yang dapat difermentasi misalnya sukrosa dan fruktosa (Forssten *et al.* 2010).

Tabel 3. Rata-rata zona penghambatan *S. mutans* oleh permen

Penyalut	Zona Penghambatan (mm)		
	0,01 g (K1)	0,05 g (K2)	0,025 g (K3)
Gum arab (A)	10±1,6 ^{e,f}	8,8±2,4 ^{b,c}	8,5±1,0 ^{a,b}
Inulin (B)	10,3±0,9 ^f	9,8±2,6 ^{c,d}	9,6±1,4 ^{d,e}
Maltodekstrin (C)	7,2±2,3 ^{d,e}	7,0±1,8 ^{a,b}	6,9±1,6 ^a

*Huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata $P < 0,05$.

Hasil analisis terhadap penghambatan pertumbuhan *S. mutans* (Tabel 3) menunjukkan bahwa rata-rata zona penghambatan berkisar antara 6,9 mm – 10,3 mm. Perbedaan bahan penyalut dan perbedaan konsentrasi mikrokapsul minyak atsiri yang ditambahkan ke dalam permen diduga berkontribusi terhadap aktivitas penghambatan pertumbuhan *S. mutans*.

Hasil analisa sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan perbedaan bahan penyalut, perbedaan konsentrasi mikrokapsul minyak nilam, dan interaksi bahan penyalut dengan konsentrasi mikrokapsul minyak atsiri yang ditambahkan memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap aktivitas penghambatan pertumbuhan *S. mutans*. Penghambatan *S. mutans* oleh mikrokapsul dapat disebabkan oleh seberapa efektif bahan penyalut dapat memerangkap minyak atsiri yang merupakan senyawa antibakteri (de Barros Fernandes *et al.* 2014; R. V. de B. Fernandes *et al.* 2013). Selain itu, inulin yang diekstrak

dari tanaman chicory dan gum arab dilaporkan memiliki aktivitas penghambatan terhadap *S. mutans* (Banjar *et al.* 2017; Gupta *et al.* 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perbedaan bahan penyalut memberikan persentase kelarutan yang relative sama. Selain itu, perbedaan bahan penyalut dan perbedaan konsentrasi minyak atsiri yang ditambahkan berkontribusi terhadap pertumbuhan *C. albicans* dan *S. mutans*. Aktivitas penghambatan pertumbuhan bakteri maupun fungi oleh permen ini penting dalam manfaat permen sebagai permen fungsional dengan manfaat terhadap Kesehatan mulut dengan menghambat mikroorganisme penyebab permasalahan mulut dan gigi. Perlakuan terbaik diperoleh dari sampel AK1 dengan penghambatan terhadap *C.*

