

DRAGON FRUIT PEEL EXTRACT AND ENCAPSULATED CATFISH OIL FORMULATION IN GUMMY CANDY WITH POTENTIAL *IN VITRO* ANTIHYPERGLYCEMIA PROPERTIES

Jovita Aurelia
Felicia Trifena
Kelvin Levi
Maria Marcella
Septiyani
Widya Agustinah*

Departement of Food Technology, Faculty of Biotechnology, Atma Jaya Catholic University of Indonesia, Jakarta, 12930, Indonesia

ABSTRACT

Red dragon (*Hylocereus polyrhizus*) fruit peel as household waste was still underutilized although it was high in bioactive compounds with antioxidant and antidiabetic properties. The oil extract of freshwater fish, such as catfish (*Pangasius* sp.) was high in monounsaturated fatty acids with reported antihyperglycemia properties. The objectives of this study were to encapsulate catfish oil extract, determine the most liked formulation of gummy candy with dragon fruit peel extract and encapsulated fish oil beads content, and analyze the proximate content and *in vitro* α -amylase inhibition activity of the most liked gummy candy formulation. The methods consisted of dragon fruit peel extraction, encapsulation of catfish oil extract using sodium alginate, gummy candy formulation, sensory evaluation, and analysis of color, proximate, and α -amylase inhibition activity. Twenty five percent w/w of the gummy candy ingredients were composed of the extracts and encapsulation beads at 1:1, 1:3, and 3:1 weight ratios. Encapsulation of the fish oil could mask the fishy odor in the gummy candy. All formulation could be molded into gummy candy perfectly and showed chewy texture. The addition of dragon fruit peel extract could increase the yellowness value, while the fish oil beads decreased the lightness value of the candy. The most liked gummy candy formulation was F3 (ratio 3:1). It was composed of 54.47% water, 1.59% db ash, 5.77% db fat, 1.82% db protein, 36.36% db carbohydrates and showed 46.49% α -amylase inhibition activity.

Keywords: alginate; α -amylase; catfish; proximate; sensory

ABSTRAK

Kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) umumnya hanya menjadi limbah rumah tangga padahal banyak mengandung senyawa bioaktif dengan aktivitas antioksidan dan antidiabetes. Ekstrak minyak ikan air tawar, seperti patin (*Pangasius* sp.), tinggi akan kandungan asam lemak tidak jenuh rantai tunggal yang memiliki efek antihiperlikemia. Penelitian ini bertujuan untuk mengenkapsulasi minyak ikan patin, menentukan formulasi permen jeli dengan kandungan ekstrak kulit buah naga dan enkapsulasi minyak ikan patin, serta menganalisis kandungan proksimat dan aktivitas penghambatan α -amilase *in vitro* terhadap formulasi permen yang paling disukai berdasarkan uji sensori. Tahapan dalam penelitian ini adalah ekstraksi kulit buah naga dan minyak ikan patin, enkapsulasi minyak ikan dengan natrium alginat, formulasi permen jeli, uji sensori, analisis warna, proksimat, dan aktivitas penghambatan enzim α -amilase. Ekstrak kulit buah naga dan enkapsulasi minyak ikan menyusun 25% b/b bahan permen jeli dengan rasio bobot 1:1, 1:3, dan 3:1. Enkapsulasi minyak ikan dapat mencegah bau amis pada permen jeli. Seluruh formulasi permen jeli dapat tercetak dengan sempurna dan bertekstur kenyal. Penambahan ekstrak kulit buah naga dapat meningkatkan nilai kekuningan permen, sedangkan penambahan enkapsulasi minyak ikan dapat menurunkan nilai kecerahan permen jeli. Permen jeli F3 dengan rasio ekstrak kulit buah naga : enkapsulasi minyak ikan 3:1 paling disukai oleh panelis dan memiliki kadar air 54,47%; abu 1,59%bk; lemak 5,77%bk; protein 1,82%bk; karbohidrat 36,36%bk; serta menunjukkan aktivitas inhibisi α -amilase sebesar 46,39%.

Kata kunci: alginat; α -amilase; patin; proksimat; sensori

Article Information

Article Type: Research Article
Journal Type: Open Access
Volume: 3 Issue 2

Manuscript ID
V3n2940-1

Received Date
02 December 2022

Accepted Date
22 February 2022

Published Date
28 February 2022

DOI: 10.33555/jffn.v3i2.87

Corresponding author:

Widya Agustinah

Jakarta, Indonesia, 12930

Email:

widya.agustinah@atmajaya.ac.id

Citation:

Aurelia, J., Trifena, F., Levi, K., Marcella, M., Septiyani, Agustinah, W. 2022. Dragon fruit peel extract and encapsulated catfish oil formulation in gummy candy with potential *in vitro* antihyperglycemia properties. J. Functional Food & Nutraceutical, 3(2), pp.71-81

Copyright: ©2022 Swiss German University. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

INTRODUCTION

Kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) yang menyusun 30-35% total berat buah naga belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan ekstrak kulit buah naga sebagai bahan pembuatan permen jeli dapat memberikan nilai tambah pada limbah konsumsi buah naga, yaitu sebagai sumber pewarna merah alami, agen pembentuk gel dengan kandungan pektin bermetoksil tinggi (Muhammad et al., 2014), dan sumber serat pangan (Huang et al., 2021). Kulit buah naga merah juga mengandung beragam senyawa bioaktif, seperti flavonoid, fenolik, terpenoid, alkaloid, dan tanin (Panjaitan & Novitasari, 2021) dan ekstraknya menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan daging buahnya secara *in vitro* (Budilaksono, 2014). Selain menunjukkan aktivitas antioksidan yang tinggi, ekstrak kulit buah naga juga menunjukkan aktivitas antidiabetes yang baik yang terbukti pada penelitian pemberian ekstrak etanol kulit buah naga merah pada tikus penderita diabetes mellitus tipe 2 (DM-2) sebanyak 0,4 mg/g berat badan dapat menurunkan kadar gula darah (Panjaitan & Novitasari, 2021).

