



Optimasi formula enkapsulasi ekstrak propolis *Trigona* menggunakan maltodekstrin-gum biji selasih dengan teknik *spray drying*

Bendi Sabela¹, Dede Robiatul Adawiyah^{2,3*}, Nur Wulandari^{2,3}

¹Magister Ilmu Pangan, Ilmu dan Teknologi Pangan, IPB University, Bogor, Indonesia

²Ilmu dan Teknologi Pangan, IPB University, Bogor, Indonesia

³Southeast Asian Food and Agricultural Science and Technology (SEAFAST) Center, IPB University, Bogor, Indonesia

Article history

Diterima:

30 Juni 2023

Diperbaiki:

19 September 2023

Disetujui:

20 September 2023

Keyword

Basil seed gum;

Encapsulation;

Propolis;

RSM;

Spray drying

ABSTRACT

Propolis has the potential to be widely used in the food industry due to its biological activities that are beneficial for human health, including as an antioxidant. The objectives of this research were to produce encapsulated propolis extract powders (EPEP) in optimum formula using a combination of coating materials (maltodextrin and basil seed gum (BSG)) by spray drying technique, and determining the physicochemical characteristics of the optimum EPEP. The independent variables used for optimization were 1–10 g of liquid propolis extract (factor 1) and 0–0.5 g of dried crude BSG (factor 2). Maltodextrin (10 g) and aquades (100 ml) were set as fixed variables. The optimization used response surface methodology (RSM). The responses studied were moisture content, solubility, and total phenolic content (TPC). Based on the overall response, the optimum formula resulting from RSM was 10 g of liquid propolis extract and 0.5 g of dried crude BSG with a desirability value of 0.734. The optimum EPEP had a moisture content of 3.82%, solubility of 96.13%, and TPC of 901.84 mg gallic acid equivalent (GAE)/kg sample, water activity value of 0.41, hygroscopicity value of 16.82%, and fat content of 4.61%. The results of the antioxidant activity of the optimum product by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) assay had an inhibition percentage of 17.61% at a concentration of 5000 µg/ml and antioxidant capacity of 2091 mg ascorbic acid equivalent (AAE)/kg sample. The antioxidant activity of the optimum product by ferric reducing antioxidant power (FRAP) assay gave an antioxidant capacity of 2394 µmol AAE/kg sample. The optimum EPEP morphologically showed agglomerated particles.



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

* Penulis korespondensi

Email : dede_adawiyah@apps.ipb.ac.id

DOI 10.21107/agrointek.v19i1.20901

PENDAHULUAN

Selasih merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat dengan mudah ditemukan di Indonesia dan memiliki banyak manfaat (Aziz et al. 2021). Salah satu produk yang dapat dihasilkan dari tanaman selasih adalah gum biji selasih. Gum biji selasih memiliki beberapa karakteristik yang bermanfaat untuk dapat dikembangkan pada industri pangan, yakni hidrofilik, biokompatibel, biaya produksinya rendah, dapat dimakan, dan mampu membentuk film (Shahrajabian et al. 2020).

Kemampuan membentuk film pada gum biji selasih dapat dimanfaatkan sebagai bahan penyalut dalam proses enkapsulasi (Anandharamakrishnan and Ishwarya 2015). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan gum biji selasih sebagai bahan penyalut dalam proses enkapsulasi ekstrak polifenol dari limbah lemon dengan teknik *freeze drying* menghasilkan persentase efisiensi enkapsulasi sebesar 70,72% (Shaygannia et al. 2021). Data tersebut membuktikan bahwa adanya kemampuan membentuk film pada gum biji selasih berpotensi untuk dapat digunakan sebagai bahan penyalut dalam proses enkapsulasi dengan teknik *spray drying*.

Salah satu bahan yang dapat dienkapsulasi ialah ekstrak dengan kandungan senyawa fenolik. Salah satu sumber senyawa fenolik ialah propolis. Propolis merupakan salah satu produk alternatif selain madu yang dapat dihasilkan oleh lebah baik dari lebah sengat maupun lebah tanpa sengat (Kahono et al. 2018). Propolis telah banyak digunakan dalam pengobatan tradisional karena memiliki sifat-sifat, antara lain sebagai antimikroba, antioksidan, antiseptik, antiinflamasi, dan antijamur (Abdullah et al. 2019). Bioaktivitas yang dimiliki propolis ini berpotensi untuk dimanfaatkan secara luas sebagai ingredien pangan fungsional. Pemanfaatan ekstrak propolis dalam industri pangan memiliki beberapa keterbatasan dan menjadi tantangan tersendiri karena ekstrak propolis memiliki kelarutan yang rendah dalam air (Sturm et al. 2019). Selain itu, paparan suhu tinggi juga dapat mendegradasi komponen senyawa bioaktif pada propolis (Baysan et al. 2019).

Metode enkapsulasi dapat menjadi solusi efektif dalam mengatasi keterbatasan penggunaan propolis. Bentuk produk enkapsulat berupa serbuk

mempermudah dalam aplikasinya di industri pangan. Selain itu, enkapsulasi memiliki beberapa keunggulan, yakni meningkatkan kelarutan di dalam air, meningkatkan stabilitas selama penyimpanan (da Silva et al. 2013), serta meningkatkan stabilitas senyawa aktif pada paparan suhu tinggi (Nguyen et al. 2021). Proses enkapsulasi ekstrak propolis juga diharapkan mampu memperluas penggunaannya di bidang pangan terutama dalam meningkatkan nilai gizi dan sifat fungsional suatu produk pangan (Mehta et al. 2022). Teknik pengering semprot atau *spray drying* merupakan salah satu teknik yang umum digunakan dalam proses enkapsulasi. Teknik ini memiliki beberapa keunggulan, yakni peralatan telah banyak digunakan dalam industri, biaya operasi yang rendah, tingkat produksi yang tinggi, reproduktibilitas yang baik, dapat digunakan untuk berbagai macam bahan enkapsulasi, serta dapat menghasilkan serbuk dengan aktivitas air (a_w) rendah (Rivas et al. 2020).