albicans dan *S. mutans* berturut-turut sebesar $8,6 \pm 2,6$ dan $10 \pm 1,6$ mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiyah, D. R., Prabowo, L. B. R., & Hariyadi, P. (2019). Peningkatan Skala Produksi Mikroenkapsulat Minyak Sawit Merah dengan Pengerings Semprot. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 6(1), 9–16.
- Adhavan, P., Kaur, G., Princy, A., & Murugan, R. (2017). Essential oil nanoemulsions of wild patchouli attenuate multi-drug resistant gram-positive, gram-negative and *Candida albicans*. *Industrial Crops and Products*, 100, 106–116.
- Atencio, S., Maestro, A., Santamaria, E., Gutiérrez, J. M., & Gonzalez, C. (2020). Encapsulation of ginger oil in alginate-based shell materials. *Food Bioscience*, 37, 100714.
- Banjar, M. M., Khafaji, A. M., & Maher, Y. A. (2017). Antimicrobial activity of hydrogen peroxide, sesame and gum Arabic against *Streptococcus mutans*. *Int. J. of Health Sci. & Res*, 7(1), 97–104.
- Belgis, M., Febriyanti, M. M., Nafi, A., Savitri, D. A., & Rusdianto, A. S. (2022). Sensory Characteristics and Antimicrobial Activities of Soft Candy with Essential Basil (*Ocimum Sanctum* L.) Against *Candida Albicans* and *Streptococcus Mutans*. *Journal La Lifesci*, 3(3), 108–118.
- de Barros Fernandes, R. V., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2014). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 101, 524–532.
- Du, Q., Ren, B., He, J., Peng, X., Guo, Q., Zheng, L., Li, J., Dai, H., Chen, V., & Zhang, L. (2021). *Candida albicans* promotes tooth decay by inducing oral microbial dysbiosis. *The ISME Journal*, 15(3), 894–908.
- Fernandes, L. P., Turatti, I. C. C., Lopes, N. P., Ferreira, J. C., Candido, R. C., & Oliveira, W. P. (2008). Volatile retention and antifungal properties of spray-dried microparticles of *Lippia sidoides* essential oil. *Drying Technology*, 26(12), 1534–1542.
- Fernandes, R. V. de B., Borges, S. V., & Botrel, D. A. (2013). Influence of spray drying operating conditions on microencapsulated rosemary essential oil properties. *Food Science and Technology*, 33, 171–178.
- Forssten, S. D., Björklund, M., & Ouwehand, A. C. (2010). *Streptococcus mutans*, caries and simulation models. *Nutrients*, 2(3), 290–298.
- Functional, F., & Candy, H. (2023). *S j a t*. 5(2), 102–109.
- Gupta, A., Mitra, R., Bandyopadhyay, P., Sirdesai, A., Katariya, M., & Singh, J. (2023). *Role of Prebiotic Inulin extracted from chicory root in Oral care, In-vitro study*.
- Juliani, J., Irmayanti, I., & AK, M. D. (2022). Antibacterial Activity and Sensory Characteristics of Low Calories Functional Candy Contains Tigona's Honey (*Trigona Itama*) and Patchouli Oil (*Pogostemon Cablin Benth*). *Jurnal Medika Veterinaria*, 16(2).
- Khafidhoh, Z., Dewi, S. S., & Iswara, A. (2015). *Efektivitas infusa kulit jeruk purut (Citrus hystrix DC.) terhadap pertumbuhan Candida albicans penyebab sariawan secara in vitro*.
- Klinjapo, R., & Krasaekoopt, W. (2018). Microencapsulation of color and flavor in confectionery products. In *Natural and Artificial Flavoring Agents and Food Dyes* (pp. 457–494). Elsevier.
- Kustyawati, M. E., udayana Nurdin, S., Larassati, D. P., & Pintalita, A. (2022). Inhibition effect of Rosella (*Hibiscus sabdariffa* L.) petal extract in Hard-Candy against *Streptococcus mutans*. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 127–138.
- Lely, N., Sulastri, H., & Meisyayati, S. (2018). Activity Antifungi Of Oil Atsiri Sereh Wangi (*Cymbopogon Nardus* (L) Rendle). *Jurnal Kesehatan Saelmakers Perdana*, 1(1), 31–37.
- Rinanda, T., Isnanda, R. P., & Zulfritri. (2018). Chemical Analysis of Red Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe var *rubrum*) Essential Oil and Its Anti-biofilm Activity against *Candida albicans*. *Natural Product Communications*, 13(12), 1934578X1801301206.
- Risnawaty, R., Nurliana, L., & Kurniawati, D. (2017). Mikroenkapsulasi Minyak Atsiri Dari Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin Benth*) Sebagai Antijamur *Candida albicans*. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 4(2), 386–393.
- Shahidi Noghabi, M., & Molaveisi, M. (2020). Using arabic gum, maltodextrin and inulin for wall compounds microencapsulation and rapid release of the bioactive compounds from cardamom essential oil in saliva. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 9(1), 57–72.
- Soliman, E. A., El-Moghazy, A. Y., El-Din, M. S. M., & Massoud, M. A. (2013). *Microencapsulation of essential oils within alginate: formulation and in vitro evaluation of antifungal activity*.
- Tylkowski, B., Trojanowska, A., Giamberini, M., Tsibranska, I., Nowak, M., Marciniak, Ł., & Jastrzab, R. (2017). Microencapsulation in food chemistry. *Journal of Membrane Science and Research*, 3(4), 265–271.