Ikan air tawar, seperti ikan patin (*Pangasius* sp.) mengandung asam lemak esensial tak jenuh, seperti asam lemak omega 3 (EPA dan DHA) yang penting bagi kesehatan mata, otak, dan perkembangan sistem imunitas (Sugata et al., 2019). Kandungan asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) dalam minyak ikan patin hibrid memiliki aktivitas hipoglikemik dengan meningkatkan sensitivitas insulin, aktivasi AMPK, translokasi GLUT4, dan menekan ekspresi protein pro-inflamasi sitokin (Keapai et al., 2016). Asam lemak tak jenuh memiliki ikatan rangkap yang mudah teroksidasi sehingga mudah terputus menjadi jenuh dan radikal yang ditandai dengan penurunan mutu minyak dan timbulnya aroma amis. Proses enkapsulasi minyak ikan dapat memberikan perlindungan terhadap asam lemak tak jenuh sehingga mencegah terjadinya oksidasi dan mampu meningkatkan mutu minyak ikan ketika diaplikasikan dalam permen jeli (Idrus et al., 2013).

Permen jeli menjadi produk yang disukai hampir seluruh golongan usia dengan komposisi yang umum didominasi oleh gula sederhana. Inovasi

permen jeli dengan kulit buah naga yang diteliti oleh Yuwidasari et al. (2019) juga mengandung 60-80% sukrosa. Hal ini menyebabkan konsumsi permen jeli mudah meningkatkan kadar gula darah sehingga perlu dihindari oleh penderita diabetes mellitus tipe-2 (DM-2). Sementara itu, DM-2 telah menjadi penyebab kematian urutan ke-7 di dunia dan angka penderita DM-2 di Indonesia mencapai 10,3 juta penduduk yang menyebabkan Indonesia menempati peringkat ke-6 negara penderita DM-2 tertinggi pada tahun 2017 (Hestiana, 2017). Permasalahan tersebut membutuhkan penanganan khusus untuk mengurangi peningkatan angka penderita DM-2 melalui formulasi pangan fungsional, seperti permen jeli rendah gula yang mengandung bahan pangan dengan potensi antihyperglikemia.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat enkapsulasi minyak ikan patin, menentukan formulasi permen jeli rendah gula dengan kandungan ekstrak kulit buah naga dan enkapsulasi minyak ikan patin, serta menganalisis kualitas sensori, warna, kandungan proksimat, dan aktivitas antihyperglikemia. Uji penghambatan enzim α -amilase digunakan sebagai model uji aktivitas antihyperglikemia secara *in vitro*.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat. Bahan utama dalam penelitian ini adalah ikan patin dan buah naga yang dibeli dari pasar dan supermarket di daerah Tangerang. Bahan kimia teknis *food grade* yang digunakan adalah polioksietilen-20-sorbitan monolaurat (Tween 20), sorbitan monooleate (Span 80), natrium alginat, kalsium klorida, dan pektin. Reagen kimia *analytical grade* diperoleh dari distributor Merck, seperti n-heksana, asam sulfat, natrium hidroksida, asam borat, dan asam klorida. Peralatan utama dalam penelitian ini adalah kolorimeter (Biobase NH310), blender (Miyako), oven (Denpoo DEO-18T), kompor (Rinnai), inkubator (Meyert), tanur (Carbolite Gero), perangkat Kjeldahl (Behr), perangkat Soxhlet (Iwaki), dan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu). Penelitian dilakukan secara bauran, yaitu di Lab Pangan Molekuler, Fakultas Teknobiologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya dan di rumah.

Ekstraksi Kulit Buah Naga. Pembuatan ekstrak kulit buah naga mengacu pada metode Yuwidasari et al. (2019). Kulit buah naga disortasi, dicuci dengan air mengalir, lalu ditimbang. Kemudian kulit buah naga dihancurkan dengan blender dan ditambahkan air mineral dengan perbandingan bobot kulit buah naga : air = 1 : 2. Hasil blender disaring dengan saringan 100 mesh (0,147 mm) sehingga diperoleh ekstrak kulit buah naga halus.

Ekstraksi Minyak Ikan Patin. Minyak ikan patin diekstraksi dengan metode *dry rendering* agar kualitas asam lemak tak jenuh tetap terjaga dan rendemennya lebih tinggi dibandingkan *wet rendering* (Eka et al., 2016). Metode ekstraksi minyak ikan mengikuti metode Rozi et al. (2019). Ikan patin dibersihkan dan dipotong menjadi 4 bagian. Daging ikan patin dipotong menjadi potongan dadu kecil dengan ukuran ± 2 cm. Potongan kecil ikan patin dihancurkan menggunakan blender dengan kecepatan medium selama 3 menit untuk menghasilkan bubur ikan patin. Bubur ikan patin dipanaskan dalam oven pada suhu 100 °C selama 30 menit. Minyak hasil pemanasan diperas dengan kain kasa dan dihitung persentase rendemennya dengan rumus pada persamaan 1:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Bobot minyak kasar (g)}}{\text{Bobot ikan (g)}} \times 100\% \quad (1)$$

Enkapsulasi Minyak Ikan Patin. Metode enkapsulasi mengacu pada Dewandari et al. (2018). Minyak ikan dicampurkan 5% v/v Tween 20 lalu diblender hingga homogen. Campuran minyak ikan dengan Tween 20 dituang ke larutan Span 80 (5% v/v) dengan perbandingan bobot campuran tersebut dan Span 80 1:1 b/b lalu diblender sehingga menghasilkan emulsi. Emulsi dicampurkan dengan larutan Na-alginat 1% b/v dengan perbandingan volume emulsi : Na-alginat = 1:2 lalu diaduk hingga homogen. Campuran tersebut diteteskan ke larutan kalsium klorida 100 mM dengan pipet tetes. Butiran enkapsulasi yang terbentuk disaring dan dibilas dengan air mineral.

Formulasi Permen Jeli. Bahan utama yang digunakan dalam formulasi permen jeli adalah campuran ekstrak kulit buah naga dan butiran enkapsulasi minyak ikan patin sebanyak 25% dari

bobot total seluruh bahan permen jeli. Perlakuan formulasi terletak pada perbedaan rasio kedua bahan utama (Tabel 1). Bahan lainnya dalam formulasi permen jeli adalah pektin 2%; xylitol 30%; asam sitrat 1%; perisa 0,1%, dan air 50% b/v (Yuwidasari et al., 2019). Xylitol dan pektin dicampurkan dan dipanaskan dalam 250 g air selama 10 menit pada suhu 80 °C menggunakan kompor. Larutan diaduk selama 5 menit agar seluruh bahan tercampur merata. Setelah itu asam sitrat dan perisa ditambahkan sesuai formulasi ketika pemanasan masih berlangsung. Adonan dicetak dan didinginkan pada suhu ruang selama 1 jam lalu disimpan pada suhu ± 5 °C di dalam kulkas selama 1-2 jam untuk memperkuat tekstur.