Penelusuran literatur sebelumnya menunjukkan bahwa belum pernah dilakukan penelitian terkait optimasi penggunaan kombinasi bahan penyalut berupa maltodekstrin dan gum biji selasih dalam proses enkapsulasi propolis menggunakan *spray drying*. Optimasi formula enkapsulasi ekstrak propolis dilakukan dengan *response surface methodology* (RSM) untuk menentukan formula optimum proses enkapsulasi pada faktor-faktor yang ditetapkan. Metode RSM banyak digunakan karena mampu menghasilkan banyak informasi dari sedikit percobaan (Bezerra et al. 2008). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan serbuk enkapsulat propolis dengan menggunakan kombinasi bahan penyalut (maltodekstrin dan gum biji selasih) dengan teknik *spray drying*. Pada penelitian ini ditentukan formula optimum untuk menghasilkan serbuk enkapsulat propolis serta ditentukan karakteristik fisikokimia serbuk enkapsulat propolis optimal yang dihasilkan.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini berupa ekstrak propolis cair *Trigona* yang diperoleh dari PT. Asta Berkarya Farm (Bandung), biji selasih merek Koepoe Koepoe, akuades, dan maltodekstrin (*dextrose equivalent* 10–12). Bahan-bahan yang digunakan untuk analisis, yaitu *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH) (Sigma), etanol (Supelco), asam askorbat

(Merck), 2,4,6-*tri(2-pyridyl)-1,3,5-triazine* (TPTZ) (Sigma), asam asetat (Merck), natrium asetat anhidrat (Supelco), HCl (Supelco), natrium karbonat (Supelco), Folin-Ciocalteu (Supelco), asam galat (Sigma), heksana (Merck), dan NaCl (Merck). Alat-alat yang digunakan, yaitu mini *spray dryer* (Büchi B190, Flawil, Switzerland), *homogenizer* (Armfield), oven (Cascade TEK), *hotplate stirrer* (Thermolyne Cimarec 3), *freezer* (Aqua), pipet mikro (Biohit), kain blacu, *blender* (Philips HR 2116), kertas saring Whatman 42, timbangan analitik (ATY 224 uni Bloc), a_w meter (Aqualab 4TE), spektrofotometer UV-Vis (UVmini-1240, Shimadzu), *field emission scanning electron microscope* (Thermo Scientific Quattro S), dan alat-alat gelas lainnya.

Persiapan dan Karakterisasi Gum Kasar Biji Selasih Kering

Biji selasih dihidrasi dalam air berdasarkan modifikasi metode Hussain et al. (2019). Rasio air yang digunakan, yakni 1:30 (b/v). Hidrasi dilakukan pada suhu ruang dan diaduk selama 2 jam. Setelah hidrasi, lapisan gum akan terbentuk disekitar biji dan air dipisahkan dengan cara disaring menggunakan saringan *stainless steel* teh. Gum dipisahkan dari biji menggunakan kain blacu. Gum kasar segar kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 °C selama 24 jam berdasarkan metode Salehi dan Kashaninejad (2015). Lembaran gum dihaluskan menggunakan mesin penggiling (Fomac) dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Tepung gum kasar kering disimpan pada desikator dan dilakukan analisis kadar air, a_w , total fenol, dan aktivitas antioksidan (DPPH dan *ferric reducing antioxidant power* (FRAP)).

Karakterisasi Ekstrak Propolis Cair

Ekstrak propolis cair dikarakterisasi terlebih dahulu untuk menentukan mutu awalnya. Karakterisasi dilakukan dengan menganalisis total fenol dan aktivitas antioksidan (DPPH dan FRAP).

Optimasi Formula Enkapsulasi Ekstrak Propolis dan Verifikasi Formula Optimum

Optimasi pada formula enkapsulasi ekstrak propolis dilakukan terhadap jumlah ekstrak propolis cair yang akan dienkapsulasi (faktor 1) dari 1–10 g, dan jumlah gum kasar biji selasih kering (faktor 2) dari 0–0,5 g. Penetapan batas dari faktor tersebut didasarkan pada modifikasi metode Busch et al. (2017) dan Sturm et al. (2019) serta

hasil pengamatan subjektif pada saat uji coba. Pada Tabel 1 dapat dilihat formula enkapsulasi yang digunakan.

Tabel 1 Formula enkapsulasi ekstrak propolis

Bahan	Kuantitas
Ekstrak propolis cair	1–10 g
Gum kasar biji selasih kering	0–0,5 g
Maltodekstrin	10 g (variabel tetap)
Akuades	100 ml (variabel tetap)

Batas minimum dan maksimum kisaran penggunaan ekstrak propolis dan gum kasar biji selasih kering dimasukkan ke dalam program *software Design Expert Version 12* (DX 12). Dipilih *design experiment RSM* dan *design type D-Optimal*. Jumlah perlakuan yang diperoleh sebanyak 16.

Perlakuan atau *run* yang telah diperoleh dari program DX 12 diterapkan dalam proses enkapsulasi ekstrak propolis. Maltodekstrin sebanyak 10 g dicampur dengan gum kasar biji selasih kering, yang kemudian dilarutkan dalam 100 ml akuades dengan kecepatan 10.000 rpm menggunakan *homogenizer* selama 15 menit. Ekstrak propolis cair ditambahkan ke dalam larutan bahan penyalut dan dihomogenisasi lebih lanjut pada kecepatan 11.000 rpm selama 3 menit. Campuran tersebut selanjutnya dikeringkan menggunakan *spray dryer*. Kondisi mini *spray dryer* yang digunakan, yakni laju alir 10 ml/menit, diameter *nozzle* 0,5 mm, suhu *inlet* 120-130°C, dan suhu *outlet* antara 75–85°C. Serbuk yang dihasilkan disimpan dalam botol plastik polietilena tereftalat (PET) dan diletakkan dalam *freezer* sebelum dianalisis. Setiap perlakuan dianalisis responnya berupa kadar air, kelarutan, dan total fenol untuk menentukan formula optimum. Formula optimum terpilih yang direkomendasikan oleh program DX 12 kemudian diverifikasi secara eksperimental di laboratorium.

Karakterisasi Serbuk Enkapsulat Propolis Terpilih

Mutu produk serbuk enkapsulat propolis terpilih yang didapatkan dikarakterisasi lebih lanjut pada parameter a_w , higroskopisitas, aktivitas antioksidan (DPPH dan FRAP), kadar lemak, dan morfologi serbuk.

Metode Analisis Produk Encapsulat

Ekstraksi serbuk enkapsulasi ekstrak propolis (modifikasi Tolve et al. 2021)

Serbuk untuk analisis total fenol dan antioksidan terlebih dahulu ditambahkan akuades dan digerus dalam mortar untuk menghancurkan dinding penyalut. Sampel tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Kemudian, sampel disaring dan filtrat dapat digunakan untuk analisis.

Analisis kadar air dan kadar lemak (AOAC 2005)

Kadar air dan kadar lemak dianalisis dengan metode AOAC 2005.

Analisis aktivitas air

Aktivitas air (a_w) diukur menggunakan a_w meter Aqualab 4TE pada suhu 25 °C.