Tabel 1. Komposisi minyak ikan dan ekstrak kulit buah naga dalam permen jeli 500 g

Formulasi	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Ekstrak kulit buah naga (g)	0	125	31,25	62,5	93,75	0
Butiran minyak ikan (g)	0	0	93,75	62,5	31,25	125
Rasio kulit buah : butiran minyak	-	-	3:1	1:1	1:3	-

Pengujian Sensori dengan Metode Uji Hedonik. Uji hedonik (Eka et al., 2016) menggunakan 30 orang panelis tidak terlatih, yaitu mahasiswa Fakultas Teknobiologi, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya. Setiap panelis diberikan 3 buah permen jeli untuk masing-masing formulasi. Tingkat kesukaan konsumen terhadap 6 formulasi permen jeli diukur berdasarkan atribut warna, rasa, tekstur, aroma, dan keseluruhan permen jeli. Skor penilaian yang digunakan adalah 1 (amat sangat tidak suka) hingga 9 (amat sangat suka). Pengujian sensori dilakukan dengan mengirim sampel permen jeli ke rumah panelis. Pengisian form kesediaan panelis (<https://tinyurl.com/Formkesediaanpanelis>) dan kuesioner penilaian permen jeli dilakukan menggunakan *Google Form* (<https://tinyurl.com/borangujihedonik>).

Pengujian Warna dengan Metode Kolorimetri. Warna sampel diuji dengan alat kolorimeter. Sampel dimasukkan ke dalam wadah, kemudian *color reader* ditempelkan pada permukaan sampel

(Wibawanti & Rinawidiastuti, 2018). Nilai yang dihasilkan adalah *lightness* (L^*), *redness* (a^*), dan *yellowness* (b^*). *Lightness* (L^*) merupakan tingkat kecerahan warna yang nilainya berkisar antara 0 (hitam) hingga 100 (putih). Nilai *redness* (a^*) mengindikasikan kemerahan (+) hingga kehijauan (-) pada sampel. Nilai *yellowness* (b^*) menunjukkan warna kekuningan (+) hingga kebiruan (-).

Pengujian Proksimat. Pengujian proksimat dilakukan sebagai uji lanjut terhadap permen jeli formulasi terbaik hasil uji sensori. Pengujian kadar air secara gravimetri menggunakan oven pada suhu 105°C selama 5 jam. Pengujian kadar abu secara gravimetri menggunakan tanur pada suhu 600°C selama 6 jam. Pengujian kadar lemak menggunakan metode Soxhlet, sedangkan pengujian kadar protein menggunakan metode Kjeldahl (AOAC, 2007).

Analisis Aktivitas Penghambatan Enzim α -Amilase secara In Vitro. Pengujian dilakukan menurut metode Puspantari et al. (2020). Larutan sampel sebanyak 125 μ L dicampurkan dengan 125 μ L larutan α -amilase dari *porcine pancreatic* (1 unit/mL) lalu diinkubasi pada suhu 37 °C selama 10 menit. Larutan pati kentang 1% b/v sebanyak 125 μ L ditambahkan dan diinkubasi kembali. Pereaksi DNS 0,096 M sebanyak 500 μ L ditambahkan dan diinkubasi selama 5 menit. Sebanyak 5 mL air demineral juga ditambahkan dan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada 540 nm. Kontrol A dibuat dengan 125 μ L buffer untuk menggantikan sampel. Kontrol B disiapkan tanpa penambahan enzim α -amilase. Blangko disiapkan tanpa penambahan sampel dan enzim. Kontrol positif menggunakan akarbosa 1 mg/mL yang dilarutkan dalam 100 mL HCl 2 N. Persentase penghambatan α -amilase ditentukan dengan perhitungan pada persamaan 2:

$$\% \text{ penghambatan} = \frac{\text{Absorbansi (kontrol A - blangko)} - \text{Absorbansi (sampel - kontrol B)}}{\text{Absorbansi (kontrol A - blangko)}} \times 100\% \quad (2)$$

Analisis Data. Percobaan dilakukan sebanyak dua kali pengulangan. Analisis warna dilakukan sebanyak tiga kali dan analisis proksimat serta uji

aktivitas inhibisi α -amilase dilakukan masing-masing sebanyak dua kali. Analisis statistik dilakukan terhadap uji warna dan uji hedonik dengan IBM SPSS 25 pada taraf kepercayaan 95%. Uji sebaran data menggunakan uji Shapiro Wilk. Data uji warna berdistribusi normal sehingga dilakukan analisis varians (ANOVA) satu arah dan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test. Data uji hedonik tidak berdistribusi secara normal dan dilakukan analisis non-parametrik Kruskal Wallis dan uji lanjut Mann Whitney.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstrak kulit buah naga. Kulit buah naga yang digunakan dalam penelitian ini menyusun sebesar 36,86% b/b dari bobot total buah naga. Ekstrak kulit buah naga yang dihasilkan adalah sebanyak 73,71% b/b dari total bobot buah naga. Ekstrak yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan bobot kulit buah naga yang diekstraksi karena adanya penambahan air dengan komposisi bobot kulit buah naga : air = 1 : 2 b/b. Kulit buah naga dapat terekstraksi dengan baik menggunakan air dan masih menunjukkan warna merah keunguan yang diduga merupakan komponen pigmen larut air, seperti betalain dan antosianin (Sharma et al., 2021). Kulit buah naga merah mengandung betasianin (15 mg/g) dan total fenolik (36 mg asam galat ekuivalen/g) yang lebih tinggi dibandingkan daging buahnya serta kandungan antosianin (135 mg sianidin klorida ekuivalen/g) yang lebih rendah dibandingkan daging buahnya (Huang et al., 2021). Senyawa betalain merupakan pigmen alami pada kulit buah naga merah yang umum digunakan pada produk pangan. Betalain terdiri atas betasianin yang menghasilkan warna merah keunguan serta betaxanthin yang menghasilkan warna kuning jingga (Sharma et al., 2021). Betalain tergolong alkaloid yang merupakan konjugat imonium dari asam betalimat dengan siklo-dopa dan gugus amino (asam amino, amina, dan turunannya) yang bersifat stabil pada pH 4-6, baik dalam keadaan aerob maupun anaerob (Priatni & Pradita, 2015). Kandungan betasianin pada kulit buah naga merah bermanfaat sebagai antioksidan, menurunkan kadar gula darah, dan mencegah akumulasi lipid serta penyakit kardiovaskular (Huang et al., 2021). Potensi efek antidiabetes dari betasianin berkorelasi kuat dengan interaksi betasianin-pati

dan betasianin-amilase (Huang et al., 2021). Senyawa antosianin tergolong flavonoid yang bersifat polar dan dapat turut berperan sebagai agen antihiperlikemia (Budilaksono, 2014).

Ekstrak Minyak Ikan Patin. Minyak ikan patin dapat terekstraksi melalui metode *dry rendering* pada suhu 100 °C dengan produk beraroma amis, rasa pahit, dan warna jernih. Rendemen minyak ikan kasar yang diperoleh sebesar 9,2% (Tabel 2). Aroma amis pada minyak ikan merupakan hasil oksidasi asam lemak tak jenuh (Idrus et al., 2013). Rasa pahit pada minyak ikan dapat terbentuk selama pemanasan akibat degradasi protein ikan dan oksidasi asam amino metionin dari peptida ikan yang akhirnya menghasilkan senyawa peptida siklik (Stamenkovic et al., 2019). Metode *dry rendering* dipilih karena dapat meningkatkan rendemen dan kualitas minyak ikan dibandingkan dengan *wet rendering*. Hal ini disebabkan *dry rendering* tidak menggunakan air sebagai pelarut, melainkan mengeluarkan air dari proses pemanasan dengan oven sehingga kandungan lemak pada daging ikan patin dapat terekstraksi secara optimal (Eka et al., 2016). Menurut Andinata (2013), minyak ikan patin hasil *dry rendering* juga memiliki angka asam lemak bebas dan peroksida yang rendah serta angka penyabunan dan bilangan iod yang lebih tinggi dibandingkan *wet rendering*. Semakin kecil angka peroksida, kualitas minyak semakin baik, sedangkan bilangan iod mengindikasikan keberadaan asam lemak tak jenuh (Andinata, 2013). Asam lemak tak jenuh berpotensi dalam mekanisme antidiabetes (Zheng et al., 2016). Walaupun demikian, pemilihan suhu pada *dry rendering* dapat mempengaruhi rendemen minyak ikan. Ekstraksi minyak ikan patin siam secara *dry rendering* akan menghasilkan rendemen tertinggi pada suhu 70°C dan menurun seiring peningkatan suhu (Kamini et al., 2016).

Butiran Encapsulasi Minyak Ikan Patin. Encapsulasi pada penelitian ini terbentuk akibat terjadinya interaksi ionik antara gugus karboksil bermuatan negatif pada natrium alginat dengan kation divalen pada kalsium yang membentuk ikatan silang antar molekul (Dewandari et al., 2018). Tween dan Span berperan sebagai emulgator dalam pembentukan butiran encapsulasi. Keduanya memiliki gugus non-polar yang

berikatan dengan gugus non-polar minyak ikan serta gugus polar yang berikatan dengan gugus polar air sehingga terbentuk campuran yang homogen (Syaputri & Patricia, 2019). Butiran encapsulasi yang diperoleh sebanyak 380 g dari 250 g minyak ikan dan berukuran 2-3 mm. Tahapan pembuatan encapsulasi hanya dilakukan sekali dalam 1 *batch*. Pembuatan permen jeli dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan menggunakan butiran encapsulasi dari *batch* yang sama. Hal ini bertujuan untuk meminimalkan perbedaan atau variasi bahan yang dapat berkontribusi terhadap karakteristik sensori permen jeli. Berdasarkan penilaian sensori secara subjektif oleh peneliti terhadap hasil encapsulasi, butiran encapsulasi memiliki tekstur kenyal dan tidak memiliki bau amis, tetapi terdapat rasa pahit (data tidak ditunjukkan). Hal tersebut juga dikuatkan dengan profil sensori permen jeli F3-F6 yang mengandung butiran encapsulasi minyak ikan (Tabel 3 dan Tabel 4). Permen jeli F3 merupakan permen yang paling disukai dari atribut aroma dan permen jeli F3 dan F6 memiliki aroma yang lebih disukai dibandingkan kontrol tanpa butiran encapsulasi (Tabel 4).

Tabel 2. Hasil ekstraksi minyak ikan patin

No.	Tahapan ekstraksi	Bobot
1.	Ikan patin awal	2754 g
2.	Potongan kecil ikan patin	2729 g
3.	Bubur ikan patin sebelum pemanasan	2664 g
4.	Bubur ikan patin setelah pemanasan	2648 g
5.	Minyak kasar ikan patin	245 g

Penelitian yang dilakukan ini tidak menguji karakteristik struktur dan fungsi butiran encapsulasi yang terbentuk, khususnya terhadap kerusakan oksidatif minyak ikan. Hal ini disebabkan encapsulasi dengan alginat sudah umum dilakukan dan fungsi proteksi terhadap kerusakan oksidatif minyak ikan sudah dibuktikan pada penelitian Idrus et al. (2013). Encapsulasi dengan alginat efektif menutupi bau amis dan memberikan perlindungan dalam mencegah oksidasi minyak ikan (Idrus et al., 2013), namun tidak mampu menutupi rasa pahit. Rasa pahit tersebut dapat terbawa dari hasil ekstraksi minyak ikan patin yang sudah dijelaskan sebelumnya.

Enkapsulasi dengan alginat memiliki kemampuan rendah untuk menyamarkan persepsi rasa pahit, seperti halnya pada produk mikroenkapsulasi sampel ekstrak fenolik daun zaitun menggunakan alginat/pektin yang diteliti oleh Flamminii et al. (2020).

Profil Tekstur, Aroma, dan Warna Permen Jeli. Seluruh formulasi permen jeli dapat tercetak sempurna, bertekstur kenyal, tidak berminyak, dan beraroma tidak amis, tetapi terdapat perbedaan warna antarformulasi yang dapat dilihat pada Tabel 3. Kekenyalan tekstur diperoleh dari penambahan pektin dengan konsentrasi yang sama di setiap perlakuan dan ekstrak kulit buah naga dengan konsentrasi yang bervariasi. Pektin dengan gugus metoksil tinggi berperan sebagai *gelling agent* sehingga menghasilkan tekstur elastis dan kenyal pada permen jeli (Yuwidarsari et al., 2019). Aroma yang tidak amis pada permen jeli menunjukkan bahwa hasil enkapsulasi minyak dapat menjaga stabilitas komponen aktif minyak ikan dan memberikan perlindungan terhadap oksidasi selama proses pemanasan dalam pembuatan permen jeli (Dewandari et al., 2018).