Analisis total fenol (BSN 2018)

Sampel dilarutkan dalam akuades dengan konsentrasi 0,1 g/ml. Sebanyak 1 ml sampel dicampurkan dengan 5 ml Folin Ciocalteu 10% dan didiamkan selama 3-8 menit. Kemudian, pereaksi natrium karbonat 7,5% ditambahkan sebanyak 4 ml dan didiamkan selama 2 jam (pada kondisi terlindung cahaya). Absorbansi diukur pada panjang gelombang 740 nm menggunakan spektrofotometer. Asam galat digunakan sebagai kurva standar. Deret standar asam galat, yaitu 10, 25, 50, 75, dan 100 mg/l. Kadar total fenol dinyatakan sebagai mg ekuivalen asam galat (EAG)/kg sampel.

Analisis aktivitas antioksidan

Analisis aktivitas antioksidan metode DPPH dilakukan berdasarkan da Silva et al. (2013) dengan modifikasi. Sampel dilarutkan dalam akuades dengan konsentrasi 5000 µg/ml. Sebanyak 4 ml sampel dicampurkan dengan 1 ml DPPH (0,5 mM) dan didiamkan selama 20 menit (pada kondisi terlindung cahaya). Absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer. Absorbansi dari larutan blanko juga diukur untuk perhitungan persen inhibisi. Blanko dibuat dengan menambahkan 4 ml pelarut akuades dengan 1 ml larutan DPPH. Asam askorbat digunakan sebagai standar. Deret standar asam askorbat, yaitu 1, 2, 4, 8 dan 16 µg/ml. Hasil kapasitas antioksidan

dinyatakan sebagai mg ekuivalen asam askorbat (EAA)/kg sampel.

Analisis aktivitas antioksidan metode FRAP dilakukan berdasarkan Tan et al. (2015). Sampel dilarutkan ke dalam akuades dengan konsentrasi 50000 µg/ml. Sebanyak 0,225 ml sampel dicampurkan dengan 4,275 ml reagen analisis (TPTZ 10 mM dalam 40 mM HCl, larutan buffer asetat pH 3,6 dan larutan FeCl₃ 20 mM dengan rasio 1:10:1). Campuran tersebut didiamkan selama 30 menit (pada kondisi terlindung cahaya). Absorbansi diukur pada panjang gelombang 593 nm menggunakan spektrofotometer. Asam askorbat digunakan sebagai standar. Deret standar asam askorbat, yaitu 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; dan 0,25 mM. Hasil kapasitas antioksidan dinyatakan sebagai µmol ekuivalen asam askorbat (EAA)/g sampel.

Analisis kelarutan (Mahdi et al. 2020, Dewi et al. 2021)

Sampel sebanyak 1 g dilarutkan dalam 100 ml akuades dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu ruang. Larutan disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman No. 42. Kertas saring dan residu dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Perhitungan persentase kelarutan dalam air dinyatakan dalam Persamaan (1).

$$\text{Kelarutan (\%)} = 1 - \frac{c-b}{a \times (100-ka)} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan. a= bobot awal sampel (g), b= bobot awal kertas saring (g), c= bobot akhir kertas saring dan residu (g), dan ka= kadar air sampel (%).

Analisis higroskopisitas (Modifikasi Abel et al. 2020)

Sampel sebanyak 1 g diletakkan di dalam desikator yang berisi larutan NaCl jenuh dengan *relative humidity* (RH) $76 \pm 2\%$. Sampel tersebut disimpan selama 7 hari pada suhu 30°C dan ditimbang bobotnya. Perhitungan persentase higroskopisitas dinyatakan dalam Persamaan (2).

$$\% \text{ higroskopisitas} = \frac{X-Y}{Y} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan X=bobot setelah kesetimbangan dan Y=bobot awal

Analisis morfologi

Analisis morfologi serbuk enkapsulat dilakukan menggunakan *field emission scanning electron microscope* (FE-SEM). Sampel dilapisi dengan emas (Au) selama 5 menit dan diamati pada perbesaran 5000 kali pada voltase 10 kV.

Analisis Data

Data karakteristik gum kasar biji selasih kering dan ekstrak propolis cair dianalisis sebanyak 3 kali ulangan. Data untuk respon pada setiap *run* RSM dianalisis sebanyak 2 kali ulangan. Data dari masing-masing respon ini digunakan untuk menentukan formula optimum enkapsulasi ekstrak propolis yang diolah menggunakan program DX 12. Formula optimum yang terpilih diverifikasi 3 kali ulangan percobaan. Karakterisasi serbuk enkapsulat propolis terpilih dilakukan sebanyak 3 kali ulangan percobaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Gum Kasar Biji Selasih Kering

Karakteristik gum kasar biji selasih kering dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil kadar air gum kasar biji selasih (GKBS) kering diperoleh sebesar 9,24%. Kadar air gum/*mucilage* umumnya kurang lebih sebesar 10% (Tosif et al. 2021).

Nilai a_w GKBS kering sebesar 0,59. Nilai $a_w \leq 0,6$ menunjukkan bahwa suatu bahan stabil secara mikrobiologis (de Araujo dan Pena 2022).

Hasil total fenol GKBS kering pada penelitian ini sebesar 1866 mg EAG/kg sampel. Nazir dan Wani (2022) melaporkan bahwa total fenol GKBS kering hasil ekstraksi dari biji selasih asal India sebesar 1176 mg EAG/kg sampel. Perbedaan hasil penelitian ini dengan referensi dapat dipengaruhi oleh asal sampel yang digunakan. Kandungan total fenolik pada suatu tanaman sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Martinez et al. 2022).

Nazir dan Wani (2022) melaporkan persentase inhibisi yang mampu dihasilkan dari GBS pada metode DPPH pada konsentrasi 100.000 $\mu\text{g/ml}$ sebesar 27,01%. Pada penelitian ini diperoleh persentase inhibisi pada metode DPPH sebesar 21,25% pada konsentrasi 5000 $\mu\text{g/ml}$. Perbedaan hasil penelitian ini dengan referensi dapat disebabkan oleh perbedaan kandungan senyawa fenoliknya.

Karakteristik Ekstrak Propolis Cair

Hasil total fenol ekstrak propolis pada penelitian ini sebesar 1461 mg EAG/kg sampel. Salleh et al. (2021) melaporkan total fenol ekstrak propolis *Trigona* (Selangor) mencapai 7600–13210 mg EAG/L sampel. Perbedaan hasil penelitian ini dengan referensi dapat dipengaruhi oleh asal lingkungan propolis serta metode ekstraksi yang digunakan. Hasil total fenol pada ekstrak propolis pada penelitian ini telah memenuhi SNI 8490:2018 (propolis cair) karena kadarnya ≥ 1000 mg EAG/kg sampel (BSN 2018).