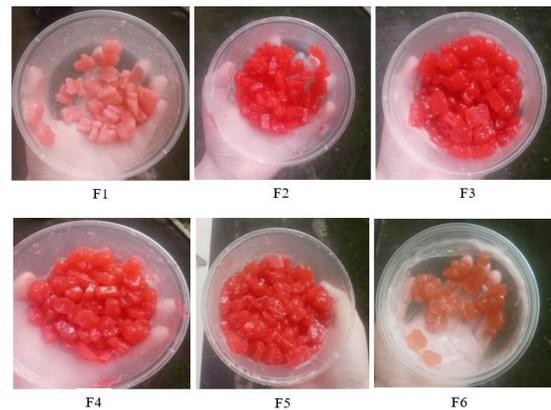
Tabel 3. Nilai rata-rata uji *lightness* (L*), *redness* (a*), dan *yellowness* (b*)

Parameter	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Warna						
L	43,73 ^a	38,28 ^b	33,65 ^c	31,85 ^{cd}	33,42 ^{cd}	28,03 ^d
a	15,45 ^a	17,89 ^a	20,15 ^a	16,44 ^a	18,1 ^a	16,14 ^a
b	5,95 ^c	13,20 ^a	7,7 ^b	6,43 ^{bc}	7,08 ^{bc}	7,56 ^{bc}

Ket: Huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan antarsampel ($p > 0.05$). Kode sampel: kontrol tanpa bahan aktif (F1), kontrol tanpa enkapsulasi minyak (F2), rasio formulasi ekstrak kulit buah naga : enkapsulasi minyak 3:1 (F3), 1:1 (F4), 1:3 (F5), dan kontrol tanpa ekstrak kulit buah naga (F6).

Gambar 1 menunjukkan penampakan permen jeli seluruh formulasi. Permen jeli kontrol F1, yaitu tidak ditambahkan kedua bahan utama berupa ekstrak kulit buah naga maupun butiran enkapsulasi minyak ikan, memberikan warna merah bening dan memiliki nilai kecerahan tertinggi. Warna permen F2, F3, F4, F5 menunjukkan kemerahan yang mirip satu sama

lain. Warna permen F6 agak kecoklatan dengan adanya penambahan butiran minyak ikan yang terbanyak. Ekstrak kulit buah naga memiliki warna merah terang dan butiran enkapsulasi minyak ikan berwarna putih kekuningan. Penambahan kedua bahan utama akan menurunkan nilai kecerahan permen. Butiran enkapsulasi minyak juga memiliki warna agak gelap sehingga semakin banyak butiran enkapsulasi yang ditambahkan akan semakin menurunkan nilai kecerahan permen jeli. Tingkat kemerahan permen tidak berbeda nyata antarformulasi, namun penambahan ekstrak kulit buah naga dapat meningkatkan intensitas warna kekuningan, khususnya pada kontrol F2 dan sampel F3. Penambahan butiran enkapsulasi minyak akan mengurangi intensitas warna kuning dari ekstrak kulit buah naga pada sampel F3, F4, dan F5 sehingga menyamai kontrol tanpa kedua bahan utama (F1).



Gambar 1. Permen jeli dengan berbagai perlakuan, yaitu (F1) kontrol tanpa ekstrak kulit buah naga dan enkapsulasi minyak ikan, (F2) kontrol tanpa enkapsulasi minyak ikan, sampel dengan rasio ekstrak kulit buah naga dan enkapsulasi minyak ikan (F3) 3:1, (F4) 1:1, (F5) 1:3, dan (F6) kontrol tanpa ekstrak kulit buah naga

Senyawa betasianin pada buah naga stabil pada suhu di bawah 40 °C dan pH 4-6, sedangkan larutan permen jeli memiliki pH sekitar 4 dan dipanaskan pada suhu 80°C. Kondisi pH asam (3-4) dapat mengubah struktur betasianin melalui reaksi dehidrogenasi dan dekarboksilasi sehingga menurunkan intensitas warna merah (Gengatharan et al., 2017). Proses pemanasan pada suhu tinggi (di atas 65 °C) juga dapat mendegradasi senyawa

betasianin melalui proses isomerisasi dan dekarboksilasi yang berangsur-angsur akan menghasilkan warna akhir coklat muda (Priatni & Pradita, 2015). Selain itu, pemanasan permen dapat menyebabkan terjadinya reaksi Maillard antara komponen gula alami dan asam amino dalam ekstrak kulit buah naga sehingga meningkatkan intensitas warna kuning dan mempengaruhi warna akhir permen (Asra et al., 2019). Wong dan Siow (2015) menyarankan penambahan asam askorbat 0.25%, menjaga pH 4, dan pasteurisasi pada suhu 65 °C selama 30 menit untuk menjaga stabilitas betasianin pada produk jus buah naga merah.

Tabel 4. Skor rerata kesukaan panelis pada keenam formulasi permen jeli

Atribut	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Kenampakan	4.57	4.87	7.23*	7.03*	6.8*	6.77*
Aroma	5.27	5.50	7.00*	5.8	5.27	6.53*
Rasa	5.67	5.77	5.50	4.97	4.03	5.13
Tekstur	4.90	5.57	5.23	5.03	3.83	4.33
Keseluruhan	5.50	5.73	5.77	5.50	4.90	5.50

* ($p < 0,05$) menunjukkan perbedaan nyata antara sampel dengan kontrol F1 pada setiap baris Kode sampel: kontrol tanpa bahan aktif (F1), kontrol tanpa enkapsulasi minyak (F2), rasio formulasi ekstrak kulit buah naga : enkapsulasi minyak 3:1 (F3), 1:1 (F4), 1:3 (F5), dan kontrol tanpa ekstrak kulit buah naga (F6).

Tingkat Kesukaan Permen Jeli. Skor rerata hasil uji sensori ditampilkan pada Tabel 4. Sampel F3 paling disukai oleh panelis berdasarkan atribut kenampakan (7.23) dan aroma (7.00). Tingkat kesukaan panelis terhadap atribut rasa, tekstur, dan keseluruhan permen tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara masing-masing sampel dengan kontrol F1. Permen F3 mengandung 18,75% ekstrak kulit buah naga dan 6,25% butiran enkapsulasi minyak ikan (rasio 3:1) yang secara visual menunjukkan warna merah terang (Gambar 1). Hal ini disebabkan oleh pigmen betasianin dan antosianin yang dimiliki oleh ekstrak kulit buah naga (Asra et al., 2019; Rista et al, 2018). Bila dibandingkan dengan F2 yang hanya mengandung ekstrak kulit buah naga, F3 memiliki nilai kecerahan dan intensitas warna kuning yang lebih rendah (Tabel 3). Oleh karena itu, penambahan butiran enkapsulasi minyak ikan dapat menyeimbangkan nilai kecerahan dan intensitas

kekuningan permen sehingga kenampakannya menjadi lebih disukai oleh panelis.

Aroma permen jeli F3 juga paling digemari sengan skor 7.00 (suka) dan berbeda nyata dibandingkan kontrol F1, demikian halnya dengan permen F6 yang hanya mengandung enkapsulasi minyak ikan. Hal ini membuktikan bahwa penambahan enkapsulasi minyak ikan dalam permen jeli tidak menghasilkan aroma amis yang mengganggu panelis (Zhang et al., 2016), bahkan dapat meningkatkan skor kesukaan panelis terhadap aroma permen. Walaupun demikian, sampel F4 dan F5 yang juga mengandung enkapsulasi minyak ikan memiliki aroma yang sama-sama disukai seperti kontrol F1. Penambahan ekstrak kulit buah naga dapat meningkatkan kesukaan panelis terhadap aroma. Hal ini ditunjukkan oleh F3 yang mengandung proporsi ekstrak kulit buah naga tertinggi dibandingkan F4 dan F5. Aroma dan rasa khas dari ekstrak kulit buah naga disebabkan oleh kandungan senyawa alami, seperti fenolik, alkaloid, terpenoid, flavonoid, tiamin, niasin, piridoksin, kobalamin, fenolik, karoten, dan fitoalbumin. Senyawa tersebut dapat merangsang indera pengecap dan penciuman sehingga mampu meningkatkan kesukaan panelis terhadap produk formulasi yang mengandung ekstrak kulit buah naga merah (Rista et al., 2018).

Komposisi bahan lain dalam formulasi permen jeli sama pada seluruh formulasi sehingga tidak terdapat perbedaan yang nyata pada tingkat kesukaan panelis terhadap rasa, tekstur, dan keseluruhan permen jeli. Rasa asam berasal dari asam sitrat dan manis dari xylitol. Xylitol berperan sebagai pengganti gula dengan tingkat kemanisan 1,0-1,2 kali lebih tinggi dan kandungan kalori yang lebih rendah dibandingkan sukrosa. Indeks Glikemik (IG) yang dimiliki xylitol adalah 7, lebih rendah dibandingkan sukrosa dengan IG 60-70 sehingga permen jeli rendah gula ini aman dikonsumsi oleh penderita DM-2 (Mahyati, 2017).

Kesukaan panelis terhadap tekstur permen jeli tidak terpengaruh secara signifikan dengan variasi penambahan ekstrak kulit buah naga. Kandungan pektin alami dalam ekstrak kasar kulit buah naga cukup kecil untuk dapat mempengaruhi tekstur permen. Keterbatasan dalam penelitian ini adalah

tidak mengukur kadar pektin yang terkandung dalam ekstrak kulit buah naga. Ekstrak kulit buah naga yang mengandung 11% pektin dapat berkontribusi terhadap peningkatan nilai tekstur permen jeli (Yuwidarsari et al., 2019). Pektin tergolong polisakarida yang mampu membentuk ikatan hidrogen dan ikatan silang antarmolekul yang memerangkap air sebanyak 8 – 12% air pada kondisi setimbang (Rista et al., 2018). Pektin juga mampu menghambat kristalisasi gula, mengubah cairan menjadi padatan yang elastis, dan memperbaiki bentuk, serta tekstur permen yang dihasilkan (Yuwidarsari et al., 2019). Dengan demikian, permen F3 dipilih sebagai formulasi terbaik berdasarkan hasil uji sensori sehingga sampel tersebut diuji terhadap kandungan proksimat dan aktivitas antidiabetes menggunakan model pengahambatan enzim α -amilase secara *in vitro*.

Kandungan nutrisi permen jeli. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian proksimat terhadap permen jeli F3 yang dibandingkan dengan data SNI dan informasi nilai gizi pada tabel nutrisi permen jeli komersial. Permen jeli F3 memiliki kadar abu 1,59% \pm 0,21 bk sehingga telah memenuhi SNI 3547.02-2008, yaitu maksimal 3%, namun kadar airnya 54,47% \pm 1,19 atau lebih tinggi dibandingkan SNI. Hal ini dapat disebabkan oleh proses pemasakan permen jeli yang dilakukan pada suhu rendah, yaitu 80 °C, yang dilakukan untuk mempertahankan kandungan senyawa betasianin yang dapat berperan sebagai senyawa antioksidan dan antidiabetes (Sharma et al., 2021). Kadar air yang tinggi dapat menyebabkan permen jeli memiliki umur simpan yang lebih rendah (Asra et al., 2019). Hal ini dapat diatasi pada penelitian selanjutnya dengan cara mengurangi komposisi air dalam formulasi permen jeli dan menentukan suhu pemanasan yang optimal.

Permen jeli F3 juga memiliki kadar lemak sebesar 5,33% \pm 0,59 bk, lebih tinggi dibandingkan kadar lemak permen komersial. Hal ini wajar karena permen jeli F3 mendapat penambahan 6.25% butiran enkapsulasi minyak ikan. Kadar lemak yang lebih tinggi berpotensi memberikan manfaat fungsional karena minyak ikan patin dilaporkan mengandung asam lemak tak jenuh sebesar 12,22% b/b PUFA dan 33,94% b/b MUFA (Suseno et al.,

2020) yang dapat berkontribusi terhadap aktivitas antihiperqlikemia (Zheng et al., 2016). Kadar protein permen jeli F3, yaitu 1,82% \pm 1,29, hampir setara dengan permen komersial, yaitu 1 %. Kadar karbohidrat permen jeli F3, yaitu 36,36% \pm 1,49, lebih tinggi dibandingkan permen komersial. Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan serat pangan dari ekstrak kulit buah naga. Kulit buah naga mengandung serat pangan yang terdiri atas serat pangan terlarut sebesar 14,82% dan serat pangan tidak larut sebesar 56,50% (Puspita et al., 2016). Oleh sebab itu, permen jeli F3 dengan komposisi 6,25% butiran minyak ikan dan 18,75% ekstrak kulit buah naga lebih bernutrisi dibandingkan permen jeli komersial karena memiliki kadar lemak dan serat yang tinggi.