Hasil aktivitas antioksidan pada metode DPPH menunjukkan persentase inhibisi sebesar 35,98% dan kapasitas antioksidannya sebesar 5029 mg EAA/kg sampel, sedangkan pada metode FRAP menunjukkan kapasitas antioksidan sebesar 4974 μmol EAA/kg sampel. Salleh et al. (2021) melaporkan bahwa persentase inhibisi ekstrak propolis lebah *Trigona* (Malaysia) pada konsentrasi 5000 $\mu\text{g/ml}$, yakni berkisar 41,87–56,91%. Rodriguez et al. (2012) melaporkan bahwa aktivitas antioksidan ekstrak propolis *Apis mellifera* berdasarkan metode FRAP, yakni berkisar 112.100–321.300 μmol EAA/kg sampel. Perbedaan hasil penelitian ini dengan referensi dapat dipengaruhi oleh jenis lebah, letak geografis pengambilan sampel, dan komposisi senyawa pada propolis. Mahani et al. (2018) melaporkan bahwa setiap jenis lebah memiliki kesukaan terhadap resin tanaman yang berbeda-beda, sehingga memengaruhi kandungan senyawa bioaktif dan bioaktivitas pada propolis.

Optimasi Formula Enkapsulasi Ekstrak Propolis

Hasil rancangan eksperimen dengan RSM sebanyak 16 *runs* dapat dilihat pada Tabel 3. Respon yang dianalisis adalah kadar air, kelarutan, dan total fenol.

Kadar air

Kadar air merupakan salah satu parameter penting dalam produk pangan yang terkait dengan kualitas dan stabilitas produk selama penyimpanan (Dadi et al. 2020). Model yang disarankan untuk respon kadar air pada proses enkapsulasi ekstrak propolis adalah model polinomial berbentuk kubik yang dinyatakan dalam Persaman (3) (persamaan berdasarkan dalam istilah faktor aktual)

$$\text{Kadar air (\%)} = 7,2588 - 3,1549A - 12,6252B + 2,3442AB + 0,8272A^2 + 29,1261B^2 - 0,2929A^2B - 0,0327AB^2 - 0,0530A^3 - 4,4580B^3 \quad (3)$$

Keterangan A= ekstrak propolis cair dan B= gum kasar biji selasih kering.

Hasil respon kadar air serbuk propolis pada penelitian ini (Tabel 3), yakni berkisar antara 2,39–8,94%. Penelitian da Silva et al. (2013) melaporkan bahwa kadar air serbuk propolis yang dienkapsulasi dalam bahan penyalut gum arab/pati *octenyl succinic anhydride* berkisar antara 4,9–12,6%. Busch et al. (2017) melaporkan bahwa kadar air serbuk propolis yang dienkapsulasi

dalam bahan penyalut maltodekstrin atau gabungan maltodekstrin dengan gum arab/*vinal gum* berkisar antara 1,64–2,21%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar air yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada kisaran yang sesuai.

Kadar air pada penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang rendah ketika jumlah ekstrak propolis cair dan gum kasar biji selasih (GKBS) kering ditingkatkan. Rendahnya kadar air ketika jumlah GKBS kering dan ekstrak propolis cair meningkat diduga karena meningkatnya total padatan pada larutan sebelum dienkapsulasi, sehingga jumlah air pada partikel yang akan dievaporasi lebih sedikit (Tolun et al. 2016).

Tabel 2 Karakteristik gum kasar biji selasih kering dan ekstrak propolis cair

Parameter	Gum kasar biji selasih kering	Ekstrak propolis cair
Kadar air (%)	9,24 ± 0,15	-
Aktivitas air (a _w)	0,59 ± 0,02	-
Total fenol (mg EAG/kg sampel)	1.866 ± 192	1.461 ± 52
Aktivitas antioksidan	DPPH Persentase inhibisi (5.000 µg/ml) (%)	21,25 ± 1,44
	Kapasitas antioksidan (mg EAA/kg sampel)	2.668 ± 240
	FRAP Kapasitas antioksidan (µmol EAA/kg sampel)	5.050 ± 231
		35,98 ± 1,84
		5.029 ± 293
		4.974 ± 261

Tabel 3 Rancangan eksperimen dan hasil respon enkapsulasi ekstrak propolis

Run	Faktor/variabel		Respon		
	Ekstrak propolis cair (g)	Gum kasar biji selasih kering (g)	Kadar air (%)	Kelarutan (%)	Total fenol (mg EAG/kg sampel)
1	10	0,165	3,54	95,01	809,16
2	1	0,5	6,57	98,23	453,67
3	10	0,165	2,77	93,85	826,75
4	4,2768	0,0875	4,31	98,14	528,47
5	10	0,5	2,39	97,04	1014,73
6	6,85	0,5	8,94	95,42	872,25
7	8,515	0,3325	6,10	96,66	674,21
8	1	0,235	3,96	99,24	350,52
9	7,525	0	6,78	94,93	737,48
10	7,525	0	8,78	93,58	871,64
11	3,88	0,445	6,23	98,33	591,26
12	1	0	4,70	96,75	409,90
13	5,005	0,2875	5,39	99,31	643,40
14	10	0,5	3,30	95,31	956,49
15	1	0	5,05	98,70	401,40
16	1	0,5	6,04	99,86	447,26

Keluruhan

Proses enkapsulasi mampu meningkatkan kelarutan suatu bahan (Xiao et al. 2022). Kelarutan merupakan salah satu parameter penting yang perlu dianalisis dalam proses enkapsulasi suatu bahan. Model yang disarankan untuk respon kelarutan pada proses enkapsulasi ekstrak propolis adalah model polinomial berbentuk linier yang dinyatakan pada Persamaan (4) (persamaan berdasarkan dalam istilah faktor aktual).

$$\text{Kelarutan (\%)} = 98,3652 - 0,4270A + 3,4013B \quad (4)$$

Keterangan A= Ekstrak propolis cair dan B= Gum kasar biji selasih kering.

Hasil respon kelarutan serbuk propolis pada penelitian ini (Tabel 3), yakni berkisar antara 93,58–99,86%. Penelitian da Silva et al. (2013) melaporkan bahwa kelarutan serbuk propolis yang dienkapsulasi dalam bahan penyalut gum arab/pati *octenyl succinic anhydride* berkisar antara 84–94%. Busch et al. (2017) melaporkan bahwa kelarutan serbuk propolis yang dienkapsulasi dalam bahan penyalut maltodekstrin atau gabungan maltodekstrin dengan gum arab/*vinal gum* berkisar 97–100%. Hal ini menunjukkan bahwa kelarutan yang dihasilkan pada penelitian ini berada pada kisaran yang sesuai.