Tabel 5. Kandungan nutrisi permen jeli

Komposisi Proksimat	Permen F3 (Hasil Pengujian)	Permen Jeli Komersial (SNI atau Tabel Nutrisi)
Kadar abu (%bk)	1,59 % \pm 0,21	Maks. 3% (SNI 3547.02-2008)
Kadar air (%)	54,47 % \pm 1,19	Maks. 20% (SNI 3547.02-2008)
Kadar lemak (%bk)	5,33 % \pm 0,59	0% (Marine Gummy)
Kadar protein (%bk)	1,82 % \pm 1,29	1% (Marine Gummy)
Kadar karbohidrat (%bk)	36,36 % \pm 1,49	3% (Marine Gummy)

Aktivitas penghambatan terhadap enzim α -amilase. Permen jeli F3 memberikan efek antihiperqlikemia dengan nilai penghambatan terhadap enzim α -amilase sebesar 46,39% \pm 4,43. Nilai penghambatan ini lebih tinggi dibandingkan aktivitas penghambatan *in vitro* oleh kulit buah jenis lain, seperti ekstrak kulit jeruk dengan aktivitas penghambatan sebesar 34,2% (Setyabudi et al., 2015), namun tetap lebih rendah dibandingkan akarbosa yang mencapai 97,29% (Sari, 2015). Akarbosa merupakan senyawa inhibitor α -amilase dan α -glukosida hidrolase yang digunakan sebagai obat penurun kadar gula darah serta sering menyebabkan efek samping, seperti mual, kembung, dan diare. Efek samping tersebut muncul karena banyaknya polisakarida yang tidak tercerna sehingga difermentasi oleh mikrob di usus

besar dan menghasilkan gas yang tinggi. Aktivitas penghambatan α -amilase yang tidak terlalu kuat pada permen jeli F3 menyebabkan permen tersebut berpotensi menjadi pangan fungsional yang dapat mencegah hiperglikemia sebagai gejala awal penyakit DM-2 dengan efek samping yang lebih minimal serta dapat dikonsumsi secara menyenangkan.

Penelitian ini memiliki kelemahan, yaitu tidak menganalisis aktivitas penghambatan α -amilase terhadap kontrol F1 dan antarperlakuan serta hanya membandingkan dengan literatur yang menggunakan metode serupa sehingga tidak dapat diketahui perbandingan hasil tersebut antarperlakuan dan tidak dapat ditentukan rasio mana yang memberikan aktivitas penghambatan α -amilase terbaik. Enzim α -amilase berperan dalam hidrolisis karbohidrat menjadi gula sederhana sehingga penghambatan terhadap enzim tersebut dapat menjadi model penghambatan peningkatan kadar glukosa darah secara *in vitro*. Aktivitas penghambatan diuji dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur absorbansi warna kuning yang dihasilkan oleh reaksi asam 2,3-dinitrosalisilat (DNS) dengan gula sederhana. Semakin tinggi kadar pati yang terhidrolisis menjadi gula sederhana, warna kuning yang dihasilkan akan semakin pekat. Sebaliknya, apabila hidrolisis pati menjadi gula sederhana terhambat, absorbansi warna kuning menjadi lebih rendah (Agustinah et al., 2016). Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan uji antihyperglykemia secara *in vivo*.

KESIMPULAN

Enkapsulasi minyak ikan patin menggunakan alginat dengan metode gelasi ionik mampu menutupi aroma amis minyak ikan. Enkapsulasi tersebut juga dapat menyatu dengan bahan lain dalam pembuatan permen jeli rendah gula. Seluruh formulasi permen jeli dapat tercetak sempurna, bertekstur kenyal, dan tidak amis. Permen jeli F3 dengan komposisi 18,75% ekstrak kulit buah naga dan 6,25% butiran enkapsulasi minyak ikan paling disukai oleh panelis pada atribut kenampakan (skor 7,23) dan aroma (7,00). Penambahan ekstrak kulit buah naga merah dapat meningkatkan intensitas warna kekuningan, sedangkan penambahan butiran enkapsulasi minyak ikan dapat menurunkan nilai

kecerahan permen jeli. Permen jeli F3 tersebut memiliki kadar air 54,47%; abu 1,59%bk; lemak 5,77%bk; protein 1,82%bk; dan karbohidrat 36,36%bk serta menunjukkan aktivitas penghambatan enzim α -amilase sebesar 46,39% sebagai model uji antihyperglykemia secara *in vitro*. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk mengonfirmasi aktivitas antihyperglykemia secara *in vitro* dan *in vivo*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh hibah Program Kreativitas Mahasiswa Riset Eksakta (PKM-RE) tahun 2021 yang diselenggarakan oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustinah, W., Sarkar, D., Woods, F. dan Shetty, K. 2016. Apple and blueberry synergies for designing bioactive ingredients for the management of early stages of type 2 diabetes. *Journal of Food Quality*, 39, pp.370-382.
- Andinata, D. 2013. *Profil dan karakteristik minyak ikan patin hasil variasi pakan dan metode ekstraksi*. Skripsi, Universitas Jember.
- AOAC. 2007. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 18th Edition. Gaithersburg: AOAC International.
- Asra, R., Yetti, R.D., Rusdi, Audina. S. dan Nessa, N. 2019. Studi fisikokimia betasianin dalam kulit buah naga sebagai pewarna merah alami sediaan farmasi. *Jurnal Farmasi Galenika*, 5(2), pp.140-146.
- Budilaksono, W. 2014. Uji aktivitas antioksidan fraksi n-heksana kulit buah naga menggunakan metode DPPH. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Untan*, 1(1), pp.1-11.
- Dewardari, K.T., Sofwan, G. dan Herawan, T. 2018. Preparasi dan karakterisasi beads kalsium alginat yang mengandung nanoemulsi minyak sawit merah dengan metode gelasi

- ionik. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 15(2), pp. 99-105.
- Eka, B., Junianto dan Rochima, E. 2016. Pengaruh metode rendering terhadap karakteristik fisik, kimia, dan organoleptik ekstrak kasar minyak ikan lele *Jurnal Perikanan Kelautan*, 7(1), pp.1-5.
- Flamminii, F., Mattia, C.D.D., Sacchetti, G., Neri, L., Mastrocola, D. dan Pittia, P. 2020. Physical and sensory properties of mayonnaise enriched with encapsulated olive leaf phenolic extracts. *Foods*, 9(997), pp. 1-12. doi:10.3390/foods9080997.
- Gengatharan, A., Dykes, G.A. dan Choo, W-S. 2017. The effect of pH treatment and refrigerated storage on natural colourant preparations (betacyanins) from red pitahaya and their potential application in yoghurt. *LWT – Food Science and Technology*, 80, pp. 437-445.
- Hestiana, D. W. 2017. Faktor-faktor yang berhubungan dengan kepatuhan dalam pengelolaan diet pada pasien rawat jalan diabetes melitus tipe 2 di Kota Semarang. *Journal of Health Education*, 2(2), pp.138-145.
- Huang, Y., Brennan, M.A., Kasapis, S., Richardson, S.J. dan Brennan, C.S. 2021. Maturation process, nutritional profile, bioactivities and utilisation in food products of red pitaya fruits: a review. *Foods*, 10(2862), pp.1-21. <https://doi.org/10.3390/foods10112862>.
- Idrus, S., Affifudin, S. Z. dan Rutumalessy, D. J. 2013. Identifikasi dan mikroenkapsulasi minyak ikan yang mengandung asam lemak omega-3. *Jurnal Riset Industri*, 7(1), pp.53-62.
- Kamini, Suptijah, P., Santoso, J. dan Suseno, H. S. 2016. Ekstraksi *dry rendering* dan karakterisasi minyak ikan dari lemak jeroan hasil samping pengolahan salai patin siam. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 19(3):196-2015.
- Keapai, W., Apichai, S., Amornlerdpison, D. dan Lailerd, N. 2016. Evaluation of fish oil-rich in MUFAs for anti-diabetic and antiinflammation potential in experimental type 2 diabetic rats. *Korean Journal of Physiology and Pharmacology*, 20(6), pp. 581-593.
- Mahyati. 2017. Pemanfaatan xylitol dari limbah tongkol Jagung menggunakan *Candida tropicalis*. In: *Prosiding Seminar Hasil Penelitian, 28 Agustus 2018, Makassar, Indonesia*. Jakarta: SNP2M, pp.71–74. [Accessed 2 April 2021]. Available from: <http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/view/297>.
- Muhammad, K., Zahari, N.I.M., Gannasin, S.P., Adzahan, N.M. dan Bakar, J. 2014. High methoxyl pectin from dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel. *Food Hydrocolloids*, 42, pp. 289-297.
- Panjaitan, R.G.P. dan Novitasari. 2021. Anti-diabetic activity of ther dragon fruit peel (*Hylocereus polyrhizus*) in ethanol extract against diabetic rats. *Pharmacognosy Journal*, 13(5), pp.1079-1085.
- Priatni, S. dan Pradita, A. 2015. Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peels. *Procedia Chemistry*, 16(2015), pp.438-444.
- Puspantari, W., Kusnandar, F., Lioe, H. N. dan Laily, N. 2020. Penghambatan fraksi fukoidan rumput laut cokelat terhadap α -amilase dan α -glukosidase. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(1), pp.122-136.
- Puspita, R., Ardiaria, M. dan Syauqy, A. 2016. Perbedaan efek seduhan kulit dan jus buah naga merah terhadap kadar kolesterol LDL serum tikus *Sprague Dawley* dislipidemia. *Jurnal Kedokteran Diponegoro*, 5(4), pp.1559-1567.

- Rista, E., Marianah dan Sulastri, Y. 2018. Sifat kimia dan organoleptik biskuit pada berbagai penambahan ekstrak kulit buah naga merah. *Jurnal Agrotek*, 5(2), pp.127-133.
- Sari, R. K. 2015. *Uji efektifitas protein biji melinjo sebagai inhibitor aktivitas α -amilase dan α -glukosidase secara in vitro*. Skripsi, Universitas Jember.
- Setyabudi, C., Tanda, S., Santosa, W. I. dan Soetaredjo, F. E. 2015. Studi in vitro ekstrak kulit jeruk purut untuk aplikasi terapi diabetes melitus. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 14(1), pp.15-19.
- Sharma, M., Usmani, Z., Gupta, V.K. dan Bhat, R. 2021. Valorization of fruits and vegetable wastes and by-products to produce natural pigments. *Critical Reviews in Biotechnology*, 41(4), pp. 535-563.
- SNI 3547.2-2008. Kembang Gula Lunak. Departemen Perindustrian dan Perdagangan.
- Stamenkovic, A., Ganguly, R., Aliani, M., Ravandi, A. dan Pierce, G.N. 2019. Overcoming the bitter taste of oils enriched in fatty acids to obtain their effects on the heart in health and disease. *Nutrients*, 11(1179), pp. 1-16. doi:10.3390/nu11051179.
- Sugata, M., Wiriadi, P.F., Lucy, J. dan Jan, T.T. 2019. Total lipid and omega-3 content in Pangasius catfish (*Pangasius pangasius*) and milkfish (*Chanos chanos*) from Indonesia. *Malaysian Journal of Nutrition*, 25(1), pp. 163-169.
- Suseno, S. H., Rizkon, A. K. dan Jacob, A. M. 2020. Ekstraksi *dry rendering* dan karakterisasi minyak ikan patin hasil samping industri fillet di Lampung. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(1), pp.38-46.
- Syaputri, F. N. dan Patricia, V. M. 2019. Pengaruh penambahan emulgator tween dan span terhadap stabilitas krim. *Journal of Science, Technology and Entrepreneurship*, 1(2), pp.140-146.
- Wibawanti, J.W.W. dan Rinawidiastuti. 2018. Sifat fisik dan organoleptik yogurt drink susu kambing dengan penambahan ekstrak kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*, 13(1), pp.27-37. DOI: 10.21776/ub.jitek.2018.013.01.3.
- Wong, Y-M. dan Siow, L-F. 2015. Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), pp. 3086-3092.
- Yuwidarsari, E. A., Yudiono, K. dan Susilowati, S. 2019. Kualitas permen jelly pektin kulit buah naga dan gula pasir. *Jurnal BisTek Pertanian*, 6(1), pp.28-41.
- Zhang, Z., Zhang, R., Zou, L. dan McClements, D. J. 2016. Protein encapsulation in alginate hydrogel beads: Effect of pH on microgel stability, protein retention and protein release. *Food Hydrocolloids*, 58(2016), pp.308-315.
- Zheng, J., Lin, M., Fang, L. 2016. Effects of n-3 fatty acid supplements on glycemic traits in Chinese type 2 diabetic patients. *Molecular Nutrition & Food Research*, 60(10), pp.2176 - 2184.