Data kelarutan pada penelitian ini menunjukkan persentase yang rendah ketika jumlah ekstrak propolis cair meningkat dan kelarutan akan meningkat ketika ditambahkan GKBS kering. Sturm et al. (2019) melaporkan bahwa penambahan jumlah propolis akan menghasilkan serbuk enkapsulat dengan kelarutan yang rendah. Hal ini diduga terjadi karena propolis memiliki kandungan lilin yang tidak larut dalam air, sehingga jika jumlah propolis yang digunakan

semakin tinggi maka akan mengurangi kelarutan serbuk enkapsulat. Meningkatnya kelarutan ketika dilakukan penambahan GKBS kering diduga karena meningkatnya viskositas larutan sebelum dienkapsulasi. Viskositas yang meningkat ini akan meningkatkan kemungkinan untuk menghasilkan partikel enkapsulasi teraglomerasi (Halahlah et al. 2023). Aglomerasi yang terjadi pada serbuk dapat meningkatkan kelarutannya di dalam air (Dacanal dan Menegalli 2009).

Total fenol

Senyawa fenolik pada propolis memainkan peran utama terkait dengan bioaktivitas propolis karena kandungannya yang tinggi (Socha et al. 2015). Model yang disarankan untuk respon total fenol pada proses enkapsulasi ekstrak propolis adalah model polinomial berbentuk kuadratik yang dinyatakan dengan Persamaan (5) (persamaan berdasarkan dalam istilah faktor aktual).

$$\text{Total fenol (mg EAG/kg sampel)} = 337,7560 + 77,3571A - 925,3344B + 7,9477AB - 2,2050A^2 + 2033,7555B^2 \quad (5)$$

Keterangan A= Ekstrak propolis cair dan B= Gum kasar biji selasih kering.

Hasil respon total fenol pada penelitian ini, yakni berkisar antara 350,52–1014,73 mg EAG/kg sampel. Sulaeman et al. (2021) melaporkan bahwa total fenol serbuk propolis yang dienkapsulasi menggunakan gabungan maltodekstrin dengan gum arab sebesar 3810 mg EAG/kg sampel dimana total fenol pada ekstrak propolis sebesar 4670 mg EAG/kg sampel. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa nilai total fenol serbuk enkapsulat lebih rendah dibandingkan referensi. Hal ini diduga dipengaruhi oleh kadar total fenol awal yang dimiliki ekstrak propolis sebelum enkapsulasi.

Tabel 4 Hasil ANOVA respon kadar air, kelarutan, dan total fenol

Parameter	Model matematika	Signifikansi model	Lack of fit	R ²	Adj R ² model	Pred R ² model	Adeq precision
Kadar air (%)	Kubik	0,0033 (signifikan)	0,9020 (tidak signifikan)	0,9481	0,8702	0,6858	11,0372
Kelarutan (%)	Linier	0,0005 (signifikan)	0,4149 (tidak signifikan)	0,6875	0,6394	0,5418	9,4792
Total Fenol (mg EAG/kg sampel)	Kuadratik	< 0,0001 (signifikan)	0,2665 (tidak signifikan)	0,9560	0,9340	0,8982	19,6873

Tabel 5 Daftar solusi formula optimum

Nomor	Variabel bebas		Respon			<i>Desirability</i>
	Ekstrak propolis cair (g)	Gum kasar biji selasih kering (g)	Kadar air (%)	Kelarutan (%)	Total fenol (mg EAG/kg sampel)	
1	10	0,5	2,85	95,80	976,34	0,734
2	3,893	0	4,39	96,70	605,70	0,499
3	3,857	0	4,36	96,72	603,34	0,499
4	3,749	0	4,27	96,76	596,77	0,499
5	3,383	0,464	6,07	98,50	594,98	0,471

Tabel 6 Nilai aktual dan prediksi respon pada formula optimum terpilih enkapsulasi propolis

Respon	Aktual	Prediksi	95% CI <i>low</i>	95% CI <i>high</i>	95% PI <i>low</i>	95% PI <i>high</i>
Kadar air (%)	3,82	2,85	1,64	4,06	1,29	4,41
Kelarutan (%)	96,13	95,80	94,53	97,06	93,83	97,77
Total fenol (mg EAG/kg sampel)	901,84	976,34	897,65	1055,03	870,26	1082,42

Tabel 7 Karakteristik serbuk propolis terpilih

Parameter	Serbuk propolis terpilih	
Aktivitas air (a_w)	0,41 ± 0,03	
Higroskopisitas (%)	16,82 ± 0,67	
Aktivitas antioksidan	Persentase inhibisi (5.000 µg/ml) (%)	17,61 ± 0,61
	DPPH Kapasitas antioksidan (mg EAA/kg sampel)	2.091 ± 99
	FRAP Kapasitas antioksidan (µmol EAA/kg sampel)	2.394 ± 180
Lemak (%)	4,61 ± 1,07	

Hasil total fenol serbuk enkapsulat propolis menunjukkan nilai yang lebih tinggi ketika jumlah ekstrak propolis cair dan GKBS kering yang ditambahkan juga meningkat. Diduga terjadinya peningkatan jumlah ekstrak propolis mampu meningkatkan kapabilitas enkapsulasi ekstrak propolis (Lim et al. 2019). Tingginya total fenol ketika dilakukan penambahan GKBS kering diduga karena GKBS kering juga memiliki kandungan total fenol yang cukup tinggi. Dugaan lain bahwa gum biji selasih memiliki kemampuan membentuk film dan terjadi pembentukan struktur tertentu dengan maltodekstrin, sehingga meningkatkan kapabilitasnya sebagai bahan penyalut (Shaygannia et al. 2021).

Analysis of variance (ANOVA) respon

Hasil analisis ragam (ANOVA) untuk keseluruhan respon (kadar air, kelarutan, total fenol) pada Tabel 4 menunjukkan nilai yang diinginkan dimana p -value <0,05; *lack of fit*

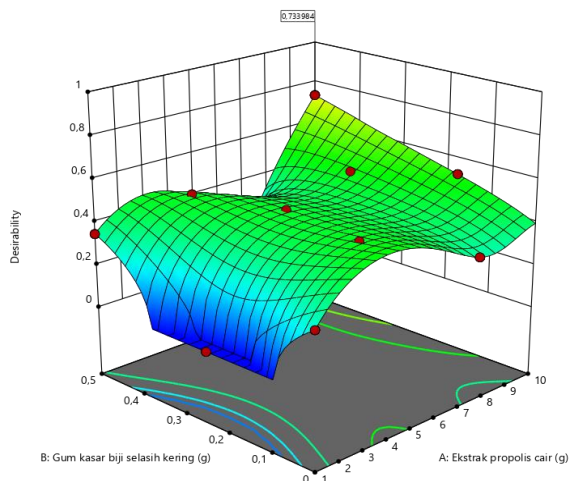
dengan p -value >0,05; selisih nilai *adjusted R*² dan *predicted R*² <0,2; dan *adequate precision* >4. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model dari masing-masing respon mampu memprediksi dengan baik hasil yang didapatkan.

Formula optimum

Formula optimum ditentukan dengan cara menetapkan kriteria capaian dan tingkat kepentingan dari respon yang dihasilkan. Kriteria capaian untuk masing-masing respon kadar air, kelarutan, dan total fenol, yakni minimal, maksimal, dan maksimal dengan tingkat kepentingan berturut-turut 4 (++++), 3 (+++), dan 5 (+++++). Hasil daftar solusi formula optimum yang berikan oleh program DX 12 dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil formula optimum terpilih dengan nilai *desirability* tertinggi, yakni jumlah ekstrak propolis cair sebanyak 10 g dan gum kasar biji selasih kering sebanyak 0,5 g. Nilai *desirability*

untuk formula optimum ini ialah 0,734. Tampilan permukaan 3 dimensi (3D) nilai *desirability* formula optimum dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai *desirability* berkisar antara 0 hingga 1. Nilai *desirability* yang mendekati 1 atau 1 menunjukkan bahwa variabel bebas mampu memberikan hasil respon yang ingin dicapai (Amdoun et al. 2018).



Gambar 1 Tampilan 3D nilai *desirability* formula optimum

Verifikasi formula optimum

Hasil verifikasi formula optimum terpilih secara aktual dapat dilihat pada Tabel 6. Nilai keseluruhan respon (kadar air, kelarutan, total fenol) telah memenuhi 95% *confidence interval* (CI) dan 95% *prediction interval* (PI). Hasil tersebut menunjukkan bahwa model memberikan prediksi yang baik untuk keseluruhan respon. Hal ini membuktikan bahwa model memiliki tingkat validitas yang tinggi terhadap respon yang diteliti pada desain RSM (Beringhs et al. 2013).

Karakteristik Serbuk Encapsulat Propolis Terpilih

Karakteristik serbuk encapsulat propolis terpilih dapat dilihat pada Tabel 7. Nilai a_w serbuk encapsulat propolis terpilih pada penelitian ini sebesar 0,41. Nilai $a_w < 0,6$ pada serbuk menunjukkan bahwa serbuk stabil secara mikrobiologis (Filho et al. 2022). Busch et al. (2017) melaporkan bahwa nilai a_w serbuk propolis yang dienkapsulasi dengan formula 30 g maltodekstrin, 0,3 g gum, 10 ml propolis, dan 100 ml air berkisar antara 0,216–0,228. Tingginya nilai a_w pada penelitian ini dibandingkan referensi diduga dipengaruhi oleh total padatan pada larutan sebelum dienkapsulasi. Peningkatan persentase total padatan pada larutan sebelum dienkapsulasi

dengan *spray drying* akan menurunkan nilai a_w pada serbuk encapsulat (Ng et al. 2014).

Hasil higroskopisitas serbuk encapsulat propolis terpilih pada penelitian ini sebesar 16,82%. Busch et al. (2017) melaporkan bahwa higroskopisitas serbuk propolis yang dienkapsulasi dalam bahan penyalut gabungan maltodekstrin dengan gum arab/*vinal gum* menggunakan teknik *spray drying* berkisar antara 8,5–9,1%. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh berat molekul bahan-bahan yang digunakan, *glass transition temperature* (T_g) produk, kandungan senyawa organik/anorganik, dan kadar air produk (Kuck dan Norena 2016).

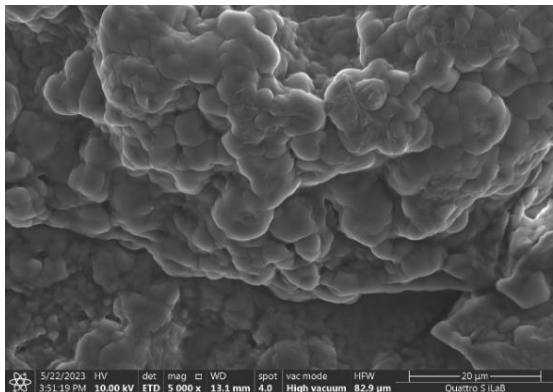
Hasil aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa persentase inhibisi serbuk encapsulat propolis terpilih dengan metode DPPH sebesar 17,61%. Penelitian da Silva et al. (2013) melaporkan bahwa persentase inhibisi serbuk encapsulat propolis pada konsentrasi 5000 $\mu\text{g/ml}$ dengan metode DPPH berkisar 84–89% dimana kandungan total fenol >8000 mg EAG/kg sampel. Perbedaan hasil ini dapat dipengaruhi oleh kandungan total fenol dan komposisi senyawa bioaktif. Menurut da Silva et al. (2013), total fenol yang lebih tinggi mampu menghasilkan aktivitas antioksidan yang lebih baik.

Hasil analisis kadar lemak serbuk encapsulat propolis terpilih pada penelitian ini sebesar 4,61%. Anitha dan Sellamuthu (2021) melaporkan bahwa kadar lemak serbuk encapsulasi *finger millet milk* yang dienkapsulasi menggunakan campuran maltodekstrin (30%) dan *almond gum* (1,5%), yakni 0,43%. Kadar lemak *finger millet milk* awal, yakni 1,04%. Ibrahim et al. (2016) melaporkan bahwa kadar lemak ekstrak propolis *Trigona* berkisar 21,43–73,47%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar lemak serbuk encapsulat dipengaruhi oleh kadar lemak pada bahan inti.

Analisis Morfologi

Morfologi serbuk encapsulat propolis terpilih pada Gambar 2 menunjukkan bahwa partikel-partikel serbuk mengalami aglomerasi dengan permukaan partikel yang tidak rata dan bentuk yang tidak beraturan. Hal ini diduga terjadi karena penambahan gum kasar biji selasih kering sebagai bahan penyalut dapat meningkatkan viskositas larutan sebelum dienkapsulasi yang menjadi penyebab terbentuknya aglomerasi pada serbuk encapsulat. Gum biji selasih merupakan gum yang memiliki viskositas tinggi pada konsentrasi rendah (Hussain et al. 2019).

Khounvilay *et al.* (2018) melaporkan bahwa viskositas yang tinggi pada larutan sebelum dienkapsulasi dengan *spray drying* memiliki peranan dalam terbentuknya aglomerasi pada serbuk yang dihasilkan.



Gambar 2 Hasil gambar serbuk enkapsulat propolis terpilih menggunakan FE-SEM

KESIMPULAN

Penggunaan kombinasi bahan penyalut maltodekstrin dan gum biji selasih mampu menghasilkan serbuk enkapsulat propolis. Formula optimum terpilih ialah 10 g ekstrak propolis cair; 0,5 g gum kasar biji selasih kering; 10 g maltodekstrin; dan 100 ml akuades dengan nilai kadar air 3,82%; kelarutan 96,13%; dan total fenol 901,84 mg EAG/kg sampel. Nilai a_w yang dimiliki serbuk enkapsulat propolis optimal sebesar 0,41 dengan higroskopisitas sebesar 16,82%. Serbuk enkapsulat propolis terpilih memiliki aktivitas antioksidan dengan persentase inhibisi sebesar 17,61% pada konsentrasi 5000 µg/ml dan kapasitas antioksidan 2091 mg EAA/kg sampel untuk metode DPPH dan 2394 µmol EAA/kg sampel untuk metode FRAP serta kadar lemak serbuk enkapsulat sebesar 4,61%. Serbuk enkapsulat propolis terpilih secara morfologi memiliki partikel-partikel yang teraglomerasi dengan permukaan yang tidak rata dan bentuk yang tidak beraturan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Asta Berkarya Farm atas kerja sama yang diberikan. Tim penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, IPB University atas fasilitas dan pelayanan yang telah diberikan selama penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N.A., A. Ja'afar, H. M. Yasin, H. Taha, M. I. R. Petalcorin, M. H. Mamit, E. Kusri, and A. Usman 2019. Physicochemical analyses, antioxidant, antibacterial, and toxicity of propolis particles produced by stingless bee *Heterotrigona itama* found in Brunei Darussalam. *Heliyon* 5(9):1–8.
- Abel, R.A.S.E., Y.A. Yusof, N.L. Chin, L.S. Chang, M.H. Ghazali, and Y.N. Manaf. 2020. Characterisation of physicochemical properties of gum arabic powder at various particle sizes. *Food Research* 4(Supl 1): 107–115.
- Amdoun, R., L. Khelifi, M. Khelifi-Slaoui, S. Amroune, M. Asch, C. Assaf-Ducrocq, and E. Gontier. 2018. The desirability optimization methodology; a tool to predict two antagonist responses in biotechnological systems: Case of biomass growth and hyoscyamine content in elicited *Datura stramonium* hairy roots. *Iranian Journal of Biotechnology* 16(1):11-19.
- Anandharamakrishnan, C., P.S. Ishwarya. 2015. *Spray drying techniques for food ingredient encapsulation*. John Wiley & Sons, West Sussex, UK.
- Anitha, D.P.M., and P.S. Sellamuthu. 2021. Microencapsulation of probiotics in finger millet milk complex to improve encapsulation efficiency and viability. *Food Science and Technology International* 28(3):216–232.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. *Official method of analysis of the association of official analytical of chemist*. Association of Analytical Chemist Inc, Virginia, USA.
- Aziz, R.A., S.W.A. Suedy, and M. Izzati. 2021. Pertambahan biomassa dan produksi minyak atsiri tanaman selasih (*Ocimum basilicum* L.) pada usia panen yang berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 6(2):124-130.
- Baysan, U., F. Elmas, and M. Koc. 2019. The effect of spray drying conditions on physicochemical properties of encapsulated propolis powder. *Journal of Food Process Engineering* 42(4):1–11.
- Beringhs, A.O., J.M. Rosa, H.K. Stulzer, R.M. Budal, and D. Sonaglio. 2013. Green clay and aloe vera peel-off facial masks:

- Response surface methodology applied to the formulation design. *AAPS PharmSciTech* 14(1):445–455.
- Bezerra, M.A., R.E. Santelli, E.P. Oliveira, L.S. Villar, and L.A. Escaleira. 2008. Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry: A review. *Talanta* 76(5):965–977.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2018. *SNI 8490:2018 tentang propolis cair*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, Indonesia.
- Busch, V.M., A.P. Gonzalez, N. Segatin, P.R. Santagapita, and N.P. Ulrih. 2017. Propolis encapsulation by spray drying: Characterization and stability. *LWT-Food Science and Technology* 75:227–235.
- da Silva, F.C., C.R. da Fonseca, S.M. de Alencar, M. Thomazini, J.C.D. Balieiro, P. Pittia, and C.S. Favaro-Trindade. 2013. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems. *Food and Bioprocess Technology* 91(1):28–36.
- Dacanal, G.C., and F.C. Menegalli. 2009. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. *Powder Technology* 188:187–194.
- Dadi, D.W., S.A. Emire, A.D. Hagos, and J. Eun. 2020. Physical and functional properties, digestibility, and storage stability of spray- and freeze-dried microencapsulated bioactive products from *moringa stenopetala* leaves extract. *Industrial Crops and Products* 156.
- de Araujo, A.L., and R.D. Pena. 2022. Moisture desorption behavior and thermodynamic properties of pulp and seed of jambolan (*Syzygium cumini*). *Heliyon* 8(5).
- Dewi, E.N., N.E. Perdana, and L. Purnamayati. 2021. The protection of fish gelatine and arabic gum as coating materials to the quality chlorophyll *Caulerpa racemosa* encapsulation. *Journal of Physics: Conference Series* 1943.
- Filho, E.N., N.N.B. Silva, A. Converti, C.R.F. Grosso, A.M.P. Santos, D.S. Ribeiro, and M.I.S. Maciel. 2022. Microencapsulation of acerola (*Malpighia emarginata* DC) and ciriguela (*Spondias purpurea*) mixed juice with different wall materials. *Food Chemistry Advances* 1.
- Halahlah, A., V. Piironen, K.S. Mikkonen, and T.M. Ho. 2023. Wood hemicelluloses as innovative wall materials for spray-dried microencapsulation of berry juice: Part 1- Effect of homogenization techniques on their feed solution properties. *Food and Bioprocess Technology* 16:909–929.
- Hussain, N., I. Ishak, M.F. Abdullah, A.B. Rauh, and N. Azhar. 2019. Water soluble hydrocolloid from basil seed (*Ocimum basilicum* L.) mucilage. *Malaysian Applied Biology* 48(2): 97–101.
- Ibrahim, N., N.F.S.M. Niza, M.M.M. Rodi, A.J. Zakaria, Z. Ismail, and K.S. Mohd. 2016. Chemical and biological analyses of Malaysian stingless bee propolis extracts. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 20(2):413–422.
- Kahono, S., P. Chantawannakul, M.S. Engel. 2018. Social bees and the current status of beekeeping in Indonesia. Di dalam: Chantawannakul P, Williams G, Neumann P, editor. *Asian beekeeping in the 21st century*. Springer, Singapore 287–306.
- Khounvilay, K., B.N. Estevinho, F.A. Rocha, J.M. Oliveira, A. Vicente, and W. Sittikijyothin. 2018. Microencapsulation of citronella oil with carboxymethylated tamarind gum. *Walailak Journal of Science & Technology* 15(7):515–527.
- Kuck, L.S., and C.P.Z. Norena. 2016. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. *Food Chemistry* 194:569–576.
- Lim, A.J.A., A.A. Cabajar, M.K.V. Migallos, C.F.Y. Lobarbio, and E.B. Taboada. 2019. Microencapsulation of phenolic compounds from waste mango seed kernel extract by spray drying technology. *Nature Environment and Pollution Technology* 18(3):765–775.
- Mahani, A. Sulaeman, F. Anwar, M.R.M. Damanik, Hardinsyah, A. Ploeger. 2018. Determination of Indonesian native stingless bee propolis as complementary nutraceutical candidate of anti-tuberculosis drug. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 10(4):15–21.

- Mahdi, A.A., J.K. Mohammed, W. Al-Ansi, A.D.S. Ghaleb, Q.A. Al-Maqtari, M. Ma, M.I. Ahmed, and H. Wang. 2020. Microencapsulation of fingered citron extract with gum arabic, modified starch, whey protein, and maltodextrin using spray drying. *International Journal of Biological Macromolecules* 152.
- Martinez, S., C. Fuentes, J. Carballo. 2022. Antioxidant activity, total phenolic content and total flavonoid content in sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) cultivars grown in Northwest Spain under different environmental conditions. *Foods* 11(21).
- Mehta, N., P. Kumar, A.K. Verma, P. Umaraw, Y. Kumar, O.P. Malav, A.Q. Sazili, R. Dominguez, and J.M. Lorenzo. 2022. Microencapsulation as a noble technique for the application of bioactive compounds in the food industry: A comprehensive review. *Applied Sciences* 12(3).
- Nazir, S., and I.A. Wani. 2022. Fractionation and characterization of mucilage from basil (*Ocimum basilicum* L.) seed. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic* 31.
- Ng, S.K., Y.H. Choong, C.P. Tan, K. Long, and K.L. Nyam. 2014. Effect of total solids content in feed emulsion on the physical properties and oxidative stability of microencapsulated kenaf seed oil. *LWT-Food Science and Technology* 58(2):627–632.
- Nguyen, P.T.N., T.T. Vo, T.Y.N. Tran, T.H.N. Le, H.C. Mai, T.T. Tran, and G.B. Long. 2021. Encapsulation efficiency and thermal stability of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil microencapsulated by the spray-drying process. *Food Research* 5(1):195–202.
- Rivas, J.C., L.M.C. Cabral, M.H. Rocha-Leo. 2020. Stability of bioactive compounds of microencapsulated mango and passion fruit mixed pulp. *International Journal of Fruit Science* 20(2):94–110.
- Rodriguez, Y., F. Sánchez-Catalán, B. Rojano, D. Durango, J. Gil, J. Marín-Loaiza. 2012. Physicochemical characterization and evaluation of antioxidant activity of propolis collected in The Atlántic Department, Colombia. *Rev. UDCA Act & Div Cien* 15(2):303–311.
- Salehi, F., and M. Kashaninejad. 2015. Static rheological study of *Ocimum basilicum* seed gum. *International Journal of Food Engineering* 11(1): 97–103.
- Salleh, S.N.A.S., N.A.M. Hanapiah, H. Ahmad, W.L.W. Johari, N.H. Osman, and M.R. Mamat. 2021. Determination of total phenolics, flavonoids, and antioxidant activity and GC-MS analysis of Malaysian stingless bee propolis water extracts. *Scientifica* 2021.
- Shahrajabian, M.H., W.Sun, and Q. Cheng. 2020. Chemical components and pharmacological benefits of Basil (*Ocimum basilicum*): a review. *International Journal of Food Properties* 23(1):1961–1970.
- Shaygannia, S., M.R. Eshagi, M. Fazel, and M. Hashemiravan. 2021. The effect of microencapsulation of phenolic compounds from lemon waste by Persian and basil seed gums on the chemical and microbiological properties of mayonnaise. *Preventive Nutrition and Food Science* 26(1): 82–91.
- Socha, R., D. Galkowska, M. Bugaj, and L. Juszcak. 2015. Phenolic composition and antioxidant activity of propolis from various regions of Poland. *Natural Product Research* 29(5):16–22.
- Sturm, L., I.J.G.O. Crnivec, K. Istenic, A. Otaa, P. Megusar, A. Slukana, M. Humar, S. Levic, V. Nedovic, R. Kopinc, et. al.. 2019. Encapsulation of non-dewaxed propolis by freeze-drying and spray-drying using gum Arabic, maltodextrin and inulin as coating materials. *Food and Bioproducts Processing* 116:196–211.
- Sulaeman, A., C.P. Nusa, and S.A. Marliyati. 2021. Antioxidant activity and total phenolic of encapsulated stingless bee propolis by spray drying method. *Jurnal Gizi dan Pangan* 16(1):65–72.
- Tan, S.P., T.C. Kha, S. Parks, C. Stathopoulos, and P.D. Roach. 2015. Optimising the encapsulation of an aqueous bitter melon extract by spray-drying. *Foods* 4(3):400–419.
- Tolun, A., Z. Altintas, and N. Artik. 2016. Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. *Journal of Biotechnology* 239.

- Tolve, R., F. Galgano, N. Condelli, N. Cela, L. Lucini, and M.C. Caruso. 2021. Optimization model of phenolics encapsulation conditions for biofortification in fatty acids of animal food products. *Foods*. 10(4).
- Tosif, M.M., A. Najda, A. Bains, R. Kaushik, S.B. Dhull, P. Chawla, and M. Walasek-Janusz. 2021. A comprehensive review on plant-derived mucilage: characterization, functional properties, applications, and its utilization for nanocarrier fabrication. *Polymers-Basel* 13(7).
- Xiao, Z., J. Xia, Q. Zhao, Y. Niu, and D. Zhao. 2022. Maltodextrin as wall material for microcapsules: A review. *Carbohydrate Polymers* 298.